

ПОСОБИЕ ПРОШЛО  
НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКУЮ  
ОЦЕНКУ ФГБНУ

**ФИПИ**  
ШКОЛЕ

**2021**

ПРОЕКТ С УЧАСТИЕМ РАЗРАБОТЧИКОВ КИМ ЕГЭ



ЕДИНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭКЗАМЕН

# ФИЗИКА

ТИПОВЫЕ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВАРИАНТЫ

ПОД РЕДАКЦИЕЙ

М. Ю. ДЕМИДОВОЙ



ИЗДАТЕЛЬСТВО  
НАЦИОНАЛЬНОЕ  
ОБРАЗОВАНИЕ

Москва  
2021

УДК 373.167.1:53  
ББК 22.3я721  
E31

**Пособие прошло научно-методическую оценку ФГБНУ «ФИПИ»**

Авторы-составители:  
М. Ю. Демидова, В. А. Грибов, А. И. Гиголо

Под редакцией М. Ю. Демидовой,  
руководителя комиссии по разработке КИМ, используемых при проведении  
государственной итоговой аттестации по образовательным программам основного  
общего и среднего общего образования по физике

**ЕГЭ. Физика : типовые экзаменационные варианты :  
E31 30 вариантов / под ред. М. Ю. Демидовой.** — М. : Издательство  
«Национальное образование», 2021. — 400 с. — (ЕГЭ. ФИПИ —  
школе).

ISBN 978-5-4454-1451-3

Серия подготовлена разработчиками контрольных измерительных  
материалов (КИМ) единого государственного экзамена.

В сборнике представлены:

- 30 типовых экзаменационных вариантов, составленных в соответствии  
с проектом демоверсии КИМ ЕГЭ по физике **2021** года;
- инструкция по выполнению экзаменационной работы;
- ответы ко всем заданиям;
- критерии оценивания.

Выполнение заданий типовых экзаменационных вариантов предоставляет  
обучающимся возможность самостоятельно подготовиться к государственной  
итоговой аттестации в форме ЕГЭ, а также объективно оценить уровень своей  
подготовки к экзамену.

Учителя могут использовать типовые экзаменационные варианты  
для организации контроля результатов освоения школьниками образовательных  
программ среднего общего образования и интенсивной подготовки обучающихся  
к ЕГЭ.

УДК 373.167.1:53  
ББК 22.3я721

ISBN 978-5-4454-1451-3

© ООО «Издательство «Национальное  
образование», 2021

# **Содержание**

Введение . . . . .	4
Карта индивидуальных достижений обучающегося . . . . .	6
Инструкция по выполнению работы . . . . .	8
Типовые бланки ответов ЕГЭ . . . . .	9
Справочные данные . . . . .	11
Вариант 1 . . . . .	13
Вариант 2 . . . . .	23
Вариант 3 . . . . .	33
Вариант 4 . . . . .	43
Вариант 5 . . . . .	53
Вариант 6 . . . . .	63
Вариант 7 . . . . .	73
Вариант 8 . . . . .	83
Вариант 9 . . . . .	93
Вариант 10 . . . . .	104
Вариант 11 . . . . .	115
Вариант 12 . . . . .	125
Вариант 13 . . . . .	135
Вариант 14 . . . . .	146
Вариант 15 . . . . .	157
Вариант 16 . . . . .	167
Вариант 17 . . . . .	177
Вариант 18 . . . . .	186
Вариант 19 . . . . .	195
Вариант 20 . . . . .	205
Вариант 21 . . . . .	215
Вариант 22 . . . . .	224
Вариант 23 . . . . .	233
Вариант 24 . . . . .	242
Вариант 25 . . . . .	251
Вариант 26 . . . . .	261
Вариант 27 . . . . .	272
Вариант 28 . . . . .	282
Вариант 29 . . . . .	292
Вариант 30 . . . . .	302
Ответы и критерии оценивания . . . . .	312

# **Введение**

Предлагаемый сборник содержит 30 типовых экзаменационных вариантов для систематического повторения обучающимися учебного материала по физике и подготовки к единому государственному экзамену (ЕГЭ).

Справочные данные, которые необходимы для решения всех вариантов, даются в начале сборника.

После выполнения вариантов правильность своих ответов обучающийся может проверить, воспользовавшись таблицей ответов в конце книги. Для заданий, требующих развёрнутого ответа, приводятся подробные решения.

В книге приведены типовые бланки ответов ЕГЭ, а также дана карта индивидуальных достижений обучающегося, которую можно использовать для отслеживания динамики результирующейности выполнения заданий типовых экзаменационных вариантов.

Выполняя задания представленных вариантов, обучающийся получает возможность эффективно повторить учебный материал всех тем курса и самостоятельно подготовиться к экзамену.

Учителям книга будет полезна для организации различных форм подготовки к ЕГЭ, а также для контроля знаний на уроках физики.

## **Назначение и структура типовых вариантов**

Типовые экзаменационные варианты по структуре и форме полностью соответствуют вариантам контрольных измерительных материалов единого государственного экзамена по физике. Экзаменационная работа включает в себя задания, проверяющие освоение элементов содержания из всех разделов школьного курса физики, при этом для каждого раздела предлагаются задания трёх уровней сложности.

Каждый вариант экзаменационной работы состоит из 2 частей и включает в себя 32 задания разной формы и разного уровня сложности. Часть 1 содержит 24 задания с кратким ответом. Из них 13 заданий с записью ответа в виде числа, слова или двух чисел, 11 заданий на установление соответствия и множественный выбор, в которых ответы необходимо записать в виде последовательности цифр. Задания 1–21 группируются исходя из тематической принадлежности: механика — 7 заданий, молекулярная физика — 5 заданий, электродинамика — 6 заданий, квантовая физика — 3 задания и 1 задание на усвоение основных понятий элементов астрофизики. Эти задания проверяют освоение понятийного аппарата школьного курса физики.

Группа заданий по каждому разделу начинается с заданий, в которых после проведения несложных математических расчётов нужно записать ответ в виде числа. Затем идут задания на множественный выбор, а в конце раздела — одно или два задания на изменение физических величин в различных процессах и на установление соответствия между физическими величинами и графиками или формулами. Ответ к этим заданиям записывается в виде двух цифр.

В части 1 предлагаются два задания, проверяющие различные методологические умения и относящиеся к разным разделам физики. В задании 22 нужно записать показания прибора с учётом абсолютной погрешности измерений, а в задании 23 выбрать две экспериментальных установки, которые можно использовать для проверки заданной гипотезы. Задание 24 проверяет элементы астрономических знаний, которые включены

в программу курса физики. В этом задании необходимо выбрать все верные утверждения из пяти предложенных. Оценивается оно максимально в 2 балла.

Вторая часть работы посвящена решению задач. Это традиционно наиболее значимый результат освоения курса физики средней школы, наиболее востребованная деятельность при дальнейшем изучении предмета в вузе. В каждом варианте 2 расчётных задачи с кратким ответом и 6 задач с развёрнутым ответом повышенного и высокого уровней сложности, из которых одна качественная и пять — расчётные. По содержанию задачи распределяются по разделам следующим образом: 2 задачи по механике, 2 — по молекулярной физике и термодинамике, 3 — по электродинамике и одна задача по квантовой физике.

### **Система оценивания заданий**

Правильный ответ на задания с кратким ответом (1–4, 8–10, 13–15, 19, 20, 22, 23, 25 и 26) оценивается в 1 балл. Задания на изменение физических величин, на соответствие и множественный выбор (5–7, 11, 12, 16–18 и 21) оцениваются в 2 балла, если верно указаны оба элемента ответа, в 1 балл, если допущена одна ошибка, в 0 баллов, если оба элемента указаны неверно. Если указано более двух элементов (в том числе, возможно, и правильные) или ответ отсутствует, ставится 0 баллов. Задание 24 оценивается в 2 балла, если указаны все верные ответы; в 1 балл, если допущена одна ошибка или дополнительно к верным ответам указан один неверный; в 0 баллов, если указан только один верный ответ или дополнительно к верным указано два неверных ответа.

Решения заданий 27–32 части 2 (с развёрнутым ответом) оцениваются экспертной комиссией на основе критериев, представленных в таблицах к решениям заданий варианта 1. За выполнение каждого задания в зависимости от полноты и правильности данного учащимся ответа выставляется от 0 до 2 баллов за задание 28 и от 0 до 3 баллов — за задания 27 и 29–32.

Максимальный первичный балл за всю работу составляет 53 балла.

## **Карта индивидуальных достижений обучающегося**

Впишите баллы, полученные Вами при выполнении типовых экзаменационных вариантов, в таблицу.

<b>Задание \ Вариант</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>
<b>1</b>															
<b>2</b>															
<b>3</b>															
<b>4</b>															
<b>5</b>															
<b>6</b>															
<b>7</b>															
<b>8</b>															
<b>9</b>															
<b>10</b>															
<b>11</b>															
<b>12</b>															
<b>13</b>															
<b>14</b>															
<b>15</b>															
<b>16</b>															
<b>17</b>															
<b>18</b>															
<b>19</b>															
<b>20</b>															
<b>21</b>															
<b>22</b>															
<b>23</b>															
<b>24</b>															
<b>25</b>															
<b>26</b>															
<b>27</b>															
<b>28</b>															
<b>29</b>															
<b>30</b>															
<b>31</b>															
<b>32</b>															
<b>Сумма баллов</b>															

Задание \ Вариант	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1															
2															
3															
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															
11															
12															
13															
14															
15															
16															
17															
18															
19															
20															
21															
22															
23															
24															
25															
26															
27															
28															
29															
30															
31															
32															
<b>Сумма баллов</b>															

## Инструкция по выполнению работы

Для выполнения экзаменационной работы по физике отводится 3 часа 55 минут (235 минут). Работа состоит из двух частей, включающих в себя 32 задания.

В заданиях 1–4, 8–10, 14, 15, 20, 25 и 26 ответом является целое число или конечная десятичная дробь. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите по приведённому ниже образцу в бланк ответа № 1. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

КИМ Ответ: -2,5 м/с<sup>2</sup>. - 2 , 5 Бланк

Ответом к заданиям 5–7, 11, 12, 16–18, 21, 23 и 24 является последовательность цифр. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите по приведённому ниже образцу без пробелов, запятых и других дополнительных символов в бланк ответов № 1.

КИМ Ответ: 

A	B
4	1

 4 1 Бланк

Ответом к заданию 13 является слово. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите по приведённому ниже образцу в бланк ответов № 1.

КИМ Ответ: вправо вправо Бланк

Ответом к заданиям 19 и 22 являются два числа. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите по приведённым ниже образцам, не разделяя числа пробелом, в бланк ответов № 1.

КИМ 

Заряд ядра Z	Массовое число ядра A
38	94

 3 8 9 4 Бланк

КИМ Ответ: (1,4 ± 0,2) н. 1 , 4 0 , 2 Бланк

Ответ к заданиям 27–32 включает в себя подробное описание всего хода выполнения задания. В бланке ответов № 2 укажите номер задания и запишите его полное решение.

При вычислениях разрешается использовать непрограммируемый калькулятор.

Все бланки ЕГЭ заполняются яркими чёрными чернилами. Допускается использование гелевой или капиллярной ручек.

При выполнении заданий можно пользоваться черновиком. Записи в черновике, а также в тексте контрольных измерительных материалов не учитываются при оценивании работы.

Баллы, полученные Вами за выполненные задания, суммируются. Постарайтесь выполнить как можно больше заданий и набрать наибольшее количество баллов.

После завершения работы проверьте, чтобы ответ на каждое задание в бланках ответов № 1 и № 2 был записан под правильным номером.

*Желааем успеха!*

**Бланк ответов № 1**Код региона    Код предмета    Название предмета  

_____	_____	_____
-------	-------	-------

Без содержания показанного  
вспомогательного изображения  
Подпись участника ЕГЭ строго внутри окошкаРезерв - 4  

_____	_____
-------	-------

Заполнять гелевой или капиллярной ручкой ЧЁРНЫМИ чернилами ЗАГЛАВНЫМИ ПЕЧАТНЫМИ БУКВАМИ и ЦИФРАМИ по следующим образцам:

А Б В Г Д Е Ё Ж З И Й К Л М Н О П Р С Т У Ф Х Ц Ч Ш Щ Ы Ь Э Ю Я  
А В С Д Е F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z , -  
1 2 3 4 5 6 7 8 9 0

**ВНИМАНИЕ!** Все бланки и контрольные измерительные материалы рассматриваются в комплекте

Результаты выполнения заданий с КРАТКИМ ОТВЕТОМ

1	21
2	22
3	23
4	24
5	25
6	26
7	27
8	28
9	29
10	30
11	31
12	32
13	33
14	34
15	35
16	36
17	37
18	38
19	39
20	40

**Замена ошибочных ответов на задания с КРАТКИМ ОТВЕТОМ**

-	-
-	-
-	-

Заполняется ответственным организатором в аудитории:

Количество заполненных полей  
«Замена ошибочных ответов»  

_____
-------

Подпись ответственного организатора строго внутри окошка



■ Единый государственный экзамен – 2021 ■

# Бланк ответов № 2 лист 1

Код региона

Код предмета

Название предмета

Резерв - 5

Бланк ответов № 2  
(лист 2)

Перепишите значения полей "Код региона", "Код предмета", "Название предмета" из БЛАНКА РЕГИСТРАЦИИ.  
Отвечая на задания с РАЗВЕРНУтым ОТВЕТОМ, пишите аккуратно и разборчиво, соблюдая разметку страницы.  
Не забудьте указать номер задания, на которое Вы отвестваете, например 31.  
Условия задания переписывать не нужно.

**ВНИМАНИЕ! Все бланки и контрольные измерительные материалы рассматриваются в комплекте**

Оборотная сторона бланка НЕ ЗАПОЛНЯЕТСЯ. Используйте бланк ответов № 2 (лист 2).

## Справочные данные

Ниже приведены справочные данные, которые могут понадобиться Вам при выполнении работы.

### Десятичные приставки

Наимено-вание	Обозначение	Множитель	Наимено-вание	Обозначение	Множитель
гига	Г	$10^9$	санти	с	$10^{-2}$
мега	М	$10^6$	милли	м	$10^{-3}$
кило	к	$10^3$	микро	мк	$10^{-6}$
гекто	г	$10^2$	нано	н	$10^{-9}$
дэци	д	$10^{-1}$	пико	п	$10^{-12}$

### Константы

число  $\pi$

$$\pi = 3,14$$

ускорение свободного падения на Земле

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

гравитационная постоянная

$$G = 6,7 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{кг}^2$$

универсальная газовая постоянная

$$R = 8,31 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}$$

постоянная Больцмана

$$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$$

постоянная Авогадро

$$N_A = 6 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$$

скорость света в вакууме

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$$

коэффициент пропорциональности в законе Кулона

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{Кл}^2$$

модуль заряда электрона (элементарный

$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

электрический заряд)

постоянная Планка

$$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$$

### Соотношение между различными единицами

температура

$$0 \text{ К} = -273^\circ\text{C}$$

атомная единица массы

$$1 \text{ а.е.м.} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$$

1 атомная единица массы эквивалентна

$$931,5 \text{ МэВ}$$

1 электронвольт

$$1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$$

1 астрономическая единица

$$1 \text{ а.е.} \approx 150 \, 000 \, 000 \text{ км}$$

1 световой год

$$1 \text{ св. год} \approx 9,46 \cdot 10^{15} \text{ м}$$

1 парsec

$$1 \text{ парсек} \approx 3,26 \text{ св. года}$$

### Масса частиц

электрона

$$9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \approx 5,5 \cdot 10^{-4} \text{ а.е.м.}$$

протона

$$1,673 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \approx 1,007 \text{ а.е.м.}$$

нейтрона

$$1,675 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \approx 1,008 \text{ а.е.м.}$$

### Астрономические величины

средний радиус Земли

$$R_\oplus = 6370 \text{ км}$$

радиус Солнца

$$R_\odot = 6,96 \cdot 10^8 \text{ м}$$

температура поверхности Солнца

$$T = 6000 \text{ К}$$

<b>Плотность</b>			
воды	1000 кг/м <sup>3</sup>	подсолнечного масла	900 кг/м <sup>3</sup>
древесины (сосна)	400 кг/м <sup>3</sup>	алюминия	2700 кг/м <sup>3</sup>
керосина	800 кг/м <sup>3</sup>	железа	7800 кг/м <sup>3</sup>
		ртути	13600 кг/м <sup>3</sup>

<b>Удельная теплоёмкость</b>			
воды	$4,2 \cdot 10^3$ Дж/(кг · К)	алюминия	900 Дж/(кг · К)
льда	$2,1 \cdot 10^3$ Дж/(кг · К)	меди	380 Дж/(кг · К)
железа	460 Дж/(кг · К)	чугуна	500 Дж/(кг · К)
свинца	130 Дж/(кг · К)		

<b>Удельная теплопота</b>			
парообразования воды	$2,3 \cdot 10^6$ Дж/кг		
плавления свинца	$2,5 \cdot 10^4$ Дж/кг		
плавления льда	$3,3 \cdot 10^5$ Дж/кг		

**Нормальные условия:** давление  $10^5$  Па, температура 0 °С

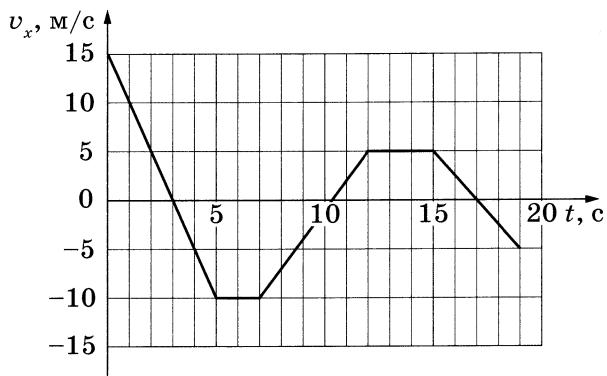
<b>Молярная масса</b>			
азота	$28 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	кислорода	$32 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
аргона	$40 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	лития	$6 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
водорода	$2 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	молибдена	$96 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
воздуха	$29 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	неона	$20 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
воды	$18 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	углекислого газа	$44 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
гелия	$4 \cdot 10^{-3}$ кг/моль		

## ВАРИАНТ 1

### Часть 1

*Ответами к заданиям 1–24 являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.*

- 1** На рисунке приведён график зависимости проекции  $v_x$  скорости тела от времени  $t$ .



Определите путь, пройденный телом в интервале времени от 0 до 5 с.

Ответ: \_\_\_\_\_ м.

- 2** Тело движется по горизонтальной плоскости. Нормальная составляющая силы воздействия тела на плоскость равна 40 Н, сила трения равна 10 Н. Определите коэффициент трения скольжения.

Ответ: \_\_\_\_\_.

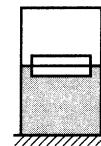
- 3** Скорость груза массой 0,6 кг равна 4 м/с. Какова кинетическая энергия груза?

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

- 4** Груз, подвешенный на лёгкой пружине жёсткостью  $400 \text{ Н/м}$ , совершает свободные вертикальные гармонические колебания. Пружину какой жёсткости надо взять вместо первой пружины, чтобы период свободных колебаний этого груза стал в 2 раза меньше?

Ответ: \_\_\_\_\_ Н/м.

- 5** Два одинаковых бруска толщиной 5 см и массой 1 кг каждый, связанные друг с другом, плавают в воде так, что уровень воды приходится на границу между ними (см. рисунок). Из приведённого ниже списка выберите **два** правильных утверждения.



- 1) Плотность материала, из которого изготовлены бруски, равна  $500 \text{ кг/м}^3$ .
- 2) Если на верхний бруск положить груз массой 0,7 кг, то бруски утонут.
- 3) Если воду заменить на керосин, то глубина погружения брусков уменьшится.
- 4) Сила Архимеда, действующая на бруски, равна 20 Н.
- 5) Если в стопку добавить ещё два таких же бруска, то глубина её погружения увеличится на 10 см.

Ответ:

- 6** На шероховатой наклонной плоскости поконится деревянный бруск. Угол наклона плоскости увеличили, но бруск относительно плоскости остался в покое. Как изменились при этом сила нормального давления бруска на плоскость и коэффициент трения бруска о плоскость?

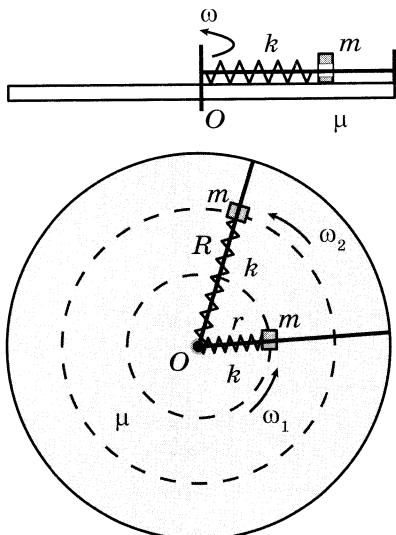
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Сила нормального давления бруска на плоскость	Коэффициент трения бруска о плоскость

- 7** Маленькая шайба массы  $m$ , способная перемещаться вдоль гладкого стержня, находится на поверхности горизонтального диска, равномерно вращающегося с угловой скоростью  $\omega_1$ , на расстоянии  $r$  от оси  $O$ , с которой шайба соединена лёгкой недеформированной пружинкой жёсткости  $k$  (см. рисунок). Коэффициент трения между шайбой и диском  $\mu$ . Как только угловая скорость начинает медленно и плавно возрастать, шайба начинает смещаться. При угловой скорости  $\omega_2$  расстояние до оси стало  $R$ , при этом диск стал вновь вращаться равномерно.



Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

#### ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- A) модуль ускорения шайбы, находящейся на расстоянии  $R$  от оси вращения  
B) кинетическая энергия шайбы, находящейся на расстоянии  $r$  от оси вращения

#### ФОРМУЛЫ

- 1)  $\omega_2^2 R + \mu g$
- 2)  $\frac{k(R - r)}{m} + \mu g$
- 3)  $\mu mg(R - r)$
- 4)  $\frac{m(\omega_1 r)^2}{2}$

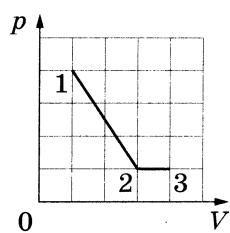
Ответ: 

A	Б

- 8** В сосуде неизменного объёма находится идеальный газ. Во сколько раз нужно увеличить количество газа в сосуде, чтобы после уменьшения абсолютной температуры газа в 2 раза его давление стало вдвое больше начального?

Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

- 9** На рисунке показано, как менялось давление газа в зависимости от его объёма при переходе из состояния 1 в состояние 2, а затем в состояние 3. Чему равно отношение работ газа  $\frac{A_{12}}{A_{23}}$  при этих переходах?

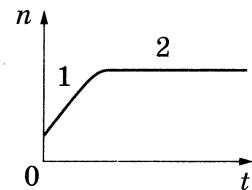


Ответ: \_\_\_\_\_.

- 10** В воздухе комнаты при относительной влажности 40 % парциальное давление водяного пара равно 980 Па. Определите давление насыщенного водяного пара при данной температуре.

Ответ: \_\_\_\_\_ Па.

- 11** В стеклянную колбу налили немного воды и герметично закрыли её пробкой. Вода постепенно испарялась. На рисунке показан график изменения со временем  $t$  концентрации  $n$  молекул водяного пара внутри колбы. Температура в колбе в течение всего времени проведения опыта оставалась постоянной. В конце опыта в колбе ещё оставалась вода. Из приведённого ниже списка выберите *две* правильных утверждения относительно описанного процесса.



- 1) На участке 1 водяной пар ненасыщенный, а на участке 2 насыщенный.
- 2) На участке 2 давление водяных паров не менялось.
- 3) На участке 1 плотность водяных паров уменьшалась.
- 4) На участке 2 плотность водяных паров увеличивалась.
- 5) На участке 1 давление водяных паров уменьшалось.

Ответ:

- 12** Тонкая, упругая и мягкая оболочка герметичного воздушного шара наполнена водородом. Как изменяется с набором высоты при быстром подъёме шара давление водорода и концентрация молекул водорода в шаре? Оболочку считать теплоизолированной.

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

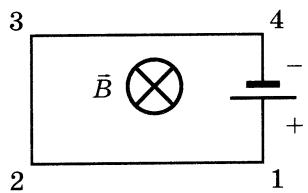
- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Давление водорода	Концентрация молекул водорода

**13**

Электрическая цепь, состоящая из прямолинейных проводников (1–2, 2–3, 3–4) и источника постоянного тока, находится в однородном магнитном поле, у которого вектор магнитной индукции  $\vec{B}$  направлен от наблюдателя (см. рисунок). Куда направлена относительно рисунка (*вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя*) вызванная этим полем сила Ампера, действующая на проводник 2–3? Ответ запишите словом (словами).



Ответ: \_\_\_\_\_.

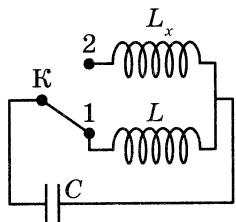
**14**

Два неподвижных точечных заряда действуют друг на друга с силами, модуль которых равен  $F$ . Во сколько раз уменьшится модуль этих сил, если один заряд уменьшить в 5 раз, другой заряд увеличить в 2 раза, а расстояние между ними оставить прежним?

Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

**15**

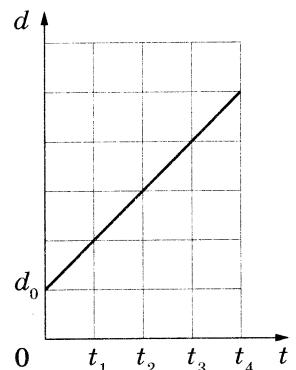
В колебательном контуре (см. рисунок) индуктивность катушки  $L = 12 \text{ мГн}$ . Какой должна быть индуктивность  $L_x$  второй катушки, чтобы при переводе ключа К из положения 1 в положение 2 период собственных электромагнитных колебаний в контуре уменьшился в  $\sqrt{3}$  раза?



Ответ: \_\_\_\_\_ мГн.

**16**

Плоский воздушный конденсатор ёмкостью  $C_0$ , подключённый к источнику постоянного напряжения, состоит из двух металлических пластин, находящихся на расстоянии  $d_0$  друг от друга. Расстояние между пластинами меняется со временем так, как показано на графике. Выберите *два* верных утверждения, соответствующих описанию опыта.



- 1) Энергия конденсатора убывает в интервале времени от  $t_1$  до  $t_4$ .
- 2) Ёмкость конденсатора равномерно возрастает в интервале времени от  $t_1$  до  $t_4$ .
- 3) В момент времени  $t_4$  заряд конденсатора уменьшился в пять раз по сравнению с первоначальным.
- 4) Напряжённость электрического поля между пластинами конденсатора остаётся постоянной в промежутке времени от  $t_1$  до  $t_4$ .
- 5) Напряжённость электрического поля между пластинами конденсатора возрастает в промежутке времени от  $t_1$  до  $t_4$ .

Ответ:

**17**

Неразветвлённая электрическая цепь постоянного тока состоит из источника тока и подключённого к его выводам внешнего резистора. Как изменяется при увеличении сопротивления резистора сила тока в цепи и напряжение на резисторе?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Сила тока в цепи	Напряжение на резисторе

**18**

Спираль лампочки расположена вблизи главной оптической оси тонкой рассеивающей линзы на расстоянии  $a$  от неё перпендикулярно этой оси, причём  $F < a < 2F$ , где  $F$  — модуль фокусного расстояния линзы. Затем рассеивающую линзу заменили на собирающую с фокусным расстоянием  $F$ . Установите соответствие между видом линзы, использованной в опыте, и свойствами даваемого изображения.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

#### ВИДЫ ЛИНЗ

- A) линза рассеивающая  
B) линза собирающая

#### СВОЙСТВА ИЗОБРАЖЕНИЯ

- 1) мнимое, прямое, уменьшенное
- 2) мнимое, перевёрнутое, увеличенное
- 3) действительное, перевёрнутое, увеличенное
- 4) действительное, прямое, увеличенное

Ответ: 

A	B

**19**

Сколько протонов и сколько нейтронов содержится в ядре  $^{109}_{49}\text{In}$ ?

Число протонов	Число нейтронов

**В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.**

20

Частоты фотонов двух пучков света связаны равенством  $n_2 = 2n_1$ . Определите отношение модулей импульсов фотонов  $\frac{p_2}{p_1}$ .

Ответ: \_\_\_\_\_.

21

На рисунке изображена упрощённая диаграмма нижних энергетических уровней атома. Нумерованными стрелками отмечены некоторые возможные переходы атома между этими уровнями. Какой из этих четырёх переходов связан с поглощением света наибольшей энергии, а какой — с излучением света с наименьшей длиной волны?

Установите соответствие между процессами поглощения и испускания света и стрелками, указывающими энергетические переходы атома.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

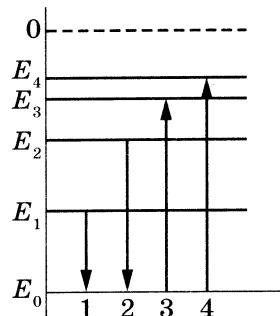
## ПРОЦЕССЫ

- A) поглощение света наибольшей энергии  
B) излучение света с наименьшей длиной волны

## ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПЕРЕХОДЫ

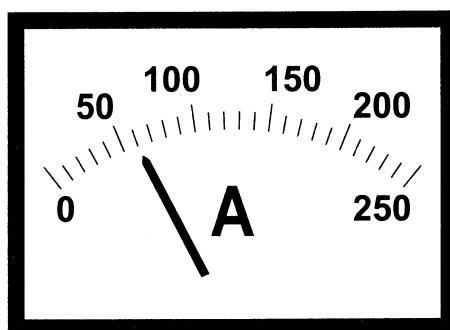
- 1) 1  
2) 2  
3) 3  
4) 4

Ответ: А | Б



22

Определите показания амперметра (см. рисунок), если погрешность прямого измерения силы тока составляет половину цены деления амперметра.



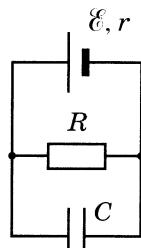
Ответ: (\_\_\_\_ ± \_\_\_\_ ) А.

**В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.**

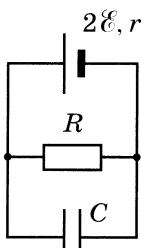
23

Необходимо экспериментально изучить зависимость заряда, накопленного конденсатором, от ЭДС аккумулятора. Какие *две* схемы следует использовать для проведения такого исследования?

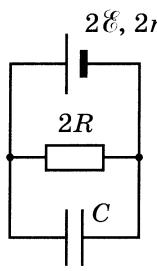
1)



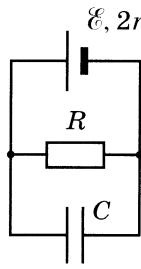
3)



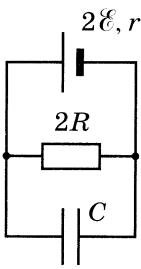
5)



2)



4)



Запишите в ответе номера выбранных схем.

Ответ:

24

Рассмотрите таблицу, содержащую характеристики планет Солнечной системы.

Название планеты	Диаметр в районе экватора, км	Период обращения вокруг Солнца	Период вращения вокруг оси	Вторая космическая скорость, км/с
Меркурий	4878	87,97 суток	58 суток 15 часов 30 минут	4,25
Венера	12 104	224,7 суток	243 суток 0 часов 27 минут	10,36
Земля	12 756	365,3 суток	23 часа 56 минут	11,18
Марс	6794	687 суток	24 часа 37 минут	5,02
Юпитер	142 800	11 лет 315 суток	9 часов 53,8 минут	59,54
Сатурн	120 660	29 лет 168 суток	10 часов 38 минут	35,49
Уран	51 118	84 года 5 суток	17 часов 12 минут	21,29
Нептун	49 528	164 года 290 суток	16 часов 4 минуты	23,71

Выберите *все* верные утверждения, которые соответствуют характеристикам планет.

- 1) Ускорение свободного падения на Юпитере примерно равно  $59,54 \text{ м/с}^2$ .
- 2) Объём Нептуна в 10 раз меньше объёма Урана.
- 3) Марс в 2 раза быстрее вращается вокруг своей оси, чем Земля.
- 4) За марсианский год на планете проходит примерно 670 марсианских суток.
- 5) Первая космическая скорость для спутника Сатурна составляет примерно  $25,1 \text{ км/с}$ .

Ответ: \_\_\_\_\_.



*Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.*

*Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.*

## Часть 2

**Ответом к заданиям 25 и 26 является число. Запишите это число в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.**

**25**

В начале процесса температура куска свинца массой 1 кг была равна  $47^{\circ}\text{C}$ . Ему передали количество теплоты, равное 46,4 кДж. Температура плавления свинца равна  $327^{\circ}\text{C}$ . Какова масса расплавившейся части свинца? Тепловыми потерями пренебречь.

Ответ: \_\_\_\_\_ кг.

**26**

Во сколько раз частота света, соответствующая «красной границе» фотоэффекта для металла с работой выхода 1 эВ, меньше частоты света, соответствующей «красной границе» фотоэффекта для металла с работой выхода  $3,2 \cdot 10^{-19}$  Дж?

Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

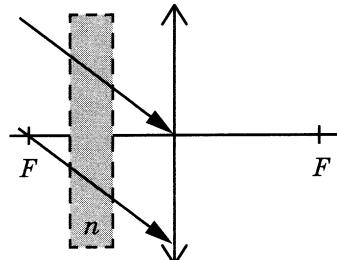


**Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.  
Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.**

**Для записи ответов на задания 27–32 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (27, 28 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.**

**27**

На тонкую собирающую линзу от удалённого источника падает пучок параллельных лучей (см. рисунок). Как изменится положение изображения источника, создаваемого линзой, если между линзой и её фокусом поставить плоскопараллельную стеклянную пластинку с показателем преломления  $n$  (на рисунке положение пластиинки отмечено пунктиром)? Ответ поясните, указав, какие физические закономерности Вы использовали. Сделайте рисунок, поясняющий ход лучей до и после установки плоскопараллельной стеклянной пластиинки.



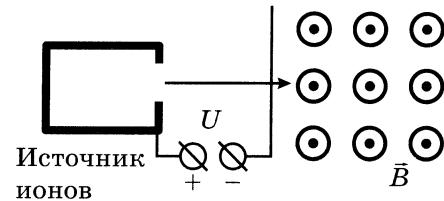
**Полное правильное решение каждой из задач 28–32 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.**

- 28** Груз массой 0,4 кг подвешен на пружине жёсткостью 100 Н/м к потолку лифта. Лифт равноускоренно поднимается вверх на расстояние 5 м в течение 2 с. Каково удлинение пружины при установившемся движении груза?

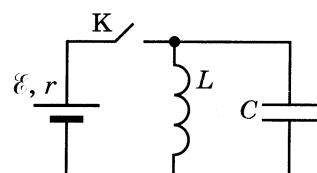
- 29** По гладкой наклонной плоскости, составляющей угол  $\alpha = 30^\circ$  с горизонтом, скользит из состояния покоя брусков массой  $M = 250$  г. В тот момент, когда брусков прошёл по наклонной плоскости расстояние  $x = 3,6$  м, в него попала и застряла в нём летящая навстречу ему вдоль наклонной плоскости пуля массой  $m$ . Скорость пули  $v = 555$  м/с. После попадания пули брусков поднялся вверх вдоль наклонной плоскости на расстояние  $S = 2,5$  м от места удара. Найдите массу пули  $m$ . Трение бруска о плоскость не учитывать.

- 30** Сферическую оболочку воздушного шара наполняют гелием при атмосферном давлении  $10^5$  Па. Минимальная масса оболочки, при которой шар начинает поднимать сам себя, равна  $m = 500$  кг. Температура гелия и окружающего воздуха одинакова и равна  $0^\circ\text{C}$ . Чему равна масса одного квадратного метра материала оболочки шара? (Площадь сферы  $S = 4\pi r^2$ , объём шара  $V = \frac{4}{3}\pi r^3$ .)

- 31** Ион ускоряется в электрическом поле с разностью потенциалов  $U = 10$  кВ и попадает в однородное магнитное поле перпендикулярно к вектору его индукции  $\vec{B}$  (см. рисунок). Радиус траектории движения иона в магнитном поле  $R = 0,2$  м, модуль индукции магнитного поля равен 0,5 Тл. Определите отношение массы иона к его электрическому заряду  $\frac{m}{q}$ . Кинетической энергией иона при его вылете из источника пренебрегите.



- 32** В электрической цепи, показанной на рисунке, ключ К длительное время замкнут,  $\mathcal{E} = 3$  В,  $r = 2$  Ом,  $L = 1$  мГн,  $C = 50$  мкФ. В момент  $t = 0$  ключ К размыкают. Каково напряжение  $U$  на конденсаторе в момент, когда в ходе возникших в контуре электромагнитных колебаний сила тока в контуре  $I = 1$  А? Сопротивлением проводов и активным сопротивлением катушки индуктивности пренебречь.



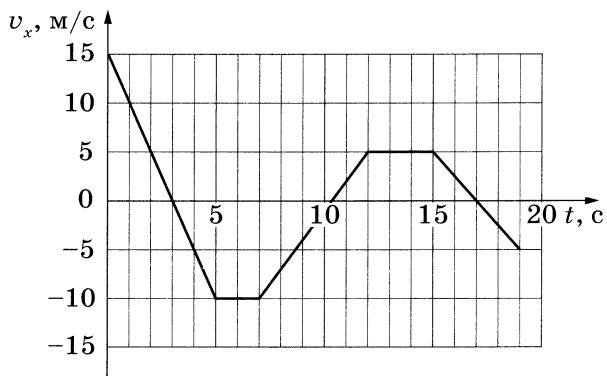
**Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с номером соответствующего задания.**

## ВАРИАНТ 2

### Часть 1

**Ответами к заданиям 1–24 являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.**

- 1** На рисунке приведён график зависимости проекции  $v_x$  скорости тела от времени  $t$ .



Определите путь, пройденный телом в интервале времени от 15 до 19 с.

Ответ: \_\_\_\_\_ м.

- 2** Ящик массой 10 кг равномерно движется по прямой по горизонтальной поверхности под действием постоянной горизонтальной силы тяги величиной 25 Н. Каков коэффициент трения между ящиком и поверхностью?

Ответ: \_\_\_\_\_.

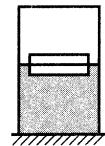
- 3** Кинетическая энергия тела, движущегося со скоростью 3 м/с, равна 18 Дж. Какова масса тела?

Ответ: \_\_\_\_\_ кг.

- 4** Груз массой 0,16 кг, подвешенный на пружине, совершает свободные вертикальные гармонические колебания. Груз какой массой нужно подвесить вместо первого груза, чтобы частота свободных колебаний уменьшилась в 2 раза?

Ответ: \_\_\_\_\_ кг.

- 5** Два одинаковых бруска толщиной 5 см и массой 1 кг каждый, связанные друг с другом, плавают в воде так, что уровень воды приходится на границу между ними (см. рисунок). Из приведённого ниже списка выберите *два* правильных утверждения.



- 1) Если воду заменить на подсолнечное масло, то глубина погружения брусков уменьшится.
- 2) Если на верхний бруск поставить гирю массой 1,5 кг, то бруски не утонут.
- 3) Если в стопку добавить ещё три таких же бруска, то глубина её погружения увеличится на 15 см.
- 4) Сила Архимеда, действующая на бруски, равна 10 Н.
- 5) Плотность материала, из которого изготовлены бруски, равна  $500 \text{ кг}/\text{м}^3$ .

Ответ:

- 6** В первой серии опытов бруск с грузом перемещали при помощи нити равномерно и прямолинейно вверх по наклонной плоскости. Во второй серии опытов точно так же перемещали этот бруск, но сняв с него груз. Как изменились при переходе от первой серии опытов ко второй модуль работы силы трения при перемещении бруска на одинаковые расстояния и коэффициент трения между бруском и плоскостью?

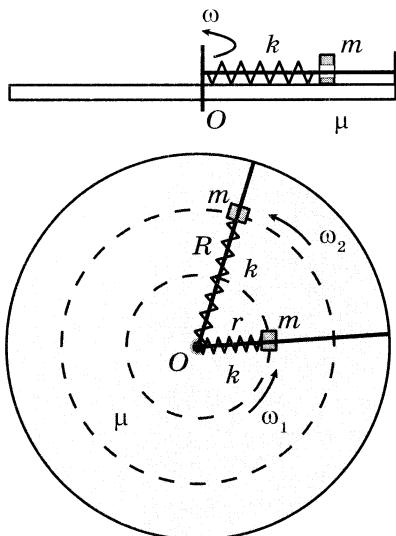
Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:

- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждого ответа. Цифры в ответе могут повторяться.

Модуль работы силы трения	Коэффициент трения

- 7 Маленькая шайба массы  $m$ , способная перемещаться вдоль гладкого стержня, находится на поверхности горизонтального диска, равномерно вращающегося с угловой скоростью  $\omega_1$ , на расстоянии  $r$  от оси  $O$ , с которой шайба соединена лёгкой недеформированной пружинкой жёсткости  $k$  (см. рисунок). Коэффициент трения между шайбой и диском —  $\mu$ . Как только угловая скорость начинает медленно и плавно возрастать, шайба начинает смещаться. При угловой скорости  $\omega_2$  расстояние до оси стало  $R$ , при этом диск стал вновь вращаться равномерно.



Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

#### ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- A) модуль скорости шайбы, находящейся на расстоянии  $R$  от оси вращения  
B) модуль равнодействующей сил, действующих на шайбу на расстоянии  $R$

#### ФОРМУЛЫ

- 1)  $\omega_2^2 R$
- 2)  $\omega_2 R$
- 3)  $k(R - r) + \mu mg$
- 4)  $k(R - r)$

Ответ: 

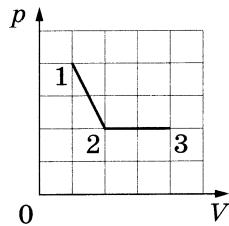
A	Б

- 8 В сосуде неизменного объёма находится идеальный газ. Во сколько раз нужно уменьшить количество вещества газа в сосуде, чтобы после увеличения абсолютной температуры газа в 2 раза его давление стало вдвое меньше начального?

Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

**9**

- На рисунке показано, как менялось давление газа в зависимости от его объёма при переходе из состояния 1 в состояние 2, а затем в состояние 3. Каково отношение работ газа  $\frac{A_{12}}{A_{23}}$  в этих двух процессах?



Ответ: \_\_\_\_\_.

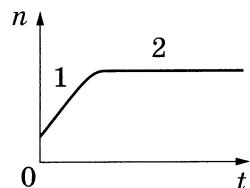
**10**

- Парциальное давление водяного пара в комнате равно 1584 Па. Давление насыщенного пара при температуре воздуха в комнате составляет 2640 Па. Определите относительную влажность воздуха в комнате.

Ответ: \_\_\_\_\_ %.

**11**

- В сосуде под поршнем находятся только пары аммиака. Поршень медленно и равномерно опускают, уменьшая объём сосуда. Температура в сосуде поддерживается постоянной. На рисунке показан график изменения со временем  $t$  концентрации  $n$  молекул паров аммиака внутри сосуда. Из приведённого ниже списка выберите *два* правильных утверждения относительно описанного процесса.



- 1) На участке 2 плотность паров аммиака уменьшилась.
- 2) На участке 1 плотность паров аммиака уменьшилась.
- 3) На участке 2 давление паров аммиака увеличивалось.
- 4) На участке 1 пар аммиака ненасыщенный, а на участке 2 насыщенный.
- 5) На участке 1 давление паров аммиака увеличивалось.

Ответ:

**12**

- Тонкая, упругая и мягкая оболочка герметичного воздушного шара наполнена горячим воздухом. Как изменяется с набором высоты при медленном подъёме шара плотность воздуха в нем и внутренняя энергия воздуха в шаре? Оболочку считать теплопроводной.

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

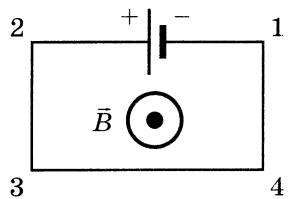
- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Плотность воздуха в шаре	Внутренняя энергия воздуха в шаре

**13**

Электрическая цепь, состоящая из трёх прямолинейных проводников (2–3, 3–4, 4–1) и источника постоянного тока, находится в однородном магнитном поле, у которого вектор магнитной индукции  $\vec{B}$  направлен к наблюдателю (см. рисунок). Куда направлена относительно рисунка (*вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя*) вызванная этим полем сила Ампера, действующая на проводник 4–1? Ответ запишите словом (словами).



Ответ: \_\_\_\_\_.

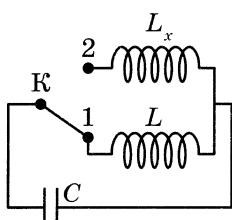
**14**

Два неподвижных точечных заряда действуют друг на друга с силами, модуль которых равен  $F$ . Во сколько раз увеличится модуль этих сил, если один заряд уменьшить в 1,5 раза, другой заряд увеличить в 6 раз, а расстояние между ними оставить прежним?

Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

**15**

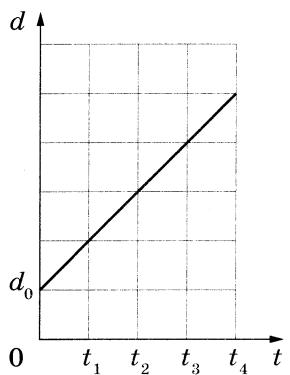
В колебательном контуре (см. рисунок) индуктивность катушки  $L = 6 \text{ мГн}$ . Какой должна быть индуктивность  $L_x$  второй катушки, чтобы при переводе ключа К из положения 1 в положение 2 период собственных электромагнитных колебаний в контуре увеличился в  $\sqrt{6}$  раза?



Ответ: \_\_\_\_\_ мГн.

**16**

Плоский воздушный конденсатор ёмкостью  $C_0$ , подключенный к источнику постоянного напряжения, состоит из двух металлических пластин находящихся на расстоянии  $d_0$  друг от друга. Расстояние между пластинами меняется со временем так, как показано на графике. Выберите *два* верных утверждения, соответствующих описанию опыта.



- 1) Ёмкость конденсатора убывает в интервале времени от  $t_1$  до  $t_4$ .
- 2) Энергия конденсатора равномерно увеличивается в интервале времени от  $t_1$  до  $t_4$ .
- 3) Напряжённость электрического поля между пластинами конденсатора уменьшается в промежутке времени от  $t_1$  до  $t_4$ .
- 4) В момент времени  $t_4$  ёмкость конденсатора увеличилась в пять раз по сравнению с первоначальным.
- 5) Напряжённость электрического поля между пластинами конденсатора возрастает в промежутке времени от  $t_1$  до  $t_4$ .

Ответ:

**17**

Неразветвлённая электрическая цепь постоянного тока состоит из источника тока и подключённого к его выводам внешнего резистора. Как изменяется при уменьшении сопротивления резистора сила тока в цепи и ЭДС источника?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Сила тока в цепи	ЭДС источника

**18**

Спираль лампочки расположена вблизи главной оптической оси тонкой рассеивающей линзы с фокусным расстоянием, равным по модулю  $F$ , перпендикулярно этой оси. Расстояние  $a$  от линзы до спирали меньше  $F$ . Затем рассеивающую линзу заменили на собирающую с фокусным расстоянием  $F$ . Установите соответствие между видом линзы, использовавшейся в опыте, и свойствами даваемого ею изображения.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ВИД ЛИНЗЫ

- А) линза собирающая  
Б) линза рассеивающая

СВОЙСТВА ИЗОБРАЖЕНИЯ

- 1) действительное, перевёрнутое, увеличенное
- 2) действительное, перевёрнутое, уменьшенное
- 3) мнимое, прямое, уменьшенное
- 4) мнимое, прямое, увеличенное

Ответ: 

A	B

**19**

Сколько протонов и сколько нейтронов содержится в ядре  $^{119}_{50}\text{Sn}$ ?

Число протонов	Число нейтронов

***В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.***

**20**

Модуль импульса фотона красного света в 2 раза меньше модуля импульса фотона фиолетового света. Найдите отношение длины волны фотона фиолетового цвета к длине волны фотона красного цвета.

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 21** На рисунке изображена упрощённая диаграмма нижних энергетических уровней атома. Нумерованными стрелками отмечены некоторые возможные переходы атома между этими уровнями. Какой из этих четырёх переходов связан с поглощением света наименьшей частоты, а какой — с излучением света наибольшей частоты?

Установите соответствие между процессами поглощения и испускания света и стрелками, указывающими энергетические переходы атома.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ПРОЦЕССЫ**

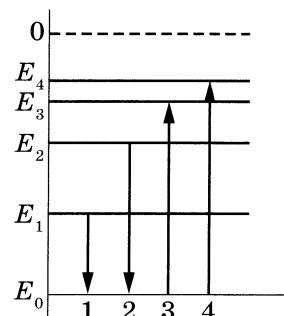
- А) поглощение света наименьшей частоты  
Б) излучение света наибольшей частоты

**ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПЕРЕХОДЫ**

- 1) 1
- 2) 2
- 3) 3
- 4) 4

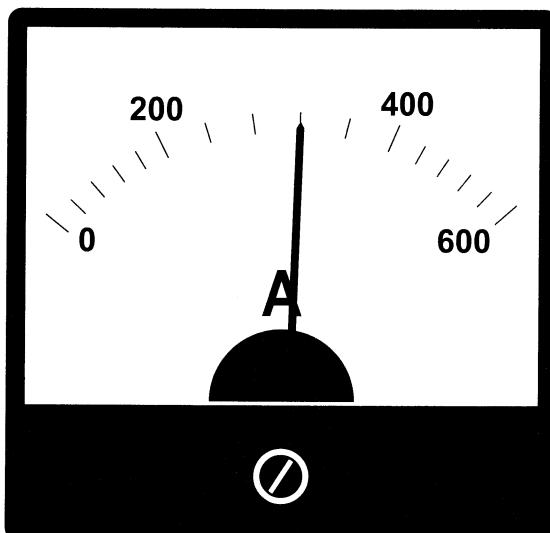
Ответ: 

A	B



**22**

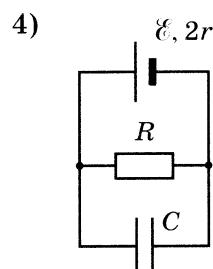
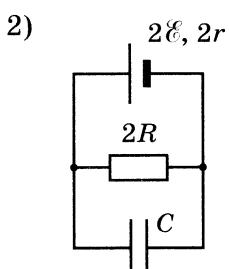
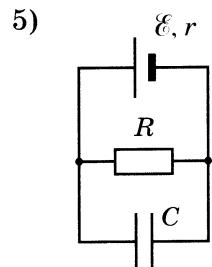
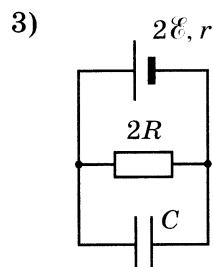
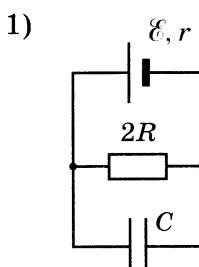
Определите показания амперметра (см. рисунок), если погрешность прямого измерения силы тока составляет половину цены деления амперметра.



Ответ: (\_\_\_\_\_ $\pm$ \_\_\_\_\_) А.

**В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.**

- 23** Необходимо экспериментально изучить зависимость заряда, накопленного конденсатором, от сопротивления резистора. Какие *две* схемы следует использовать для проведения такого исследования?



Запишите в ответе номера выбранных схем.

Ответ:

- 24** Рассмотрите таблицу, содержащую характеристики планет Солнечной системы.

Название планеты	Диаметр в районе экватора, км	Период обращения вокруг Солнца	Период вращения вокруг оси	Вторая космическая скорость, км/с
Меркурий	4878	87,97 суток	58 суток 15 часов 30 минут	4,25
Венера	12 104	224,7 суток	243 суток 0 часов 27 минут	10,36
Земля	12 756	365,3 суток	23 часа 56 минут	11,18
Марс	6794	687 суток	24 часа 37 минут	5,02
Юпитер	142 800	11 лет 315 суток	9 часов 53,8 минут	59,54
Сатурн	120 660	29 лет 168 суток	10 часов 38 минут	35,49
Уран	51 118	84 года 5 суток	17 часов 12 минут	21,29
Нептун	49 528	164 года 290 суток	16 часов 4 минуты	23,71

Выберите *все* верные утверждения, которые соответствуют характеристикам планет.

- 1) Первая космическая скорость для спутника Венеры составляет примерно 7,33 км/с.
- 2) За один юпитерианский год на Венере проходит 19 венерианских лет.
- 3) Ускорение свободного падения на Нептуне примерно равно 23,71 м/с<sup>2</sup>.
- 4) Объём Юпитера почти в 3 раза больше объёма Урана.
- 5) Юпитер движется по орбите почти в 3 раза медленнее, чем Сатурн.

Ответ: \_\_\_\_\_.



*Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.*

*Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.*

## Часть 2

**Ответом к заданиям 25 и 26 является число. Запишите это число в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.**

- 25** В начале процесса температура куска свинца массой 1 кг была равна 47 °С. Температура плавления свинца равна 327 °С. Какое количество теплоты передали куску свинца, если расплавилась часть свинца, равная 400 г? Тепловыми потерями пренебречь.

Ответ: \_\_\_\_\_ кДж.

- 26** Во сколько раз длина волны света, соответствующая «красной границе» фотоэффекта для металла с работой выхода 2 эВ, больше длины света, соответствующей «красной границе» фотоэффекта для металла с работой выхода  $6,4 \cdot 10^{-19}$  Дж?

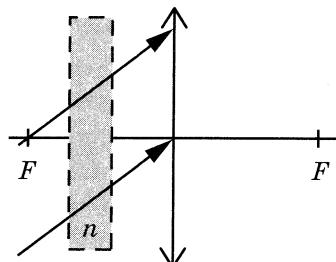
Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).



**Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.  
Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.**

**Для записи ответов на задания 27–32 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (27, 28 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.**

- 27** На тонкую собирающую линзу от удалённого источника падает пучок параллельных лучей (см. рисунок). Как изменится положение изображения источника, создаваемого линзой, если между линзой и её фокусом поставить плоскопараллельную стеклянную пластинку с показателем преломления  $n$  (на рисунке положение пластиинки отмечено пунктиром)? Ответ поясните, указав, какие физические закономерности Вы использовали. Сделайте рисунок, поясняющий ход лучей до и после установки плоскопараллельной стеклянной пластиинки.



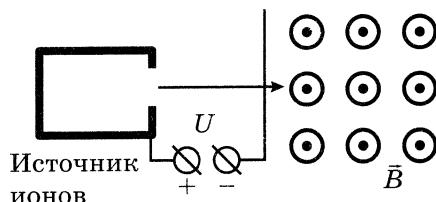
**Полное правильное решение каждой из задач 28–32 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.**

- 28** Груз подвешен на пружине жёсткостью 100 Н/м к потолку лифта. Лифт равноускоренно опускается вниз на расстояние 5 м в течение 2 с. Какова масса груза, если удлинение пружины при установившемся движении груза равно 1,5 см?

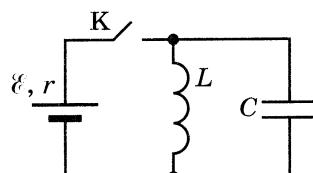
- 29** По гладкой наклонной плоскости, составляющей угол  $\alpha = 30^\circ$  с горизонтом, скользит из состояния покоя брусок массой  $M = 250$  г. В тот момент, когда брусок прошёл по наклонной плоскости расстояние  $x = 3,6$  м, в него попала и застряла в нём летящая навстречу ему вдоль наклонной плоскости пуля массой  $m = 5$  г. После попадания пули брусок поднялся вверх вдоль наклонной плоскости на расстояние  $S = 2,5$  м от места удара. Найдите скорость пули перед попаданием в брусок. Трение бруска о плоскость не учитывать.

- 30** Сферическую оболочку воздушного шара делают из материала, квадратный метр которого имеет массу 2 кг. Шар наполняют гелием при атмосферном давлении  $10^5$  Па. Определите минимальную массу оболочки, при которой шар начнёт поднимать сам себя. Температура гелия и окружающего воздуха одинакова и равна  $0^\circ\text{C}$ . (Площадь сферы  $S = 4\pi r^2$ , объём шара  $V = \frac{4}{3}\pi r^3$ .)

- 31** Ион ускоряется в электрическом поле с разностью потенциалов  $U = 10$  кВ и попадает в однородное магнитное поле перпендикулярно к вектору его индукции  $\vec{B}$  (см. рисунок). Радиус траектории движения иона в магнитном поле  $R = 0,2$  м, отношение массы иона к его электрическому заряду  $\frac{m}{q} = 5 \cdot 10^{-7}$  кг/Кл. Определите значение модуля индукции магнитного поля. Кинетической энергией иона при его вылете из источника пренебречите.



- 32** В электрической цепи, показанной на рисунке, ключ К длительное время замкнут,  $\mathcal{E} = 6$  В,  $r = 2$  Ом,  $L = 1$  мГн. В момент  $t = 0$  ключ К размыкают. В момент, когда в ходе возникших в контуре электромагнитных колебаний напряжение на конденсаторе равно ЭДС источника, сила тока в контуре  $I = 2,4$  А. Найдите ёмкость конденсатора  $C$ . Сопротивлением проводов и активным сопротивлением катушки индуктивности пренебречь.



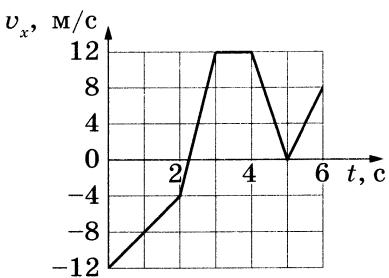
**Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с номером соответствующего задания.**

## ВАРИАНТ 3

### Часть 1

*Ответами к заданиям 1–24 являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.*

- 1** На рисунке показан график зависимости проекции  $v_x$  скорости тела от времени  $t$ .



Какова проекция  $a_x$  ускорения этого тела в интервале времени от 4 до 5 с?

Ответ: \_\_\_\_\_ м/с<sup>2</sup>.

- 2** Подвешенная к потолку пружина под действием силы 7,5 Н удлинилась на 1,5 см. Чему равно удлинение этой пружины под действием силы 10 Н?

Ответ: \_\_\_\_\_ см.

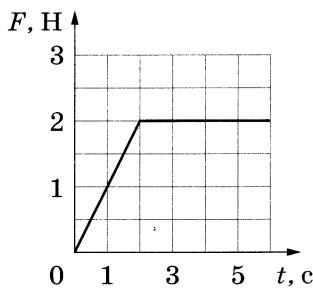
- 3** При упругой деформации 2 см стальная пружина имеет потенциальную энергию 2 Дж. Какой станет потенциальная энергия этой пружины при увеличении деформации ещё на 1 см?

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

- 4** Определите длину волны звука, который издаёт колеблющаяся струна, если частота её колебаний 400 Гц? Скорость звука в воздухе 340 м/с.

Ответ: \_\_\_\_\_ см.

- 5** Брусок массой 0,5 кг покоятся на шероховатой горизонтальной плоскости. На него начинают действовать горизонтальной силой  $\vec{F}$ , модуль которой изменяется с течением времени так, как показано на рисунке. Коэффициент трения бруска о плоскость равен 0,2.



Выберите из предложенного перечня *два* утверждения, которые соответствуют результатам проведённого опыта.

- 1) В промежутке от 1 с до 2 с брусок двигался с ускорением.
- 2) В промежутке от 0 с до 2 с сила трения, действующая на брусок, не менялась.
- 3) Кинетическая энергия бруска в промежутке от 0 до 6 с всё время возрастила.
- 4) В момент времени 5 с ускорение бруска равно 2 м/с<sup>2</sup>.
- 5) В промежутке от 2 с до 3 с импульс бруска увеличился на 2 кг·м/с.

Ответ:

- 6** На поверхности воды плавает брусок из древесины плотностью 800 кг/м<sup>3</sup>. Брусок заменили на другой брусок той же массы и с той же площадью основания, но из древесины плотностью 500 кг/м<sup>3</sup>. Как при этом изменились масса вытесненной воды и действующая на брусок сила Архимеда?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Масса вытесненной воды	Сила Архимеда

7

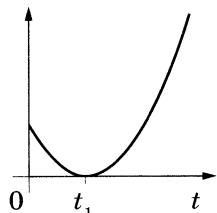
На рисунке показан график зависимости координаты  $x$  тела, движущегося вдоль оси  $Ox$ , от времени  $t$  (парабола). Графики А и Б представляют собой зависимости физических величин, характеризующих движение этого тела, от времени  $t$ .

Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять.

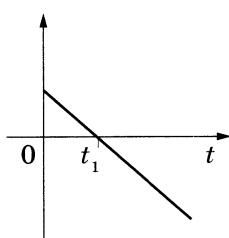
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

## ГРАФИКИ

А)



Б)

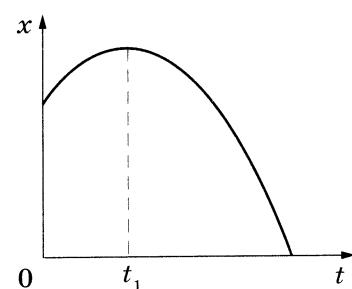


## ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) модуль импульса тела
- 2) кинетическая энергия тела
- 3) модуль ускорения тела
- 4) проекция скорости тела на ось  $Ox$

Ответ:

A	B
C	D



8

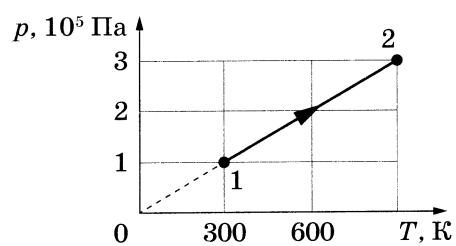
Температура неона увеличилась с  $27^{\circ}\text{C}$  до  $327^{\circ}\text{C}$ . Во сколько раз увеличилась средняя кинетическая энергия теплового движения его молекул?

Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

9

На рисунке показан график изменения состояния постоянной массы одноатомного идеального газа. В этом процессе газ получил количество теплоты, равное 3 кДж. Насколько в результате этого увеличилась его внутренняя энергия?

Ответ: на \_\_\_\_\_ кДж.



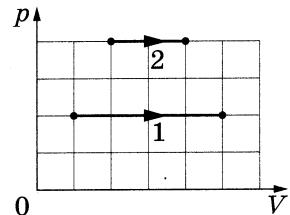
- 10** Какова удельная теплоёмкость металла, из которого сделана деталь массой 100 г, если при сообщении ей количества теплоты, равного 840 Дж, она нагрелась на  $15^{\circ}\text{C}$ ?

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж/(кг · К).

- 11** На  $pV$ -диаграмме показаны два процесса, проведённые с одним и тем же количеством газообразного неона.

Из приведённого ниже списка выберите *два* правильных утверждения, характеризующих процессы на графике.

- 1) В процессе 2 абсолютная температура неона изобарно увеличилась в 2 раза.
- 2) В процессе 1 плотность неона увеличилась в 5 раз.
- 3) В процессе 1 неон изобарно увеличил свой объём в 5 раз.
- 4) В процессе 2 концентрация молекул неона увеличилась в 2 раза.
- 5) Работа, совершенная неоном в процессе 1, больше, чем в процессе 2.



Ответ:

- 12** В неглубоком сосуде наблюдают установившийся процесс кипения воды, при этом со дна сосуда к поверхности поднимается газовый пузырёк. Как изменяется при подъёме объём пузырька и средняя кинетическая энергия молекул водяного пара?

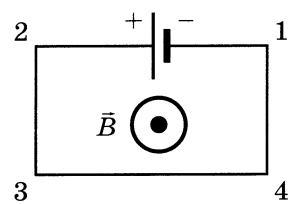
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Объём пузырька	Средняя кинетическая энергия молекул водяного пара

- 13** Электрическая цепь, состоящая из трёх прямолинейных горизонтальных проводников (2–3, 3–4, 4–1) и источника постоянного тока, находится в однородном магнитном поле, у которого вектор магнитной индукции  $\vec{B}$  направлен так, как показано на рисунке. Куда направлена относительно рисунка (*вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя*) вызванная этим полем сила Ампера, действующая на проводник 3–4? Ответ запишите словом (словами).



Ответ: \_\_\_\_\_.

- 14** На плавком предохранителе указано: «30 А». Какова максимальная суммарная мощность электрических приборов, которые можно одновременно включить в сеть с напряжением 36 В, чтобы предохранитель не расплавился?

Ответ: \_\_\_\_\_ Вт.

- 15** Колебательный контур состоит из конденсатора ёмкостью  $C$  и катушки индуктивностью  $L$ . Во сколько раз уменьшится частота собственных электромагнитных колебаний в контуре, если его индуктивность увеличить в 18 раз, а ёмкость уменьшить в 2 раза?

Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

- 16** По гладким параллельным горизонтальным проводящим рельсам, замкнутым на лампочку накаливания, перемещают лёгкий тонкий проводник, прикладывая к нему горизонтальную силу  $\vec{F}$ . Контур находится в однородном магнитном поле с индукцией  $\vec{B}$  (см. рис. а). При движении проводника площадь контура изменяется так, как указано на графике б.

Выберите *два* верных утверждения, соответствующих приведённым данным и описанию опыта.

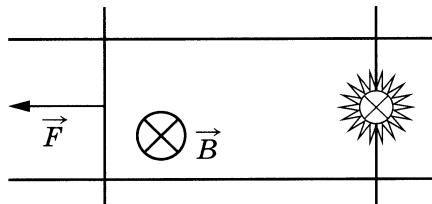


Рис. а

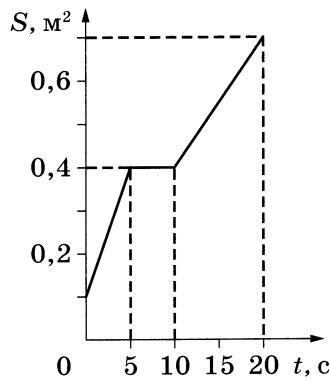


Рис. б

- 1) Ток течёт через лампочку непрерывно в течение первых 8 секунд.
- 2) В интервале времени от 12 с до 18 с через лампочку течёт ток.
- 3) Поскольку рельсы гладкие, при равномерном движении проводника  $\vec{F} = 0$ .
- 4) Максимальная ЭДС наводится в контуре в интервале времени от 10 с до 20 с.
- 5) Максимальная ЭДС наводится в контуре в интервале времени от 0 с до 5 с.

Ответ:

- 17** Протон в однородном магнитном поле между полюсами магнита под действием силы Лоренца движется по окружности радиусом  $r$ . В этом же поле по окружности с таким же радиусом стала двигаться  $\alpha$ -частица. Как изменились период обращения в магнитном поле и модуль импульса  $\alpha$ -частицы по сравнению с протоном?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

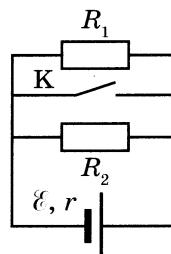
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Период обращения	Модуль импульса

- 18** Исследуется электрическая цепь, собранная по схеме, представленной на рисунке.

Определите формулы, которые можно использовать для расчётов физических величин, характеризующих протекание тока в этой цепи. Параметры элементов цепи указаны на рисунке.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



#### ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) сила тока через источник при замкнутом ключе К  
Б) напряжение на резисторе  $R_1$  при разомкнутом  
ключе К

#### ФОРМУЛЫ

- 1)  $\frac{\epsilon}{r}$
- 2)  $\epsilon$
- 3)  $\frac{\epsilon R_1 R_2}{r(R_1 + R_2) + R_1 R_2}$
- 4)  $\frac{\epsilon R_1}{r + R_1 + R_2}$

Ответ: 

A	B

A	B

- 19** Сколько протонов и сколько нейтронов содержится в ядре йода  $^{127}_{53}\text{I}$ ?

Число протонов	Число нейтронов

**В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.**

- 20** В свинцовую капсулу поместили радиоактивный актиний  $^{227}\text{Ac}$ . Сколько процентов от исходно большого числа ядер этого изотопа актиния останется в капсule через 20 дней? Период полураспада актиния 10 дней.

Ответ: \_\_\_\_\_ %.

- 21** Установите соответствие между видами радиоактивного распада и уравнениями, описывающими этот процесс.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ВИДЫ РАСПАДА**

- А) альфа-распад  
Б) бета-распад

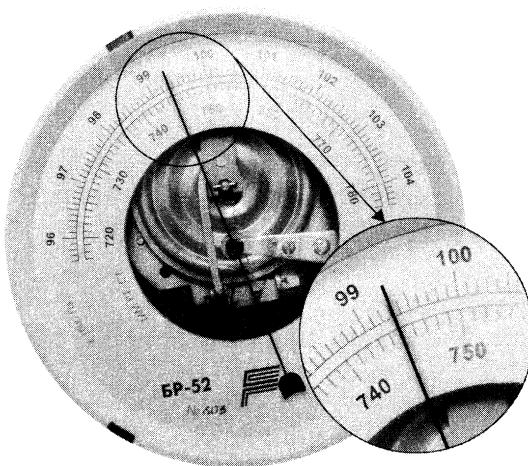
**УРАВНЕНИЯ**

- 1)  $^{209}_{83}\text{Bi} + ^2_1\text{H} \rightarrow ^{105}_{43}\text{Tc} + ^{102}_{41}\text{Nb} + 4^1_0n$
- 2)  $^{238}_{92}\text{U} + ^{22}_{10}\text{Ne} \rightarrow ^{256}_{102}\text{No} + 4^1_0n$
- 3)  $^{238}_{93}\text{Np} \rightarrow ^{238}_{94}\text{Pu} + ^0_{-1}e + \bar{\nu}_e$
- 4)  $^{227}_{89}\text{Ac} \rightarrow ^{223}_{87}\text{Fr} + ^4_2\text{He}$

Ответ: 

A	B

- 22** С помощью барометра проводились измерения атмосферного давления. Верхняя шкала барометра проградуирована в килопаскалях, а нижняя шкала — в миллиметрах ртутного столба (см. рисунок). Погрешность измерений давления равна цене деления шкалы барометра. Чему равно атмосферное давление в миллиметрах ртутного столба по результатам этих измерений?



Ответ: (\_\_\_\_ ± \_\_\_\_) мм рт. ст.

**В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.**

**23** Необходимо собрать экспериментальную установку и определить с её помощью внутреннее сопротивление аккумуляторной батареи. Для этого школьник взял аккумулятор, ключ, соединительные провода и реостат. Какие *два* предмета из приведённого ниже перечня оборудования необходимо дополнительно использовать для проведения этого эксперимента?

- 1) лампа накаливания
- 2) конденсатор
- 3) вольтметр
- 4) секундомер
- 5) амперметр

В ответ запишите номера выбранного оборудования.

Ответ: 

--	--

**24** Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о ярких звёздах.

Наименование звезды	Температура поверхности, К	Масса (в массах Солнца)	Радиус (в радиусах Солнца)	Средняя плотность по отношению к плотности воды
Альдебаран	3600	5,0	45	$7,7 \cdot 10^{-5}$
ε Возничего В	11 000	10,2	3,5	0,33
Ригель	11 200	40	138	$2 \cdot 10^{-5}$
Сириус А	9250	2,1	2,0	0,36
Сириус В	8200	1,0	0,01	$1,75 \cdot 10^6$
Солнце	6000	1,0	1,0	1,4
α Центавра А	5730	1,02	1,2	0,80

Выберите *все* верные утверждения, которые соответствуют характеристикам звёзд.

- 1) Звезда Ригель является сверхгигантом.
- 2) Наше Солнце относится к гигантам спектрального класса *B*.
- 3) Температура поверхности звезды α Центавра А соответствует температуре поверхности звёзд спектрального класса *O*.
- 4) Звезда Альдебаран относится к звёздам главной последовательности на диаграмме Герцшпрунга — Рессела.
- 5) Средняя плотность звезды Сириус В больше, чем у Солнца.

Ответ: \_\_\_\_\_



*Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии*

*с инструкцией по выполнению работы.*

*Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером*

*соответствующего задания.*

## Часть 2

**Ответом к заданиям 25 и 26 является число. Запишите это число в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.**

- 25** В двух идеальных колебательных контурах происходят незатухающие электромагнитные колебания. Амплитуда колебаний силы тока в первом контуре равна 2 мА. Максимальное значение заряда конденсатора во втором контуре в 2 раза меньше, а период его колебаний в 2 раза больше, чем в первом контуре. Определите амплитуду колебаний силы тока во втором контуре.

Ответ: \_\_\_\_\_ мА.

- 26** На металлическую пластинку падает монохроматическая электромагнитная волна, выбивающая из неё электроны. Максимальная кинетическая энергия электронов, вылетевших из пластиинки в результате фотоэффекта, составляет 6 эВ, а энергия падающих фотонов в 3 раза больше работы выхода из металла. Чему равна работа выхода электронов из металла?

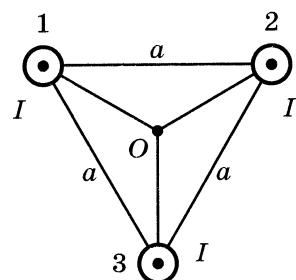
Ответ: \_\_\_\_\_ эВ.



**Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.  
Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.**

**Для записи ответов на задания 27–32 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (27, 28 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.**

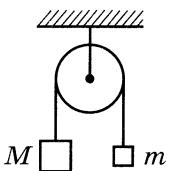
- 27** Три параллельных длинных прямых проводника 1, 2 и 3 перпендикулярны плоскости рисунка и пересекают её в вершинах равностороннего треугольника со стороной  $a$ . Токи в проводниках сонаправлены и равны  $I$ . Опираясь на законы электродинамики, определите направление вектора индукции результирующего магнитного поля в точке  $O$  — центре треугольника. Как изменится направление вектора индукции результирующего магнитного поля в точке  $O$ , если направление электрического тока в проводнике 3 изменить на противоположное?



**Полное правильное решение каждой из задач 28–32 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.**

**28**

Два груза подвешены на достаточно длинной невесомой нерастяжимой нити, перекинутой через идеальный блок (см. рисунок). Грузы удерживали неподвижно, а затем осторожно отпустили, после чего они начали двигаться равноускоренно. Опустившись на 2 м, левый груз приобрёл скорость 4 м/с. Определите силу натяжения нити, если масса правого груза  $m = 1$  кг. Трением пренебречь.

**29**

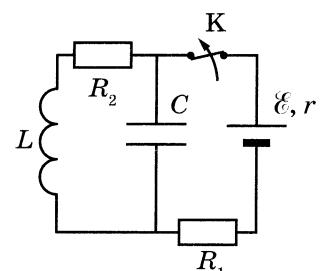
Шарик закреплён на конце стержня. Другой конец стержня неподвижно прикреплён к горизонтальной оси, которая равномерно вращается с периодом вращения  $\tau = 0,2$  с. В результате шарик движется в вертикальной плоскости по окружности радиусом  $l = 20$  см. Разность модулей сил, с которыми стержень действует на шарик в нижней и в верхней точках траектории,  $\Delta T = 0,4$  Н. Определите силу  $T_2$ , с которой стержень действует на шарик в верхней точке траектории. Сделайте рисунки с указанием сил, действующих на шарик в верхней и нижней точках траектории.

**30**

В вертикальном цилиндре, закрытом лёгким поршнем, находится бензол ( $C_6H_6$ ) при температуре кипения  $t = 80$  °С. При сообщении бензолу некоторого количества теплоты часть его превращается в пар, который при изобарном расширении совершает работу, поднимая поршень. Удельная теплота парообразования бензола  $L = 396 \cdot 10^3$  Дж/кг, а его молярная масса  $M = 78 \cdot 10^{-3}$  кг/моль. Какая часть подводимого к бензолу количества теплоты идёт на увеличение внутренней энергии системы? Объёмом жидкого бензола и трением между поршнем и цилиндром пренебречь.

**31**

На рисунке показана схема электрической цепи, состоящей из источника тока с ЭДС  $\epsilon = 18$  В и внутренним сопротивлением  $r = 2$  Ом, двух резисторов с сопротивлениями  $R_1 = 10$  Ом и  $R_2 = 6$  Ом, конденсатора электроёмкостью  $C = 6$  мкФ и катушки с индуктивностью  $L = 12$  мГн. В начальном состоянии ключ К длительное время замкнут. Какое количество теплоты выделится на резисторе  $R_2$  после размыкания ключа К? Сопротивлением катушки пренебречь.

**32**

Тонкая собирающая линза с фокусным расстоянием  $F$  находится между двумя точечными источниками света на расстоянии  $d = 15$  от одного из них. Источники расположены на главной оптической оси на расстоянии  $L = 22,5$  друг от друга. Найдите фокусное расстояние линзы, если их изображения получились в одной и той же точке.

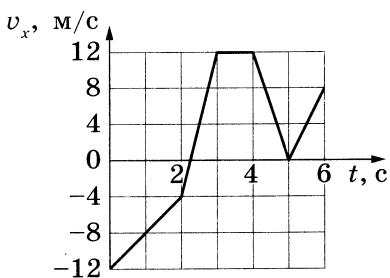
**Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с номером соответствующего задания.**

## ВАРИАНТ 4

### Часть 1

Ответами к заданиям 1–24 являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

- 1 На рисунке показан график зависимости проекции  $v_x$  скорости тела от времени  $t$ .



Какова проекция  $a_x$  ускорения этого тела в интервале времени от 0 до 2 с?

Ответ: \_\_\_\_\_ м/с<sup>2</sup>.

- 2 Подвешенная к потолку пружина под действием силы 5 Н удлинилась на 10 см. Чему равно удлинение этой пружины под действием силы 8 Н?

Ответ: \_\_\_\_\_ см.

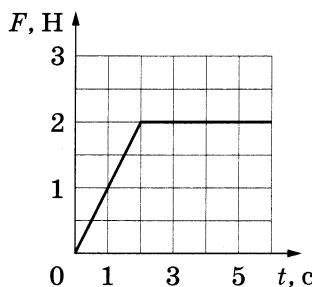
- 3 При упругой деформации 3 см стальная пружина имеет потенциальную энергию 1,8 Дж. Какой станет потенциальная энергия этой пружины при уменьшении деформации на 1 см?

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

- 4** Колеблющаяся струна издаёт звук с длиной волны 0,17 м. Какова частота её колебаний, если скорость звука в воздухе 340 м/с?

Ответ: \_\_\_\_\_ Гц.

- 5** Брусок массой 0,5 кг покоятся на шероховатой горизонтальной плоскости. На него начинают действовать горизонтальной силой  $\vec{F}$ , модуль которой изменяется с течением времени так, как показано на рисунке. Коэффициент трения бруска о плоскость равен 0,2.



Выберите из предложенного перечня *два* утверждения, которые соответствуют результатам проведённого опыта.

- 1) В промежутке от 1 с до 2 с брусок покоялся.
- 2) В момент времени 1,5 с сила трения, действующая на брусок, равна 1,5 Н.
- 3) Кинетическая энергия бруска в момент времени 1 с равна 0.
- 4) В момент времени 5 с ускорение бруска равно 2 м/с<sup>2</sup>.
- 5) В промежутке от 2 с до 4 с импульс бруска увеличился на 1 кг·м/с.

Ответ:

- 6** На поверхности воды плавает брусок из древесины плотностью 500 кг/м<sup>3</sup>. Брусок заменили на другой брусок той же массы и с той же площадью основания, но из древесины плотностью 700 кг/м<sup>3</sup>. Как при этом изменились глубина погружения бруска и действующая на него сила Архимеда?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Глубина погружения брюска	Сила Архимеда

7

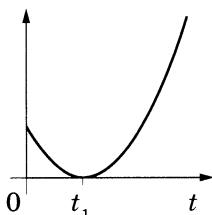
На рисунке показан график зависимости координаты  $x$  тела, движущегося вдоль оси  $Ox$ , от времени  $t$  (парабола). Графики А и Б представляют собой зависимости физических величин, характеризующих движение этого тела, от времени  $t$ .

Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять.

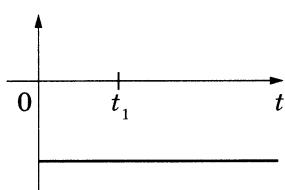
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

## ГРАФИКИ

А)



Б)

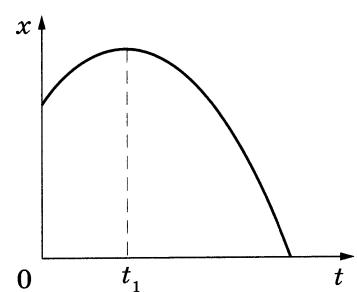


## ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) модуль импульса тела
- 2) проекция перемещения тела на ось  $Ox$
- 3) кинетическая энергия тела
- 4) проекция ускорения тела на ось  $Ox$

Ответ: 

A	B



8

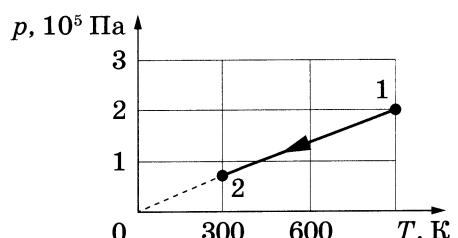
Температура аргона уменьшилась с  $227^{\circ}\text{C}$  до  $-23^{\circ}\text{C}$ . Во сколько раз уменьшилась средняя кинетическая энергия теплового движения его молекул?

Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

9

На рисунке показан график изменения состояния постоянной массы одноатомного идеального газа. В этом процессе газ отдал количество теплоты, равное 3,6 кДж. Насколько в результате этого уменьшилась его внутренняя энергия?

Ответ: на \_\_\_\_\_ кДж.



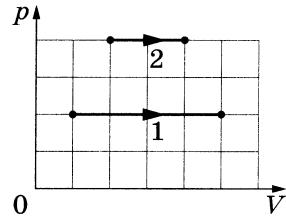
- 10** На сколько градусов нагреется медная деталь массой 100 г, если ей сообщить количество теплоты, равное 760 Дж?

Ответ: на \_\_\_\_\_ °С.

- 11** На  $pV$ -диаграмме показаны два процесса, проведённые с одним и тем же количеством газообразного неона.

Из приведённого ниже списка выберите **две** правильных утверждения, характеризующих процессы на графике.

- 1) В процессе 2 абсолютная температура неона изобарно уменьшилась в 2 раза.
- 2) В процессе 1 плотность неона уменьшилась в 5 раз.
- 3) В процессе 1 неон изобарно увеличил свой объём в 4 раза.
- 4) В процессе 2 концентрация молекул неона увеличилась в 2 раза.
- 5) Работа, совершенная неоном в процессе 1, равна работе в процессе 2.



Ответ:

- 12** В неглубоком сосуде наблюдают установившийся процесс кипения воды, при этом со дна сосуда к поверхности поднимается газовый пузырёк. Как изменяется при подъёме внутренняя энергия водяного пара в пузырьке и его температура?

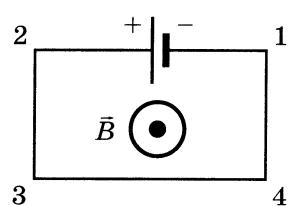
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Внутренняя энергия водяного пара в пузырьке	Температура водяного пара

- 13** Электрическая цепь, состоящая из трёх прямолинейных горизонтальных проводников (2–3, 3–4, 4–1) и источника постоянного тока, находится в однородном магнитном поле, у которого вектор магнитной индукции  $\vec{B}$  направлен так, как показано на рисунке. Куда направлена относительно рисунка (**вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя**) вызванная этим полем сила Ампера, действующая на проводник 4–1? Ответ запишите словом (словами).



Ответ: \_\_\_\_\_.

**14**

На плавком предохранителе сети напряжением 380 В указано: «10 А». Какова максимальная суммарная мощность электрических приборов, которые можно одновременно включить в эту сеть, чтобы предохранитель не расплавился?

Ответ: \_\_\_\_\_ Вт.

**15**

Колебательный контур состоит из конденсатора ёмкостью  $C$  и катушки индуктивностью  $L$ . Во сколько раз увеличится период собственных электромагнитных колебаний в контуре, если его индуктивность увеличить в 10 раз, а ёмкость уменьшить в 2,5 раза?

Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

**16**

По гладким параллельным горизонтальным проводящим рельсам, замкнутым на лампочку накаливания, перемещают лёгкий тонкий проводник, прикладывая к нему горизонтальную силу  $\vec{F}$ . Контур находится в однородном магнитном поле с индукцией  $\vec{B}$  (см. рис. а). При движении проводника площадь контура изменяется так, как указано на рис. б.

Выберите *два* верных утверждения, соответствующие приведённым данным и описанию опыта.

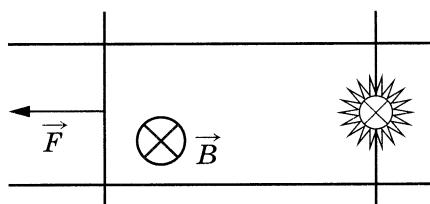


Рис. а

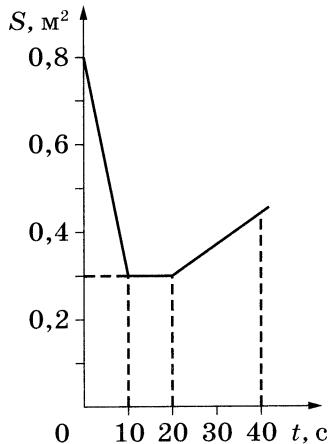


Рис. б

- 1) Индукционный ток течёт в контуре всё время в одном направлении.
- 2) В интервале времени от 30 с до 40 с через лампочку течёт ток.
- 3) Поскольку рельсы гладкие, при равномерном движении проводника  $\vec{F} = 0$ .
- 4) Максимальная ЭДС наводится в контуре в интервале времени от 20 с до 30 с.
- 5) Сила, прикладываемая к проводнику для его перемещения, в первые 10 с максимальна.

Ответ:

**17**

Протоны в однородном магнитном поле между полюсами магнита движутся по окружностям радиусом  $R$  под действием силы Лоренца. После замены магнита по окружностям тем же радиусом между полюсами стали двигаться  $\alpha$ -частицы, обладающие такой же кинетической энергией, как и протоны. Как изменились индукция магнитного поля и скорость движения  $\alpha$ -частиц по сравнению со скоростью протонов?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличилась                    2) уменьшилась                    3) не изменилась

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

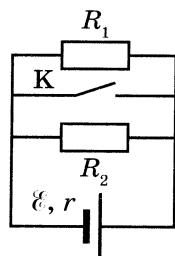
Индукция магнитного поля	Скорость $\alpha$ -частиц

**18**

Исследуется электрическая цепь, собранная по схеме, представленной на рисунке.

Определите формулы, которые можно использовать для расчётов физических величин, характеризующих протекание тока в этой цепи. Параметры элементов цепи указаны на рисунке.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



#### ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) сила тока через резистор  $R_2$   
при разомкнутом ключе К  
Б) полное сопротивление цепи  
при замкнутом ключе К

#### ФОРМУЛЫ

- 1)  $r$   
2)  $r + R_1 + R_2$   
3)  $\frac{\epsilon R_1}{r(R_1 + R_2) + R_1 R_2}$   
4)  $\frac{\epsilon R_2}{r(R_1 + R_2) + R_1 R_2}$

Ответ: 

A	B

**19**

Сколько протонов и сколько нейтронов содержится в ядре  $^{35}_{17}\text{Cl}$ ?

Число протонов	Число нейтронов

**В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.**

**20**

В свинцовую капсулу поместили радиоактивный йод  $^{131}\text{I}$ . Сколько процентов от исходно большого числа ядер этого изотопа йода останется в капсule через 24 дня? Период полураспада йода 8 дней.

Ответ: \_\_\_\_\_ %.

**21**

Установите соответствие между видами радиоактивного распада и уравнениями, описывающими этот процесс.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

## ВИДЫ РАСПАДА

- А) электронный бета-распад  
Б) альфа-распад

## УРАВНЕНИЯ

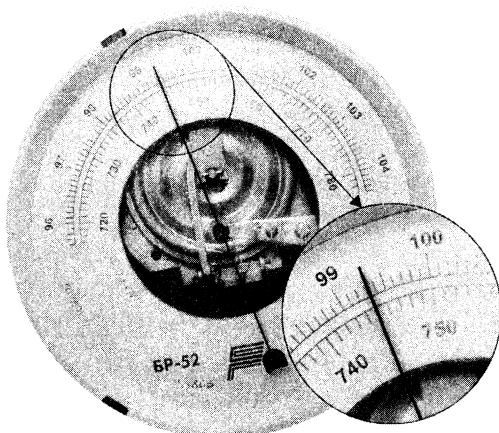
- 1)  $^{12}_7\text{N} \rightarrow ^{12}_6\text{C} + ^0_1\bar{e} + \nu_e$
- 2)  $^{11}_6\text{C} \rightarrow ^{11}_7\text{N} + ^{-1}_-e + \tilde{\nu}_e$
- 3)  $^{239}_{94}\text{Pu} \rightarrow ^{235}_{92}\text{U} + ^4_2\text{He}$
- 4)  $^{14}_7\text{N} + ^4_2\text{He} \rightarrow ^{17}_8\text{O} + ^1_1\text{H}$

Ответ: 

A	B

**22**

С помощью барометра проводились измерения атмосферного давления. Верхняя шкала барометра проградуирована в килопаскалях, а нижняя шкала — в миллиметрах ртутного столба (см. рисунок). Погрешность измерений давления равна цене деления шкалы барометра. Чему равно атмосферное давление в килопаскалях по результатам этих измерений?



Ответ: (\_\_\_\_\_)  $\pm$  (\_\_\_\_\_) кПа.

**В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.**

**23**

Необходимо собрать экспериментальную установку и определить с её помощью внутреннее сопротивление аккумуляторной батареи. Для этого школьник взял аккумулятор, ключ, вольтметр и реостат. Какие *два* предмета из приведённого ниже перечня оборудования необходимо дополнительно использовать для проведения этого эксперимента?

- 1) лампа накаливания
- 2) конденсатор
- 3) соединительные провода
- 4) амперметр
- 5) секундомер

В ответ запишите номера выбранного оборудования.

Ответ:

**24**

Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о ярких звёздах.

Наименование звезды	Температура поверхности, К	Масса (в массах Солнца)	Радиус (в радиусах Солнца)	Средняя плотность по отношению к плотности воды
Альдебаран	3600	5,0	45	$7,7 \cdot 10^{-5}$
ε Возничего В	11 000	10,2	3,5	0,33
Ригель	11 200	40	138	$2 \cdot 10^{-5}$
Сириус А	9250	2,1	2,0	0,36
Сириус В	8200	1,0	0,01	$1,75 \cdot 10^6$
Солнце	6000	1,0	1,0	1,4
α Центавра А	5730	1,02	1,2	0,80

Выберите *все* верные утверждения, которые соответствуют характеристикам звёзд.

- 1) Звезда Сириус В является белым карликом.
- 2) Наше Солнце относится к звёздам главной последовательности на диаграмме Герцшпрунга — Рессела.
- 3) Температура поверхности звезды Ригель соответствует температуре поверхности звёзд спектрального класса М.
- 4) Звезда Альдебаран относится к гигантам спектрального класса О.
- 5) Средняя плотность звезды Сириус В меньше средней плотности звёзд главной последовательности на диаграмме Герцшпрунга — Рессела.

Ответ: \_\_\_\_\_



**Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.**

**Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.**

## Часть 2

**Ответом к заданиям 25 и 26 является число. Запишите это число в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.**

- 25** В двух идеальных колебательных контурах происходят незатухающие электромагнитные колебания. Максимальное значение заряда конденсатора во втором контуре равно 6 мКл. Амплитуда колебаний силы тока в первом контуре в 2 раза меньше, а период его колебаний в 3 раза меньше, чем во втором контуре. Определите максимальное значение заряда конденсатора в первом контуре.

Ответ: \_\_\_\_\_ мКл.

- 26** На металлическую пластинку падает монохроматическая электромагнитная волна, выбивающая из неё электроны. Работа выхода электронов из металла равна 3 эВ. Максимальная кинетическая энергия электронов, вылетевших из пластинки в результате фотоэффекта, в 2 раза меньше энергии падающих фотонов. Чему равна максимальная кинетическая энергия электронов?

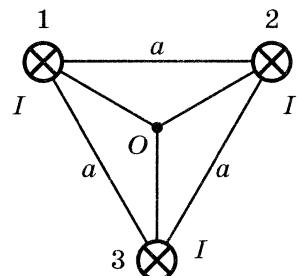
Ответ: \_\_\_\_\_ эВ.



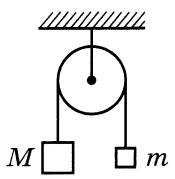
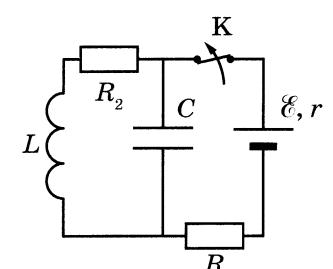
**Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.  
Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.**

**Для записи ответов на задания 27–32 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (27, 28 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.**

- 27** Три параллельных длинных прямых проводника 1, 2 и 3 перпендикулярны плоскости рисунка и пересекают её в вершинах равностороннего треугольника со стороной  $a$ . Токи в проводниках сонаправлены и равны  $I$ . Опираясь на законы электродинамики, определите направление вектора индукции результирующего магнитного поля в точке  $O$  — центре треугольника. Как изменится направление вектора индукции результирующего магнитного поля в точке  $O$ , если направление электрического тока в проводнике 3 изменить на противоположное?



**Полное правильное решение каждой из задач 28–32 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.**

- 28** Два груза подвешены на достаточно длинной невесомой нерастяжимой нити, перекинутой через идеальный блок (см. рисунок). Грузы удерживали неподвижно, а затем осторожно отпустили, после чего они начали двигаться равноускоренно. Через  $t = 1$  с после начала движения скорость правого груза (массой  $m = 1$  кг) была направлена вертикально вверх и равна 4 м/с. Определите силу натяжения нити. Трением пренебречь.
- 
- 29** Шарик закреплён на конце стержня. Другой конец стержня неподвижно прикреплён к горизонтальной оси, которая равномерно вращается с периодом вращения  $\tau = 0,2$  с. В результате шарик движется в вертикальной плоскости по окружности радиусом  $l = 20$  см. Разность модулей сил, с которыми стержень действует на шарик в нижней и в верхней точках траектории, равна  $\Delta T = 0,4$  Н. Определите силу  $T_1$ , с которой стержень действует на шарик в нижней точке траектории. Сделайте рисунки с указанием сил, действующих на шарик в верхней и нижней точках траектории.
- 30** В вертикальном цилиндре, закрытом лёгким поршнем, находится ацетон ( $C_3H_6O$ ) при температуре кипения  $t = 56$  °С. В результате сообщения ацетону некоторого количества теплоты часть его превращается в пар, который при изобарном расширении совершает работу, поднимая поршень. Удельная теплота парообразования ацетона  $L = 524 \cdot 10^3$  Дж/кг, а его молярная масса  $M = 58 \cdot 10^{-3}$  кг/моль. Какая часть подводимого к ацетону количества теплоты превращается в работу? Объёмом жидкого ацетона и трением между поршнем и цилиндром пренебречь.
- 31** На рисунке показана схема электрической цепи, состоящей из источника тока с ЭДС  $\mathcal{E} = 12$  В и внутренним сопротивлением  $r = 1$  Ом, двух резисторов с сопротивлениями  $R_1 = 8$  Ом и  $R_2 = 3$  Ом, конденсатора электрёмкостью  $C = 4$  мкФ и катушки с индуктивностью  $L = 24$  мГн. В начальном состоянии ключ К длительное время замкнут. Какое количество теплоты выделится на резисторе  $R_2$  после размыкания ключа К? Сопротивлением катушки пренебречь.
- 
- 32** Тонкая собирающая линза с оптической силой  $D = 10$  дптр находится между двумя точечными источниками света на расстоянии  $d$  от первого из них и на расстоянии  $x = 7,5$  см от второго. Источники расположены на главной оптической оси. Найдите, на каком расстоянии  $d$  от линзы находится первый источник, если их изображения получились в одной и той же точке.

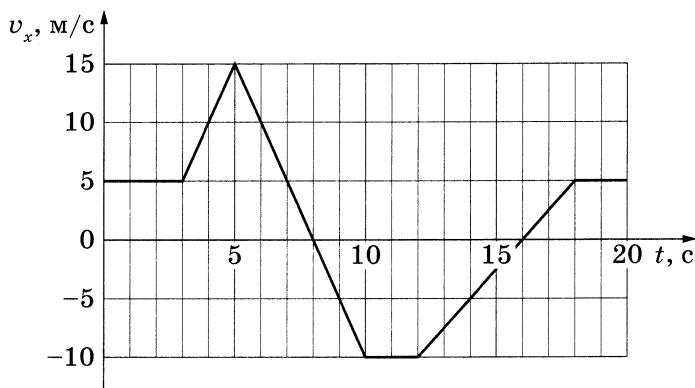
**Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с номером соответствующего задания.**

## ВАРИАНТ 5

### Часть 1

Ответами к заданиям 1–24 являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

- 1 На рисунке приведён график зависимости проекции  $v_x$  скорости тела от времени  $t$ .

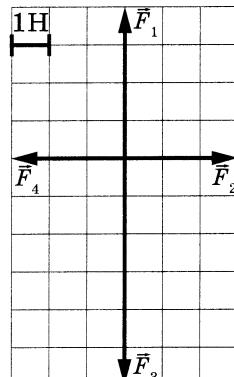


Определите путь, пройденный телом в интервале времени от 5 до 10 с.

Ответ: \_\_\_\_\_ м.

- 2 На рисунке показаны силы (в заданном масштабе), действующие на материальную точку. Сторона клетки соответствует 1 Н. Определите модуль равнодействующей приложенных к телу сил.

Ответ: \_\_\_\_\_ Н.



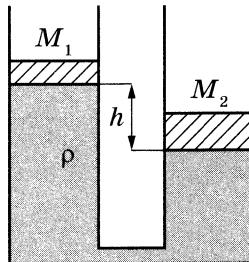
- 3 Автомобиль с выключенным двигателем сняли со стояночного тормоза, и он покатился под уклон, составляющий угол  $30^\circ$  к горизонту. Проехав 10 м, он попадает на горизонтальный участок дороги. Чему равна скорость автомобиля в начале горизонтального участка дороги? Трением пренебречь.

Ответ: \_\_\_\_\_ м/с.

- 4** Деревянный кубик имеет ребро 3 см. Определите архимедову силу, действующую на кубик при его полном погружении в воду.

Ответ: \_\_\_\_\_ Н.

- 5** Два одинаковых вертикальных сообщающихся цилиндрических сосуда заполнены водой и закрыты поршнями массами  $M_1 = 1$  кг и  $M_2 = 2$  кг. Когда система находится в равновесии, правый поршень с площадью основания  $100 \text{ см}^2$  расположен ниже левого на величину  $h = 10 \text{ см}$ .



Выберите из предложенного перечня **два** верных утверждения.

- 1) Взаимное расположение поршней при заданных массах зависит от плотности материала, из которого они изготовлены.
- 2) Если на левый поршень поместить груз массой  $m = 1$  кг, поршни будут находиться на одном уровне.
- 3) Если на правый поршень поместить груз массой  $m = 1$  кг, разность уровней между левым и правым поршнями составит 15 см.
- 4) Если на левый поршень поместить груз массой  $m = 0,5$  кг, разность уровней между левым и правым поршнями составит 6 см.
- 5) Если вместо воды в сосуды налить керосин, то в состоянии равновесия левый поршень будет выше правого на 12,5 см.

Ответ:

- 6** Искусственный спутник Земли перешёл с одной круговой орбиты на другую. На новой орбите центростремительное ускорение спутника больше, чем на прежней. Как изменились при этом период обращения спутника и его скорость движения по орбите вокруг Земли?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Период обращения спутника вокруг Земли	Скорость движения спутника по орбите

**7** Установите соответствие между зависимостью проекции скорости тела от времени (все величины выражены в СИ) и зависимостью координаты этого тела от времени (начальная координата тела равна 0).

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

## ПРОЕКЦИЯ СКОРОСТИ

- A)  $v_x = -2$   
B)  $v_x = 5 - t$

## КООРДИНАТА

- 1)  $x = -2t$   
2)  $x = -2t^2$   
3)  $x = 5t - 0,5t^2$   
4)  $x = 5t + 2t^2$

Ответ: 

A	Б

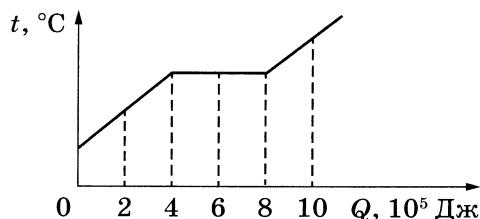
**8** Цилиндрический сосуд разделён лёгким подвижным поршнем на две части. В одной части сосуда находится криpton, в другой — аргон. Температуры газов одинаковы. Определите отношение концентрации молекул криптона к концентрации молекул аргона.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**9** У идеального теплового двигателя Карно температура нагревателя равна  $227^\circ\text{C}$ , а температура холодильника равна  $-23^\circ\text{C}$ . Определите КПД теплового двигателя.

Ответ: \_\_\_\_\_ %.

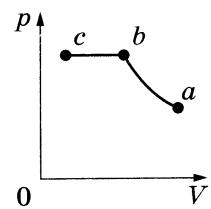
**10** На рисунке показан график изменения температуры вещества  $t$  по мере поглощения им количества теплоты  $Q$ . Масса вещества равна 2 кг. Первоначально вещество было в твёрдом состоянии. Какова удельная теплота плавления вещества?



Ответ: \_\_\_\_\_ кДж/кг.

**11**

В цилиндрическом сосуде, закрытом подвижным поршнем, находится водяной пар. При постоянной температуре с паром провели процесс  $a \rightarrow b \rightarrow c$ ,  $pV$ -диаграмма которого представлена на рисунке. Из приведённого ниже списка выберите **два** правильных утверждения относительно этого процесса.



- 1) На участке  $a \rightarrow b$  плотность пара постоянна.
- 2) На участке  $b \rightarrow c$  к веществу в сосуде подводится положительное количество теплоты.
- 3) В точке  $c$  водяной пар является насыщенным.
- 4) На участке  $b \rightarrow c$  внутренняя энергия пара уменьшается.
- 5) На участке  $a \rightarrow b$  к пару подводится положительное количество теплоты.

Ответ:

**12**

Температуру нагревателя тепловой машины Карно понизили, оставив температуру холодильника прежней. Количество теплоты, отданное газом холодильнику за цикл, не изменилось. Как изменились при этом КПД тепловой машины и работа газа за цикл?

Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:

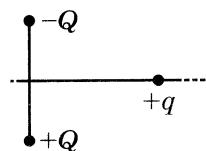
- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

КПД тепловой машины	Работа газа за цикл

**13**

Заряд  $+q > 0$  находится на равном расстоянии от неподвижных точечных зарядов  $+Q > 0$  и  $-Q$ , расположенных на концах тонкой стеклянной палочки (см. рисунок). Куда направлено относительно рисунка (**вверх, вниз, влево, вправо, от наблюдателя, к наблюдателю**) ускорение заряда  $+q$  в этот момент времени, если на него действуют только заряды  $+Q$  и  $-Q$ ? Ответ запишите словом (словами).



Ответ: \_\_\_\_\_ .

**14**

В характеристиках электрической нагревательной плитки указана её мощность 1,1 кВт и напряжение 220 В, на которое рассчитана плитка. Какова сила тока, протекающего в цепи плитки в расчётном режиме?

Ответ: \_\_\_\_\_ А.

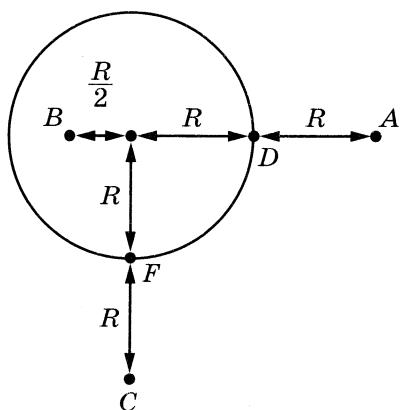
15

Энергия магнитного поля катушки с током равна 0,72 Дж. Индуктивность катушки равна 10 мГн. Какова сила тока в катушке?

Ответ: \_\_\_\_\_ А.

16

На единственной неподвижной проводящей сфере радиусом  $R$  находится положительный заряд  $Q$ . Сфера находится в вакууме. Напряжённость электростатического поля сферы в точке  $A$  равна 36 В/м. Все расстояния указаны на рисунке. Выберите два верных утверждения, описывающих данную ситуацию.



- 1) Потенциал электростатического поля в точке  $A$  выше, чем в точке  $F$ :  $\varphi_A > \varphi_F$ .
- 2) Потенциал электростатического поля в точках  $B$  и  $D$  одинаков:  $\varphi_B = \varphi_D$ .
- 3) Потенциал электростатического поля в точках  $A$  и  $B$  одинаков:  $\varphi_A = \varphi_B$ .
- 4) Напряжённость электростатического поля в точке  $C$   $E_C = 9$  В/м.
- 5) Напряжённость электростатического поля в точке  $B$   $E_B = 0$ .

Ответ:

17

Небольшой предмет расположен на главной оптической оси тонкой собирающей линзы на двойном фокусном расстоянии от неё. Его начинают удалять от линзы. Как меняются при этом расстояние от линзы до изображения предмета и размер изображения?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

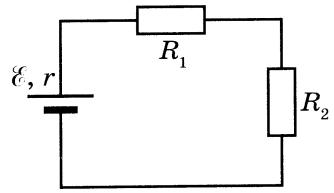
- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Расстояние от линзы до изображения предмета	Размер изображения

**18**

Два резистора с сопротивлениями  $R_1$  и  $R_2$  подключены к источнику тока с внутренним сопротивлением  $r$  (см. рисунок). Напряжение на втором резисторе равно  $U_2$ . Чему равны напряжение на первом резисторе и ЭДС источника?



Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- A) напряжение на резисторе  $R_1$   
B) ЭДС источника

**ФОРМУЛЫ**

1)  $U_2 \cdot \frac{R_1}{R_2}$

2)  $U_2 \cdot \frac{R_2}{R_1}$

3)  $\frac{U_2}{R_2} \cdot (R_1 + R_2 + r)$

4)  $\frac{U_2}{R_1} \cdot (R_1 + R_2 + r)$

Ответ: 

A	Б

**19**

Ядро бериллия может захватить гамма-квант, в результате чего происходит ядерная реакция  ${}^9_4\text{Be} + {}^0_0\gamma \rightarrow {}^A_Z\text{X} + {}^1_0n$  с образованием ядра химического элемента  ${}^A_Z\text{X}$ . Каковы заряд образовавшегося ядра  $Z$  (в единицах элементарного заряда) и его массовое число  $A$ ?

Заряд ядра $Z$	Массовое число ядра $A$

*В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.*

**20**

Закон радиоактивного распада ядер некоторого изотопа имеет вид  $N = N_0 \cdot 2^{-\lambda t}$ , где  $\lambda = 0,2 \text{ с}^{-1}$ . Каков период полураспада ядер?

Ответ: \_\_\_\_\_ с.

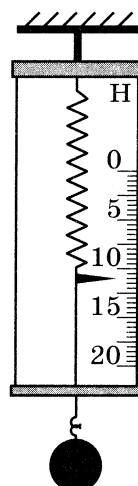
**21** При исследовании зависимости кинетической энергии фотоэлектронов от длины волны падающего света фотоэлемент освещался через различные светофильтры. В первой серии опытов использовался светофильтр, пропускающий только зелёный свет, а во второй — только синий свет. В каждом опыте наблюдали явление фотоэффекта и измеряли запирающее напряжение. Как изменяются частота световой волны и максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов при переходе от первой серии опытов ко второй?

Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Частота световой волны, падающей на фотоэлемент	Кинетическая энергия фотоэлектронов



**22** Погрешность прямого измерения силы динамометром, на котором висит груз, равна цене деления. Каков вес груза?

Ответ: (\_\_\_\_\_ $\pm$ \_\_\_\_\_) Н.

**В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.**

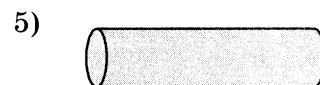
**23** Различные проволоки изготовлены из разного материала. Какие две проволоки нужно выбрать, чтобы на опыте проверить зависимость сопротивления проволоки от её длины?



медь



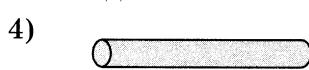
медь



сталь



алюминий



медь

Ответ: 

A	B
C	D

24

Рассмотрите таблицу, содержащую характеристики некоторых спутников планет Солнечной системы.

Название спутника	Радиус спутника, км	Радиус орбиты, тыс. км	Вторая космическая скорость, м/с	Планета
Луна	1737	384,4	2400	Земля
Фобос	~12	9,38	11	Марс
Ио	1821	421,6	2560	Юпитер
Европа	1561	670,9	2025	Юпитер
Каллисто	2410	1883	2445	Юпитер
Титан	2575	1221,8	2640	Сатурн
Оберон	761	583,5	725	Уран
Тритон	1354	354,8	1438	Нептун

Выберите *все* верные утверждения, которые соответствуют характеристикам спутников.

- 1) Объём Оберона примерно в 2 раза меньше объёма Европы.
- 2) Первая космическая скорость для искусственного спутника Луны составляет примерно 1,7 км/с.
- 3) Чем больше радиус орбиты спутника, тем больше масса планеты, вокруг которой он вращается.
- 4) Объём Луны больше объёма Европы.
- 5) Ускорение свободного падения на Фобосе составляет примерно 11 м/с<sup>2</sup>.

Ответ: \_\_\_\_\_.



*Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.*

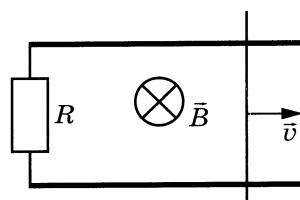
*Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.*

## Часть 2

*Ответом к заданиям 25 и 26 является число. Запишите это число в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.*

25

Прямоугольный контур, образованный двумя рельсами и двумя перемычками, находится в однородном магнитном поле, перпендикулярном плоскости контура. Правая перемычка скользит по рельсам, сохраняя надёжный контакт с ними. Известны величины: индукция магнитного поля  $B = 0,2$  Тл, расстояние между рельсами  $l = 20$  см, сила индукционного тока в контуре  $I = 20$  мА, сопротивление контура  $R = 3$  Ом. Какова скорость движения перемычки?



Ответ: \_\_\_\_\_ м/с.

**26**

Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов, вылетающих из металлической пластиинки под действием света, равна 2 эВ. Длина волны падающего монохроматического света составляет  $\frac{2}{3}$  длины волны, соответствующей «красной границе» фотоэффекта для этого металла. Какова работа выхода электронов?

Ответ: \_\_\_\_\_ эВ.

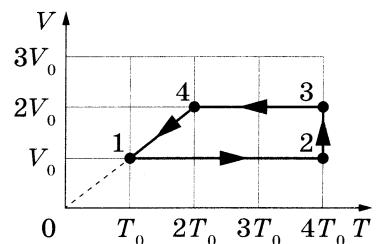


**Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.**  
**Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.**

**Для записи ответов на задания 27–32 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2.**  
**Запишите сначала номер задания (27, 28 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.**

**27**

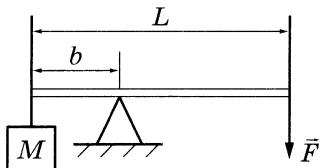
Один моль гелия участвует в циклическом процессе 1–2–3–4–1, график которого изображён на рисунке в координатах  $V$ – $T$ , где  $V$  — объём газа,  $T$  — абсолютная температура. Опираясь на законы молекуллярной физики и термодинамики, сравните работу газа в процессе 2–3 и модуль работы внешних сил в процессе 4–1. Постройте график цикла в координатах  $p$ – $V$ , где  $p$  — давление газа,  $V$  — объём газа.



**Полное правильное решение каждой из задач 28–32 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.**

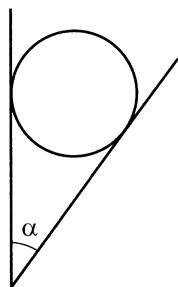
**28**

Груз массой 120 кг удерживают с помощью рычага, приложив к его концу вертикально направленную силу величиной 300 Н (см. рисунок). Рычаг состоит из шарнира без трения и длинного однородного стержня массой 30 кг. Расстояние от оси шарнира до точки подвеса груза равно 1 м. Определите длину стержня.



**29**

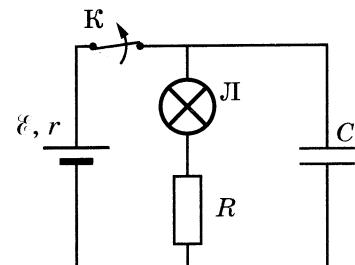
Гладкий цилиндр лежит между двумя плоскостями, одна из которых вертикальна, а линия их пересечения горизонтальна (см. рисунок). Сила давления цилиндра на вертикальную стенку в  $n = \sqrt{3}$  раза превышает силу тяжести, действующую на шар. Найдите угол  $\alpha$  между плоскостями. Сделайте рисунок, на котором укажите силы, действующие на цилиндр.

**30**

В сосуде объёмом  $V = 0,02 \text{ м}^3$  с жёсткими стенками находится одноатомный газ при атмосферном давлении. В крышке сосуда имеется отверстие площадью  $s$ , заткнутое пробкой. Максимальная сила трения покоя  $F$  пробки о края отверстия равна 100 Н. Пробка выскакивает, если газу передать количество теплоты не менее 15 кДж. Определите значение  $s$ , полагая газ идеальным. Массой пробки пренебречь.

**31**

К аккумулятору с ЭДС  $\varepsilon = 60 \text{ В}$  и внутренним сопротивлением  $r = 5 \text{ Ом}$  подключили лампу сопротивлением  $R_{\text{Л}} = 10 \text{ Ом}$  и резистор сопротивлением  $R = 15 \text{ Ом}$ , а также конденсатор ёмкостью  $C = 80 \text{ мкФ}$  (см. рисунок). Спустя длительный промежуток времени ключ К размыкают. Какое количество теплоты выделится после этого на лампе?

**32**

Точечный источник света движется со скоростью  $v$  по окружности вокруг главной оптической оси собирающей линзы в плоскости, параллельной плоскости линзы на расстоянии  $d = 15 \text{ см}$  от линзы. Фокусное расстояние линзы  $F = 10 \text{ см}$ . Скорость движения изображения точечного источника света  $V = 10 \text{ м/с}$ . Найдите скорость движения источника света.



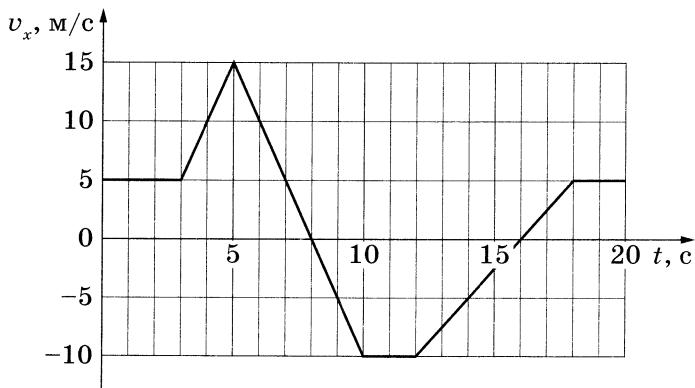
*Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с номером соответствующего задания.*

## ВАРИАНТ 6

### Часть 1

Ответами к заданиям 1–24 являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

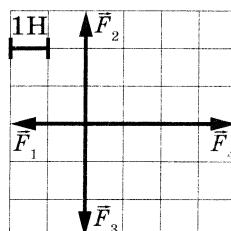
- 1 На рисунке приведён график зависимости проекции скорости тела  $v_x$  от времени  $t$ .



Определите путь, пройденный телом в интервале времени от 12 до 18 с.

Ответ: \_\_\_\_\_ м.

- 2 На рисунке показаны силы (в заданном масштабе), действующие на материальную точку. Сторона клетки соответствует 1 Н. Определите модуль равнодействующей приложенных к телу сил.



Ответ: \_\_\_\_\_ Н.

- 3 Автомобиль с выключенным двигателем сняли со стояночного тормоза, и он покатился под уклон, составляющий угол  $30^\circ$  с горизонтом. В начале горизонтального участка дороги, который следует за спуском, его скорость составляет 10 м/с. Какое расстояние автомобиль проезжает по склону? Трением пренебречь.

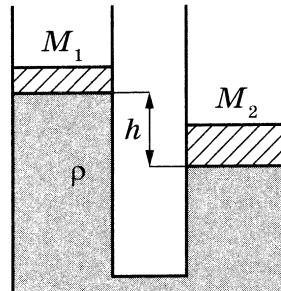
Ответ: \_\_\_\_\_ м.

- 4** Сосновый бруск имеет размеры  $2 \times 3 \times 4$  см. Определите архимедову силу, действующую на бруск при его полном погружении в воду.

Ответ: \_\_\_\_\_ Н.

- 5** Два одинаковых вертикальных сообщающихся цилиндрических сосуда заполнены водой и закрыты поршнями массами  $M_1 = 1$  кг и  $M_2 = 2$  кг. Когда система находится в равновесии, правый поршень с площадью основания  $100 \text{ см}^2$  расположен ниже левого на величину  $h = 10$  см.

Выберите из предложенного перечня **два** верных утверждения.



- 1) Взаимное расположение поршней при заданных массах зависит от плотности материала, из которого они изготовлены.
- 2) Если на левый поршень поместить груз массой  $m = 2$  кг, поршни будут находиться на одном уровне.
- 3) Если на левый поршень поместить груз массой  $m = 0,5$  кг, разность уровней между левым и правым поршнями составит 5 см.
- 4) Если массу первого поршня увеличить на 1 кг, то он сдвинется на 5 см вниз.
- 5) Если вместо воды в сосуды налить керосин, то в состоянии равновесия правый поршень будет выше левого.

Ответ:

- 6** Искусственный спутник Земли перешёл с одной круговой орбиты на другую. На новой орбите центростремительное ускорение спутника меньше, чем на прежней. Как изменились при этом потенциальная энергия спутника в поле тяжести Земли и его период обращения вокруг Земли?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Потенциальная энергия	Период обращения спутника вокруг Земли

**7** Установите соответствие между зависимостью проекции скорости тела от времени и зависимостью проекции перемещения этого тела от времени для одного и того же движения.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ПРОЕКЦИЯ СКОРОСТИ

- A)  $v_x = 3 - 2t$   
Б)  $v_x = 5 + 4t$

ПРОЕКЦИЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ

- 1)  $s_x = 5t + 2t^2$   
2)  $s_x = 5t + 4t^2$   
3)  $s_x = 3t - 2t^2$   
4)  $s_x = 3t - t^2$

Ответ: 

А	Б

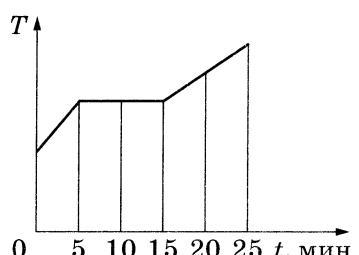
**8** Цилиндрический сосуд разделён лёгким подвижным поршнем на две части. В одной части сосуда находится неон, в другой — гелий. Температуры газов одинаковы. Определите отношение концентрации молекул неона к концентрации молекул гелия.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**9** У идеального теплового двигателя Карно температура нагревателя равна  $327^\circ\text{C}$ , а температура холодильника равна  $27^\circ\text{C}$ . Определите КПД теплового двигателя.

Ответ: \_\_\_\_\_ %.

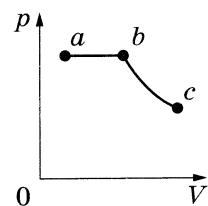
**10** В котелок насыпали кусочки олова и поставили на электрическую плитку. В минуту плитка передаёт олову в среднем количество теплоты, равное 500 Дж. График изменения температуры олова с течением времени показан на рисунке. Какое количество теплоты потребовалось для плавления олова, доведённого до температуры плавления?



Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

**11**

В цилиндрическом сосуде, закрытом подвижным поршнем, находится водяной пар и капелька воды. С веществом в сосуде при постоянной температуре провели процесс  $a \rightarrow b \rightarrow c$ ,  $pV$ -диаграмма которого представлена на рисунке. Из приведённого ниже списка выберите *два* правильных утверждения относительно этого процесса.



- 1) На участке  $b \rightarrow c$  масса пара уменьшается.
- 2) На участке  $a \rightarrow b$  к веществу в сосуде подводится положительное количество теплоты.
- 3) В точке  $c$  водяной пар является насыщенным.
- 4) На участке  $a \rightarrow b$  внутренняя энергия капельки уменьшается.
- 5) На участке  $b \rightarrow c$  внутренняя энергия пара остаётся неизменной.

Ответ:

**12**

Температуру нагревателя тепловой машины Карно повысили, оставив температуру холодильника прежней. Количество теплоты, отданное газом холодильнику за цикл, не изменилось. Как изменились при этом КПД тепловой машины и работа газа за цикл?

Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:

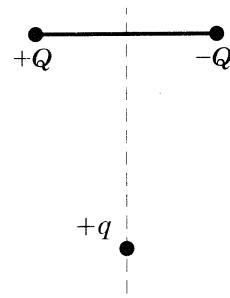
- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

КПД тепловой машины	Работа газа за цикл

**13**

Заряд  $+q > 0$  находится на равном расстоянии от неподвижных точечных зарядов  $+Q > 0$  и  $-Q$ , расположенных на концах тонкой стеклянной палочки (см. рисунок). Куда направлено относительно рисунка (*вверх, вниз, влево, вправо, от наблюдателя, к наблюдателю*) ускорение заряда  $+q$  в этот момент времени, если на него действуют только заряды  $+Q$  и  $-Q$ ? Ответ запишите словом (словами).



Ответ: \_\_\_\_\_.

**14**

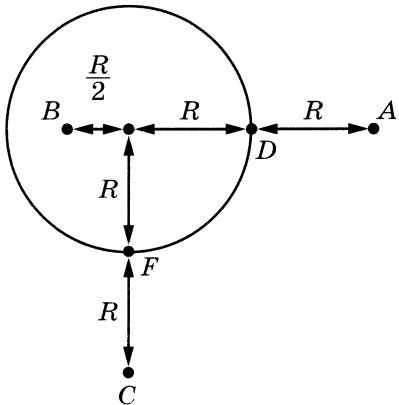
На плавком предохранителе счётчика электроэнергии указано: «15 А, 380 В». Какова максимальная суммарная мощность электрических приборов, которые можно одновременно включать в сеть, чтобы предохранитель не расплавился?

Ответ: \_\_\_\_\_ Вт.

- 15** Энергия магнитного поля катушки с током равна 0,64 Дж. Сила тока в катушке 2 А. Какова индуктивность катушки?

Ответ: \_\_\_\_\_ Гн.

- 16** На уединённой неподвижной проводящей сфере радиусом  $R$  находится положительный заряд  $Q$ . Сфера находится в вакууме. Напряжённость электростатического поля сферы в точке  $A$  равна 36 В/м. Все расстояния указаны на рисунке.



Выберите **два** верных утверждения, описывающих данную ситуацию.

- 1) Потенциал электростатического поля в точке  $C$  выше, чем в точке  $D$ :  $\varphi_C > \varphi_D$ .
- 2) Напряжённость электростатического поля в точке  $C$   $E_C = 36$  В/м.
- 3) Напряжённость электростатического поля в точке  $B$   $E_B = 576$  В/м.
- 4) Потенциал электростатического поля в точках  $B$  и  $C$  одинаков:  $\varphi_B = \varphi_C$ .
- 5) Потенциал электростатического поля в точках  $F$  и  $D$  одинаков:  $\varphi_F = \varphi_D$ .

Ответ:

- 17** Небольшой предмет расположен на главной оптической оси тонкой собирающей линзы на тройном фокусном расстоянии от неё. Его начинают приближать к фокусу линзы. Как меняются при этом расстояние от линзы до изображения предмета и оптическая сила линзы?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

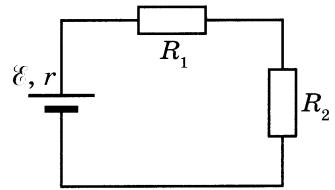
- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Расстояние от линзы до изображения предмета	Оптическая сила линзы

**18**

Два резистора с сопротивлениями  $R_1$  и  $R_2$  подключены к источнику тока с внутренним сопротивлением  $r$  (см. рисунок). Напряжение на первом резисторе равно  $U_1$ . Чему равны напряжение на втором резисторе и сила тока в цепи?



Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- A) напряжение на резисторе  $R_2$   
Б) сила тока в цепи

**ФОРМУЛЫ**

1)  $\frac{U_1}{R_1}$

2)  $U_1 \cdot \frac{R_2}{R_1}$

3)  $\frac{U_1}{R_2} \cdot (R_1 + R_2 + r)$

4)  $U_1 \cdot \frac{R_1}{R_2}$

Ответ: 

А	Б

**19**

В результате  $\alpha$ -распада ядра  ${}^A_Z X$  образуется ядро  ${}^{216}_{84} \text{Po}$ . Каковы заряд  $Z$  (в единицах элементарного заряда) и массовое число  $A$  ядра  $X$ ?

Заряд ядра $Z$	Массовое число ядра $A$

**В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.**

**20**

Закон радиоактивного распада ядер некоторого изотопа имеет вид  $N = N_0 \cdot 2^{-\lambda t}$ , где  $\lambda = 0,04 \text{ с}^{-1}$ . Каков период полураспада ядер?

Ответ: \_\_\_\_\_ с.

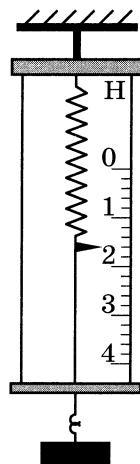
**21** При исследовании зависимости кинетической энергии фотоэлектронов от длины волны падающего света фотоэлемент освещался через различные светофильтры. В первой серии опытов использовался светофильтр, пропускающий только синий свет, а во второй — только жёлтый свет. В каждом опыте наблюдали явление фотоэффекта и измеряли запирающее напряжение. Как изменяются длина падающей световой волны и модуль запирающего напряжения при переходе от первой серии опытов ко второй?

Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Длина световой волны, падающей на фотоэлемент	Модуль запирающего напряжения

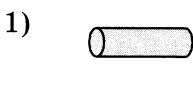


**22** Погрешность прямого измерения силы динамометром, на котором висит груз, равна цене деления. Каков вес груза?

Ответ: (\_\_\_\_  $\pm$  \_\_\_\_ ) Н.

*В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.*

**23** Различные проволоки изготовлены из разного материала. Какие две проволоки нужно выбрать, чтобы на опыте проверить зависимость сопротивления проволоки от площади её поперечного сечения?



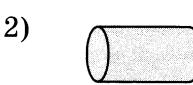
меди



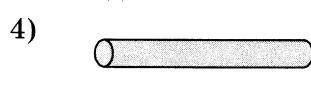
меди



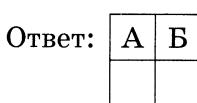
сталь



алюминий



меди



24

Рассмотрите таблицу, содержащую характеристики некоторых спутников планет Солнечной системы.

Название спутника	Радиус спутника, км	Радиус орбиты, тыс. км	Вторая космическая скорость, м/с	Планета
Луна	1737	384,4	2400	Земля
Фобос	~12	9,38	11	Марс
Ио	1821	421,6	2560	Юпитер
Европа	1561	670,9	2025	Юпитер
Каллисто	2410	1883	2445	Юпитер
Титан	2575	1221,8	2640	Сатурн
Оберон	761	583,5	725	Уран
Тритон	1354	354,8	1438	Нептун

Выберите *все* верные утверждения, которые соответствуют характеристикам спутников.

- 1) Объём Фобоса примерно в 10 раз меньше объёма Тритона.
- 2) Чем меньше радиус орбиты спутника, тем меньше масса планеты, вокруг которой он вращается.
- 3) Первая космическая скорость для искусственного спутника Ио составляет примерно 1,8 км/с.
- 4) Каллисто обращается вокруг Юпитера по более дальней орбите, чем Европа.
- 5) Ускорение свободного падения на Обероне составляет примерно 15 м/с<sup>2</sup>.

Ответ: \_\_\_\_\_



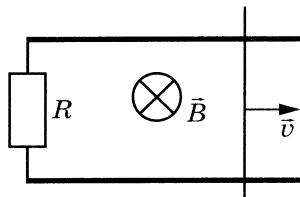
*Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.  
Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.*

## Часть 2

*Ответом к заданиям 25 и 26 является число. Запишите это число в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.*

25

Прямоугольный контур, образованный двумя рельсами и двумя перемычками, находится в однородном магнитном поле, перпендикулярном плоскости контура. Правая перемычка скользит по рельсам, сохраняя надёжный контакт с ними. Известны величины: индукция магнитного поля  $B = 0,2$  Тл, расстояние между рельсами  $l = 15$  см, скорость движения перемычки  $v = 2$  м/с, сопротивление контура  $R = 4$  Ом. Какова сила индукционного тока в контуре?



Ответ: \_\_\_\_\_ мА.

- 26** На металлическую пластинку падает монохроматический свет с длиной волны  $\lambda = 400$  нм. «Красная граница» фотоэффекта для металла пластиинки  $\lambda_{kp} = 600$  нм. Чему равно отношение максимальной кинетической энергии фотоэлектронов к работе выхода для этого металла?

Ответ: \_\_\_\_\_.

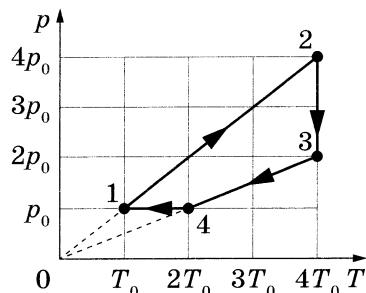


**Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.**

**Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.**

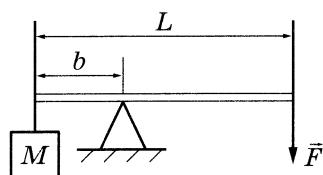
**Для записи ответов на задания 27–32 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (27, 28 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.**

- 27** Один моль гелия участвует в циклическом процессе 1–2–3–4–1, график которого изображён на рисунке в координатах  $p$ – $T$ , где  $p$  — давление газа,  $T$  — абсолютная температура. Опираясь на законы молекулярной физики и термодинамики, сравните работу газа в процессе 2–3 и модуль работы внешних сил в процессе 4–1. Постройте график цикла в координатах  $p$ – $V$ , где  $p$  — давление газа,  $V$  — объём газа.

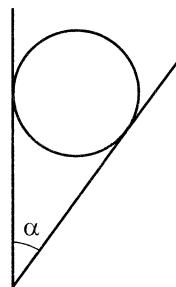


**Полное правильное решение каждой из задач 28–32 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.**

- 28** Груз массой  $M$  удерживают с помощью рычага, приложив к его концу вертикально направленную силу величиной 300 Н (см. рисунок). Рычаг состоит из шарнира без трения и длинного однородного стержня массой 30 кг и длиной 4 м. Расстояние от оси шарнира до точки подвеса груза равно 1 м. Определите массу груза.

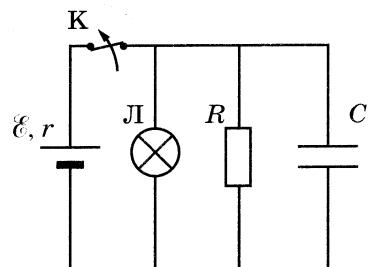


- 29** Гладкий цилиндр лежит между двумя плоскостями, одна из которых вертикальна, а линия их пересечения горизонтальна (см. рисунок). Сила давления цилиндра на вертикальную стенку равна 10 Н и в  $n = 3$  раза меньше, чем сила давления на цилиндр со стороны другой плоскости. Определите массу цилиндра. Сделайте рисунок, на котором укажите силы, действующие на цилиндр.



- 30** В сосуде объёмом  $V = 0,02 \text{ м}^3$  с жёсткими стенками находится одноатомный газ при атмосферном давлении. В крышке сосуда имеется отверстие площадью  $s = 2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$ , заткнутое пробкой. Пробка выскакивает, если газу передать количество теплоты не менее 15 кДж. Определите максимальную силу трения покоя  $F$  пробки о края отверстия, полагая газ идеальным. Массой пробки пренебречь.

- 31** К аккумулятору с ЭДС  $\epsilon = 50 \text{ В}$  и внутренним сопротивлением  $r = 4 \text{ Ом}$  подключили лампу сопротивлением  $R_L = 10 \text{ Ом}$  и резистор сопротивлением  $R = 15 \text{ Ом}$ , а также конденсатор ёмкостью  $C = 100 \text{ мкФ}$  (см. рисунок). Спустя длительный промежуток времени ключ К размыкают. Какое количество теплоты выделится после этого на резисторе?



- 32** Точечный источник света движется со скоростью  $v = 5 \text{ м/с}$  по окружности вокруг главной оптической оси тонкой собирающей линзы в плоскости, параллельной плоскости линзы на расстоянии  $d = 15 \text{ см}$  от линзы. Скорость движения действительного изображения точечного источника света  $V = 10 \text{ м/с}$ . Найдите фокусное расстояние линзы  $F$ .



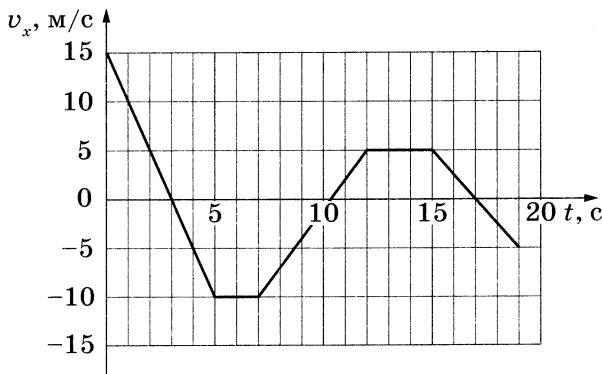
*Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с номером соответствующего задания.*

## ВАРИАНТ 7

### Часть 1

*Ответами к заданиям 1–24 являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.*

- 1** Тело движется по прямой, параллельной оси  $Ox$ . На графике представлена зависимость проекции  $v_x$  его скорости от времени  $t$ .



Определите проекцию  $a_x$  ускорения тела в момент времени 3 с.

Ответ: \_\_\_\_\_ м/с<sup>2</sup>.

- 2** Два одинаковых маленьких шарика массой  $m$  каждый, расстояние между центрами которых равно  $r$ , притягиваются друг к другу с силами, равными по модулю 0,8 пН. Каков модуль сил гравитационного притяжения двух других шариков, если масса каждого из них  $m/2$ , а расстояние между их центрами  $2r$ ?

Ответ: \_\_\_\_\_ пН.

- 3** Максимальная высота, на которую движущаяся шайба массой 50 г может подняться по гладкой наклонной плоскости относительно начального положения, равна 0,8 м. Определите кинетическую энергию шайбы в начальном положении. Сопротивлением воздуха пренебречь.

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

- 4** В ведро глубиной 30 см налит керосин, уровень которого ниже края ведра на 2 см. Чему равно дополнительное к атмосферному давление керосина на плоское дно ведра?

Ответ: \_\_\_\_\_ Па.

- 5** В таблице представлены данные о положении шарика, прикреплённого к пружине и колеблющегося вдоль горизонтальной оси  $Ox$ , в различные моменты времени.

$t$ , с	0,0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2
$x$ , мм	0	5	9	12	14	15	14	12	9	5	0	-5	-9	-12	-14	-15	-14

Из приведённого ниже списка выберите *два* верных утверждения о характере движения тела.

- 1) Кинетическая энергия шарика в момент времени 1,0 с максимальна.
- 2) Период колебаний шарика равен 4,0 с.
- 3) Амплитуда колебаний шарика равна 30 мм.
- 4) Полная механическая энергия маятника, состоящего из шарика и пружины, в момент времени 3,0 с максимальна.
- 5) Потенциальная энергия пружины в момент времени 2,0 с минимальна.

Ответ:

- 6** В школьном опыте брускок, помещённый на горизонтальный диск, вращается вместе с ним с некоторой угловой скоростью. В ходе опыта угловую скорость диска увеличили. При этом положение бруска на диске осталось прежним. Как изменились при этом линейная скорость бруска и сила трения между бруском и опорой?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

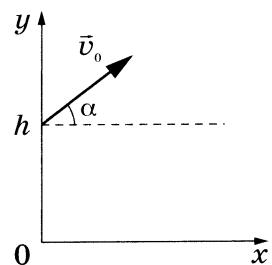
- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Линейная скорость бруска	Сила трения между бруском и опорой

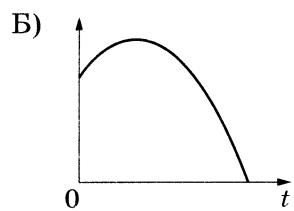
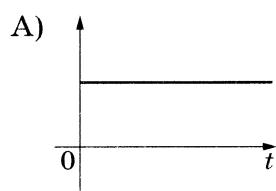
7

В момент  $t = 0$  мячик бросают с начальной скоростью  $\vec{v}_0$  под углом  $\alpha$  к горизонту с балкона высотой  $h$  (см. рисунок). Графики А и Б отображают зависимости физических величин, характеризующих движение мячика в процессе полёта, от времени  $t$ . Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут отображать. Сопротивлением воздуха пренебречь. Потенциальная энергия мячика отсчитывается от уровня  $y = 0$ .



К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

## ГРАФИКИ



## ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) потенциальная энергия мячика
- 2) проекция импульса мячика на ось  $y$
- 3) кинетическая энергия мячика
- 4) проекция импульса мячика на ось  $x$

Ответ: 

A	B

8

В ходе эксперимента давление разреженного газа в сосуде увеличилось в 4 раза, а средняя энергия теплового движения его молекул уменьшилась в 2 раза. Во сколько раз увеличилась при этом концентрация молекул газа в сосуде?

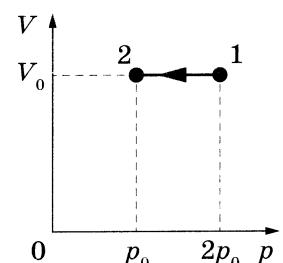
Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

9

На  $Vp$ -диаграмме показан процесс изменения состояния постоянной массы аргона. Газ в этом процессе отдал количество теплоты, равное 80 кДж.

На сколько уменьшилась внутренняя энергия газа?

Ответ: на \_\_\_\_\_ кДж.



10

В закрытом сосуде под поршнем находится водяной пар при температуре 100 °C под давлением 60 кПа. Каким станет давление пара, если, сохранив его температуру неизменной, уменьшить объём пара в 2 раза?

Ответ: \_\_\_\_\_ кПа.

- 11** При изучении процессов, происходящих с гелием, ученик занёс в таблицу результаты измерения температуры и давления одного и того же количества газа в различных равновесных состояниях.

№ состояния	1	2	3	4	5	6	7
$p$ , кПа	100	90	75	50	55	75	100
$t$ , °C	27	27	27	27	57	177	327

Какие *два* из утверждений, приведённых ниже, соответствуют результатам этих опытов? Газ считать идеальным.

- 1) Внутренняя энергия газа в состоянии 6 в 3 раза больше, чем в состоянии 5.
- 2) При переходе от состояния 2 к состоянию 3 в ходе изотермического процесса газ совершил положительную работу.
- 3) В состояниях 1–3 объём газа был одинаковым.
- 4) При переходе от состояния 5 к состоянию 6 в ходе изохорного процесса газ получил положительное количество теплоты.
- 5) Объём газа в состоянии 4 в 2 раза меньше объёма газа в состоянии 1.

Ответ:

- 12** В герметичном сосуде под подвижным поршнем находится идеальный газ. Как изменяется концентрация и количество вещества газа в сосуде, если уменьшить его объём?

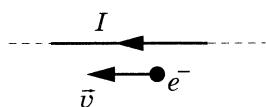
Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Концентрация молекул газа	Количество вещества газа

- 13** Электрон  $e^-$  имеет скорость  $\vec{v}$ , направленную вдоль прямого длинного проводника с током  $I$  (см. рисунок). Куда направлена относительно рисунка (*вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя*) действующая на электрон сила Лоренца  $\vec{F}$ ? Ответ запишите словами (словами).



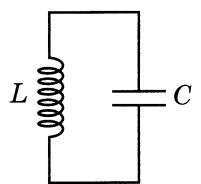
Ответ: \_\_\_\_\_.

- 14** Во сколько раз уменьшится модуль сил взаимодействия двух небольших металлических шариков одинакового диаметра, имеющих заряды  $q_1 = +4$  нКл и  $q_2 = -2$  нКл, если шарики привести в соприкосновение, а затем раздвинуть их на прежнее расстояние?

Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

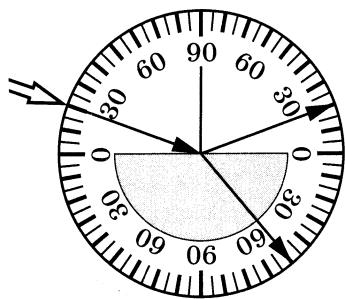
- 15** В колебательном контуре (см. рисунок) напряжение между обкладками конденсатора меняется по закону  $U_C = U_0 \cos \omega t$ , где  $U_0 = 20$  В,  $\omega = 5\pi \cdot 10^6$  с<sup>-1</sup>. Определите частоту колебаний силы тока в контуре.

Ответ: \_\_\_\_\_ МГц.



- 16** Школьник, изучая законы геометрической оптики, провёл опыт по преломлению света (см. рисунок). Для этого он направил узкий пучок света на стеклянную пластину.

Пользуясь приведённой таблицей, выберите из приведённого ниже списка *два* правильных утверждения.



угол $\alpha$	$20^\circ$	$40^\circ$	$50^\circ$	$70^\circ$
$\sin \alpha$	0,34	0,64	0,78	0,94

- 1) Наблюдается полное внутреннее отражение.
- 2) Показатель преломления стекла примерно равен 1,47.
- 3) Угол падения равен  $20^\circ$ .
- 4) Угол отражения равен  $70^\circ$ .
- 5) Угол преломления равен  $50^\circ$ .

Ответ:

- 17** Неразветвлённая электрическая цепь постоянного тока состоит из источника тока и подключённого к его выводам резистора. Как изменятся при уменьшении сопротивления резистора тепловая мощность, выделяющаяся на внутреннем сопротивлении источника, и электродвижущая сила источника?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

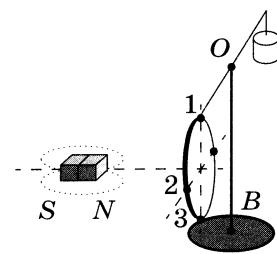
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Мощность, выделяющаяся на внутреннем сопротивлении источника	Электродвижущая сила источника

**18**

Медное кольцо на горизонтальном коромысле поворачивается вокруг вертикальной оси  $OB$  под действием движущегося магнита (см. рисунок).

Установите соответствие между направлением движения магнита, вращением коромысла с кольцом и направлением индукционного тока в кольце (1 — верхняя точка кольца; 2 — ближняя к нам точка кольца; 3 — нижняя точка кольца).



К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**НАПРАВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЯ  
МАГНИТА**

- A) движется по направлению к кольцу
- B) движется по направлению от кольца

**ПОВОРОТ КОРОМЫСЛА  
И ТОК В КОЛЬЦЕ**

- 1) Коромысло с кольцом поворачивается, отталкиваясь от магнита; ток идёт по направлению 3→2→1.
- 2) Коромысло с кольцом поворачивается, притягиваясь к магниту; ток идёт по направлению от 1→2→3.
- 3) Коромысло с кольцом поворачивается, притягиваясь к магниту; ток идёт по направлению от 3→2→1.
- 4) Коромысло с кольцом поворачивается, отталкиваясь от магнита; ток идёт по направлению от 1→2→3.

Ответ: 

A	B

**19**

В результате цепной реакции деления урана  $^{235}_{92}\text{U} + ^1_0n \rightarrow ^{140}_{54}\text{Xe} + ^A_Z\text{X} + 2^1_0n$  образуется ядро химического элемента  $^A_Z\text{X}$ . Каковы заряд образовавшегося ядра  $Z$  (в единицах элементарного заряда) и его массовое число  $A$ ?

Заряд ядра $Z$	Массовое число ядра $A$

*В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.*

**20**

Образец радиоактивного радия  $^{224}_{88}\text{Ra}$  находится в закрытом сосуде, из которого откачен воздух. Ядра радия испытывают  $\alpha$ -распад с периодом полураспада 3,6 суток. Определите число моль **гелия** в сосуде через 7,2 суток, если образец в момент его помещения в сосуд имел в своём составе  $2,4 \cdot 10^{23}$  атомов радия-224, а атомов гелия в сосуде не было.

Ответ: \_\_\_\_\_ моль.

**21**

На рисунке изображена упрощённая диаграмма нижних энергетических уровней атома. Нумерованными стрелками отмечены некоторые возможные переходы атома между этими уровнями. Какой из этих четырёх переходов связан с поглощением света наименьшей длины волны, а какой — с излучением света наибольшей частоты?

Установите соответствие между процессами поглощения и испускания света и стрелками, указывающими энергетические переходы атома.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ПРОЦЕССЫ**

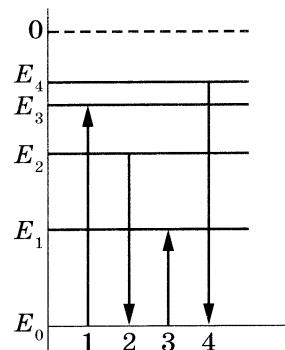
- A) поглощение света наименьшей длины волны  
 Б) излучение света наибольшей частоты

**ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПЕРЕХОДЫ**

- 1) 1  
 2) 2  
 3) 3  
 4) 4

Ответ: 

А	Б

**22**

В журнале 80 листов. По результатам измерения с помощью линейки толщина журнала составляет 1,5 см. Чему равна толщина одного листа по результатам этих измерений, если погрешность линейки равна  $\pm 1$  мм?

Ответ: (\_\_\_\_  $\pm$  \_\_\_\_) мм.

*В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.*

**23**

Школьник изучает свободные электромагнитные колебания. В его распоряжении имеется пять колебательных контуров с различными катушками индуктивности и конденсаторами, характеристики которых указаны в таблице. Какие *два* колебательных контура необходимо взять школьнику для того, чтобы на опыте исследовать зависимость частоты свободных колебаний силы тока в контуре от электроёмкости конденсатора?

№ контура	Максимальная сила тока в катушке, А	Электроёмкость конденсатора $C$ , мкФ	Индуктивность катушки $L$ , мГн
1	0,09	1	5
2	0,06	2	10
3	0,12	2	15
4	0,06	1	10
5	0,09	1	15

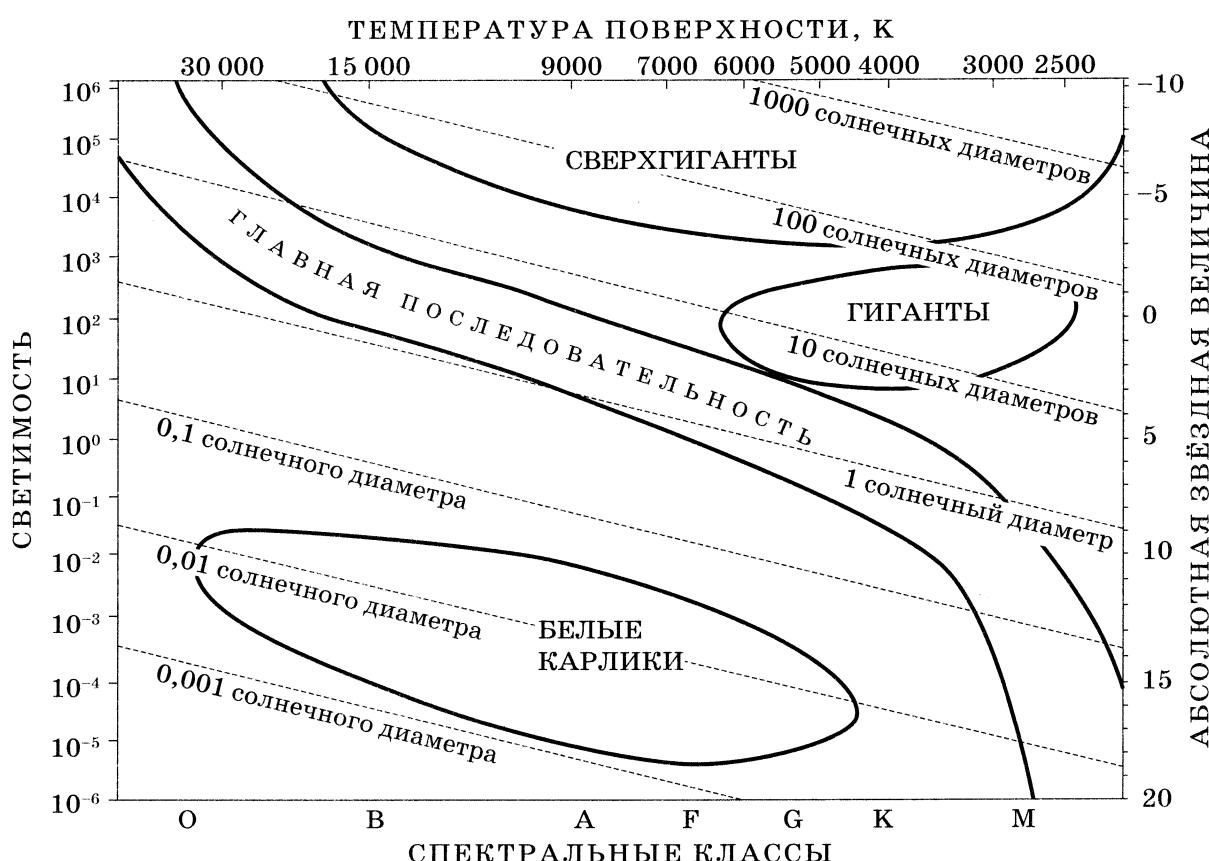
Запишите в ответе номера выбранных контуров.

Ответ: 

--	--

24

На рисунке представлена диаграмма Герцшпрунга — Рессела.



Выберите *все* верные утверждения о звёздах.

- 1) «Жизненный цикл» звезды спектрального класса *G* главной последовательности более длительный, чем звезды спектрального класса *B* главной последовательности.
- 2) Звезда Денеб, радиус которой в 210 раз превышает радиус Солнца, относится к звёздам главной последовательности.
- 3) Средняя плотность гигантов существенно больше средней плотности белых карликов.
- 4) Чем выше светимость звезды, тем больше абсолютная звёздная величина.
- 5) Для главной последовательности светимость звёзд спектрального класса *O* выше светимости звёзд спектрального класса *G*.

Ответ: \_\_\_\_\_.



**Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.**

**Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.**

## Часть 2

**Ответом к заданиям 25 и 26 является число. Запишите это число в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.**

- 25** Аргону сообщили количество теплоты, равное 30 кДж, и он изобарно расширился. При этом объём газа увеличился на  $0,6 \text{ м}^3$ . Каково давление газа? Масса газа постоянна.

Ответ: \_\_\_\_\_ кПа.

- 26** В таблице показано, как менялся ток в катушке идеального колебательного контура при свободных электромагнитных колебаниях в этом контуре.

$t, 10^{-6} \text{ с}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$I, 10^{-3} \text{ А}$	4,0	2,83	0	-2,83	-4,0	-2,83	0	2,83	4,0	2,83

Вычислите по этим данным энергию катушки в момент времени  $5 \cdot 10^{-6} \text{ с}$ , если ёмкость конденсатора равна 405 пФ. Ответ округлите до целых.

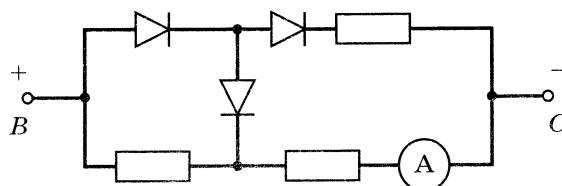
Ответ: \_\_\_\_\_ нДж.



**Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.**  
**Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.**

**Для записи ответов на задания 27–32 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (27, 28 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.**

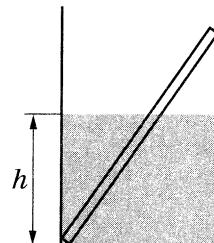
- 27** Три одинаковых резистора и три одинаковых идеальных диода включены в электрическую цепь, показанную на рисунке, и подключены к аккумулятору в точках  $B$  и  $C$ . Показания амперметра равны 2 А. Определите силу тока через амперметр после смены полярности подключения аккумулятора. Нарисуйте эквивалентные электрические схемы для двух случаев подключения аккумулятора. Опираясь на законы электродинамики, поясните свой ответ. Сопротивлением амперметра и внутренним сопротивлением аккумулятора пренебречь.



**Полное правильное решение каждой из задач 28–32 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.**

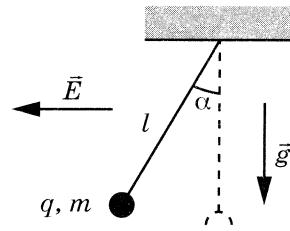
- 28** Начальная скорость движения тела равна 5 м/с. Сколько потребуется времени, чтобы увеличить его скорость в 3 раза при равноускоренном движении по прямой в одном направлении на пути в 20 м?

- 29** В гладкий высокий стакан радиусом 4 см поставили однородную тонкую палочку длиной 10 см и массой 0,9 г, после чего в стакан налили до высоты  $h = 4$  см жидкость, плотность которой составляет 0,75 плотности материала палочки. Найдите модуль силы  $\vec{F}$ , с которой верхний конец палочки давит на стенку стакана. Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на палочку.



- 30** Со дна озера, имеющего глубину  $H = 25$  м, медленно поднимается пузырёк воздуха. Определите объём пузырька  $V_1$  у дна озера, если на расстоянии  $h = 5$  м от поверхности воды пузырёк имел объём  $V_2 = 7 \text{ мм}^3$ . Давление воздуха на уровне поверхности воды равно нормальному атмосферному давлению. Силу поверхностного натяжения не учитывать, температуры воды и воздуха в пузырьке считать постоянными.

- 31** Маленький шарик массой  $m$  с зарядом  $q = 5 \text{ нКл}$ , подвешенный к потолку на лёгкой шёлковой нитке длиной  $l = 0,8$  м, находится в горизонтальном однородном электростатическом поле  $\vec{E}$  с модулем напряжённости поля  $E = 6 \cdot 10^5 \text{ В/м}$  (см. рисунок). Шарик отпускают с нулевой начальной скоростью из положения, в котором нить вертикальна. В момент, когда нить образует с вертикалью угол  $\alpha = 30^\circ$ , модуль скорости шарика  $v = 0,9$  м/с. Чему равна масса шарика  $m$ ? Сопротивлением воздуха пренебречь.



- 32** Ядро покоящегося нейтрального атома, находясь в однородном магнитном поле, испытывает  $\alpha$ -распад. При этом рождаются  $\alpha$ -частица и тяжёлый ион нового элемента. Масса  $\alpha$ -частицы равна  $m_\alpha$ , её заряд равен  $2e$ , масса тяжёлого иона равна  $M$ . Выделившаяся при  $\alpha$ -распаде энергия  $\Delta E$  целиком переходит в кинетическую энергию продуктов реакции. Трек  $\alpha$ -частицы находится в плоскости, перпендикулярной направлению магнитного поля. Начальная часть трека напоминает дугу окружности радиуса  $r$ . Определите индукцию магнитного поля.



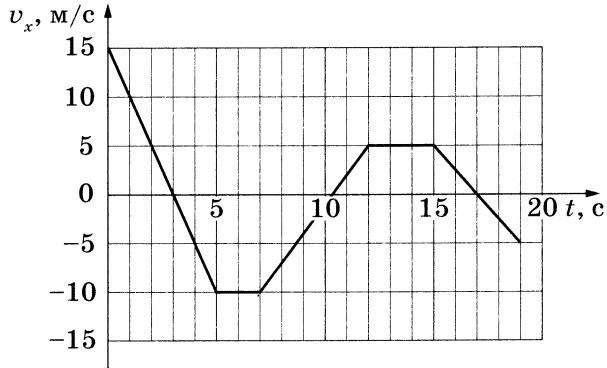
**Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с номером соответствующего задания.**

## ВАРИАНТ 8

### Часть 1

**Ответами к заданиям 1–24 являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.**

- 1** Тело движется по прямой, параллельной оси  $Ox$ . На графике представлена зависимость проекции  $v_x$  его скорости от времени  $t$ .



Определите проекцию  $a_x$  ускорения тела в момент времени 17 с.

Ответ: \_\_\_\_\_ м/с<sup>2</sup>.

- 2** Два одинаковых маленьких шарика массой  $m$  каждый, расстояние между центрами которых равно  $r$ , притягиваются друг к другу с силами, равными по модулю 0,6 пН. Каков модуль сил гравитационного притяжения двух других шариков, если масса каждого из них  $3m$ , а расстояние между их центрами  $3r$ ?

Ответ: \_\_\_\_\_ пН.

- 3** Бруск массой 80 г начинает скользить по гладкой наклонной плоскости из состояния покоя с высоты 1,2 м. Определите кинетическую энергию бруска в конце спуска. Сопротивлением воздуха пренебречь.

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

- 4** В бидон глубиной 40 см налито подсолнечное масло, уровень которого ниже края бидона на 5 см. Чему равно дополнительное к атмосферному давление масла на плоское дно бидона?

Ответ: \_\_\_\_\_ Па.

- 5** В таблице представлены данные о положении шарика, прикреплённого к пружине и колеблющегося вдоль горизонтальной оси  $Ox$ , в различные моменты времени.

$t$ , с	0,0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2
$x$ , мм	0	5	9	12	14	15	14	12	9	5	0	-5	-9	-12	-14	-15	-14

Из приведённого ниже списка выберите *два* верных утверждения о характере движения тела.

- 1) Кинетическая энергия шарика в момент времени 1,0 с минимальна.
- 2) Период колебаний шарика равен 2,0 с.
- 3) Амплитуда колебаний шарика равна 15 мм.
- 4) Полная механическая энергия маятника, состоящего из шарика и пружины, в момент времени 3,0 с минимальна.
- 5) Потенциальная энергия пружины в момент времени 2,0 с максимальна.

Ответ: 

--	--

- 6** В школьном опыте бруск, помещённый на горизонтальный диск, вращается вместе с ним с некоторой угловой скоростью. В ходе опыта угловую скорость диска уменьшили. При этом положение бруска на диске осталось прежним. Как изменились при этом центростремительное ускорение бруска и сила нормального давления бруска на опору?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

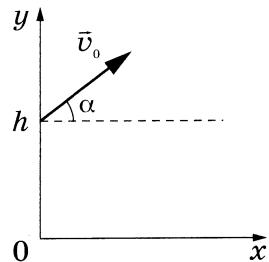
- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Центростремительное ускорение бруска	Сила нормального давления брюска на опору

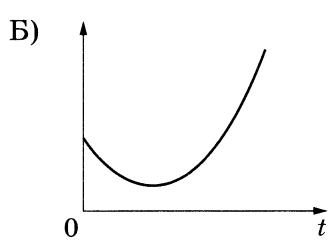
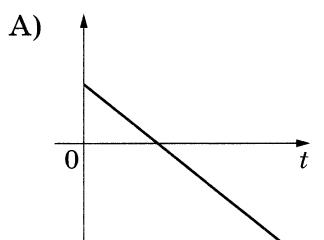
7

В момент  $t = 0$  мячик бросают с начальной скоростью  $\vec{v}_0$  под углом  $\alpha$  к горизонту с балкона высотой  $h$  (см. рисунок). Графики А и Б отображают зависимости физических величин, характеризующих движение мячика в процессе полёта, от времени  $t$ . Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут отображать. Сопротивлением воздуха пренебречь. Потенциальная энергия мячика отсчитывается от уровня  $y = 0$ .



К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

## ГРАФИКИ



Ответ: 

A	B

## ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

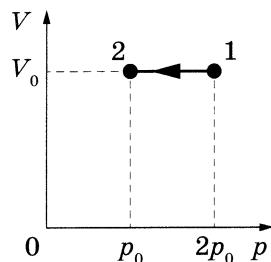
- 1) потенциальная энергия мячика
- 2) проекция импульса мячика на ось  $y$
- 3) кинетическая энергия мячика
- 4) проекция импульса мячика на ось  $x$

8 В ходе эксперимента давление разреженного газа в сосуде снизилось в 6 раз, а концентрация молекул газа в сосуде увеличилась в 3 раза. Во сколько раз уменьшилась при этом средняя энергия теплового движения его молекул?

Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

9 На  $Vp$ -диаграмме показан процесс изменения состояния постоянной массы гелия. Внутренняя энергия газа уменьшилась на 50 кДж. Какую работу совершают над газом внешние силы в этом процессе?

Ответ: \_\_\_\_\_ кДж.



10 В закрытом сосуде под поршнем находится водяной пар при температуре 100 °C под давлением 60 кПа. Каким станет давление пара, если, сохранив его температуру неизменной, увеличить объём пара в 2 раза?

Ответ: \_\_\_\_\_ кПа.

**11**

При изучении процессов, происходящих с гелием, ученик занёс в таблицу результаты измерения температуры и давления одного и того же количества газа в различных равновесных состояниях.

№ состояния	1	2	3	4	5	6	7
$p$ , кПа	100	90	75	50	55	75	100
$t$ , °C	27	27	27	27	57	177	327

Какие *два* из утверждений, приведённых ниже, соответствуют результатам этих опытов? Газ считать идеальным.

- 1) Внутренняя энергия газа в состоянии 6 в 1,5 раза больше, чем в состоянии 2.
- 2) При переходе от состояния 2 к состоянию 3 в ходе изотермического процесса внешние силы совершили над газом положительную работу.
- 3) В состояниях 1–3 объём газа был одинаковым.
- 4) При переходе от состояния 5 к состоянию 6 в ходе изохорного процесса газ отдал положительное количество теплоты.
- 5) Объём газа в состоянии 4 в 2 раза больше объёма газа в состоянии 1.

Ответ:

**12**

В сосуде неизменного объёма находится идеальный газ. Как изменяется плотность газа и концентрация молекул газа в сосуде, если половину газа выпустить из сосуда?

Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:

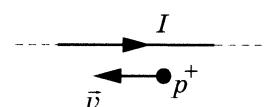
- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Плотность газа	Концентрация молекул газа

**13**

Протон  $p^+$  имеет скорость  $\vec{v}$ , направленную вдоль прямого длинного проводника с током  $I$  (см. рисунок). Куда направлена относительно рисунка (*вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя*) действующая на протон сила Лоренца  $\vec{F}$ ? Ответ запишите словами (словами).



Ответ: \_\_\_\_\_.

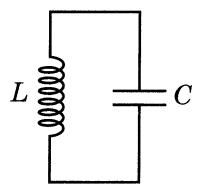
**14**

Во сколько раз увеличится модуль сил взаимодействия двух небольших металлических шариков одинакового диаметра, имеющих заряды  $q_1 = +2$  нКл и  $q_2 = +4$  нКл, если шарики привести в соприкосновение, а затем раздвинуть их на прежнее расстояние?

Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

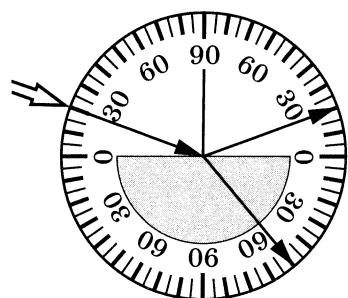
- 15** В колебательном контуре (см. рисунок) напряжение между обкладками конденсатора меняется по закону  $U_C = U_0 \cos \omega t$ , где  $U_0 = 20$  В,  $\omega = 5\pi \cdot 10^6$  с<sup>-1</sup>. Определите период колебаний силы тока в контуре.

Ответ: \_\_\_\_\_ мкс.



- 16** Школьник, изучая законы геометрической оптики, провёл опыт по преломлению света (см. рисунок). Для этого он направил узкий пучок света на стеклянную пластину.

Пользуясь приведённой таблицей, выберите из приведённого ниже списка *два* правильных утверждения.



- |               |            |            |            |            |
|---------------|------------|------------|------------|------------|
| угол $\alpha$ | $20^\circ$ | $40^\circ$ | $50^\circ$ | $70^\circ$ |
| $\sin \alpha$ | 0,34       | 0,64       | 0,78       | 0,94       |
- 1) При любых углах падения угол преломления не превзойдет  $45^\circ$ .
  - 2) Показатель преломления стекла примерно равен 1,88.
  - 3) Угол падения равен  $20^\circ$ .
  - 4) Угол отражения равен  $20^\circ$ .
  - 5) Угол преломления равен  $40^\circ$ .

Ответ:

- 17** Неразветвленная электрическая цепь постоянного тока состоит из источника тока и подключённого к его выводам резистора. Как изменяются при увеличении сопротивления резистора сила тока в цепи и внутреннее сопротивление источника?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

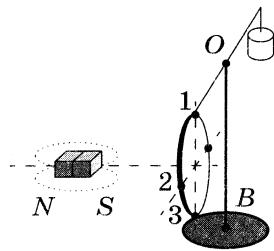
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Сила тока в цепи	Внутреннее сопротивление источника

**18**

Медное кольцо на горизонтальном коромысле поворачивается вокруг вертикальной оси  $OB$  под действием движущегося магнита (см. рисунок).

Установите соответствие между направлением движения магнита, вращением коромысла с кольцом и направлением индукционного тока в кольце (1 — верхняя точка кольца; 2 — ближняя к нам точка кольца; 3 — нижняя точка кольца).



К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**НАПРАВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЯ МАГНИТА**

- A) движется по направлению к кольцу
- B) движется по направлению от кольца

**ПОВОРОТ КОРОМЫСЛА И ТОК В КОЛЬЦЕ**

- 1) Коромысло с кольцом поворачивается, отталкиваясь от магнита; ток идёт по направлению 3→2→1.
- 2) Коромысло с кольцом поворачивается, притягиваясь к магниту; ток идёт по направлению от 1→2→3.
- 3) Коромысло с кольцом поворачивается, притягиваясь к магниту; ток идёт по направлению от 3→2→1.
- 4) Коромысло с кольцом поворачивается, отталкиваясь от магнита; ток идёт по направлению от 1→2→3.

Ответ: 

A	Б

**19**

В результате цепной реакции деления урана  $^{235}_{92}\text{U} + ^1_0n \rightarrow ^A_Z\text{X} + ^{94}_{38}\text{Sr} + 2^1_0n$  образуется ядро химического элемента  $^A_Z\text{X}$ . Каковы заряд образовавшегося ядра  $Z$  (в единицах элементарного заряда) и его массовое число  $A$ ?

Заряд ядра $Z$	Массовое число ядра $A$

**В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.**

**20**

Образец радиоактивного радия  $^{224}_{88}\text{Ra}$  находится в закрытом сосуде, из которого откачен воздух. Ядра радия испытывают  $\alpha$ -распад с периодом полураспада 3,6 суток. Определите число моль радия-224 в сосуде через 7,2 суток, если образец в момент его помещения в сосуд имел в своём составе  $2,4 \cdot 10^{23}$  атомов.

Ответ: \_\_\_\_\_ моль.

21

На рисунке изображена упрощённая диаграмма нижних энергетических уровней атома. Нумерованными стрелками отмечены некоторые возможные переходы атома между этими уровнями. Какой из этих четырёх переходов связан с поглощением света наименьшей частоты, а какой — с излучением света наибольшей длины волны?

Установите соответствие между процессами поглощения и испускания света и стрелками, указывающими энергетические переходы атома.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

## ПРОЦЕССЫ

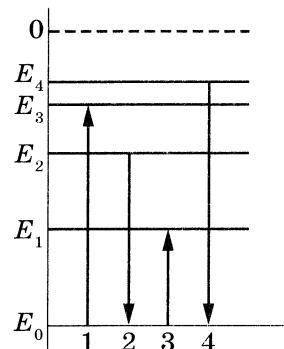
- А) поглощение света наименьшей частоты  
Б) излучение света наибольшей длины волны

## ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПЕРЕХОДЫ

- 1) 1  
2) 2  
3) 3  
4) 4

Ответ: 

A	B



22

В книге 200 листов. По результатам измерения с помощью линейки толщина книги составляет 3 см. Чему равна толщина одного листа по результатам этих измерений, если погрешность линейки равна  $\pm 1$  мм?

Ответ: (        $\pm$        ) мм.

*В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.*

23

Школьник изучает свободные электромагнитные колебания. В его распоряжении имеется пять колебательных контуров с различными катушками индуктивности и конденсаторами, характеристики которых указаны в таблице. Какие *два* колебательных контура необходимо взять школьнику для того, чтобы на опыте исследовать зависимость частоты свободных колебаний заряда конденсатора в контуре от индуктивности катушки?

№ контура	Максимальное напряжение на конденсаторе, В	Электроёмкость конденсатора $C$ , мкФ	Индуктивность катушки $L$ , мГн
1	9	1	5
2	6	2	10
3	12	2	15
4	6	1	10
5	9	1	15

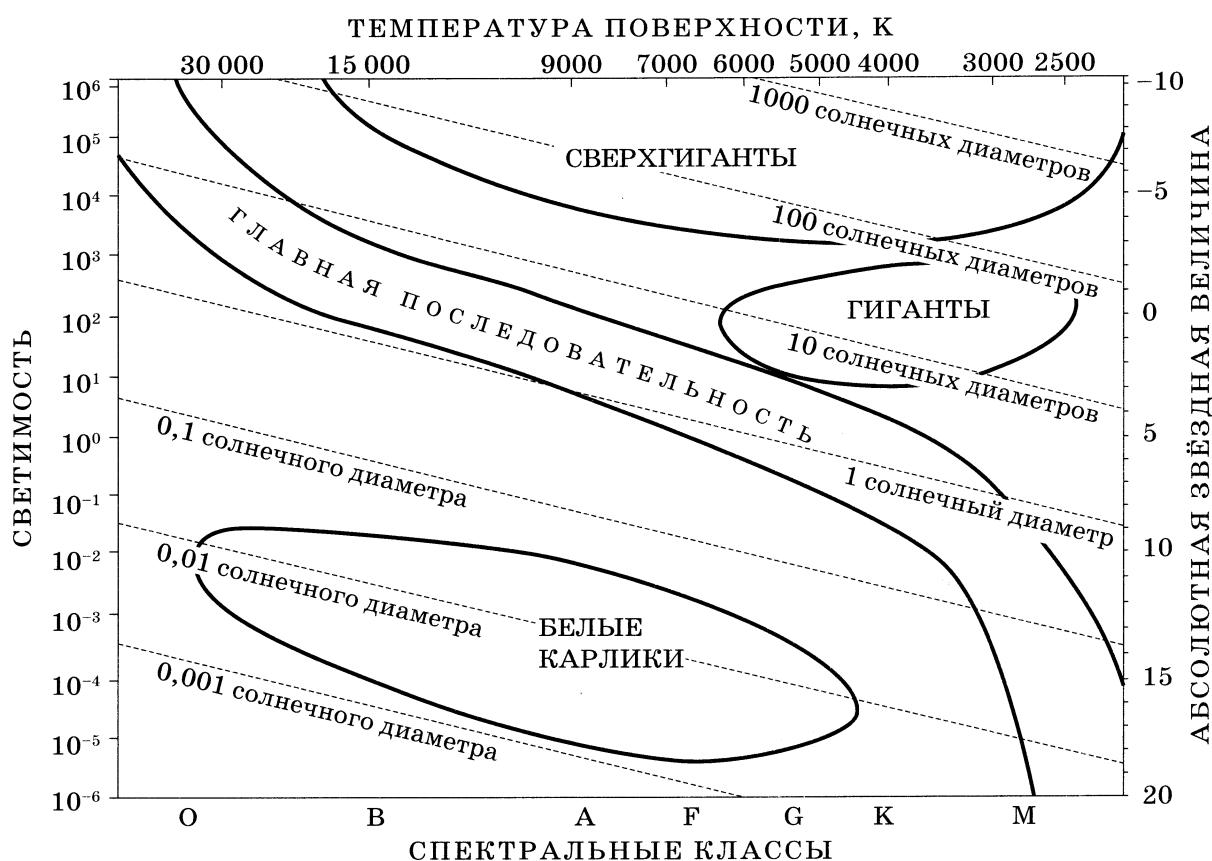
Запишите в ответе номера выбранных контуров.

Ответ: 

--	--

24

На рисунке представлена диаграмма Герцшпрунга — Рессела.



Выберите *все* верные утверждения о звёздах.

- 1) «Жизненный цикл» звезды спектрального класса *B* главной последовательности более длительный, чем звезды спектрального класса *M* главной последовательности.
- 2) Звезда Денеб относится к сверхгигантам спектрального класса *A*, так как имеет температуру поверхности 8550 К, а её радиус в 210 раз превышает радиус Солнца.
- 3) Средняя плотность гигантов существенно меньше средней плотности белых карликов.
- 4) Чем больше абсолютная звёздная величина звезды, тем выше её светимость.
- 5) Для главной последовательности светимость звёзд спектрального класса *B* ниже светимости звёзд спектрального класса *K*.

Ответ: \_\_\_\_\_.



*Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.*

*Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.*

## Часть 2

**Ответом к заданиям 25 и 26 является число. Запишите это число в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.**

- 25** Аргону сообщили количество теплоты, равное 50 кДж, и он изобарно расширился, сохраняя своё давление равным 100 кПа. На сколько увеличился объём газа? Масса газа постоянна.

Ответ: \_\_\_\_\_ м<sup>3</sup>.

- 26** В таблице показано, как менялся заряд конденсатора идеального колебательного контура при свободных электромагнитных колебаниях в этом контуре.

$t, 10^{-6}$ с	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$q, 10^{-9}$ Кл	4,0	2,83	0	-2,83	-4,0	-2,83	0	2,83	4,0	2,83

Вычислите по этим данным энергию конденсатора в момент времени  $7 \cdot 10^{-6}$  с, если индуктивность катушки равна 8,1 мГн. Ответ округлить до целых.

Ответ: \_\_\_\_\_ нДж.

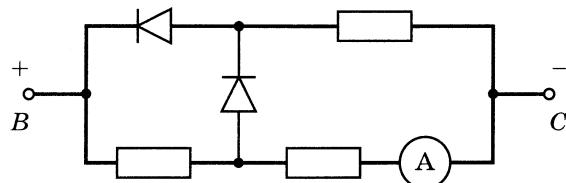


**Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.**

**Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.**

**Для записи ответов на задания 27–32 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (27, 28 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.**

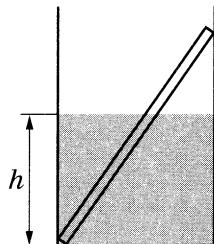
- 27** Три одинаковых резистора и два одинаковых идеальных диода включены в электрическую цепь, показанную на рисунке, и подключены к аккумулятору в точках *B* и *C*. Показания амперметра равны 2 А. Определите силу тока через амперметр после смены полярности подключения аккумулятора. Нарисуйте эквивалентные электрические схемы для двух случаев подключения аккумулятора. Опираясь на законы электродинамики, поясните свой ответ. Сопротивлением амперметра и внутренним сопротивлением аккумулятора пренебречь.



**Полное правильное решение каждой из задач 28–32 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.**

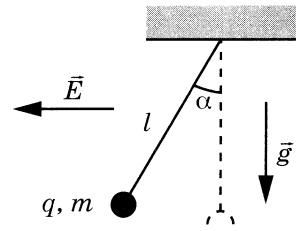
- 28** Начальная скорость движения тела равна 4 м/с. На сколько метров переместилось тело за 3 с равноускоренного движения по прямой в одном направлении, если за это время его скорость увеличилась в 4 раза?

- 29** В гладкий высокий стакан радиусом 4 см поставили однородную алюминиевую палочку длиной 10 см и массой 0,9 г, после чего в стакан налили до высоты  $h = 4$  см воду. Найдите модуль силы  $\vec{F}$ , с которой верхний конец палочки давит на стенку стакана. Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на палочку.



- 30** Со дна озера, имеющего глубину  $H = 20$  м, медленно поднимается пузырёк воздуха. У дна озера пузырёк имел объём  $V_1 = 1$  мм<sup>3</sup>. Определите объём пузырька  $V_2$  на расстоянии  $h = 1$  м от поверхности воды. Давление воздуха на уровне поверхности воды равно нормальному атмосферному давлению. Силу поверхностного натяжения не учитывать, температуры воды и воздуха в пузырьке считать постоянными.

- 31** Маленький шарик массой  $m = 0,5$  г с положительным зарядом  $q$ , подвешенный к потолку на лёгкой шёлковой нитке длиной  $l = 0,8$  м, находится в горизонтальном однородном электростатическом поле  $\vec{E}$  с модулем напряжённости поля  $E = 6 \cdot 10^5$  В/м (см. рисунок). Шарик отпускают с нулевой начальной скоростью из положения, в котором нить вертикальна. В момент, когда нить образует с вертикалью угол  $\alpha = 30^\circ$ , модуль скорости шарика  $v = 0,9$  м/с. Чему равен заряд шарика  $q$ ? Сопротивлением воздуха пренебречь.



- 32** Ядро покоящегося нейтрального атома, находясь в однородном магнитном поле с индукцией  $\vec{B}$ , испытывает  $\alpha$ -распад. При этом рождаются  $\alpha$ -частица и тяжёлый ион нового элемента. Масса  $\alpha$ -частицы равна  $m_\alpha$ , её заряд равен  $2e$ , масса тяжёлого иона равна  $M$ . Выделившаяся при  $\alpha$ -распаде энергия  $\Delta E$  целиком переходит в кинетическую энергию продуктов реакции. Трек  $\alpha$ -частицы находится в плоскости, перпендикулярной направлению магнитного поля. Начальная часть трека напоминает дугу окружности. Найдите радиус этой окружности.

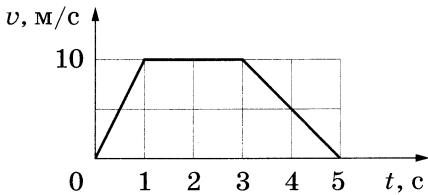
**Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с номером соответствующего задания.**

## ВАРИАНТ 9

### Часть 1

*Ответами к заданиям 1–24 являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.*

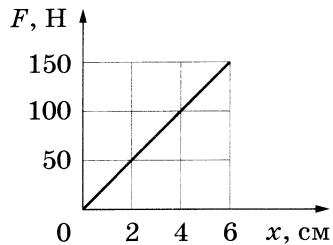
- 1** На рисунке представлен график зависимости скорости  $v$  от времени  $t$ . Определите по графику путь, пройденный телом в интервале времени от 1 до 5 с после начала движения.



Ответ: \_\_\_\_\_ м.

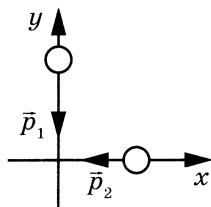
- 2** На рисунке представлен график зависимости модуля силы упругости  $F$  от удлинения пружины  $x$ . Какова жёсткость пружины?

Ответ: \_\_\_\_\_ Н/м.

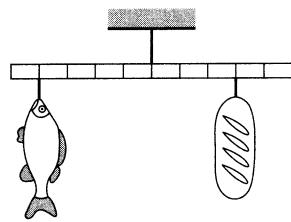


- 3** Два тела движутся по взаимно перпендикулярным пересекающимся прямым, как показано на рисунке. Модуль импульса первого тела  $p_1 = 16$  кг · м/с, второго тела  $p_2 = 12$  кг · м/с. Каков модуль импульса системы этих тел после их абсолютно неупругого удара?

Ответ: \_\_\_\_\_ кг · м/с.

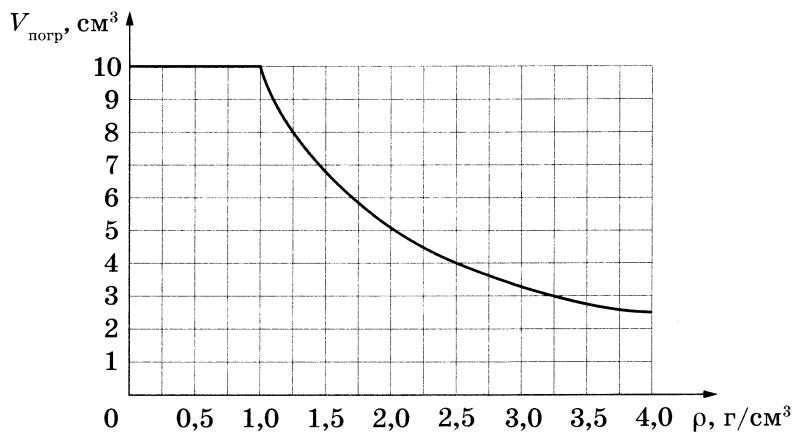


- 4** Мальчик взвесил рыбу на самодельных весах из лёгкой удочки (см. рисунок). В качестве гири он использовал батон хлеба массой 0,4 кг. Определите массу рыбы.



Ответ: \_\_\_\_\_ кг.

- 5** Ученик помещал цилиндр объёмом  $V = 10 \text{ см}^3$ , не удерживая его, в различные жидкости, плотности которых представлены в таблице, и измерял объём погруженной в жидкость части цилиндра  $V_{\text{погр}}$ . По результатам измерений была получена зависимость объёма погруженной части цилиндра  $V_{\text{погр}}$  от плотности жидкости  $\rho$  (см. рисунок).



Жидкость	Бензин	Спирт	Вода	Глицерин	Хлороформ	Бромоформ	Дийодметан
$\rho, \text{ г}/\text{см}^3$	0,71	0,79	1,0	1,26	1,49	2,89	3,25

Выберите **два** верных утверждения, согласующихся с данными, представленными на рисунке и в таблице.

- 1) В бензине и спирте сила Архимеда, действующая на цилиндр, одинакова.
- 2) Цилиндр тонет в глицерине.
- 3) На цилиндр, плавающий в бромоформе, действует выталкивающая сила 0,1 Н.
- 4) Цилиндр плавает во всех жидкостях, указанных в таблице.
- 5) При плавании цилиндра в хлороформе и дийодметане сила Архимеда, действующая на него, одинакова.

Ответ: 

--	--

- 6** Подвешенный на пружине груз совершает вертикальные свободные гармонические колебания. Массу груза уменьшили, оставив жёсткость пружины и амплитуду колебаний неизменными. Как при этом изменились частота колебаний груза и его максимальная скорость?

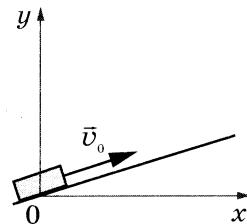
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Частота колебаний груза	Максимальная скорость груза

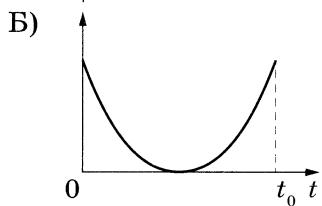
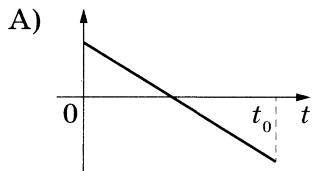
- 7** После удара в момент  $t = 0$  шайба начинает скользить вверх по гладкой наклонной плоскости с начальной скоростью  $\vec{v}_0$ , как показано на рисунке, и в момент  $t = t_0$  возвращается в исходное положение. Графики А и Б отображают изменение с течением времени физических величин, характеризующих движение шайбы.



Установите соответствие между графиками и физическими величинами, изменение которых со временем эти графики могут отображать.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

#### ГРАФИКИ



#### ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) кинетическая энергия  $E_k$
- 2) проекция ускорения  $a_x$
- 3) координата  $x$
- 4) проекция скорости  $v_y$

Ответ: 

A	B

- 8** При увеличении абсолютной температуры средняя кинетическая энергия хаотического теплового движения молекул аргона увеличилась в 2 раза. Конечная температура газа равна 600 К. Какова начальная температура газа?

Ответ: \_\_\_\_\_ К.

- 9** Рабочее тело тепловой машины с КПД 20 % за цикл работы отдаёт холодильнику количество теплоты, равное 60 Дж. Какое количество теплоты за цикл рабочее тело получает от нагревателя?

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

- 10** Температура чугунной детали снизилась с 120 °С до 40 °С. Масса детали равна 200 г. Какое количество теплоты отдала деталь при остывании?

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

- 11** В сосуде под поршнем при комнатной температуре долгое время находятся вода и водяной пар. Масса воды равна массе пара. Объём сосуда медленно изотермически увеличиваются в 3 раза.

Выберите **два** утверждения, которые верно отражают результаты этого опыта.

- 1) Плотность пара в начале и конце опыта одинакова.
- 2) Давление пара сначала было постоянным, а затем стало уменьшаться.
- 3) Концентрация пара в сосуде в начале опыта меньше, чем в конце опыта.
- 4) В конечном состоянии давление пара в сосуде в 3 раза меньше первоначального.
- 5) Масса пара в сосуде увеличивается в 2 раза.

Ответ: 

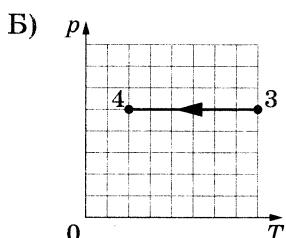
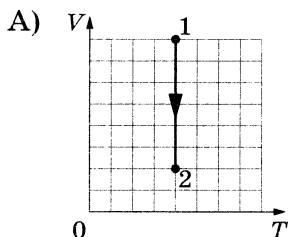
--	--

- 12** На рисунках А и Б приведены графики двух процессов: 1–2 и 3–4, каждый из которых совершает 1 моль разреженного гелия. Графики построены в координатах  $V$ – $T$  и  $p$ – $T$ , где  $p$  — давление,  $V$  — объём и  $T$  — абсолютная температура газа.

Установите соответствие между графиками и утверждениями, характеризующими изображённые на графиках процессы.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

#### ГРАФИКИ



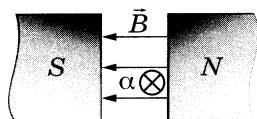
#### УТВЕРЖДЕНИЯ

- 1) Газ получает положительное количество теплоты, при этом его внутренняя энергия увеличивается.
- 2) Газ отдаёт положительное количество теплоты, при этом его внутренняя энергия уменьшается.
- 3) Газ получает положительное количество теплоты и совершает положительную работу.
- 4) Над газом совершают положительную работу, при этом газ отдаёт положительное количество теплоты.

Ответ: 

A	B

- 13**  $\alpha$ -частица влетела в зазор между полюсами магнита со скоростью  $\vec{v}$ , перпендикулярной вектору индукции  $\vec{B}$  магнитного поля (см. рисунок, значком  $\otimes$  показано направление движения  $\alpha$ -частицы). Куда направлена относительно рисунка (*вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя*) действующая на  $\alpha$ -частицу сила Лоренца  $\vec{F}$ ? Ответ запишите словом (словами).

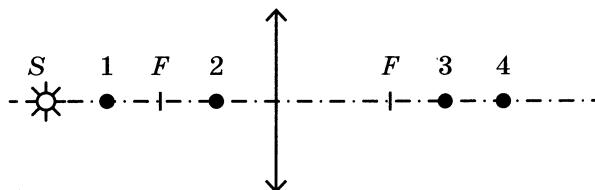


Ответ: \_\_\_\_\_.

- 14** Расстояние между двумя точечными зарядами увеличили в 2 раза, и каждый из зарядов уменьшили в 3 раза. Во сколько раз уменьшился модуль силы взаимодействия между ними?

Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

- 15** Какая из точек 1–4 является изображением точки  $S$  (см. рисунок), создаваемым тонкой собирающей линзой с фокусным расстоянием  $F$ ?



Ответ: точка \_\_\_\_\_.

- 16** По гладким параллельным проводящим рельсам, замкнутым на резистор, перемещают лёгкий тонкий проводник. Рельсы, резистор и проводник образуют контур, который находится в однородном магнитном поле, как показано на рис. а. При движении проводника площадь контура изменяется так, как указано на рис. б.

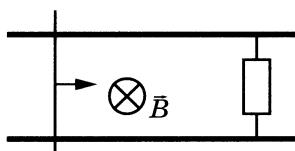


Рис. а

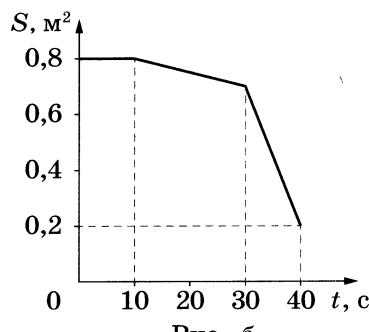


Рис. б

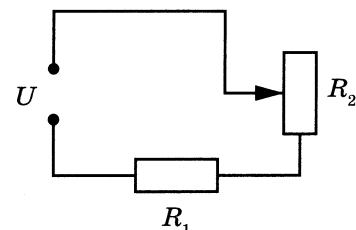
Выберите *два* верных утверждения, соответствующих приведённым данным и описанию опыта.

- 1) Поскольку рельсы гладкие, для перемещения проводника в любой момент времени силу прикладывать не надо.
- 2) Максимальная ЭДС в контуре наблюдается в интервале от 10 до 30 с.
- 3) Сила, прикладываемая к проводнику для его перемещения, максимальна в интервале времени от 30 до 40 с.
- 4) В течение первых 10 с ток через резистор не протекает.
- 5) В интервале времени от 0 до 25 с через резистор всё время течёт ток.

Ответ:

17

Резистор  $R_1$  и реостат  $R_2$  подключены последовательно к источнику напряжения  $U$  (см. рисунок). Как изменятся сила тока в цепи и мощность, выделяющаяся на резисторе  $R_1$ , если ползунок реостата переместить до конца вниз? Считать, что напряжение на выводах источника остаётся при этом прежним.



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

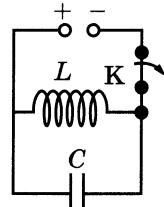
- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Сила тока в цепи	Мощность, выделяющаяся на резисторе $R_1$

18

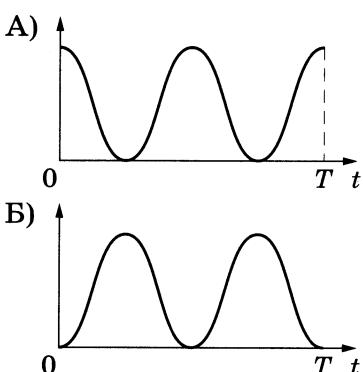
Катушка идеального колебательного контура длительное время подключена к источнику постоянного напряжения, поэтому конденсатор не заряжен (см. рисунок). В момент  $t = 0$  ключ К размыкают. Графики А и Б отображают изменения физических величин, характеризующих возникшие после этого электромагнитные колебания в контуре ( $T$  — период колебаний).



Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут отображать.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

#### ГРАФИКИ



#### ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) сила тока в катушке
- 2) энергия магнитного поля катушки
- 3) энергия электрического поля конденсатора
- 4) заряд левой обкладки конденсатора

Ответ: 

A	B

19

Ядро изотопа свинца  $^{214}_{82}\text{Pb}$  испытывает электронный  $\beta$ -распад, при этом образуется ядро элемента  $^{A}_{Z}\text{X}$ . Каковы заряд  $Z$  (в единицах элементарного заряда) и массовое число  $A$  образовавшегося ядра  $\text{X}$ ?

Заряд ядра $Z$	Массовое число ядра $A$

**В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.**

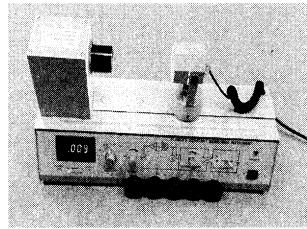
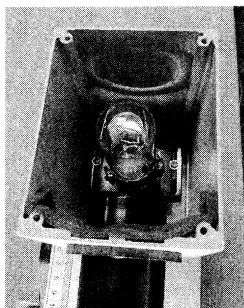
20

Какая доля от исходного большого количества радиоактивных ядер остаётся через интервал времени, равный трём периодам полураспада?

Ответ: \_\_\_\_\_ %.

21

На установке, представленной на фотографиях (рис. *а* — общий вид; рис. *б* — фотоэлемент), исследовали зависимость кинетической энергии фотоэлектронов от частоты падающего света. Для этого в прорезь осветителя помещали различные светофильтры и измеряли запирающее напряжение. В первой серии опытов использовался светофильтр, пропускающий только фиолетовый свет, а во второй — пропускающий только зелёный свет.

Рис. *а*Рис. *б*

Как изменяются модуль запирающего напряжения и максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов при переходе от первой серии опытов ко второй? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения.

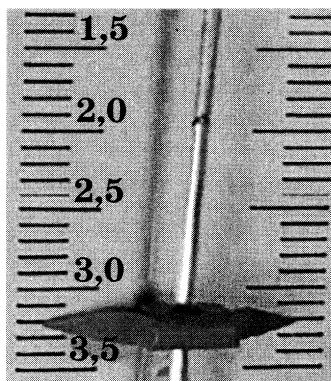
- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Модуль запирающего напряжения	Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов

**22**

Определите показания динамометра (см. рисунок), если погрешность прямого измерения силы равна цене деления динамометра. Динамометр проградуирован в ньютонах.

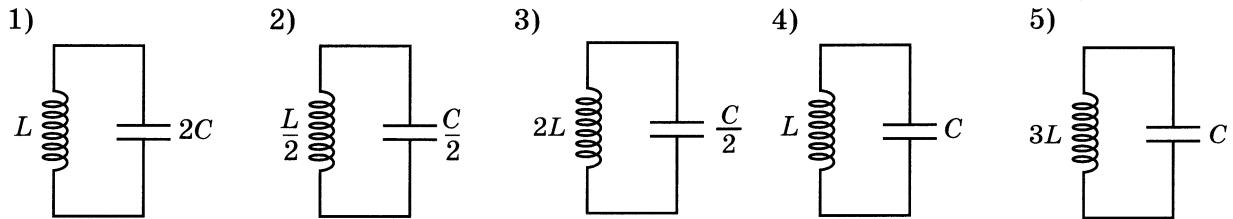


Ответ: (\_\_\_\_  $\pm$  \_\_\_\_ ) Н.

*В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.*

**23**

Школьнику нужно обнаружить зависимость периода свободных электромагнитных колебаний в колебательном контуре от ёмкости конденсатора. Какие *два* колебательных контура он должен выбрать для проведения такого исследования?



Запишите в ответе номера выбранных колебательных контуров.

Ответ:

24

Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о ярких звёздах.

Наименование звезды	Температура поверхности, К	Масса (в массах Солнца)	Радиус (в радиусах Солнца)	Название созвездия
Альдебаран	3600	5,0	45	Телец
Меропа	14 000	4,5	4	Телец
Антарес А	3400	12,5	5	Скорпион
ан-Ният	30 700	15	5	Скорпион
Мирфак	6600	11	56	Персей
Алголь А	12 000	3,6	2,3	Персей
Ригель	11 200	40	138	Орион
Бетельгейзе	3100	20	900	Орион

Выберите *все* верные утверждения, которые соответствуют характеристикам звёзд.

- 1) Звезда Ригель является сверхгигантом.
- 2) Звезда Альдебаран является белым карликом.
- 3) Так как звёзды Антарес А и ан-Ният имеют примерно одинаковые массы, они относятся к одному спектральному классу.
- 4) Температура поверхности звезды Ригель выше, чем температура поверхности Солнца.
- 5) Так как звёзды Альдебаран и Меропа относятся к одному созвездию, они находятся на одинаковом расстоянии от Земли.

Ответ: \_\_\_\_\_.



*Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.*

*Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.*

## Часть 2

*Ответом к заданиям 25 и 26 является число. Запишите это число в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.*

25

При изохорном нагревании идеального газа на 300 К его давление удвоилось. Какова была первоначальная абсолютная температура газа? Количество вещества газа постоянно.

Ответ: \_\_\_\_\_ К.

26

Две частицы с отношением зарядов  $\frac{q_2}{q_1} = \frac{1}{8}$  движутся в однородных магнитных полях, перпендикулярных их скоростям: первая — в поле с индукцией  $\vec{B}_1$ , вторая — в поле с индукцией  $\vec{B}_2$ . Найдите отношение радиусов траекторий частиц  $\frac{R_2}{R_1}$ , если их импульсы одинаковы, а отношение модулей индукции  $\frac{B_2}{B_1} = 2$ .

Ответ: \_\_\_\_\_.



**Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.**

**Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.**

**Для записи ответов на задания 27–32 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (27, 28 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.**

27

В сосуд наливают воду при комнатной температуре. В воду погружают нагревательные элементы с сопротивлениями  $R_1$  и  $R_2$ , подключённые к источнику постоянного напряжения так, как показано на рис. а. Оставив ключ К в положении 1, доводят воду до кипения. Затем кипяток выливают, сосуд охлаждают до комнатной температуры, вновь наполняют таким же количеством воды при комнатной температуре и, повернув ключ К в положение 2 (рис. б), повторяют опыт. Напряжение источника в опытах одинаково. Опираясь на законы электродинамики и молекулярной физики, объясните, в каком из приведённых опытов вода закипит быстрее.

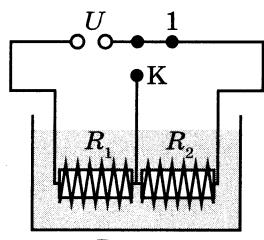


Рис. а

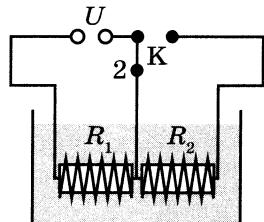


Рис. б

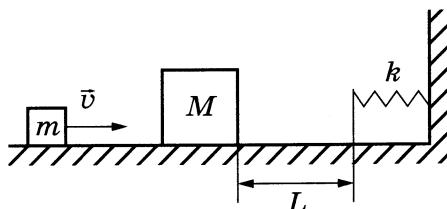
**Полное правильное решение каждой из задач 28–32 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.**

28

Какой путь пройдёт тело за 2 с, двигаясь по прямой в одном направлении, если его скорость за это время уменьшается в 3 раза? Модуль ускорения тела равен 5 м/с<sup>2</sup>.

29

Небольшой брускок массой  $m = 100$  г, скользящий по гладкой горизонтальной поверхности, абсолютно неупруго сталкивается с неподвижным телом массой  $M = 3m$ . При дальнейшем поступательном движении тела налетают на недеформированную пружину, одним концом прикреплённую к стене (см. рисунок). С какой скоростью  $v$  двигался брускок до столкновения, если после абсолютно неупругого удара бруски вернутся в точку столкновения спустя время  $t = 1,7$  с? Жёсткость пружины  $k = 40$  Н/м, а расстояние от точки столкновения до пружины  $L = 25$  см.

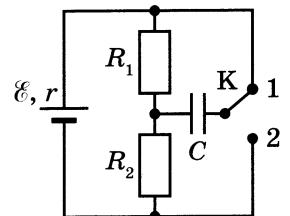


30

Два одинаковых теплоизолированных сосуда соединены короткой трубкой с краном. В первом сосуде находится  $v_1 = 2$  моль гелия при температуре  $T_1 = 400$  К; во втором —  $v_2 = 3$  моль аргона при температуре  $T_2 = 300$  К. Кран открывают. В установившемся равновесном состоянии давление в сосудах становится  $p = 5,4$  кПа. Определите объём  $V$  одного сосуда. Объёмом трубки пренебречь.

31

В электрической цепи, показанной на рисунке,  $r = 1$  Ом,  $R_1 = 4$  Ом,  $R_2 = 7$  Ом,  $\mathcal{E} = 6$  В, ключ К длительное время находится в положении 1. За длительное время после перевода ключа К в положение 2 изменение заряда на правой обкладке конденсатора  $\Delta q = -0,55$  мКл. Найдите электроёмкость конденсатора  $C$ .



32

На плоскую цинковую пластинку ( $A_{\text{вых}} = 3,75$  эВ) падает электромагнитное излучение с длиной волны 0,3 мкм. Какова напряжённость задерживающего однородного электрического поля, вектор напряжённости которого перпендикулярен пластине, если фотоэлектрон может удалиться от поверхности пластины на максимальное расстояние  $d = 2,5$  мм?

**Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с номером соответствующего задания.**

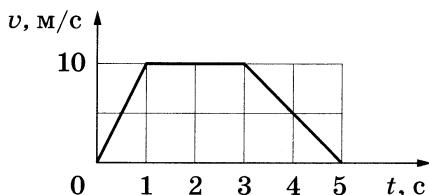


## ВАРИАНТ 10

### Часть 1

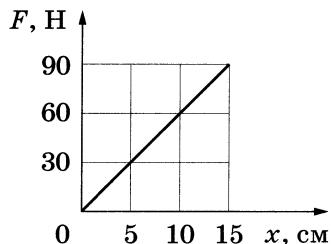
*Ответами к заданиям 1–24 являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.*

- 1** На рисунке представлен график зависимости скорости  $v$  прямолинейно движущегося тела от времени  $t$ . Определите по графику путь, пройденный телом в интервале времени от 0 до 4 с после начала движения.



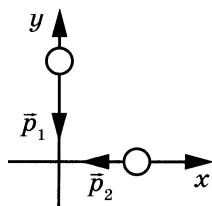
Ответ: \_\_\_\_\_ м.

- 2** На рисунке представлен график зависимости модуля силы упругости  $F$  от удлинения пружины  $x$ . Какова жёсткость пружины?



Ответ: \_\_\_\_\_ Н/м.

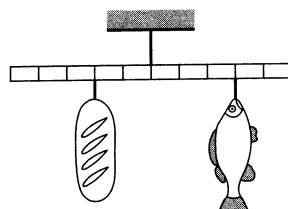
- 3** Два тела движутся по взаимно перпендикулярным пересекающимся прямым, как показано на рисунке. Модуль импульса первого тела  $p_1 = 20 \text{ кг} \cdot \text{м}/\text{с}$ , второго тела  $p_2 = 15 \text{ кг} \cdot \text{м}/\text{с}$ . Каков модуль импульса системы этих тел после их абсолютно неупругого удара?



Ответ: \_\_\_\_\_  $\text{кг} \cdot \text{м}/\text{с}$ .

4

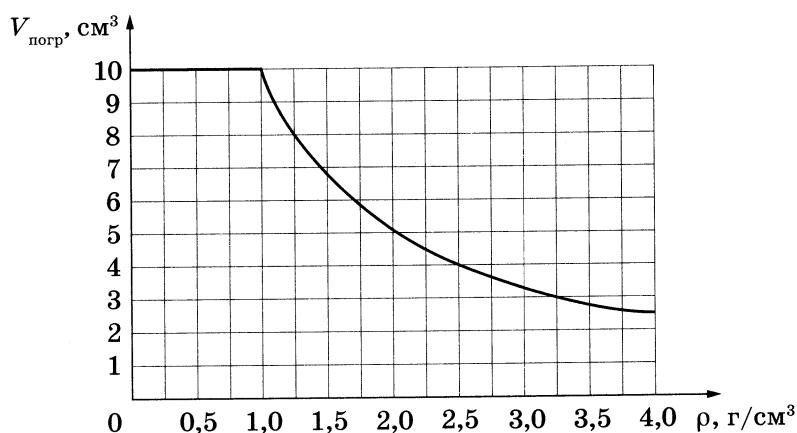
Мальчик взвесил рыбу на самодельных весах из лёгкой удочки (см. рисунок). В качестве гири он использовал батон хлеба массой 0,6 кг. Определите массу рыбы.



Ответ: \_\_\_\_\_ кг.

5

Ученик помещал цилиндр объёмом  $V = 10 \text{ см}^3$ , не удерживая его, в различные жидкости, плотности которых представлены в таблице, и измерял объём погруженной в жидкость части цилиндра  $V_{\text{пogr}}$ . По результатам измерений была получена зависимость объёма погруженной части цилиндра  $V_{\text{пogr}}$  от плотности жидкости  $\rho$  (см. рисунок).



Жидкость	Бензин	Спирт	Вода	Глицерин	Хлороформ	Бромоформ	Дийодметан
$\rho, \text{ г}/\text{см}^3$	0,71	0,79	1,0	1,26	1,49	2,89	3,25

Выберите *два* верных утверждения, согласующихся с данными, представленными на рисунке и в таблице.

- 1) В бензине и спирте сила Архимеда, действующая на цилиндр, одинакова.
- 2) Цилиндр тонет в спирте.
- 3) На цилиндр, плавающий в глицерине, действует выталкивающая сила 0,1 Н.
- 4) Цилиндр плавает во всех жидкостях, указанных в таблице.
- 5) При плавании цилиндра в хлороформе сила Архимеда, действующая на него, меньше, чем при плавании в дийодметане.

Ответ:

**6**

Подвешенный на пружине груз совершает вертикальные свободные гармонические колебания. Жёсткость пружины увеличили, оставив неизменными массу груза и амплитуду колебаний. Как при этом изменились частота колебаний груза и его максимальная скорость?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

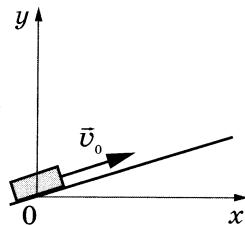
- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Частота колебаний груза	Максимальная скорость груза

**7**

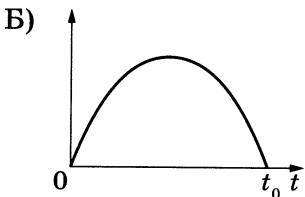
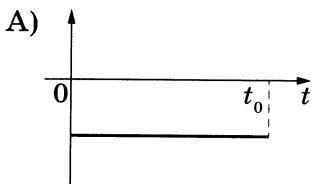
После удара в момент  $t = 0$  шайба начинает скользить вверх по гладкой наклонной плоскости с начальной скоростью  $\vec{v}_0$ , как показано на рисунке, и в момент  $t = t_0$  возвращается в исходное положение. Графики А и Б отображают изменение с течением времени физических величин, характеризующих движение шайбы.



Установите соответствие между графиками и физическими величинами, изменение которых со временем эти графики могут отображать.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

#### ГРАФИКИ



#### ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) кинетическая энергия  $E_k$
- 2) проекция ускорения  $a_x$
- 3) координата  $x$
- 4) проекция скорости  $v_y$

Ответ: 

A	B

**8**

При уменьшении абсолютной температуры средняя кинетическая энергия хаотического теплового движения молекул неона уменьшилась в 3 раза. Конечная температура газа равна 300 К. Какова начальная температура газа?

Ответ: \_\_\_\_\_ К.

- 9** Рабочее тело тепловой машины с КПД 20 % за цикл работы отдаёт холодильнику количество теплоты, равное 60 Дж. Какую работу совершают за цикл рабочее тело?

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

- 10** Температура алюминиевой детали при обработке повысилась с 20 °С до 140 °С. Масса детали равна 50 г. Какое количество теплоты получила деталь при нагревании?

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

- 11** В сосуде под поршнем при комнатной температуре долгое время находятся вода и водяной пар. Масса воды равна массе пара. Объём сосуда медленно изотермически увеличиваются в 3 раза.

Выберите *два* утверждения, которые верно отражают результаты этого опыта.

- 1) Плотность пара в начале опыта больше, чем в конце.
- 2) Давление пара сначала было постоянным, а затем стало увеличиваться.
- 3) Концентрация пара в сосуде в начале опыта больше, чем в конце опыта.
- 4) В конечном состоянии давление пара в сосуде в 3 раза меньше первоначального.
- 5) Масса пара в сосуде не изменяется.

Ответ: 

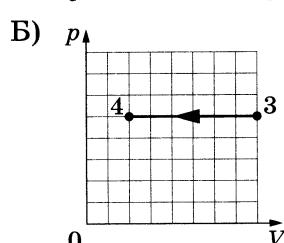
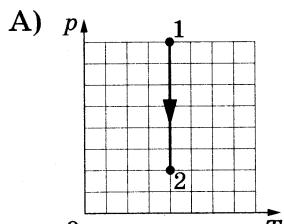
--	--

- 12** На рисунках А и Б приведены графики двух процессов: 1–2 и 3–4, каждый из которых совершает 1 моль разреженного гелия. Графики построены в координатах  $p$ – $T$  и  $p$ – $V$ , где  $p$  – давление,  $V$  – объём и  $T$  – абсолютная температура газа.

Установите соответствие между графиками и утверждениями, характеризующими изображённые на графиках процессы.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

### ГРАФИКИ



Ответ: 

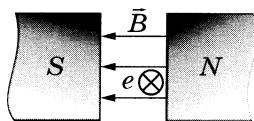
A	B

### УТВЕРЖДЕНИЯ

- 1) Газ получает положительное количество теплоты, при этом его внутренняя энергия увеличивается.
- 2) Газ отдаёт положительное количество теплоты, при этом его внутренняя энергия остаётся постоянной.
- 3) Газ получает положительное количество теплоты и совершает положительную работу.
- 4) Над газом совершают положительную работу, при этом газ отдаёт положительное количество теплоты.

**13**

Электрон  $e$  влетел в зазор между полюсами магнита со скоростью  $\vec{v}$ , перпендикулярной вектору индукции  $\vec{B}$  магнитного поля (см. рисунок, значком  $\otimes$  показано направление движения электрона). Куда направлена относительно рисунка (*вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя*) действующая на электрон сила Лоренца  $\vec{F}$ ? Ответ запишите словом (словами).



Ответ: \_\_\_\_\_.

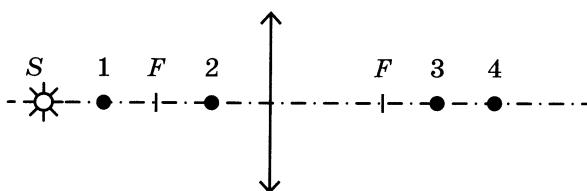
**14**

Расстояние между двумя точечными зарядами уменьшили в 3 раза, и каждый из зарядов уменьшили в 2 раза. Во сколько раз увеличился модуль силы взаимодействия между ними?

Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

**15**

Какая из точек 1–4 является изображением точки  $S$  (см. рисунок), создаваемым тонкой собирающей линзой с фокусным расстоянием  $F$ ?



Ответ: точка \_\_\_\_\_.

**16**

По гладким параллельным проводящим рельсам, замкнутым на резистор, перемещают лёгкий тонкий проводник. Рельсы, резистор и проводник образуют контур, который находится в однородном магнитном поле, как показано на рис. а. При движении проводника площадь контура изменяется так, как указано на рис. б.

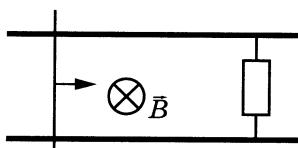


Рис. а

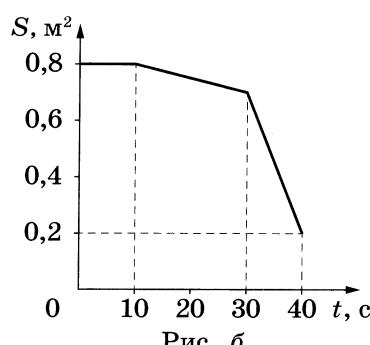


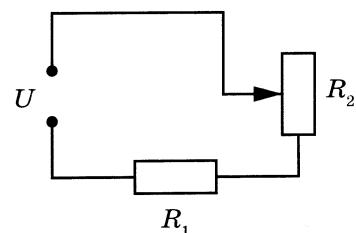
Рис. б

Выберите *два* верных утверждения, соответствующих приведённым данным и описанию опыта.

- 1) Поскольку рельсы гладкие, для перемещения проводника в любой момент времени силу прикладывать не надо.
- 2) Максимальная ЭДС в контуре наблюдается в интервале от 30 до 40 с.
- 3) Сила, прикладываемая к проводнику для его перемещения, максимальна в интервале времени от 10 до 30 с.
- 4) В течение первых 15 с ток течёт через резистор непрерывно.
- 5) В интервале времени от 15 до 25 с через резистор течёт ток.

Ответ:

- 17** Резистор  $R_1$  и реостат  $R_2$  подключены последовательно к источнику напряжения  $U$  (см. рисунок). Как изменятся сила тока в цепи и напряжение на резисторе  $R_1$ , если ползунок реостата переместить до конца вверх? Считать, что напряжение на выводах источника остаётся при этом прежним.



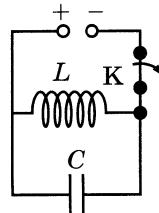
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Сила тока в цепи	Напряжение на резисторе $R_1$

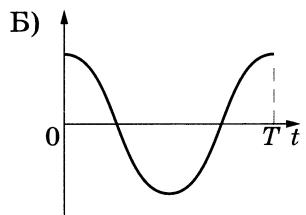
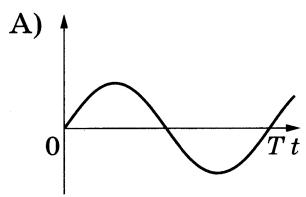
- 18** Катушка идеального колебательного контура длительное время подключена к источнику постоянного напряжения, поэтому конденсатор не заряжен (см. рисунок). В момент  $t = 0$  ключ  $K$  размыкают. Графики А и Б отображают изменения физических величин, характеризующих возникшие после этого электромагнитные колебания в контуре ( $T$  — период колебаний).



Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут отображать.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

#### ГРАФИКИ



#### ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) сила тока в катушке
- 2) энергия магнитного поля катушки
- 3) энергия электрического поля конденсатора
- 4) заряд правой обкладки конденсатора

Ответ: 

A	B

- 19** Ядро изотопа висмута  $^{214}_{83}\text{Bi}$  испытывает электронный  $\beta$ -распад, при этом образуется ядро элемента  $^A_Z\text{X}$ . Каковы заряд  $Z$  (в единицах элементарного заряда) и массовое число  $A$  образовавшегося ядра  $\text{X}$ ?

Заряд ядра $Z$	Массовое число ядра $A$

**В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.**

- 20** Какая доля от исходного большого количества радиоактивных ядер распадётся за интервал времени, равный трём периодам полураспада?

Ответ: \_\_\_\_\_ %.

- 21** На установке, представленной на фотографиях (рис. *a* — общий вид; рис. *б* — фотоэлемент), исследовали зависимость кинетической энергии фотоэлектронов от частоты падающего света. Для этого в прорезь осветителя помещали различные светофильтры и измеряли запирающее напряжение. В первой серии опытов использовался светофильтр, пропускающий только оранжевый свет, а во второй — пропускающий только голубой свет.

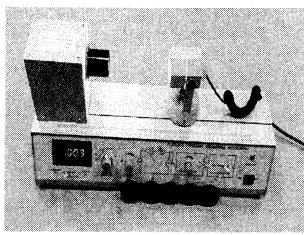


Рис. *а*

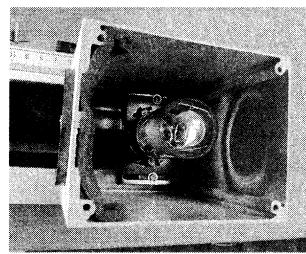


Рис. *б*

Как изменяются модуль запирающего напряжения и максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов при переходе от первой серии опытов ко второй? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения.

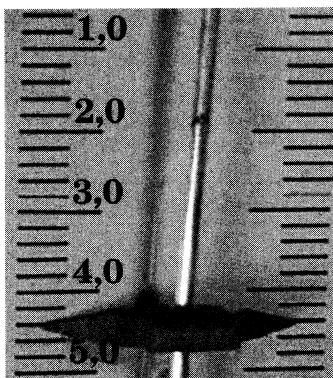
- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Модуль запирающего напряжения	Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов

22

Определите показания динамометра (см. рисунок), если погрешность прямого измерения силы равна цене деления динамометра. Динамометр проградуирован в ньютонах.



Ответ: (\_\_\_\_\_)  $\pm$  (\_\_\_\_\_) Н.

*В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.*

23

Школьнику нужно обнаружить зависимость периода свободных электромагнитных колебаний в колебательном контуре от индуктивности катушки. Какие *два* колебательных контура он должен выбрать для проведения такого исследования?

- 1) 2) 3) 4) 5)

Запишите в ответе номера выбранных колебательных контуров.

Ответ:

**24**

Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о ярких звёздах.

Наименование звезды	Температура поверхности, К	Масса (в массах Солнца)	Радиус (в радиусах Солнца)	Название созвездия
Альдебаран	3600	5,0	45	Телец
Меропа	14 000	4,5	4	Телец
Антарес А	3400	12,5	5	Скорпион
ан-Ният	30 700	15	5	Скорпион
Мирфак	6600	11	56	Персей
Алголь А	12 000	3,6	2,3	Персей
Ригель	11 200	40	138	Орион
Бетельгейзе	3100	20	900	Орион

Выберите *все* верные утверждения, которые соответствуют характеристикам звёзд.

- 1) Так как звёзды Антарес А и ан-Ният имеют примерно одинаковые массы, они относятся к одному спектральному классу.
- 2) Звезда Альдебаран является красным гигантом.
- 3) Звезда Ригель относится к звёздам главной последовательности на диаграмме Герцшпрунга — Рессела.
- 4) Так как звёзды Ригель и Бетельгейзе относятся к одному созвездию, они находятся на одинаковом расстоянии от Земли.
- 5) Температура поверхности звезды Антарес А ниже, чем температура поверхности Солнца.

Ответ: \_\_\_\_\_.



**Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.**

**Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.**

## Часть 2

**Ответом к заданиям 25 и 26 является число. Запишите это число в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.**

**25**

При изобарном нагревании идеального газа на 400 К его объём увеличился втрое. Определите конечную абсолютную температуру газа. Количество вещества газа постоянно.

Ответ: \_\_\_\_\_ К.

- 26** Две заряженные частицы движутся в однородных магнитных полях, перпендикулярных их скоростям: первая — в поле с индукцией  $\vec{B}_1$  по окружности радиуса  $R_1$ ; вторая — в поле с индукцией  $\vec{B}_2$ , по окружности радиуса  $R_2$ , при этом  $\frac{R_2}{R_1} = 2$ . Определите отношением зарядов частиц  $\frac{q_2}{q_1}$ , если их импульсы одинаковы, а отношение модулей индукции  $\frac{B_2}{B_1} = 2$ .

Ответ: \_\_\_\_\_.



**Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.**  
**Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.**

**Для записи ответов на задания 27–32 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (27, 28 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.**

- 27** В сосуд наливают воду при комнатной температуре. В воду погружают нагревательные элементы с сопротивлениями  $R_1$  и  $R_2$ , подключённые к источнику постоянного напряжения так, как показано на рис. а. Оставив ключ К в положении 1, доводят воду до кипения. Затем кипяток выливают, сосуд охлаждают до комнатной температуры, вновь наполняют таким же количеством воды при комнатной температуре и, повернув ключ К в положение 2 (рис. б), повторяют опыт. Напряжение источника в опытах одинаково. Опираясь на законы электродинамики и молекулярной физики, объясните, в каком из приведённых опытов вода закипит быстрее.

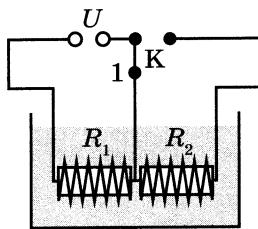


Рис. а

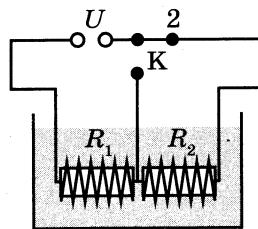


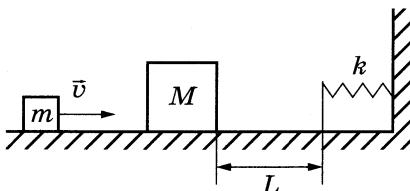
Рис. б

**Полное правильное решение каждой из задач 28–32 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.**

- 28** За какое время тело, двигаясь по прямой в одном направлении, пройдёт путь 30 м, если его скорость за это время уменьшается в 4 раза? Модуль ускорения тела равен  $4 \text{ м/с}^2$ .

29

Небольшой брускок массой  $m = 100$  г, скользящий по гладкой горизонтальной поверхности, абсолютно неупруго сталкивается с неподвижным телом массой  $M = 2m$ . При дальнейшем поступательном движении тела налетают на недеформированную пружину, одним концом прикреплённую к стене (см. рисунок). Через какое время  $t$  после абсолютно неупругого удара бруски вернутся в точку столкновения? Скорость движения бруска до столкновения  $v = 2$  м/с, жёсткость пружины  $k = 30$  Н/м, а расстояние от точки столкновения до пружины  $L = 10$  см.

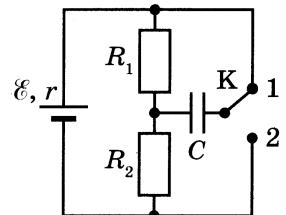


30

Два одинаковых теплоизолированных сосуда объёмом  $V = 50$  л соединены короткой трубкой с краном. В первом сосуде находится  $v_1 = 2$  моль гелия при температуре  $T_1 = 400$  К; во втором —  $v_2 = 3$  моль аргона при температуре  $T_2 = 300$  К. Кран открывают. В установившемся равновесном состоянии определите давление в сосудах. Объёмом трубки пренебречь.

31

В электрической цепи, показанной на рисунке,  $r = 1$  Ом,  $R_1 = 4$  Ом,  $R_2 = 7$  Ом,  $C = 0,2$  мкФ, ключ К длительное время находится в положении 1. За длительное время после перевода ключа К в положение 2 изменение заряда на правой обкладке конденсатора  $\Delta q = -0,55$  мкКл. Найдите ЭДС источника  $\mathcal{E}$ .



32

На плоскую цинковую пластинку ( $A_{\text{вых}} = 3,75$  эВ) падает электромагнитное излучение с частотой  $1,2 \cdot 10^{15}$  Гц. На какое максимальное расстояние может удалиться от поверхности пластины фотоэлектрон, если напряжённость задерживающего однородного электрического поля, вектор напряжённости которого перпендикулярен пластине, равна 200 В/м?

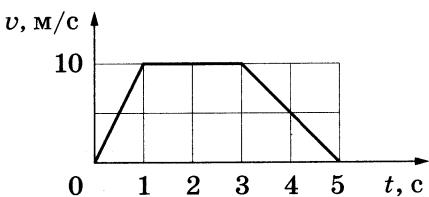
**Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с номером соответствующего задания.**

## ВАРИАНТ 11

### Часть 1

*Ответами к заданиям 1–24 являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.*

- 1** На рисунке представлен график зависимости скорости  $v$  тела от времени  $t$ . Определите среднюю скорость тела в интервале времени от 1 до 5 с после начала движения.



Ответ: \_\_\_\_\_ м/с.

- 2** Расстояние от искусственного спутника до поверхности Земли равно радиусу Земли. Во сколько раз уменьшится сила притяжения спутника к Земле, если расстояние от него до поверхности Земли станет равным двум радиусам Земли?

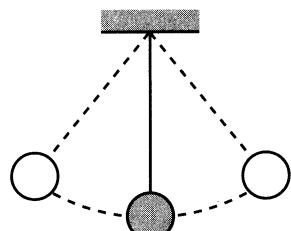
Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

- 3** На тело массой 2,5 кг, движущееся прямолинейно в инерциальной системе отсчёта, в течение 5 с в направлении движения действует постоянная сила, при этом импульс тела увеличивается на 40 кг·м/с. Какова величина силы, действующей на тело?

Ответ: \_\_\_\_\_ Н.

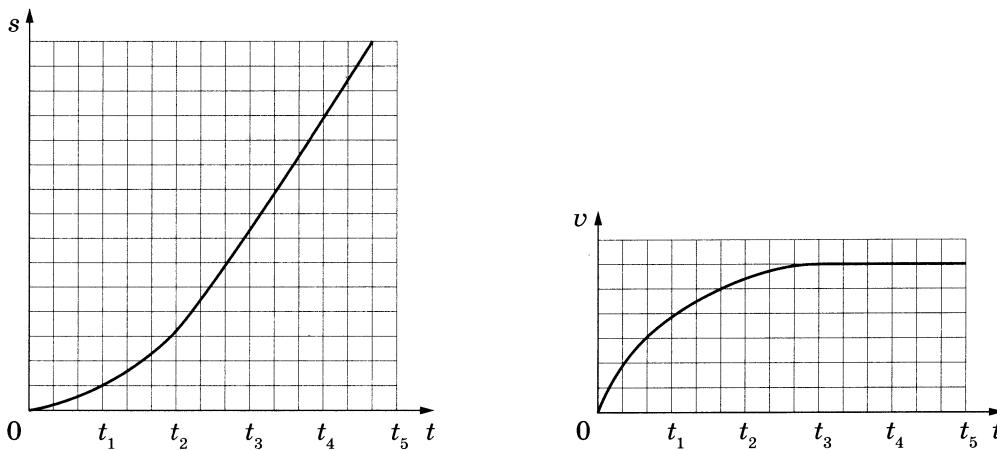
- 4** В момент времени  $t_0$  груз нитяного маятника, имеющего период колебаний  $T = 1,2$  с, проходит через положение равновесия (см. рисунок). За какой промежуток времени с момента  $t_0$  он проходит путь, равный двум амплитудам колебаний?

Ответ: \_\_\_\_\_ с.



**5**

Учащиеся роняли с башни шарики для настольного тенниса и снимали их полёт цифровой видеокамерой. Обработка видеозаписей позволила построить графики зависимости пути  $s$ , пройденного шариком, и его скорости  $v$  от времени падения  $t$ .



Выберите **два** верных утверждения, характеризующих наблюдаемое падение.

- 1) Величина ускорения, с которым падал шарик, уменьшалась в интервале времени  $(0-t_3)$  и была равной нулю при  $t > t_3$ .
- 2) В течение всего времени падения  $(0-t_5)$  кинетическая энергия шарика увеличивалась.
- 3) Сумма кинетической и потенциальной энергий шарика оставалась неизменной во время падения.
- 4) В течение всего времени падения  $(0-t_5)$  величина импульса шарика постоянно возрастала.
- 5) Величина ускорения, с которым падал шарик, уменьшалась в интервале времени  $(0-t_3)$ .

Ответ:

**6**

Камень брошен вверх под углом к горизонту. Сопротивление воздуха пренебрежимо мало. Как меняются по мере подъёма камня модуль ускорения камня и его кинетическая энергия?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Модуль ускорения камня	Кинетическая энергия камня

7

Выражения А и Б определяют зависимость координат двух тел от времени. Установите соответствие между зависимостью координаты тела от времени и зависимостью проекции скорости от времени для этого же тела (все величины заданы в СИ).

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

## КООРДИНАТА

- А)  $x = 25 - 4t + 3t^2$   
Б)  $x = 30 - 6t$

## СКОРОСТЬ

- 1)  $v_x = 25 - 4t$   
2)  $v_x = 6t - 4$   
3)  $v_x = -6$   
4)  $v_x = 6t$

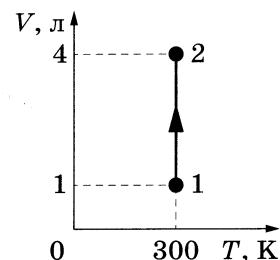
Ответ: 

A	B

8

На рисунке представлен график зависимости объёма идеального газа от его температуры в некотором процессе. В состоянии 1 давление газа было равно нормальному атмосферному давлению. Какое давление соответствует состоянию 2, если масса газа остаётся неизменной?

Ответ: \_\_\_\_\_ кПа.



9

Рабочее тело тепловой машины за один цикл получает от нагревателя количество теплоты 300 Дж, а отдаёт холодильнику количество теплоты 200 Дж. Какую работу совершает рабочее тело за пять циклов?

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

10

В сосуде, объём которого можно изменять при помощи поршня, находится воздух с относительной влажностью 40 %. Во сколько раз при неизменной температуре необходимо уменьшить объём сосуда, чтобы водяной пар стал насыщенным?

Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

11

Объём сосуда, содержащего 1 моль неона, уменьшили вдвое и добавили в сосуд 1 моль аргона. Температура в сосуде поддерживается постоянной. Выберите из предложенного списка *два* утверждения, которые верно отражают результаты этого опыта.

- 1) Концентрации атомов неона в 2 раза меньше, чем у аргона.
- 2) Парциальное давление неона увеличилось в 2 раза.
- 3) Внутренняя энергия неона уменьшилась.
- 4) Плотность газа в сосуде не изменилась.
- 5) Давление в сосуде увеличилось в 4 раза.

Ответ: 

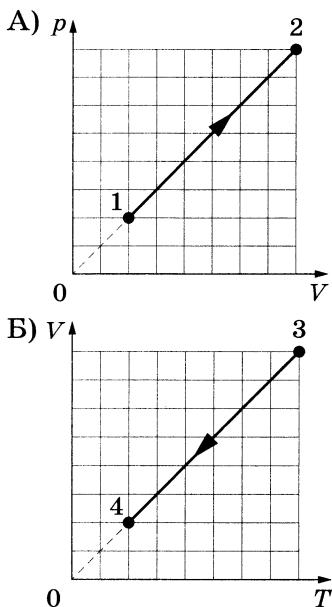
--	--

- 12** На графиках А и Б приведены диаграммы  $p$ - $V$  и  $V$ - $T$  для процессов 1-2 и 3-4, проводимых с 1 моль неона. На диаграммах  $p$  — давление,  $V$  — объём и  $T$  — абсолютная температура газа.

Установите соответствие между графиками и утверждениями, характеризующими изображённые на графиках процессы.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

### ГРАФИКИ



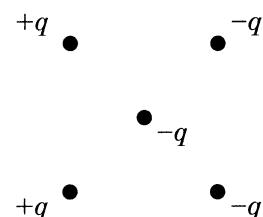
### УТВЕРЖДЕНИЯ

- 1) Газ получает положительное количество теплоты, при этом его внутренняя энергия не изменяется.
- 2) Газ получает положительное количество теплоты, при этом его внутренняя энергия увеличивается.
- 3) Газ отдаёт положительное количество теплоты, при этом его внутренняя энергия уменьшается.
- 4) Газ отдаёт положительное количество теплоты, при этом его внутренняя энергия не изменяется.

Ответ: 

A	B

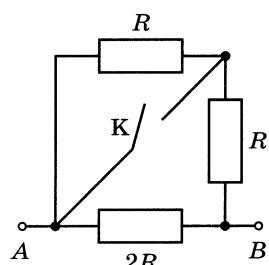
- 13** Как направлена относительно рисунка (*вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя*) сила Кулона  $\vec{F}$ , действующая на отрицательный точечный заряд  $-q$ , помещённый в центр квадрата, в вершинах которого находятся заряды:  $+q$ ,  $+q$ ,  $-q$ ,  $-q$  (см. рисунок)? Все заряды неподвижны.  
*Ответ запишите словом (словами).*



Ответ: \_\_\_\_\_.

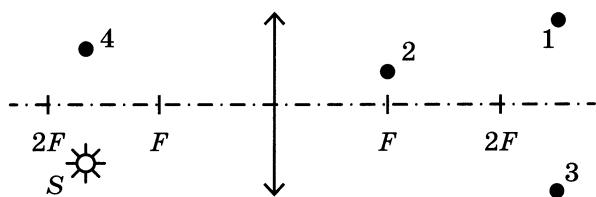
- 14** На сколько уменьшится сопротивление участка цепи  $AB$ , изображённого на рисунке, если ключ  $K$  замкнуть? Сопротивление  $R = 15 \text{ Ом}$ .

Ответ: на \_\_\_\_\_ Ом.



15

Какая из точек 1–4 является изображением точки  $S$  (см. рисунок), создаваемым тонкой собирающей линзой с фокусным расстоянием  $F$ ?

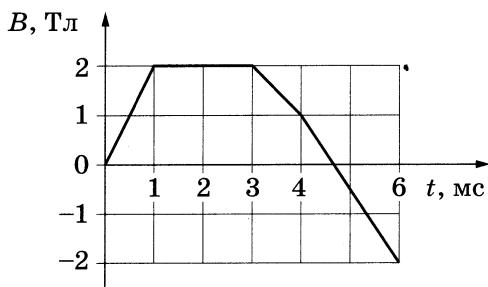


Ответ: точка \_\_\_\_\_.

16

Проволочная рамка площадью  $30 \text{ см}^2$  помещена в однородное магнитное поле так, что плоскость рамки перпендикулярна вектору индукции  $\vec{B}$ . Величина индукции магнитного поля  $B$  изменяется во времени  $t$  согласно графику на рисунке.

Из приведённого ниже списка выберите **два** правильных утверждения о процессах, происходящих в рамке.



- 1) Магнитный поток через рамку в интервале времени от 1 до 3 мс равен 2 мВб.
- 2) Модуль ЭДС электромагнитной индукции в рамке в интервале времени от 3 до 4 мс равен 3 В.
- 3) Модуль ЭДС электромагнитной индукции в рамке минимален в интервале времени от 0 до 1 мс.
- 4) Скорость изменения магнитного потока через рамку максимальна в интервале времени от 0 до 1 мс.
- 5) Модуль ЭДС электромагнитной индукции в рамке максимальен в интервале времени от 4 до 6 мс.

Ответ:

17

Электрон движется по окружности в однородном магнитном поле. Как изменятся время одного оборота электрона и радиус окружности, по которой он движется, если увеличить его скорость?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Время одного оборота	Радиус окружности

**18**

Исследуется электрическая цепь, собранная по схеме, представленной на рисунке.

Определите формулы, которые можно использовать для расчётов показаний амперметра и вольтметра. Измерительные приборы считать идеальными.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

#### ПОКАЗАНИЯ ПРИБОРОВ

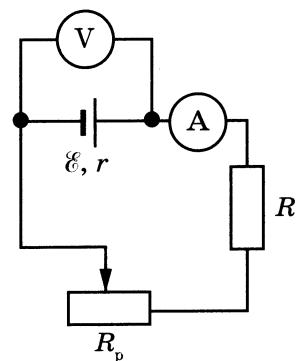
- А) показания вольтметра  
Б) показания амперметра

#### ФОРМУЛЫ

- 1)  $\frac{\epsilon(R + R_p - r)}{R + R_p + r}$
- 2)  $\frac{\epsilon r}{R + R_p + r}$
- 3)  $\frac{\epsilon(R + R_p)}{R + R_p + r}$
- 4)  $\frac{\epsilon}{R + R_p + r}$

Ответ: 

A	B

**19**

На рисунке представлен фрагмент Периодической системы элементов Д. И. Менделеева. Под названием каждого элемента приведены массовые числа его основных стабильных изотопов. При этом нижний индекс около массового числа указывает (в процентах) распространённость изотопа в природе.

2	II	<b>Li</b> 3 литий $7_{93} 6_{7}$	<b>Be</b> 4 БЕРИЛЛИЙ $9_{100}$	<b>B</b> 5 БОР $11_{80} 10_{20}$
3	III	<b>Na</b> 11 натрий $23_{100}$	<b>Mg</b> 12 магний $24_{79} 26_{11} 25_{10}$	<b>Al</b> 13 алюминий $27_{100}$
4	IV	<b>K</b> 19 калий $39_{93} 41_{6,7}$	<b>Ca</b> 20 кальций $40_{97} 44_{2,1}$	<b>Sc</b> 21 скандий $45_{100}$
	V	<b>Cu</b> 29 меди $63_{69} 65_{31}$	<b>Zn</b> 30 цинк $64_{49} 66_{28} 68_{19}$	<b>Ga</b> 31 галлий $69_{60} 71_{40}$

Укажите число протонов и число нейтронов в ядре наименее распространённого из приведённых в таблице стабильных изотопов меди.

Число протонов	Число нейтронов

**В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.**

- 20** Энергия фотона в первом пучке света в 2 раза меньше энергии фотона во втором пучке. Определите отношение  $\frac{v_1}{v_2}$  частот излучения в первом и во втором пучках света.

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 21** Как изменяются с уменьшением массового числа изотопов одного и того же химического элемента число нейтронов в ядре и число электронов в электронной оболочке соответствующего нейтрального атома?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

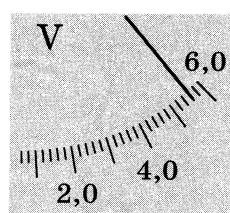
- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Число нейтронов в ядре	Число электронов в электронной оболочке нейтрального атома

- 22** Определите показания вольтметра (см. рисунок), если погрешность прямого измерения напряжения равна цене деления вольтметра.

Ответ: (\_\_\_\_ ± \_\_\_\_ ) В.



**В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.**

23

Школьник изучает свободные колебания нитяного маятника. В его распоряжении имеется пять маятников, характеристики которых указаны в таблице. Какие *два* маятника необходимо взять школьнику для того, чтобы на опыте выяснить, зависит ли период свободных колебаний маятника от длины маятника? Шарики сплошные.

№ маятника	Длина маятника	Объём шарика	Материал, из которого сделан шарик
1	2,0 м	8 см <sup>3</sup>	алюминий
2	0,5 м	10 см <sup>3</sup>	алюминий
3	1,0 м	5 см <sup>3</sup>	сталь
4	1,5 м	8 см <sup>3</sup>	алюминий
5	1,0 м	5 см <sup>3</sup>	алюминий

Запишите в ответе номера выбранных маятников.

Ответ:

24

Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о некоторых ярких звёздах.

Название звезды	Температура поверхности, К	Масса (в массах Солнца)	Радиус (в радиусах Солнца)	Название созвездия
Альдебаран	3600	5,0	45	Телец
Меропа	14000	4,5	4	Телец
Антарес А	3400	12,5	5	Скорпион
ан-Ният	30700	15	5	Скорпион
Мирфак	6600	11	56	Персей
Алголь А	12000	3,6	2,3	Персей
Ригель	11200	40	138	Орион
Бетельгейзе	3100	20	900	Орион

Выберите *все* верные утверждения, которые соответствуют характеристикам звёзд.

- 1) Звезда Альдебаран относится к звёздам главной последовательности на диаграмме Герцшпрунга — Рессела.
- 2) Температура поверхности звезды Мирфак близка к температуре поверхности Солнца.
- 3) Так как звёзды Антарес А и ан-Ният имеют примерно одинаковую массу, то они относятся к одному спектральному классу.
- 4) Звёзды Антарес А и ан-Ният относятся к одному созвездию, следовательно, они находятся на одинаковом расстоянии от Земли.
- 5) Звезда Бетельгейзе относится к сверхгигантам.

Ответ: \_\_\_\_\_.



*Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.*

*Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.*

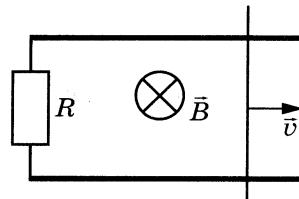
## Часть 2

**Ответом к заданиям 25 и 26 является число. Запишите это число в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.**

- 25** При изобарном расширении неона его объём увеличился на  $0,4 \text{ м}^3$ , а внутренняя энергия увеличилась на 6 кДж. Определите работу газа при расширении.

Ответ: \_\_\_\_\_ кДж.

- 26** Прямоугольный контур, образованный двумя рельсами и двумя перемычками, находится в однородном магнитном поле, перпендикулярном плоскости контура (см. рисунок). Правая перемычка скользит по рельсам, сохраняя надёжный контакт с ними. Левая перемычка неподвижна. Известны величины: индукция магнитного поля  $B = 0,1 \text{ Тл}$ ; расстояние между рельсами  $l = 10 \text{ см}$ ; скорость движения правой перемычки  $v = 2 \text{ м/с}$ ; сила индукционного тока в контуре  $i = 10 \text{ мА}$ . Каково сопротивление левой перемычки  $R$ ? Сопротивлением рельсов и правой перемычки пренебречь.



Ответ: \_\_\_\_\_ Ом.



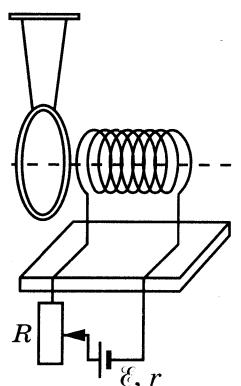
**Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.**

**Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.**

**Для записи ответов на задания 27–32 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (27, 28 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.**

- 27**

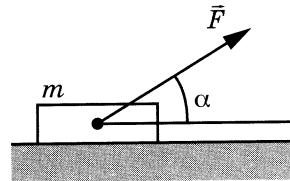
- Многовитковая катушка медного провода подключена к источнику тока через реостат. Вблизи торца катушки на шёлковых нитях подвешено замкнутое медное кольцо с малым сопротивлением. Ось кольца совпадает с осью катушки (см. рисунок). Опишите, как начнёт двигаться кольцо (притягивается, оттолкнётся или останется неподвижным относительно катушки), если движок реостата резко сдвинуть **вверх** в крайнее положение. Ответ поясните, указав, какие физические явления и закономерности Вы использовали для объяснения.



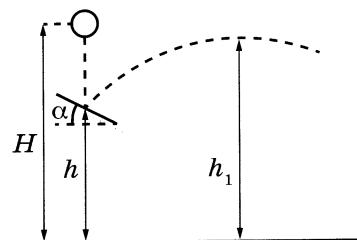
**Полное правильное решение каждой из задач 28–32 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.**

**28**

- Брускок массой  $m = 2$  кг движется поступательно по горизонтальной плоскости под действием постоянной силы, направленной под углом  $\alpha = 30^\circ$  к горизонту (см. рисунок). Коэффициент трения между бруском и плоскостью  $\mu = 0,2$ . Модуль силы трения, действующей на брускок,  $F_{\text{тр}} = 2,8$  Н. Чему равен модуль силы  $\vec{F}$ ?

**29**

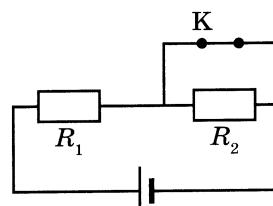
- Шарик падает с высоты  $H = 3$  м над поверхностью Земли из состояния покоя. На высоте  $h = 2$  м он абсолютно упруго ударяется о доску, расположенную под углом  $\alpha = 30^\circ$  к горизонту (см. рисунок). На какую максимальную высоту  $h_1$  после этого удара поднимется шарик от поверхности Земли? Сопротивлением воздуха пренебречь.

**30**

- В стакан с водой, нагретой до температуры  $t_1 = 50$  °С, положили металлический шарик, имеющий температуру  $t_2 = 10$  °С. После установления теплового равновесия температура воды стала  $t_3 = 40$  °С. Определите температуру воды  $t_4$  после того, как в стакан положили ещё один такой же шарик температурой  $t_2$  (первый шарик остался в стакане). Теплообменом с окружающей средой пренебречь.

**31**

- Источник тока, два резистора и ключ включены в цепь, как показано на рисунке. При замкнутом ключе К на резисторе  $R_1$  выделяется мощность  $P_1 = 27$  Вт. Если ключ К разомкнуть, то на резисторе  $R_1$  будет выделяться мощность  $P'_1 = 3$  Вт. Какая мощность будет выделяться на резисторе  $R_2$  после размыкания ключа? Внутренним сопротивлением источника пренебречь.

**32**

- Фотоэлектроны, выбитые монохроматическим светом из металла с работой выхода  $A_{\text{вых}} = 1,89$  эВ, попадают в однородное электрическое поле  $E = 100$  В/м. Какова частота света  $v$ , если длина тормозного пути у фотоэлектронов, чья начальная скорость максимальна и направлена вдоль линий напряжённости поля, составляет  $d = 8,7$  мм?

**Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с номером соответствующего задания.**

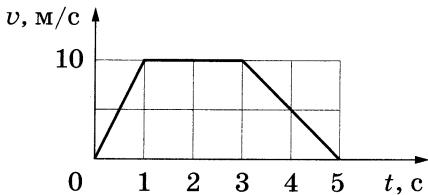


## ВАРИАНТ 12

### Часть 1

*Ответами к заданиям 1–24 являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.*

- 1** На рисунке представлен график зависимости скорости  $v$  тела от времени  $t$ . Определите среднюю скорость тела в интервале времени от 0 до 5 с после начала движения.



Ответ: \_\_\_\_\_ м/с.

- 2** Расстояние от искусственного спутника до поверхности Земли равно одному радиусу Земли. Во сколько раз увеличится сила притяжения спутника к Земле, если спутник окажется на поверхности Земли?

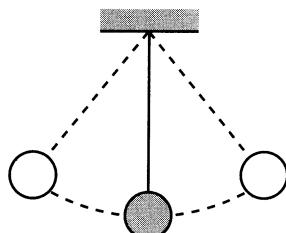
Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

- 3** На тело массой 2 кг, движущееся прямолинейно в инерциальной системе отсчёта, в течение 5 с в направлении движения действует постоянная сила 20 Н. Каково увеличение импульса тела за это время?

Ответ: \_\_\_\_\_ кг·м/с.

- 4** В момент времени  $t_0$  груз нитяного маятника, имеющего период колебаний  $T = 1,2$  с, проходит через положение равновесия (см. рисунок). За какой промежуток времени с момента  $t_0$  он проходит путь, равный трём амплитудам колебаний?

Ответ: \_\_\_\_\_ с.



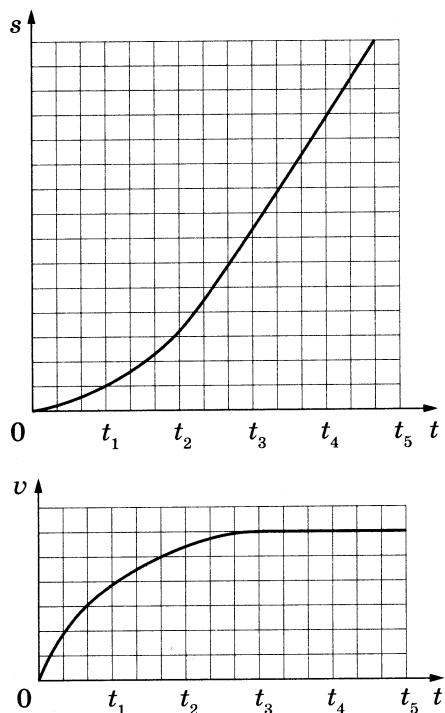
**5**

Учащиеся роняли с башни шарики для настольного тенниса и снимали их полёт цифровой видеокамерой. Обработка видеозаписей позволила построить графики зависимости пути  $s$ , пройденного шариком, и его скорости  $v$  от времени падения  $t$ .

Выберите **два** верных утверждения, характеризующих наблюдаемое падение.

- 1) Величина ускорения, с которым падал шарик, увеличивалась в интервале времени  $(0-t_3)$  и оставалась постоянной при  $t > t_4$ .
- 2) В течение всего времени падения  $(0-t_5)$  потенциальная энергия шарика в поле тяжести, отсчитываемая от основания башни, уменьшалась.
- 3) Сумма кинетической и потенциальной энергий шарика оставалась неизменной во время падения.
- 4) В интервале времени падения  $(0-t_3)$  величина импульса шарика постоянно увеличивалась и оставалась постоянной при  $t > t_3$ .
- 5) Величина ускорения, с которым падал шарик, увеличивалась в интервале времени  $(0-t_3)$ .

Ответ:

**6**

Камень брошен вверх под углом к горизонту. Сопротивление воздуха пренебрежимо мало. Как меняются по мере подъёма камня полная механическая энергия и модуль импульса камня?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Полная механическая энергия камня	Модуль импульса камня

- 7** Выражения А и Б определяют зависимость координат двух тел от времени. Установите соответствие между зависимостью координаты тела от времени и зависимостью проекции скорости от времени для этого же тела (все величины заданы в СИ).

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**КООРДИНАТА**

- A)  $x=8+2t^2$   
Б)  $x=8+3t+2t^2$

**СКОРОСТЬ**

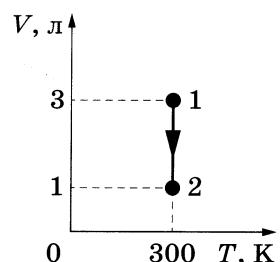
- 1)  $v_x=3+4t$   
2)  $v_x=4t$   
3)  $v_x=2t$   
4)  $v_x=3+2t$

Ответ: 

A	B

- 8** На рисунке представлен график зависимости объёма идеального газа от его температуры в некотором процессе. В состоянии 1 давление газа было равно нормальному атмосферному давлению. Какое давление соответствует состоянию 2, если масса газа остаётся неизменной?

Ответ: \_\_\_\_\_ кПа.



- 9** Рабочее тело тепловой машины за один цикл отдаёт холодильнику количество теплоты 150 Дж и совершает работу 50 Дж. Какое количество теплоты получает рабочее тело от нагревателя за два цикла?

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

- 10** В сосуде, объём которого можно изменять при помощи поршня, находится воздух с относительной влажностью 25 %. Во сколько раз при неизменной температуре необходимо уменьшить объём сосуда, чтобы водяной пар стал насыщенным?

Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

- 11** Объём сосуда, содержащего 1 моль аргона, уменьшили вдвое и добавили в сосуд 1 моль гелия. Температура в сосуде поддерживается постоянной. Выберите из предложенного списка *два* утверждения, которые верно отражают результаты этого опыта.

- 1) Концентрации аргона и гелия в сосуде одинаковы.
- 2) Парциальное давление аргона не изменилось.
- 3) Внутренняя энергия аргона не изменилась.
- 4) Плотность газа в сосуде не изменилась.
- 5) Давление в сосуде увеличилось в 2 раза.

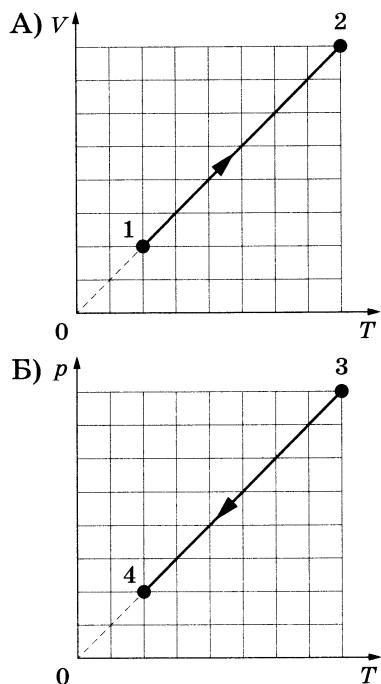
Ответ: 


12

На графиках А и Б приведены диаграммы  $V-T$  и  $p-T$  для процессов 1–2 и 3–4, проводимых с 1 моль неона. На диаграммах  $p$  — давление,  $V$  — объём и  $T$  — абсолютная температура газа.

Установите соответствие между графиками и утверждениями, характеризующими изображённые на графиках процессы. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

## ГРАФИКИ



## УТВЕРЖДЕНИЯ

- 1) Газ получает положительное количество теплоты, при этом его внутренняя энергия увеличивается.
- 2) Газ получает положительное количество теплоты, при этом его внутренняя энергия не изменяется.
- 3) Газ отдаёт положительное количество теплоты, при этом его внутренняя энергия не изменяется.
- 4) Газ отдаёт положительное количество теплоты, при этом его внутренняя энергия уменьшается.

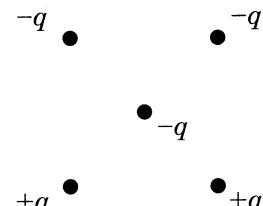
Ответ:

A	B

13

Как направлена относительно рисунка (*вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя*) сила Кулона  $\vec{F}$ , действующая на отрицательный точечный заряд  $-q$ , помещённый в центр квадрата, в вершинах которого находятся заряды:  $+q$ ,  $+q$ ,  $-q$ ,  $-q$  (см. рисунок)? Все заряды неподвижны. Ответ запишите словом (словами).

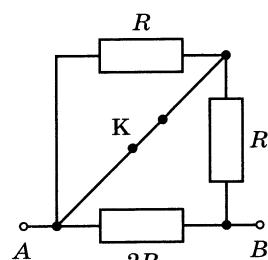
Ответ: \_\_\_\_\_.



14

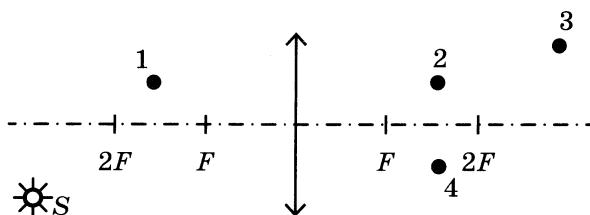
На сколько увеличится сопротивление участка цепи  $AB$ , изображённого на рисунке, если ключ  $K$  разомкнуть? Сопротивление  $R = 12 \text{ Ом}$ .

Ответ: на \_\_\_\_\_ Ом.



15

Какая из точек 1–4 является изображением точки  $S$  (см. рисунок), создаваемым тонкой собирающей линзой с фокусным расстоянием  $F$ ?

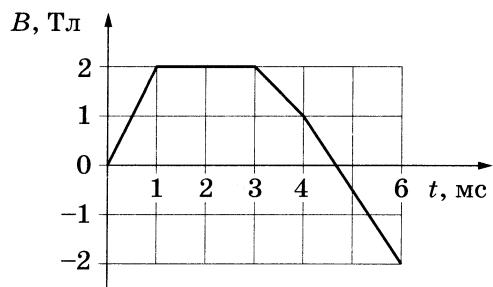


Ответ: точка \_\_\_\_\_.

16

Проволочная рамка площадью  $30 \text{ см}^2$  помещена в однородное магнитное поле так, что плоскость рамки перпендикулярна вектору индукции  $\vec{B}$ . Величина индукции магнитного поля  $B$  изменяется во времени  $t$  согласно графику на рисунке.

Из приведённого ниже списка выберите **два** правильных утверждения о процессах, происходящих в рамке.



- 1) Магнитный поток через рамку в интервале времени от 1 до 3 мс равен 6 мВб.
- 2) Модуль ЭДС электромагнитной индукции в рамке в интервале времени от 3 до 4 мс равен 6 В.
- 3) Модуль ЭДС электромагнитной индукции в рамке минимален в интервале времени от 0 до 1 мс.
- 4) Скорость изменения магнитного потока через рамку максимальна в интервале времени от 4 до 6 мс.
- 5) Модуль ЭДС электромагнитной индукции в рамке максимален в интервале времени от 0 до 1 мс.

Ответ:

17

Электрон движется по окружности в однородном магнитном поле. Как изменятся ускорение электрона и частота вращения по окружности, по которой он движется, если уменьшить его скорость?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

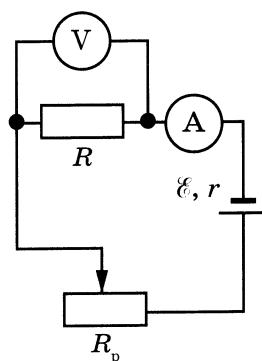
Ускорение электрона	Частота обращения

**18**

Исследуется электрическая цепь, собранная по схеме, представленной на рисунке.

Определите формулы, которые можно использовать для расчётов показаний амперметра и вольтметра. Измерительные приборы считать идеальными.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



#### ПОКАЗАНИЯ ПРИБОРОВ

- А) показания амперметра  
Б) показания вольтметра

#### ФОРМУЛЫ

- 1)  $E(R + R_p - r)$
- 2)  $\frac{ER}{R + R_p + r}$
- 3)  $\frac{E(R + R_p)}{R + R_p + r}$
- 4)  $\frac{E}{R + R_p + r}$

Ответ: 

A	B

**19**

На рисунке представлен фрагмент Периодической системы элементов Д.И. Менделеева. Под названием каждого элемента приведены массовые числа его основных стабильных изотопов. При этом нижний индекс около массового числа указывает (в процентах) распространённость изотопа в природе.

2	II	<b>Li</b> 3 литий $7_{93} 6_{7}$	<b>Be</b> 4 БЕРИЛЛИЙ $9_{100}$	<b>B</b> 5 БОР $11_{80} 10_{20}$
3	III	<b>Na</b> 11 натрий $23_{100}$	<b>Mg</b> 12 магний $24_{79} 26_{11} 25_{10}$	<b>Al</b> 13 алюминий $27_{100}$
4	IV	<b>K</b> 19 калий $39_{93} 41_{6,7}$	<b>Ca</b> 20 кальций $40_{97} 44_{2,1}$	<b>Sc</b> 21 скандий $45_{100}$
	V	<b>Cu</b> 29 меди $63_{69} 65_{31}$	<b>Zn</b> 30 цинк $64_{49} 66_{28} 68_{19}$	<b>Ga</b> 31 галлий $69_{60} 71_{40}$

Укажите число протонов и число нейтронов в ядре наиболее распространённого из приведённых в таблице стабильных изотопов калия.

Число протонов	Число нейтронов

**В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.**

- 20** Энергия фотона в первом пучке света в 2 раза больше энергии фотона во втором пучке. Определите отношение  $\frac{\lambda_1}{\lambda_2}$  длин волн излучения в первом и во втором пучках света.

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 21** Как изменяются с увеличением массового числа изотопов одного и того же химического элемента число протонов и число нейтронов в ядре соответствующего нейтрального атома?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

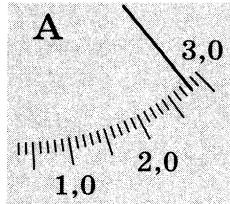
- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Число протонов в ядре	Число нейтронов в ядре

- 22** Определите показания амперметра (см. рисунок), если погрешность прямого измерения силы тока равна цене деления амперметра.

Ответ: (\_\_\_\_\_  $\pm$  \_\_\_\_\_) А.



*В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.*

- 23** Школьник изучает свободные колебания нитяного маятника. В его распоряжении имеется пять маятников, характеристики которых указаны в таблице. Какие *два* маятника необходимо взять школьнику для того, чтобы на опыте выяснить, зависит ли период свободных колебаний маятника от массы шарика? Шарики сплошные.

№ маятника	Длина маятника	Объём шарика	Материал, из которого сделан шарик
1	2,0 м	8 см <sup>3</sup>	алюминий
2	0,5 м	5 см <sup>3</sup>	алюминий
3	1,0 м	5 см <sup>3</sup>	сталь
4	1,5 м	8 см <sup>3</sup>	алюминий
5	1,0 м	5 см <sup>3</sup>	алюминий

Запишите в ответе номера выбранных маятников.

Ответ:

24

Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о некоторых ярких звёздах.

Название звезды	Температура поверхности, К	Масса (в массах Солнца)	Радиус (в радиусах Солнца)	Название созвездия
Альдебаран	3600	5,0	45	Телец
Меропа	14 000	4,5	4	Телец
Антарес А	3400	12,5	5	Скорпион
ан-Ният	30 700	15	5	Скорпион
Мирфак	6600	11	56	Персей
Алголь А	12 000	3,6	2,3	Персей
Ригель	11 200	40	138	Орион
Бетельгейзе	3100	20	900	Орион

Выберите *все* верные утверждения, которые соответствуют характеристикам звёзд.

- 1) Звезда Альдебаран относится к красным гигантам.
- 2) Так как звёзды Антарес А и ан-Ният имеют примерно одинаковую массу, то они относятся к одному спектральному классу.
- 3) Температура поверхности звезды Ригель выше температуры поверхности Солнца.
- 4) Звёзды Ригель и Бетельгейзе относятся к одному созвездию, следовательно, они находятся на одинаковом расстоянии от Земли.
- 5) Звезда Алголь А относится к звёздам главной последовательности на диаграмме Герцшпрунга — Рессела.

Ответ: \_\_\_\_\_.



*Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.*

*Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.*

## Часть 2

*Ответом к заданиям 25 и 26 является число. Запишите это число в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.*

25

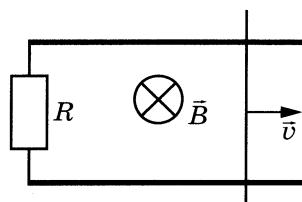
При изобарном расширении неона его объём увеличился на  $0,4 \text{ м}^3$ , при этом газ совершил работу 6 кДж. На сколько увеличилась внутренняя энергия газа?

Ответ: \_\_\_\_\_ кДж.

26

Прямоугольный контур, образованный двумя рельсами и двумя перемычками, находится в однородном магнитном поле, перпендикулярном плоскости контура (см. рисунок). Правая перемычка скользит по рельсам, сохраняя надёжный контакт с ними. Левая перемычка неподвижна. Известны величины: индукция магнитного поля  $B = 0,4$  Тл; расстояние между рельсами  $l = 10$  см; скорость движения правой перемычки  $v = 5$  м/с; сопротивление левой перемычки  $R = 2$  Ом. Определите силу индукционного тока в контуре. Сопротивлением рельсов и правой перемычки пренебречь.

Ответ: \_\_\_\_\_ А.



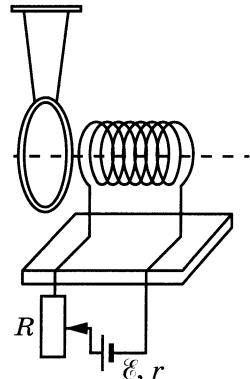
*Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.*

*Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.*

*Для записи ответов на задания 27–32 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (27, 28 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.*

27

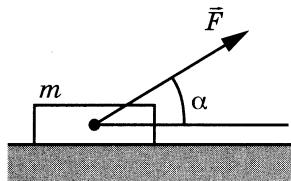
Многовитковая катушка медного провода подключена к источнику тока через реостат. Вблизи торца катушки на шёлковых нитях подвешено замкнутое медное кольцо с малым сопротивлением. Ось кольца совпадает с осью катушки (см. рисунок). Опишите, как начнёт двигаться кольцо (притянется, оттолкнётся или останется неподвижным относительно катушки), если движок реостата резко сдвинуть вниз в крайнее положение. Ответ поясните, указав, какие физические явления и закономерности Вы использовали для объяснения.



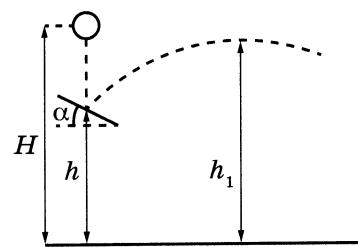
*Полное правильное решение каждой из задач 28–32 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.*

28

Брусок массой  $m = 2$  кг движется поступательно по горизонтальной плоскости под действием постоянной силы величиной  $F = 25$  Н, направленной под углом  $\alpha = 30^\circ$  к горизонту (см. рисунок). Определите коэффициент трения между бруском и плоскостью, если модуль силы трения, действующей на брускок,  $F_{\text{тр}} = 1,2$  Н.



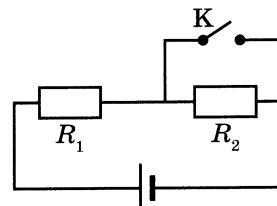
- 29** Шарик падает с высоты  $H = 2$  м над поверхностью Земли из состояния покоя. На высоте  $h = 1$  м он абсолютно упруго ударяется о доску, расположенную под углом  $\alpha$  к горизонту (см. рисунок). После этого удара шарик поднялся на максимальную высоту  $h_1 = 1,25$  м от поверхности Земли. Какой угол  $\alpha$  составляет доска с горизонтом? Сопротивлением воздуха пренебречь.



- 30** В стакан с водой, нагретой до температуры  $t_1$ , положили металлический шарик, имеющий температуру  $t_2 = 10$  °С. После установления теплового равновесия температура воды стала  $t_3 = 40$  °С. После того, как в стакан положили ещё один такой же шарик температурой  $t_2$  (первый шарик остался в стакане), температура воды после установления теплового равновесия оказалась равной  $t_4 = 34$  °С.

Определите начальную температуру  $t_1$ . Теплообменом с окружающей средой пренебречь.

- 31** Источник тока, два резистора и ключ К включены в цепь, как показано на рисунке. При разомкнутом ключе на резисторе  $R_1$  выделяется мощность  $P_1 = 3$  Вт, а на резисторе  $R_2$  — мощность  $P_2 = 6$  Вт. Какая мощность будет выделяться на резисторе  $R_1$  после замыкания ключа К? Внутренним сопротивлением источника пренебречь.



- 32** Фотоэлектроны, выбитые монохроматическим светом частотой  $v \approx 7,4 \cdot 10^{14}$  Гц из металла с работой выхода  $A_{\text{вых}} = 2,4$  эВ, попадают в однородное электрическое поле  $E = 250$  В/м. Какова длина тормозного пути у фотоэлектронов, чья начальная скорость максимальна и направлена вдоль линий напряжённости поля  $\vec{E}$ ?



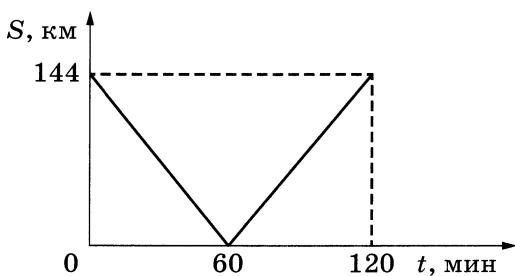
*Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с номером соответствующего задания.*

## ВАРИАНТ 13

### Часть 1

Ответами к заданиям 1–24 являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

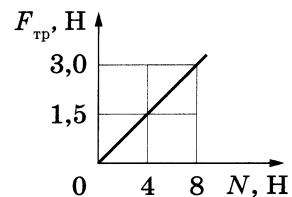
- 1 Из двух городов навстречу друг другу с постоянной скоростью движутся два автомобиля. На графике показана зависимость расстояния между автомобилями от времени. Скорость первого автомобиля равна 15 м/с. Какова скорость второго автомобиля?



Ответ: \_\_\_\_\_ м/с.

- 2 При исследовании зависимости модуля силы трения скольжения  $F_{\text{тр}}$  бруска от модуля силы нормального давления  $N$  получен график, представленный на рисунке. Определите коэффициент трения.

Ответ: \_\_\_\_\_.



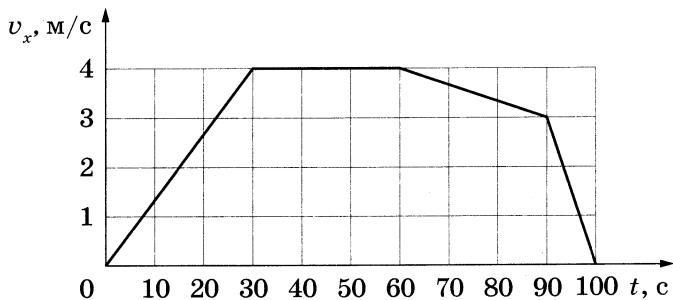
- 3 Определите кинетическую энергию грузовика массой 3500 кг, движущегося со скоростью 8 м/с.

Ответ: \_\_\_\_\_ кДж.

- 4 Во сколько раз увеличится частота малых свободных колебаний математического маятника, если длину его нити уменьшить в 9 раз, а массу его груза увеличить в 4 раза?

Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

- 5** В инерциальной системе отсчёта вдоль оси  $Ox$  движется тело массой 20 кг. На рисунке приведён график зависимости проекции  $v_x$  скорости этого тела от времени  $t$ .



Из приведённого ниже списка выберите *два* правильных утверждения относительно этого движения.

- 1) В промежутке времени от 0 до 30 с проекция  $\Delta x$  перемещения тела в 2 раза меньше, чем в промежутке времени от 60 до 90 с.
- 2) В момент времени 95 с проекция  $F_x$  равнодействующей сил, действующих на тело, отрицательна.
- 3) В промежутке времени от 90 до 100 с направление равнодействующей сил, действующих на тело, совпадает с направлением скорости тела.
- 4) В промежутке времени от 30 до 60 с равнодействующая сил, действующих на тело, совершает работу, равную нулю.
- 5) Кинетическая энергия тела в момент времени 15 с равна 80 Дж.

Ответ:

- 6** В результате перехода с одной круговой орбиты на другую центростремительное ускорение спутника Земли увеличилось. Как изменились при этом радиус орбиты спутника и его кинетическая энергия?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Радиус орбиты спутника	Кинетическая энергия спутника

7

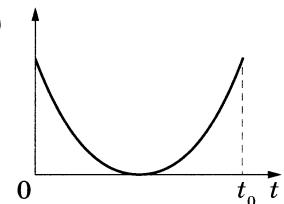
После удара в момент  $t = 0$  шайба начала скользить вверх по гладкой наклонной плоскости со скоростью  $\vec{v}_0$ , как показано на рисунке. В момент  $t_0$  шайба вернулась в исходное положение. Графики А и Б отображают изменение с течением времени физических величин, характеризующих движение шайбы.

Установите соответствие между графиками и физическими величинами, изменение которых со временем эти графики могут отображать.

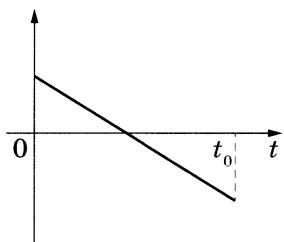
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

## ГРАФИКИ

А)



Б)

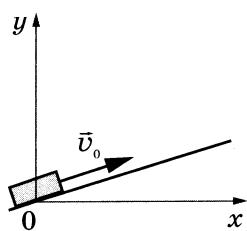


Ответ:

A	B

## ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) полная механическая энергия  $E_{\text{мех}}$
- 2) проекция импульса  $p_y$
- 3) кинетическая энергия  $E_k$
- 4) координата  $y$



8

В результате нагревания разреженного одноатомного газа его абсолютная температура увеличилась в 2,25 раза. Во сколько раз увеличилась при этом среднеквадратичная скорость теплового движения молекул газа?

Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

9

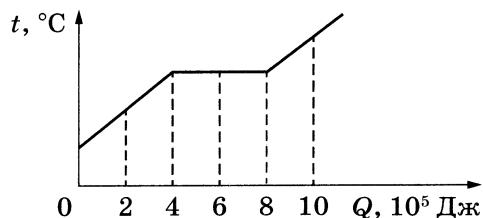
Газ получил количество теплоты, равное 600 Дж. При этом внутренняя энергия газа увеличилась на 400 Дж. Определите работу газа в этом процессе. Количество вещества газа считать постоянным.

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

10

На рисунке показан график изменения температуры вещества  $t$  по мере поглощения им количества теплоты  $Q$ . Масса вещества равна 0,2 кг. Первоначально вещество было в жидком состоянии. Какова удельная теплота парообразования вещества?

Ответ: \_\_\_\_\_ кДж/кг.

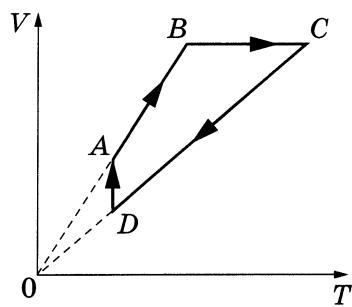


- 11** На рисунке показан график циклического процесса, проведённого с одноатомным идеальным газом, в координатах  $V-T$ , где  $V$  — объём газа,  $T$  — абсолютная температура газа. Количество вещества газа постоянно.

Из приведённого ниже списка выберите *два* правильных утверждения, характеризующих процессы на графике.

- 1) Газ за цикл совершаает работу, равную нулю.
- 2) В процессе  $CD$  внутренняя энергия газа уменьшается.
- 3) В процессе  $BC$  газ отдаёт положительное количество теплоты.
- 4) В процессе  $DA$  давление газа изотермически увеличивается.
- 5) Давление газа в процессе  $AB$  постоянно, при этом газ совершаает положительную работу.

Ответ:



- 12** Температуру нагревателя тепловой машины Карно понизили, оставив температуру холодильника прежней. Количество теплоты, полученное газом от нагревателя за цикл, не изменилось. Как изменились при этом КПД тепловой машины и количество теплоты, отданное газом холодильнику за цикл?

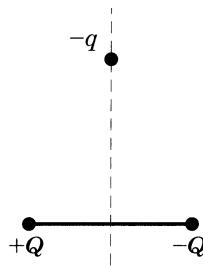
Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:

- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

КПД тепловой машины	Количество теплоты, отданное газом за цикл холодильнику

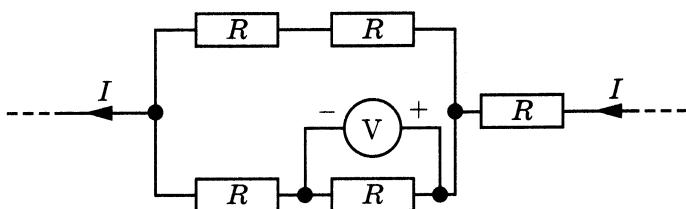
- 13** Отрицательный точечный заряд  $-q$  находится в поле двух неподвижных точечных зарядов: положительного  $+Q$  и отрицательного  $-Q$  (см. рисунок). Куда направлено относительно рисунка (*вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя*) ускорение заряда  $-q$  в этот момент времени, если на него действуют только заряды  $+Q$  и  $-Q$ ? Ответ запишите словом (словами).



Ответ: \_\_\_\_\_.

**14**

Пять одинаковых резисторов с сопротивлением 20 Ом соединены в электрическую цепь, через которую течёт ток  $I$  (см. рисунок). При этом идеальный вольтметр показывает напряжение 15 В. Чему равен ток  $I$ ?



Ответ: \_\_\_\_\_ А.

**15**

Катушку индуктивности в первый раз подключили к заряженному конденсатору с электроёмкостью 16 С, а во второй — к заряженному конденсатору с электроёмкостью  $C$ . В обоих случаях в образовавшемся контуре возникли свободные незатухающие электромагнитные колебания. Каково отношение  $\frac{T_2}{T_1}$  периодов этих колебаний?

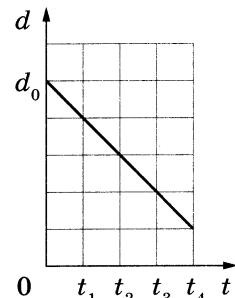
Ответ: \_\_\_\_\_.

**16**

Плоский воздушный конденсатор ёмкостью  $C_0$ , подключённый к источнику постоянного напряжения, состоит из двух металлических пластин, находящихся на расстоянии  $d_0$  друг от друга. Расстояние между пластинами меняется со временем так, как показано на графике.

Выберите **два** верных утверждения, соответствующих описанию опыта.

- 1) В момент времени  $t_4$  ёмкость конденсатора увеличилась в 5 раз по сравнению с первоначальной (при  $t = 0$ ).
- 2) В интервале времени от  $t_1$  до  $t_4$  заряд конденсатора уменьшается.
- 3) В интервале времени от  $t_1$  до  $t_4$  энергия конденсатора равномерно уменьшается.
- 4) В промежутке времени от  $t_1$  до  $t_4$  напряжённость электрического поля между пластинами конденсатора остаётся постоянной.
- 5) В промежутке времени от  $t_1$  до  $t_4$  напряжённость электрического поля между пластинами конденсатора увеличивается.



Ответ:

**17**

Электрон движется по окружности в однородном магнитном поле. Как изменятся ускорение электрона и период его обращения, если уменьшить его кинетическую энергию?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится      2) уменьшится      3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Ускорение электрона	Период обращения электрона

**18**

Пучок монохроматического света переходит из воздуха в воду. Частота световой волны —  $v$ ; длина световой волны в воздухе —  $\lambda$ ; показатель преломления воды относительно воздуха —  $n$ .

Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- А) скорость света в воздухе  
Б) длина волны света в воде

**ФОРМУЛЫ**

- 1)  $\lambda \cdot v$
- 2)  $\frac{\lambda \cdot v}{n}$
- 3)  $\lambda \cdot n$
- 4)  $\frac{\lambda}{n}$

Ответ: 

A	B

**19**

На рисунке представлен фрагмент Периодической системы элементов Д.И. Менделеева. Под названием каждого элемента приведены массовые числа его основных стабильных изотопов. При этом нижний индекс около массового числа указывает (в процентах) распространённость изотопа в природе.

2	II	<b>Li</b> литий $7_{93} 6_{7}$	<b>Be</b> БЕРИЛЛИЙ $9_{100}$	<b>B</b> БОР $11_{80} 10_{20}$
3	III	<b>Na</b> натрий $23_{100}$	<b>Mg</b> магний $24_{79} 26_{11} 25_{10}$	<b>Al</b> алюминий $27_{100}$
4	IV	<b>K</b> калий $39_{93} 41_{6,7}$	<b>Ca</b> кальций $40_{97} 44_{2,1}$	<b>Sc</b> скандий $45_{100}$
	V	<b>Cu</b> медь $63_{69} 65_{31}$	<b>Zn</b> цинк $64_{49} 66_{28} 68_{19}$	<b>Ga</b> галлий $69_{60} 71_{40}$

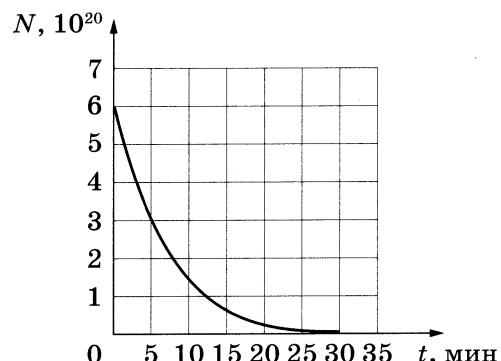
Укажите число протонов и число нейтронов в ядре самого распространённого стабильного изотопа галлия.

Число протонов	Число нейтронов

**В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.**

- 20** Дан график зависимости числа нераспавшихся ядер некоторого изотопа от времени. Через какое время останутся нераспавшимися примерно 12,5 % ядер этого изотопа?

Ответ: \_\_\_\_\_ мин.



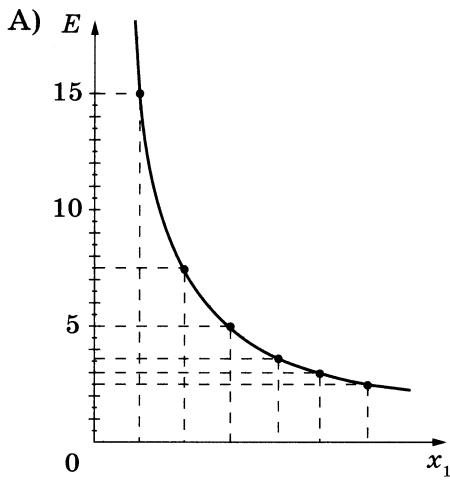
- 21** На металлическую пластинку падает пучок монохроматического света. При этом наблюдается явление фотоэффекта.

На графике А представлена зависимость энергии фотонов, падающих на катод, от физической величины  $x_1$ , а на графике Б — зависимость максимальной кинетической энергии фотоэлектронов от физической величины  $x_2$ .

Какая из физических величин отложена на горизонтальной оси на графике А и какая — на графике Б?

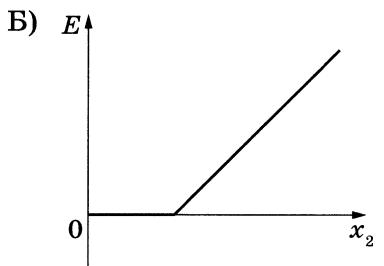
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

### ГРАФИКИ



### ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ $x$

- 1) длина волны
- 2) массовое число
- 3) заряд ядра
- 4) частота



Ответ: 

A	B

22

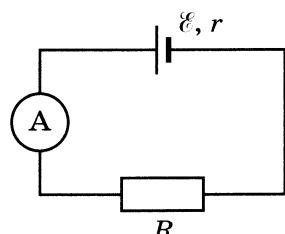
Школьный реостат состоит из керамического цилиндра, на который плотно, виток к витку, намотана проволока, покрытая тонким слоем лака для изоляции. Для выполнения лабораторной работы по измерению удельного сопротивления материала, из которого изготовлен реостата, необходимо измерить её диаметр. Ученик насчитал 50 витков проволоки, а длина намотки, измеренная линейкой, составила 4 см. Чему равен диаметр проволоки по результатам этих измерений, если погрешность линейки равна  $\pm 1$  мм?

Ответ: (\_\_\_\_\_  $\pm$  \_\_\_\_\_) мм.

*В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.*

23

Ученик изучает законы постоянного тока. В его распоряжении имеется пять аналогичных электрических цепей (см. рисунок) с различными источниками и внешними сопротивлениями, характеристики которых указаны в таблице. Какие две цепи необходимо взять ученику для того, чтобы на опыте исследовать зависимость силы тока, протекающего в цепи, от внутреннего сопротивления источника?



№ цепи	ЭДС источника $\epsilon$ , В	Внутреннее сопротивление источника $r$ , Ом	Внешнее сопротивление $R$ , Ом
1	9	1	5
2	6	2	10
3	12	2	15
4	6	1	10
5	9	1	15

Запишите в ответе номера выбранных цепей.

Ответ:

24

Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о ярких звёздах.

Наименование звезды	Температура поверхности, К	Масса (в массах Солнца)	Радиус (в радиусах Солнца)	Средняя плотность по отношению к плотности воды
Поллукс	5100	0,83	0,83	2,1
Денеб	8550	21	210	$3,3 \cdot 10^{-6}$
Садр	6500	12	255	$1,1 \cdot 10^{-6}$
40 Эридана В	16 000	0,5	0,014	$2,7 \cdot 10^2$
Ригель	11 200	40	138	$2,2 \cdot 10^{-5}$
Процион В	9700	0,6	0,02	$1,1 \cdot 10^5$
Эль-Нат	14 000	5	4,2	0,1

Выберите *все* верные утверждения, которые соответствуют характеристикам звёзд.

- 1) Средняя плотность звезды Денеб больше, чем средняя плотность Солнца.
- 2) Звезда Садр относится к звёздам главной последовательности на диаграмме Герцшпрunga — Рессела.
- 3) Температура поверхности Ригеля соответствует температурам звёзд спектрального класса G.
- 4) Звезда Поллукс относится к звёздам главной последовательности на диаграмме Герцшпрunga — Рессела.
- 5) Звезда Процион В относится к белым карликам.

Ответ: \_\_\_\_\_.



*Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.*

*Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.*

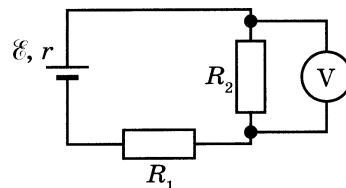
## Часть 2

*Ответом к заданиям 25 и 26 является число. Запишите это число в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.*

25

В схеме, изображённой на рисунке, идеальный вольтметр показывает напряжение  $U = 2$  В. Внутреннее сопротивление источника тока  $r = 1$  Ом, а сопротивления резисторов:  $R_1 = 2$  Ом и  $R_2 = 2$  Ом. Какова ЭДС источника?

Ответ: \_\_\_\_\_ В.



- 26** Предмет расположен на главной оптической оси тонкой собирающей линзы. Оптическая сила линзы  $D = 5$  дптр. Изображение предмета мнимое, увеличение (отношение высоты изображения предмета к высоте самого предмета)  $k = 2$ . Найдите расстояние между предметом и его изображением.

Ответ: \_\_\_\_\_ см.

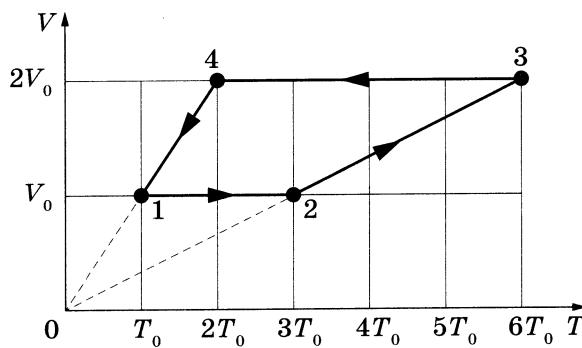


*Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.*

*Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.*

*Для записи ответов на задания 27–32 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (27, 28 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.*

- 27** 1 моль разреженного гелия участвует в циклическом процессе 1–2–3–4–1, график которого изображен на рисунке в координатах  $V$ – $T$ , где  $V$  — объем газа,  $T$  — абсолютная температура. Постройте график цикла в координатах  $p$ – $V$ , где  $p$  — давление газа,  $V$  — объем газа. Опираясь на законы молекулярной физики и термодинамики, объясните построение графика. Определите, во сколько раз работа газа в процессе 2–3 больше модуля работы внешних сил в процессе 4–1.

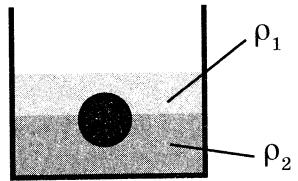


*Полное правильное решение каждой из задач 28–32 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.*

- 28** Снаряд, летящий со скоростью 100 м/с, разрывается на два осколка. Первый осколок летит под углом  $90^\circ$  к первоначальному направлению, а второй — под углом  $60^\circ$ . Какова масса снаряда до разрыва, если второй осколок массой 1 кг имеет скорость 400 м/с?

29

На границе раздела двух несмешивающихся жидкостей, имеющих плотности  $\rho_1 = 400 \text{ кг/м}^3$  и  $\rho_2 = 2\rho_1$ , плавает шарик (см. рисунок). Какой должна быть плотность шарика  $\rho$ , чтобы выше границы раздела жидкостей была одна четверть его объёма?

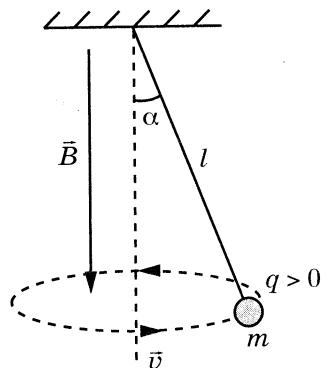


30

В комнате размерами  $5 \text{ м} \times 5 \text{ м} \times 3 \text{ м}$ , в которой воздух имеет температуру  $25^\circ\text{C}$  и относительную влажность  $25\%$ , включили увлажнитель воздуха производительностью  $0,36 \text{ кг/ч}$ . Сколько времени необходимо работать увлажнителю, чтобы относительная влажность воздуха в комнате стала равна  $75\%$ ? Давление насыщенного водяного пара при температуре  $25^\circ\text{C}$  равно  $3,17 \text{ кПа}$ . Комнату считать герметичным сосудом.

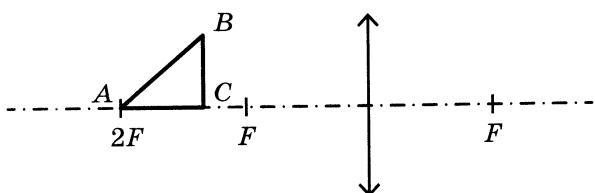
31

В однородном магнитном поле с индукцией  $\vec{B}$ , направленной вертикально вниз, равномерно вращается по окружности в горизонтальной плоскости против часовой стрелки положительно заряженный шарик, подвешенный на нити длиной  $l$  (конический маятник) (см. рисунок). Угол отклонения нити от вертикали равен  $\alpha$ , скорость вращения шарика равна  $v$ . Найдите отношение заряда шарика к его массе  $\frac{q}{m}$  (удельный заряд). Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на шарик.



32

Равнобедренный прямоугольный треугольник  $ABC$  расположен перед тонкой собирающей линзой оптической силой  $2,5 \text{ дптр}$  так, что его катет  $AC$  лежит на главной оптической оси линзы (см. рисунок). Вершина прямого угла  $C$  лежит ближе к центру линзы, чем вершина острого угла  $A$ . Расстояние от центра линзы до точки  $A$  равно удвоенному фокусному расстоянию линзы,  $AC = 4 \text{ см}$ . Постройте изображение треугольника и найдите площадь получившейся фигуры.



**Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с номером соответствующего задания.**

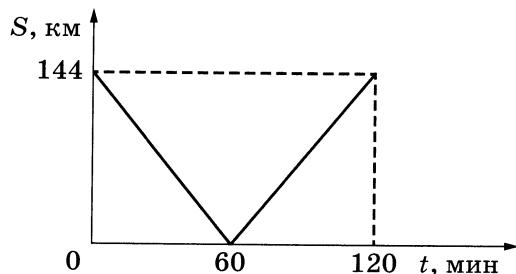


## ВАРИАНТ 14

### Часть 1

Ответами к заданиям 1–24 являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

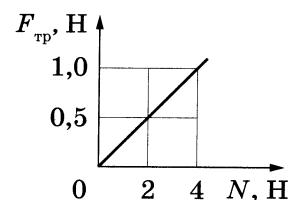
- 1 Из двух городов навстречу друг другу с постоянной скоростью движутся два автомобиля. На графике показана зависимость расстояния между автомобилями от времени. Скорость второго автомобиля равна 30 м/с. Какова скорость первого автомобиля?



Ответ: \_\_\_\_\_ м/с.

- 2 При исследовании зависимости модуля силы трения скольжения  $F_{тр}$  бруска от модуля силы нормального давления  $N$  получен график, представленный на рисунке. Определите коэффициент трения.

Ответ: \_\_\_\_\_.



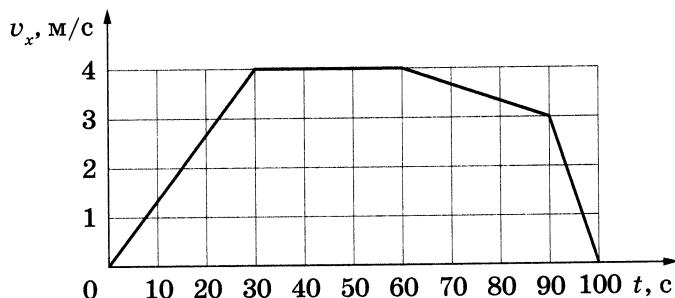
- 3 С какой скоростью движется автобус массой 8000 кг, если его кинетическая энергия равна 900 кДж?

Ответ: \_\_\_\_\_ м/с.

- 4 Во сколько раз уменьшится период малых свободных колебаний математического маятника, если длину его нити уменьшить в 16 раз, а массу его груза уменьшить в 4 раза?

Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

- 5** В инерциальной системе отсчёта вдоль оси  $Ox$  движется тело массой 20 кг. На рисунке приведён график зависимости проекции  $v_x$  скорости этого тела от времени  $t$ .



Из приведённого ниже списка выберите *два* правильных утверждения относительно этого движения.

- 1) В промежутке времени от 0 до 30 с проекция  $\Delta x$  перемещения тела в 2 раза меньше, чем в промежутке времени от 60 до 90 с.
- 2) В момент времени 95 с проекция  $F_x$  равнодействующей сил, действующих на тело, положительна.
- 3) В промежутке времени от 0 до 30 с направление равнодействующей сил, действующих на тело, совпадает с направлением скорости тела.
- 4) В промежутке времени от 10 до 30 с равнодействующая сил, действующих на тело, совершает работу, равную нулю.
- 5) Кинетическая энергия тела в момент времени 15 с равна 40 Дж.

Ответ:

- 6** В результате перехода с одной круговой орбиты на другую центростремительное ускорение спутника Земли уменьшилось. Как изменились при этом радиус орбиты спутника и его потенциальная энергия?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

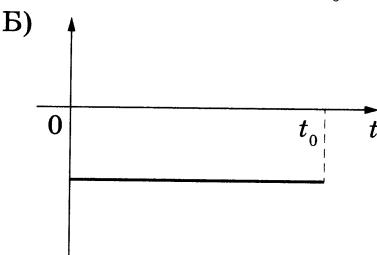
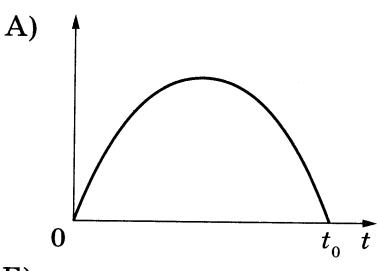
Радиус орбиты спутника	Потенциальная энергия спутника

**7**

После удара в момент  $t = 0$  шайба начала скользить вверх по гладкой наклонной плоскости со скоростью  $\vec{v}_0$ , как показано на рисунке. В момент  $t_0$  шайба вернулась в исходное положение. Графики А и Б отображают изменение с течением времени физических величин, характеризующих движение шайбы.

Установите соответствие между графиками и физическими величинами, изменение которых со временем эти графики могут отображать.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

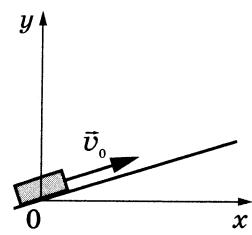
**ГРАФИКИ**

Ответ: 

A	B

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- 1) полная механическая энергия  $E_{\text{мех}}$
- 2) проекция ускорения  $a_y$
- 3) кинетическая энергия  $E_k$
- 4) координата  $y$

**8**

В результате охлаждения разреженного одноатомного газа его абсолютная температура уменьшилась в 9 раз. Во сколько раз уменьшилась при этом среднеквадратичная скорость теплового движения молекул газа?

Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

**9**

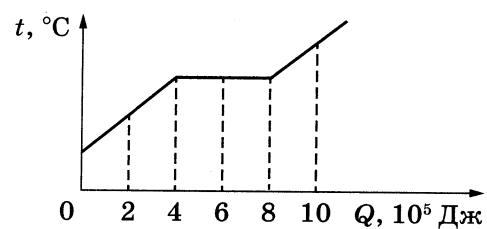
Газ отдал количество теплоты, равное 400 Дж. При этом внутренняя энергия газа увеличилась на 300 Дж. Определите модуль работы внешних сил в этом процессе. Количество вещества газа считать постоянным.

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

**10**

На рисунке показан график изменения температуры вещества  $t$  по мере поглощения им количества теплоты  $Q$ . Масса вещества равна 16 кг. Первоначально вещество было в твёрдом состоянии. Какова удельная теплота плавления вещества?

Ответ: \_\_\_\_\_ кДж/кг.



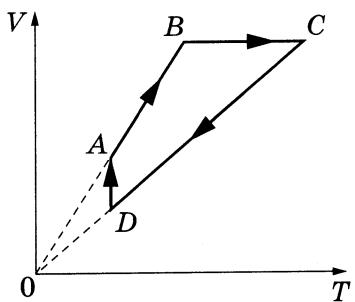
11

На рисунке показан график циклического процесса, проведённого с одноатомным идеальным газом, в координатах  $V-T$ , где  $V$  — объём газа,  $T$  — абсолютная температура газа. Количество вещества газа постоянно.

Из приведённого ниже списка выберите *два* правильных утверждения, характеризующих процессы на графике.

- 1) Газ за цикл совершает работу, равную нулю.
- 2) В процессе  $CD$  внутренняя энергия газа увеличивается.
- 3) В процессе  $BC$  газ получает положительное количество теплоты, при этом не совершает работу.
- 4) В процессе  $DA$  давление газа изотермически уменьшается.
- 5) Давление газа в процессе  $AB$  постоянно, при этом внешние силы совершают над газом положительную работу.

Ответ:



12

Температуру нагревателя тепловой машины Карно повысили, оставив температуру холодильника прежней. Количество теплоты, отданное газом холодильнику за цикл, не изменилось. Как изменились при этом КПД тепловой машины и работа газа за цикл?

Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:

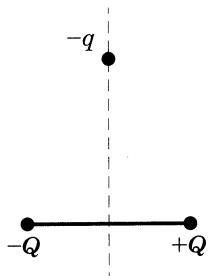
- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

КПД тепловой машины	Работа газа за цикл

13

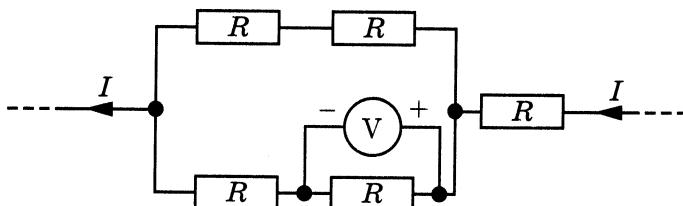
Отрицательный точечный заряд  $-q$  находится в поле двух неподвижных точечных зарядов: отрицательного  $-Q$  и положительного  $+Q$  (см. рисунок). Куда направлено относительно рисунка (*вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя*) ускорение заряда  $-q$  в этот момент времени, если на него действуют только заряды  $+Q$  и  $-Q$ ? Ответ запишите словом (словами).



Ответ: \_\_\_\_\_.

**14**

Пять одинаковых резисторов соединены в электрическую цепь, через которую течёт ток  $I = 6 \text{ A}$  (см. рисунок). Каково сопротивление каждого резистора, если идеальный вольтметр показывает напряжение  $45 \text{ V}$ ?



Ответ: \_\_\_\_\_ Ом.

**15**

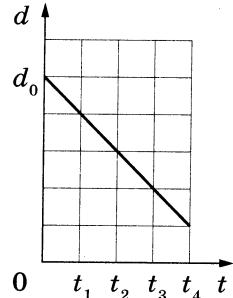
Заряженный конденсатор в первый раз подключили к катушке с индуктивностью  $L$ , а во второй — к катушке с индуктивностью  $4L$ . В обоих случаях в образовавшемся контуре возникли свободные незатухающие электромагнитные колебания. Каково отношение  $\frac{\nu_2}{\nu_1}$  частот этих колебаний?

Ответ: \_\_\_\_\_.

**16**

Плоский воздушный конденсатор ёмкостью  $C_0$ , подключённый к источнику постоянного напряжения, состоит из двух металлических пластин, находящихся на расстоянии  $d_0$  друг от друга. Расстояние между пластинами меняется со временем так, как показано на графике.

Выберите **два** верных утверждения, соответствующих описанию опыта.



- 1) В момент времени  $t_4$  ёмкость конденсатора уменьшилась в 5 раз по сравнению с первоначальной (при  $t = 0$ ).
- 2) В интервале времени от  $t_1$  до  $t_4$  заряд конденсатора возрастает.
- 3) В интервале времени от  $t_1$  до  $t_3$  энергия конденсатора увеличилась в 2 раза.
- 4) В промежутке времени от  $t_1$  до  $t_4$  напряжённость электрического поля между пластинами конденсатора остаётся постоянной.
- 5) В промежутке времени от  $t_1$  до  $t_4$  напряжённость электрического поля между пластинами конденсатора убывает.

Ответ:

**17**

Протон движется по окружности в однородном магнитном поле. Как изменятся ускорение протона и частота его обращения, если увеличить его кинетическую энергию?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Ускорение протона	Частота обращения протона

18

Пучок монохроматического света переходит из воздуха в воду. Частота световой волны —  $v$ ; длина световой волны в воде —  $\lambda$ ; показатель преломления воды относительно воздуха —  $n$ .

Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

## ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) скорость света в воздухе  
Б) длина волны света в воздухе

## ФОРМУЛЫ

- 1)  $\lambda \cdot n$
- 2)  $\frac{\lambda \cdot v}{n}$
- 3)  $\frac{\lambda}{n}$
- 4)  $n \cdot \lambda \cdot v$

Ответ: 

A	B

19

На рисунке представлен фрагмент Периодической системы элементов Д. И. Менделеева. Под названием каждого элемента приведены массовые числа его основных стабильных изотопов. При этом нижний индекс около массового числа указывает (в процентах) распространённость изотопа в природе.

2	II	<b>Li</b> литий $7_{93} 6_{7}$	3	<b>Be</b> БЕРИЛИЙ $9_{100}$	4	<b>B</b> БОР $11_{80} 10_{20}$
3	III	<b>Na</b> НАТРИЙ $23_{100}$	11	<b>Mg</b> МАГНИЙ $24_{79} 26_{11} 25_{10}$	12	<b>Al</b> АЛЮМИНИЙ $27_{100}$
4	IV	<b>K</b> КАЛИЙ $39_{93} 41_{6,7}$	19	<b>Ca</b> КАЛЬЦИЙ $40_{97} 44_{2,1}$	20	<b>Sc</b> СКАНДИЙ $45_{100}$
	V	<b>Cu</b> МЕДЬ $63_{69} 65_{31}$	29	<b>Zn</b> ЦИНК $64_{49} 66_{28} 68_{19}$	30	<b>Ga</b> ГАЛЛИЙ $69_{60} 71_{40}$

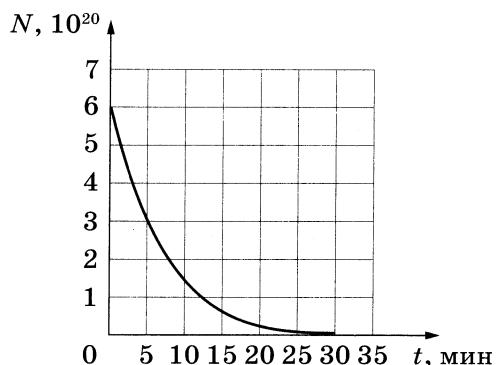
Укажите число протонов и число нейтронов в ядре наименее распространённого из указанных стабильных изотопа магния.

Число протонов	Число нейтронов

**В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.**

- 20** Дан график зависимости числа нераспавшихся ядер некоторого изотопа от времени. Через какое время распадётся примерно 75 % ядер этого изотопа?

Ответ: \_\_\_\_\_ мин.



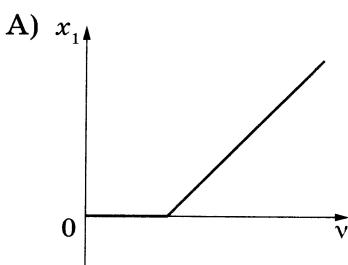
- 21** На металлическую пластинку падает пучок монохроматического света. При этом наблюдается явление фотоэффекта.

На графике А представлена зависимость некоторой физической величины  $x_1$ , характеризующей фотоэлектроны, от частоты  $v$ , а на графике Б — зависимость некоторой физической величины  $x_2$ , характеризующей фотонов, падающих на катод, от длины волн  $\lambda$ .

Какая из физических величин отложена на вертикальной оси на графике А и какая — на графике Б?

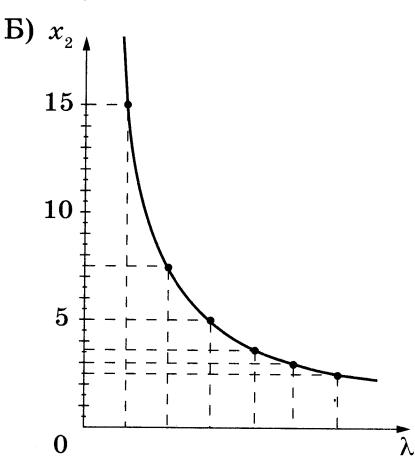
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

### ГРАФИКИ



### ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ $x$

- 1) импульс
- 2) максимальная скорость
- 3) интенсивность
- 4) модуль запирающего напряжения



Ответ: 

A	B

22

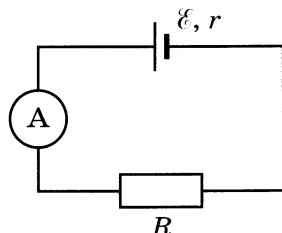
Школьный реостат состоит из керамического цилиндра, на который плотно, виток к витку, намотана проволока, покрытая тонким слоем лака для изоляции. Для выполнения лабораторной работы по измерению удельного сопротивления материала, из которого изготовлен реостата, необходимо измерить её диаметр. Ученик насчитал 40 витков проволоки, а длина намотки, измеренная линейкой, составила 5 см. Чему равен диаметр проволоки по результатам этих измерений, если погрешность линейки равна  $\pm 1$  мм?

Ответ: (\_\_\_\_\_  $\pm$  \_\_\_\_\_) мм.

*В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.*

23

Ученик изучает законы постоянного тока. В его распоряжении имеется пять аналогичных электрических цепей (см. рисунок) с различными источниками и внешними сопротивлениями, характеристики которых указаны в таблице. Какие две цепи необходимо взять ученику для того, чтобы на опыте исследовать зависимость силы тока, протекающего в цепи, от внешнего сопротивления?



№ цепи	ЭДС источника $\epsilon$ , В	Внутреннее сопротивление источника $r$ , Ом	Внешнее сопротивление $R$ , Ом
1	9	1	5
2	6	2	10
3	12	2	15
4	6	1	10
5	9	1	15

Запишите в ответе номера выбранных цепей.

Ответ:

24

Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о ярких звёздах.

Наименование звезды	Температура поверхности, К	Масса (в массах Солнца)	Радиус (в радиусах Солнца)	Средняя плотность по отношению к плотности воды
Поллукс	5100	0,83	0,83	2,1
Денеб	8550	21	210	$3,3 \cdot 10^{-6}$
Садр	6500	12	255	$1,1 \cdot 10^{-6}$
40 Эридана В	16 000	0,5	0,014	$2,7 \cdot 10^2$
Ригель	11 200	40	138	$2,2 \cdot 10^{-5}$
Процион В	9700	0,6	0,02	$1,1 \cdot 10^5$
Эль-Нат	14 000	5	4,2	0,1

Выберите *все* верные утверждения, которые соответствуют характеристикам звёзд.

- 1) Средняя плотность звезды Процион В больше, чем средняя плотность Солнца.
- 2) Звезда Садр относится к сверхгигантам.
- 3) Температура поверхности Поллукса соответствует температурам звёзд спектрального класса *O*.
- 4) Звезда Денеб относится к звёздам главной последовательности на диаграмме Герцшпрунга — Рессела.
- 5) Звезда 40 Эридана В относится к белым карликам.

Ответ: \_\_\_\_\_.



*Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.*

*Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.*

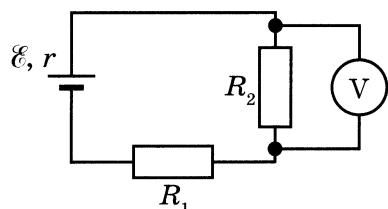
## Часть 2

*Ответом к заданиям 25 и 26 является число. Запишите это число в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.*

25

В схеме, изображённой на рисунке, ЭДС источника  $\mathcal{E} = 9$  В, внутреннее сопротивление источника тока  $r = 1$  Ом, а сопротивления резисторов:  $R_1 = 2$  Ом и  $R_2 = 2$  Ом. Каковы показания идеального вольтметра?

Ответ: \_\_\_\_\_ В.



- 26** Предмет расположен на главной оптической оси тонкой собирающей линзы. Оптическая сила линзы  $D = 5$  дптр. Изображение предмета действительное, увеличение (отношение высоты изображения предмета к высоте самого предмета)  $k = 2$ . Найдите расстояние между предметом и его изображением.

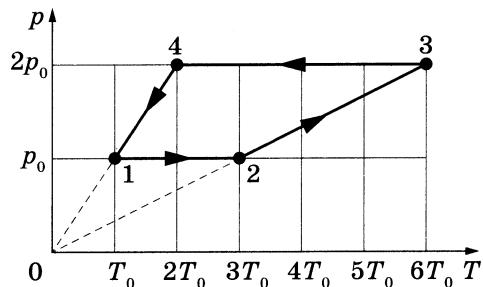
Ответ: \_\_\_\_\_ см.



**Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.**  
**Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.**

**Для записи ответов на задания 27–32 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2.**  
**Запишите сначала номер задания (27, 28 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.**

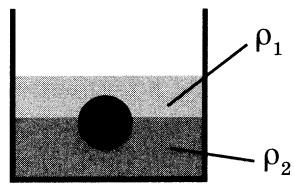
- 27** 1 моль разреженного гелия участвует в циклическом процессе 1–2–3–4–1, график которого изображен на рисунке в координатах  $p$ – $T$ , где  $p$  — давление газа,  $T$  — абсолютная температура. Постройте график цикла в координатах  $p$ – $V$ , где  $p$  — давление газа,  $V$  — объем газа. Опираясь на законы молекулярной физики и термодинамики, объясните построение графика. Определите, во сколько раз работа газа в процессе 1–2 меньше модуля работы внешних сил в процессе 3–4.



**Полное правильное решение каждой из задач 28–32 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.**

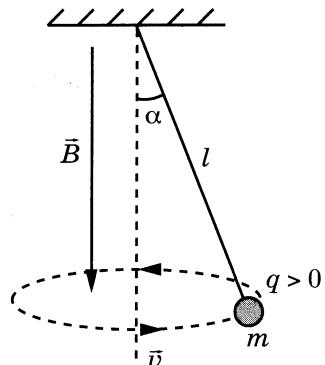
- 28** Снаряд массой 5 кг, летящий со скоростью 100 м/с, разрывается на два осколка. Первый осколок массой 4 кг летит под углом  $90^\circ$  к первоначальному направлению, а второй — под углом  $60^\circ$ . Какова скорость второго осколка?

- 29** На границе раздела двух несмешивающихся жидкостей, имеющих плотности  $\rho_1 = 900 \text{ кг}/\text{м}^3$  и  $\rho_2 = 3\rho_1$ , плавает шарик (см. рисунок). Какой должна быть плотность шарика  $\rho$ , чтобы выше границы раздела жидкостей была одна треть его объема?

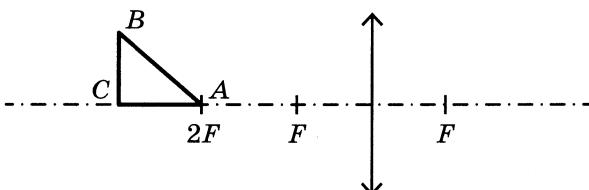


- 30** В комнате размерами  $4 \text{ м} \times 5 \text{ м} \times 3 \text{ м}$ , в которой воздух имеет температуру  $20^\circ\text{C}$  и относительную влажность  $35\%$ , включили увлажнитель воздуха производительностью  $0,36 \text{ кг}/\text{ч}$ . Сколько времени необходимо работать увлажнителю, чтобы относительная влажность воздуха в комнате стала равна  $70\%$ ? Давление насыщенного водяного пара при температуре  $20^\circ\text{C}$  равно  $2,33 \text{ кПа}$ . Комнату считать герметичным сосудом.

- 31** В однородном магнитном поле с индукцией  $\vec{B}$ , направленной вертикально вниз, равномерно вращается по окружности в горизонтальной плоскости против часовой стрелки положительно заряженный шарик массой  $m$ , подвешенный на нити длиной  $l$  (конический маятник) (см. рисунок). Угол отклонения нити от вертикали равен  $\alpha$ , скорость вращения шарика равна  $v$ . Найдите заряд шарика  $q$ . Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на шарик.



- 32** Равнобедренный прямоугольный треугольник  $ABC$  расположен перед тонкой собирающей линзой оптической силой  $2,5 \text{ дптр}$  так, что его катет  $AC$  лежит на главной оптической оси линзы (см. рисунок). Вершина прямого угла  $C$  лежит дальше от центра линзы, чем вершина острого угла  $A$ , расстояние от центра линзы до точки  $A$  равно удвоенному фокусному расстоянию линзы,  $AC = 4 \text{ см}$ . Постройте изображение треугольника и найдите площадь получившейся фигуры.



**Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с номером соответствующего задания.**

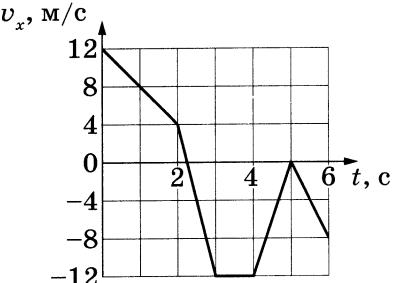
## ВАРИАНТ 15

### Часть 1

*Ответами к заданиям 1–24 являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.*

- 1** На рисунке показан график зависимости проекции  $v_x$  скорости тела от времени  $t$ . Какова проекция  $a_x$  ускорения этого тела в интервале времени от 5 до 6 с?

Ответ: \_\_\_\_\_ м/с<sup>2</sup>.



- 2** По горизонтальному полу по прямой равномерно тянут ящик массой 16 кг, приложив к нему горизонтальную силу 32 Н. Определите коэффициент трения скольжения между полом и ящиком.

Ответ: \_\_\_\_\_.

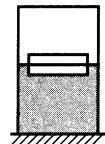
- 3** Под действием постоянной силы, равной по модулю 30 Н, тело движется в инерциальной системе отсчёта по прямой в одном направлении. За какое время импульс тела уменьшится от 100 до 40 кг·м/с?

Ответ: за \_\_\_\_\_ с.

- 4** У входа в вертикальную шахту глубиной 136 м на поверхности земли был произведён выстрел. За какое время звук выстрела вернулся к стрелку, отразившись от дна шахты? Скорость звука в воздухе считать равной 340 м/с.

Ответ: \_\_\_\_\_ с.

- 5** Два одинаковых бруска толщиной 5 см и массой 1 кг каждый, связанные друг с другом, плавают в воде так, что уровень воды приходится на границу между ними (см. рисунок).



Из приведённого ниже списка выберите *два* правильных утверждения.

- 1) Плотность материала, из которого изготовлены бруски, равна 1000 кг/м<sup>3</sup>.
- 2) Сила Архимеда, действующая на бруски, равна 20 Н.
- 3) Если воду заменить на керосин, то глубина погружения брусков увеличится.
- 4) Если на верхний бруск положить груз массой 0,5 кг, то бруски утонут.
- 5) Если в стопку добавить ещё один такой же бруск, то глубина её погружения увеличится на 5 см.

Ответ:

- 6** Высота полёта искусственного спутника над Землёй уменьшилась с 450 до 350 км. Как изменились при этом период обращения спутника и скорость его движения по орбите?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

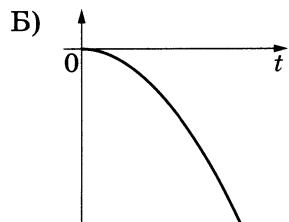
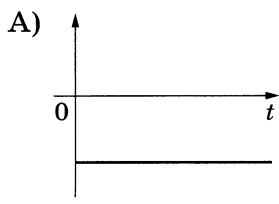
Период обращения спутника	Скорость движения спутника по орбите

**7** Тело движется вдоль оси  $Ox$ , при этом его координата изменяется с течением времени в соответствии с формулой  $x(t) = 5 - 4t^2$  (все величины выражены в СИ).

Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

### ГРАФИКИ



### ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) проекция скорости тела  $v_x$
- 2) проекция перемещения тела  $S_x$
- 3) проекция ускорения тела  $a_x$
- 4) модуль равнодействующей  $\vec{F}$  сил, действующих на тело

Ответ: 

A	B
C	D

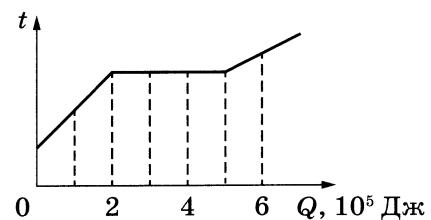
**8** При повышении абсолютной температуры средняя кинетическая энергия хаотического теплового движения молекул разреженного одноатомного газа увеличилась в 4 раза. Конечная температура газа составила 1200 К. Какова начальная температура газа?

Ответ: \_\_\_\_\_ К.

**9** Тепловая машина за цикл получает от нагревателя количество теплоты, равное 100 Дж, и совершает работу 40 Дж. Чему равен КПД тепловой машины?

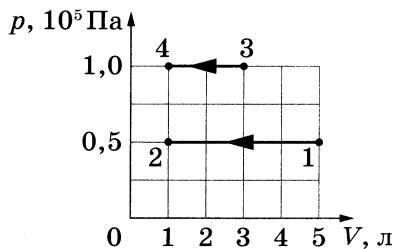
Ответ: \_\_\_\_\_ %.

**10** На рисунке показан график изменения температуры вещества, находящегося в сосуде, по мере поглощения им количества теплоты. Масса вещества 4 кг. Первоначально вещество было в твёрдом состоянии. Какова удельная теплота плавления вещества?



Ответ: \_\_\_\_\_ кДж/кг.

- 11** На  $pV$ -диаграмме показаны два процесса, проведённые с одним и тем же количеством газообразного аргона.

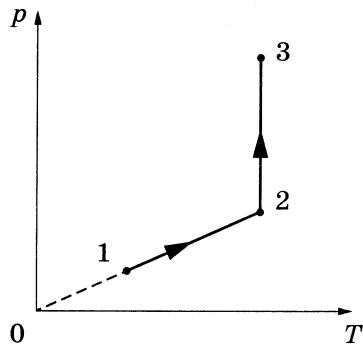


Из приведённого ниже списка выберите *два* правильных утверждения, характеризующих процессы на графике.

- 1) Работа, совершённая внешними силами над аргоном, в процессах 1–2 и 3–4 одинакова.
- 2) В процессе 3–4 абсолютная температура аргона изобарно уменьшилась в 5 раз.
- 3) В процессе 1–2 давление аргона в 2 раза выше, чем в процессе 3–4.
- 4) В процессе 1–2 аргон изобарно увеличил свой объём на 4 л.
- 5) В процессе 1–2 внутренняя энергия аргона уменьшилась в 5 раз.

Ответ:

- 12** Один моль одноатомного идеального газа участвует в процессе 1–2–3, график которого изображён на рисунке в координатах  $p$ – $T$ , где  $p$  — давление газа,  $T$  — абсолютная температура газа. Как изменяются плотность газа в ходе процесса 1–2 и объём газа  $V$  в ходе процесса 2–3?



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

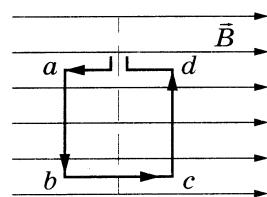
- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Плотность газа в ходе процесса 1–2	Объём газа в ходе процесса 2–3

**13**

Квадратная проволочная рамка расположена в однородном магнитном поле так, как показано на рисунке. Направление тока в рамке показано стрелками. Куда направлена относительно рисунка (*вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя*) сила, действующая на сторону *ab* рамки со стороны внешнего магнитного поля  $\vec{B}$ ? Ответ запишите словами (словами).



Ответ: \_\_\_\_\_.

**14**

Однаковые положительные точечные заряды, величина которых  $q = 4 \cdot 10^{-8}$  Кл, расположены в вакууме на расстоянии 1,5 м друг от друга. Определите модуль сил взаимодействия этих зарядов друг с другом.

Ответ: \_\_\_\_\_ мкН.

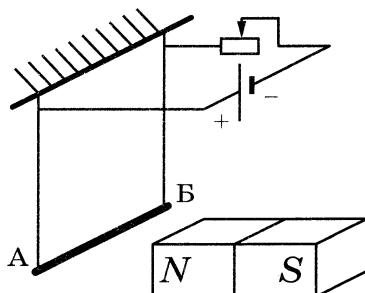
**15**

Энергия магнитного поля катушки с током равна 0,64 Дж. Индуктивность катушки равна 20 мГн. Какова сила тока в катушке?

Ответ: \_\_\_\_\_ А.

**16**

Алюминиевый проводник АБ подвешен на тонких медных проволочках и подключён к источнику постоянного напряжения так, как показано на рисунке. Справа от проводника находится северный полюс постоянного магнита. Ползунок реостата плавно перемещают *вправо*.



Из приведённого ниже списка выберите *два* правильных утверждения.

- 1) Сопротивление реостата уменьшается.
- 2) Линии индукции магнитного поля, созданного магнитом, вблизи проводника АБ направлены вправо.
- 3) Сила Ампера, действующая на проводник АБ, увеличивается.
- 4) Силы натяжения проволочек, на которых подвешен проводник АБ, увеличиваются.
- 5) Сила тока, протекающего по проводнику АБ, уменьшается.

Ответ:

- 17** При настройке колебательного контура генератора, задающего частоту излучения радиопередатчика, электроёмкость его конденсатора увеличили. Как при этом изменились частота излучаемых волн и длина волны излучения?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Частота излучаемых волн	Длина волны излучения

- 18** Установите соответствие между физическими величинами и формулами для их расчёта в цепях постоянного тока. В формулах использованы обозначения:  $R$  — сопротивление резистора;  $I$  — сила тока;  $U$  — напряжение на резисторе;  $P$  — мощность тока, выделяемая на резисторе.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

#### ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) напряжение на резисторе  
Б) сила тока

#### ФОРМУЛЫ

- 1)  $\frac{U^2}{R}$
- 2)  $\sqrt{PR}$
- 3)  $\sqrt{\frac{P}{R}}$
- 4)  $\frac{P}{I^2}$

Ответ: 

A	B

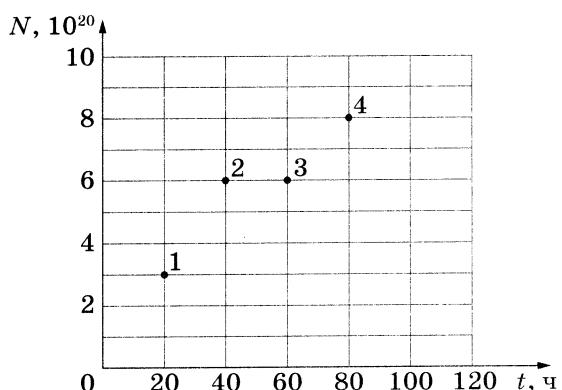
- 19** Ядро бериллия может захватить альфа-частицу, в результате чего происходит ядерная реакция  ${}_2^4\text{He} + {}_4^9\text{Be} \rightarrow {}_Z^AX + {}_0^1\text{n}$  с образованием ядра химического элемента  ${}_Z^AX$ . Каковы заряд образовавшегося ядра  $Z$  (в единицах элементарного заряда) и его массовое число  $A$ ?

Заряд ядра $Z$	Массовое число ядра $A$

**В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.**

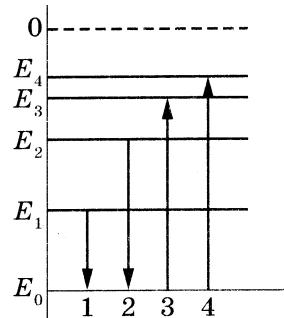
- 20** Из ядер платины  $^{197}_{78}\text{Pt}$  при  $\beta^-$ -распаде с периодом полураспада 20 часов образуются стабильные ядра золота. В момент начала наблюдения в образце содержится  $8 \cdot 10^{20}$  ядер платины. Через какую из точек, кроме начала координат, пройдёт график зависимости числа ядер **золота** от времени (см. рисунок)?

Ответ: через точку \_\_\_\_\_.



- 21** На рисунке изображена упрощённая диаграмма нижних энергетических уровней атома. Нумерованными стрелками отмечены некоторые возможные переходы атома между этими уровнями. Какой из этих четырёх переходов связан с поглощением света наименьшей частоты, а какой — с излучением света наибольшей частоты?

Установите соответствие между процессами поглощения и испускания света и стрелками, указывающими энергетические переходы атома.



К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ПРОЦЕССЫ**

- А) поглощение света наименьшей частоты  
Б) излучение света наибольшей частоты

Ответ: 

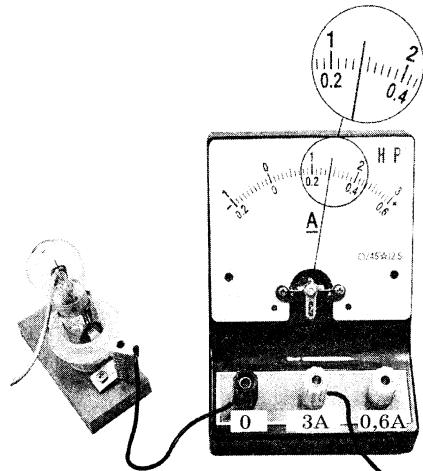
A	B

**ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПЕРЕХОДЫ**

- 1) 1  
2) 2  
3) 3  
4) 4

- 22** Чему равна сила тока в лампочке (см. рисунок), если погрешность прямого измерения силы тока амперметром на пределе измерения 3 А равна  $\Delta I_1 = 0,15$  А, а на пределе измерения 0,6 А равна  $\Delta I_2 = 0,03$  А?

Ответ: (       $\pm$       ) А.



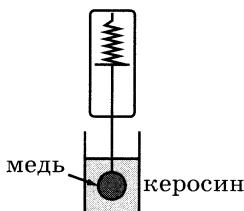
**В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.**

**23**

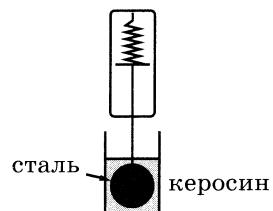
Необходимо экспериментально изучить зависимость силы Архимеда, действующей на тело, погруженное в жидкость, от плотности жидкости.

Какие *две* установки следует использовать для проведения такого исследования?

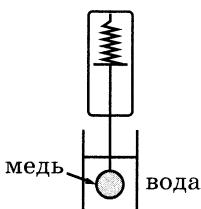
1)



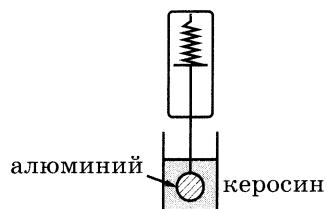
4)



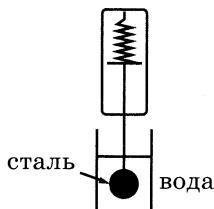
2)



5)



3)

Ответ:  **24**

Рассмотрите таблицу, содержащую характеристики планет Солнечной системы.

Название планеты	Среднее расстояние от Солнца (в а. е.)	Диаметр в районе экватора, км	Наклон оси вращения	Первая космическая скорость, км/с
Меркурий	0,39	4879	0,6'	3,01
Венера	0,72	12 104	177°22'	7,33
Земля	1,00	12 756	23°27'	7,91
Марс	1,52	6794	25°11'	3,55
Юпитер	5,20	142 984	3°08'	42,1
Сатурн	9,58	120 536	26°44'	25,1
Уран	19,19	51 118	97°46'	15,1
Нептун	30,02	49 528	28°19'	16,8

Выберите *все* верные утверждения, которые соответствуют характеристикам планет.

- 1) Среднее расстояние от Солнца до Марса составляет 228 млн км.
- 2) Ускорение свободного падения на Венере составляет около  $18,1 \text{ м/с}^2$ .
- 3) Вторая космическая скорость для тела на Уране составляет  $21,3 \text{ м/с}$ .
- 4) Объём Юпитера почти в 3 раза больше объёма Нептуна.
- 5) На Меркурии наблюдается смена времён года.

Ответ: \_\_\_\_\_.



*Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.*

*Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.*

## Часть 2

**Ответом к заданиям 25 и 26 является число. Запишите это число в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.**

- 25** В стакан калориметра, содержащий воду массой  $m$ , опустили кусок льда массой 56 г, имевший температуру 0 °С. Начальная температура калориметра и воды 45 °С. В момент времени, когда наступило тепловое равновесие, температура воды и калориметра стала равной 5 °С. Чему равна масса  $m$ ? Теплоёмкостью калориметра пренебречь.

Ответ: \_\_\_\_\_ кг.

- 26** Лазер излучает в импульсе  $10^{19}$  световых квантов. Средняя мощность импульса лазера 1100 Вт при длительности вспышки  $3 \cdot 10^{-3}$  с. Определите длину волны излучения лазера. Ответ выразите в микрометрах.

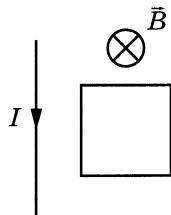
Ответ: \_\_\_\_\_ мкм.



**Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.  
Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.**

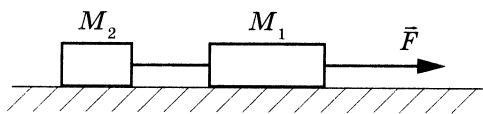
**Для записи ответов на задания 27–32 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (27, 28 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.**

- 27** Прямолинейный проводник с током и проводящая рамка лежат в плоскости, перпендикулярной линиям индукции однородного магнитного поля. Опираясь на законы физики, укажите направление силы, действующей на рамку, когда величина магнитной индукции  $\bar{B}$  уменьшается.

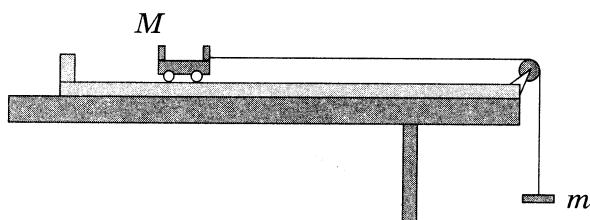


**Полное правильное решение каждой из задач 28–32 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.**

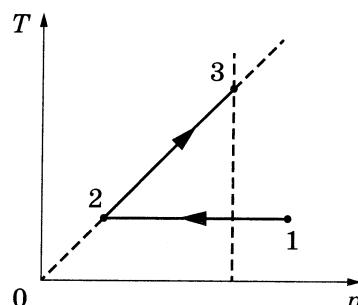
- 28** Два груза, связанные нерастяжимой и невесомой нитью, движутся по гладкой горизонтальной поверхности под действием постоянной горизонтальной силы  $\bar{F}$ , приложенной к грузу  $M_1 = 2 \text{ кг}$  (см. рисунок). Нить обрывается при значении силы натяжения нити 4 Н, при этом модуль силы  $\bar{F}$  равен 12 Н. Чему равна масса второго груза  $M_2$ ?



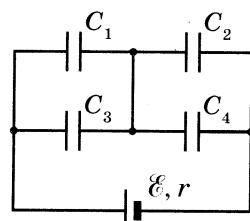
- 29** В установке, изображённой на рисунке, масса грузика  $m$  подобрана так, что первоначально покоящаяся тележка после толчка вправо движется равномерно по поверхности трибометра. Чему равен модуль ускорения, с которым будет двигаться тележка, если её толкнуть влево? Масса грузика  $m$  в 9 раз меньше массы тележки  $M$ . Блок идеален. Нить невесома и нерастяжима. Силу сопротивления движению тележки считать постоянной и одинаковой в обоих случаях.



- 30** Идеальный одноатомный газ в количестве 1 моль сначала изотермически расширился ( $T_1 = 300 \text{ К}$ ). Затем газ изохорно нагрели, повысив его давление в 3 раза (см. рисунок). Какое количество теплоты получила газ на участке 2–3?



- 31** Батарея из четырёх конденсаторов ёмкостью  $C_1 = 2C$ ,  $C_2 = C$ ,  $C_3 = 4C$  и  $C_4 = 2C$  подключена к источнику постоянного тока с ЭДС  $\mathcal{E}$  и внутренним сопротивлением  $r$  (см. рисунок). Определите энергию конденсатора  $C_2$ .



- 32** В дно водоёма глубиной 3 м вертикально вбита свая, целиком скрытая под водой. Угол падения солнечных лучей на поверхность воды равен  $30^\circ$ . Свая отбрасывает на дно водоёма тень длиной 0,75 м. Постройте ход лучей, определяющих тень от свай на дне, и определите высоту сваи. Показатель преломления воды  $n = \frac{4}{3}$ .



**Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с номером соответствующего задания.**

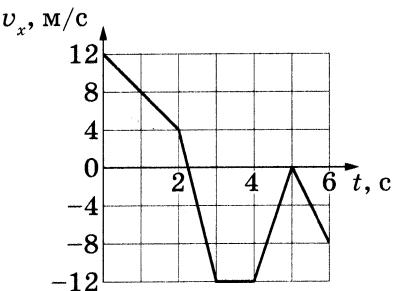
## ВАРИАНТ 16

### Часть 1

Ответами к заданиям 1–24 являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

- 1 На рисунке показан график зависимости проекции  $v_x$  скорости тела от времени  $t$ . Какова проекция  $a_x$  ускорения этого тела в интервале времени от 0 до 2 с?

Ответ: \_\_\_\_\_ м/с<sup>2</sup>.



- 2 По горизонтальному полу по прямой равномерно тянут ящик, приложив к нему горизонтальную силу 35 Н. Коэффициент трения скольжения между полом и ящиком равен 0,25. Чему равна масса ящика?

Ответ: \_\_\_\_\_ кг.

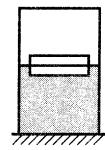
- 3 Под действием постоянной силы тело движется в инерциальной системе отсчёта по прямой в одном направлении. За время 5 с импульс тела уменьшился от 120 до 80 кг·м/с. Определите модуль силы, действующей на тело.

Ответ: \_\_\_\_\_ Н.

- 4 Какова глубина вертикальной шахты, если звук выстрела, произведённого у входа в шахту на поверхности земли, вернулся к стрелку, отразившись от дна шахты, через 0,5 с после выстрела? Скорость звука в воздухе считать равной 340 м/с.

Ответ: \_\_\_\_\_ м.

- 5** Два одинаковых бруска толщиной 5 см и массой 1 кг каждый, связанные друг с другом, плавают в воде так, что уровень воды приходится на границу между ними (см. рисунок).



Из приведённого ниже списка выберите *два* правильных утверждения.

- 1) Плотность материала, из которого изготовлены бруски, равна 500 кг/м<sup>3</sup>.
- 2) Сила Архимеда, действующая на бруски, равна 10 Н.
- 3) Если воду заменить на керосин, то глубина погружения брусков уменьшится.
- 4) Если на верхний бруск положить груз массой 0,5 кг, то бруски утонут.
- 5) Если в стопку добавить ещё один такой же бруск, то глубина её погружения увеличится на 2,5 см.

Ответ: 

--	--

- 6** Высота полёта искусственного спутника над Землёй увеличилась с 300 до 400 км. Как изменились при этом период обращения спутника и скорость его движения по орбите?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Период обращения спутника	Скорость движения спутника по орбите

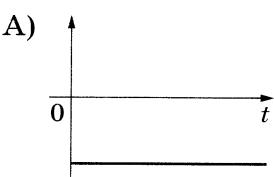
- 7** Тело движется вдоль оси  $Ox$ , при этом его координата изменяется с течением времени в соответствии с формулой  $x(t) = 8 - 2t^2$  (все величины выражены в СИ).

Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимостями которых от времени эти графики могут представлять.

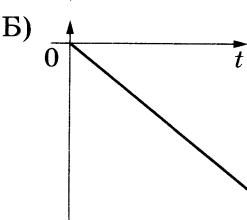
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

#### ГРАФИКИ

#### ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ



- 1) проекция  $F_x$  равнодействующей сил, действующих на тело
- 2) проекция перемещения тела  $S_x$
- 3) проекция импульса тела  $p_x$
- 4) модуль ускорения тела  $a$



Ответ: 

A	Б

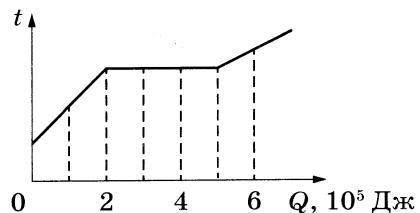
- 8** При понижении абсолютной температуры средняя кинетическая энергия хаотического теплового движения молекул разреженного одноатомного газа уменьшилась в 3 раза. Начальная температура газа 600 К. Какова конечная температура газа?

Ответ: \_\_\_\_\_ К.

- 9** Тепловая машина с КПД 25 % за цикл получает от нагревателя количество теплоты, равное 100 Дж. Какое количество теплоты отдаёт машина за цикл холодильнику?

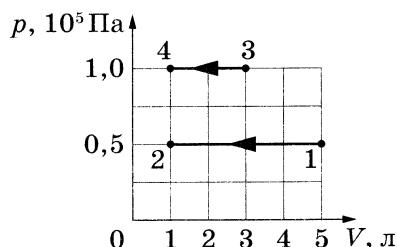
Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

- 10** На рисунке показан график изменения температуры вещества, находящегося в сосуде под поршнем, по мере поглощения им количества теплоты. Масса вещества 1,5 кг. Первоначально вещество было в жидком состоянии. Какова удельная теплота парообразования вещества?



Ответ: \_\_\_\_\_ кДж/кг.

- 11** На  $pV$ -диаграмме показаны два процесса, проведённые с одним и тем же количеством газообразного аргона.

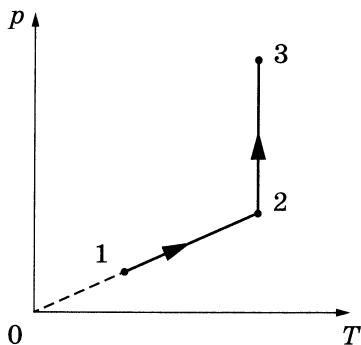


Из приведённого ниже списка выберите *два* правильных утверждения, характеризующих процессы на графике.

- 1) Работа, совершённая внешними силами над аргоном в процессе 1–2, в 2 раза больше работы, совершённой над аргоном в процессе 3–4.
- 2) В процессе 3–4 абсолютная температура аргона изобарно уменьшилась в 3 раза.
- 3) В процессе 1–2 давление аргона в 2 раза выше, чем в процессе 3–4.
- 4) В процессе 3–4 аргон изобарно уменьшил свой объём на 2 л.
- 5) В процессе 1–2 внутренняя энергия аргона увеличилась в 5 раз.

Ответ:

- 12** Один моль одноатомного идеального газа участвует в процессе 1–2–3, график которого изображён на рисунке в координатах  $p$ – $T$ , где  $p$  — давление газа,  $T$  — абсолютная температура газа. Как изменяются объём газа  $V$  в ходе процесса 1–2 и плотность газа  $\rho$  в ходе процесса 2–3?



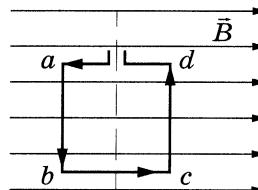
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Объём газа в ходе процесса 1–2	Плотность газа в ходе процесса 2–3

- 13** Квадратная проволочная рамка расположена в однородном магнитном поле так, как показано на рисунке. Направление тока в рамке показано стрелками. Куда направлена относительно рисунка (*вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя*) сила, действующая на сторону  $cd$  рамки со стороны внешнего магнитного поля  $\vec{B}$ ? *Ответ запишите словом (словами).*



Ответ: \_\_\_\_\_.

- 14** Однаковые отрицательные точечные заряды, модуль которых  $|q| = 2 \cdot 10^{-8}$  Кл, расположены в вакууме на расстоянии 3 м друг от друга. Определите модуль сил взаимодействия этих зарядов друг с другом.

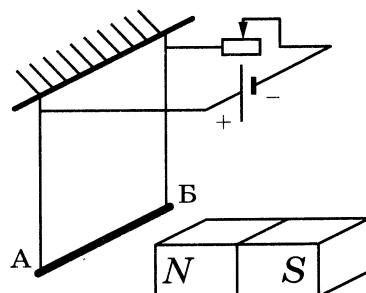
Ответ: \_\_\_\_\_ мкН.

- 15** Энергия магнитного поля катушки с током величиной 4 А равна 0,6 Дж. Какова индуктивность катушки?

Ответ: \_\_\_\_\_ мГн.

**16**

Алюминиевый проводник АБ подвешен на тонких медных проволочках и подключён к источнику постоянного напряжения так, как показано на рисунке. Справа от проводника находится северный полюс постоянного магнита. Ползунок реостата плавно перемещают вправо.



Из приведённого ниже списка выберите *два* правильных утверждения.

- 1) Сопротивление реостата увеличивается.
- 2) Линии индукции магнитного поля, созданного магнитом, вблизи проводника АБ направлены влево.
- 3) Сила Ампера, действующая на проводник АБ, увеличивается.
- 4) Силы натяжения проволочек, на которых подвешен проводник АБ, уменьшаются.
- 5) Сила тока, протекающего по проводнику АБ, увеличивается.

Ответ:

**17**

При настройке колебательного контура генератора, задающего частоту излучения радиопередатчика, электроёмкость его конденсатора уменьшили. Как при этом изменились частота излучаемых волн и длина волн излучения?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Частота излучаемых волн	Длина волны излучения

**18**

Установите соответствие между формулами для расчёта физических величин в цепях постоянного тока и названиями этих величин. В формулах использованы обозначения:  $R$  — сопротивление резистора;  $I$  — сила тока;  $U$  — напряжение на резисторе.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ФОРМУЛЫ**

A)  $\frac{U}{I}$

Б)  $IR$

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

1) сила тока

2) напряжение на резисторе

3) мощность тока

4) сопротивление резистора

Ответ: 

A	B

**19**

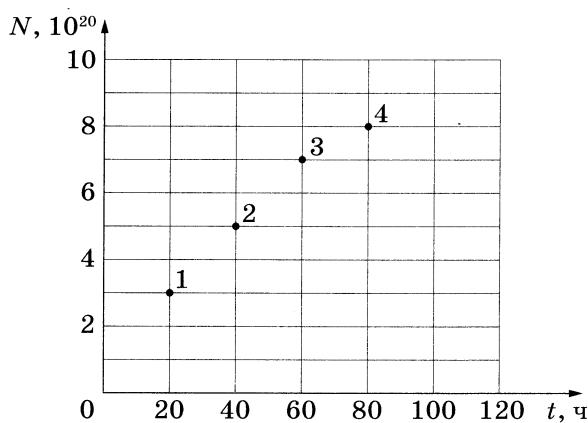
Ядро алюминия может захватить альфа-частицу, в результате чего происходит ядерная реакция  ${}_2^4\text{He} + {}_{13}^{27}\text{Al} \rightarrow {}_Z^A\text{X} + {}_1^1\text{H}$  с образованием ядра химического элемента  ${}_Z^A\text{X}$ . Каковы заряд образовавшегося ядра  $Z$  (в единицах элементарного заряда) и его массовое число  $A$ ?

Заряд ядра $Z$	Массовое число ядра $A$

*В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.*

**20**

Из ядер платины  ${}_{78}^{197}\text{Pt}$  при  $\beta^-$ -распаде с периодом полураспада 20 часов образуются стабильные ядра золота. В момент начала наблюдения в образце содержится  $8 \cdot 10^{20}$  ядер платины. Через какую из точек, кроме начала координат, пройдёт график зависимости числа ядер золота от времени (см. рисунок)?



Ответ: через точку \_\_\_\_\_.

**21**

На рисунке изображена упрощённая диаграмма нижних энергетических уровней атома. Нумерованными стрелками отмечены некоторые возможные переходы атома между этими уровнями. Какой из этих четырёх переходов связан с излучением света наименьшей частоты, а какой — с поглощением света наибольшей частоты?

Установите соответствие между процессами поглощения и испускания света и стрелками, указывающими энергетические переходы атома.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

## ПРОЦЕССЫ

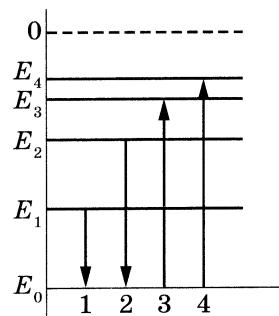
## ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПЕРЕХОДЫ

- А) излучение света наименьшей частоты  
Б) поглощение света наибольшей частоты

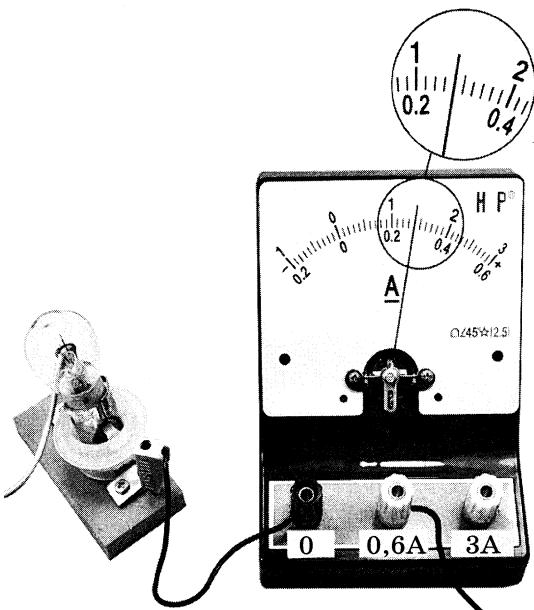
- 1) 1  
2) 2  
3) 3  
4) 4

Ответ: 

A	B

**22**

Чему равна сила тока в лампочке (см. рисунок), если погрешность прямого измерения силы тока амперметром на пределе измерения 3 А равна  $\Delta I_1 = 0,15$  А, а на пределе измерения 0,6 А равна  $\Delta I_2 = 0,03$  А?



Ответ: (\_\_\_\_\_)  $\pm$  (\_\_\_\_\_) А.

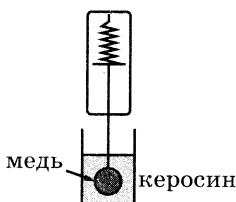
**В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.**

23

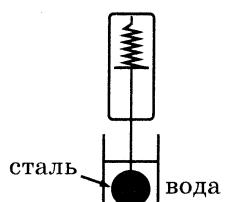
Необходимо экспериментально изучить зависимость силы Архимеда, действующей на тело, погруженное в жидкость, от объёма погруженного тела.

Какие *две* установки следует использовать для проведения такого исследования?

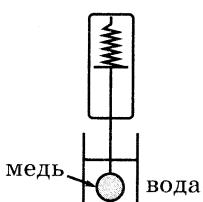
1)



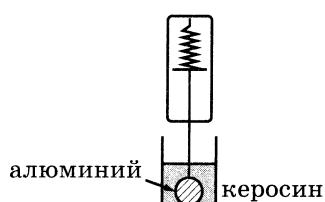
4)



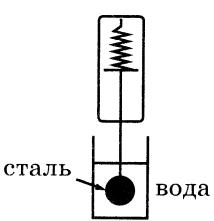
2)



5)



3)



Ответ:

24

Рассмотрите таблицу, содержащую характеристики планет Солнечной системы.

Название планеты	Среднее расстояние от Солнца (в а. е.)	Диаметр в районе экватора, км	Наклон оси вращения	Первая космическая скорость, км/с
Меркурий	0,39	4879	0,6'	3,01
Венера	0,72	12 104	177°22'	7,33
Земля	1,00	12 756	23°27'	7,91
Марс	1,52	6794	25°11'	3,55
Юпитер	5,20	142 984	3°08'	42,1
Сатурн	9,58	120 536	26°44'	25,1
Уран	19,19	51 118	97°46'	15,1
Нептун	30,02	49 528	28°19'	16,8

Выберите *все* верные утверждения, которые соответствуют характеристикам планет.

- 1) Среднее расстояние от Солнца до Юпитера составляет 300 млн км.
- 2) Вторая космическая скорость для тела на Нептуне составляет примерно 23,8 м/с.
- 3) Ускорение свободного падения на Марсе составляет 15,1 м/с<sup>2</sup>.
- 4) Объём Юпитера почти в 3 раза больше объёма Нептуна.
- 5) На Меркурии не наблюдается смены времён года.

Ответ: \_\_\_\_\_.



**Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.**

**Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.**

## Часть 2

**Ответом к заданиям 25 и 26 является число. Запишите это число в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.**

- 25** В стакан калориметра, содержащий 351 г воды, опустили кусок льда массой  $m$ , имевший температуру 0 °С. Начальная температура калориметра и воды 45 °С. В момент времени, когда наступило тепловое равновесие, температура воды и калориметра стала равной 5 °С. Чему равна масса  $m$ ? Теплоёмкостью калориметра пренебречь.

Ответ: \_\_\_\_\_ кг.

- 26** Лазер излучает в импульсе  $10^{19}$  световых квантов длиной волны 400 нм. Средняя мощность импульса лазера 110 Вт. Определите длительность вспышки. Ответ выразите в миллисекундах.

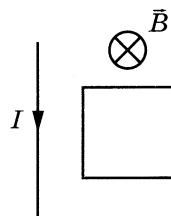
Ответ: \_\_\_\_\_ мс.



**Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.  
Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.**

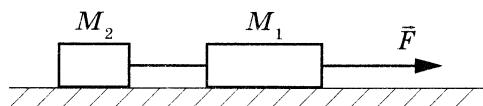
**Для записи ответов на задания 27–32 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (27, 28 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.**

- 27** Прямолинейный проводник с током и проводящая рамка лежат в плоскости, перпендикулярной линиям индукции однородного магнитного поля. Опираясь на законы физики, укажите направление силы, действующей на рамку, когда величина магнитной индукции  $\vec{B}$  увеличивается.

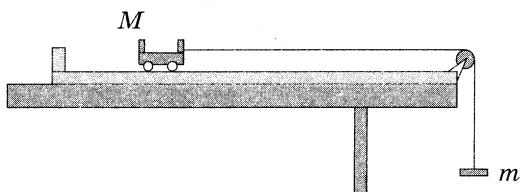


**Полное правильное решение каждой из задач 28–32 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.**

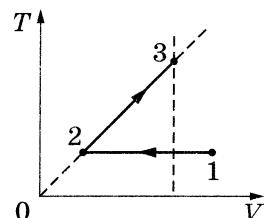
- 28** Два груза, связанные нерастяжимой и невесомой нитью, движутся по гладкой горизонтальной поверхности под действием постоянной горизонтальной силы  $\vec{F}$ , приложенной к грузу  $M_1$  (см. рисунок). Нить обрывается при значении силы натяжения нити 4 Н, при этом модуль силы  $\vec{F}$  равен 10 Н. Чему равна масса первого груза  $M_1$ , если масса второго  $M_2 = 2$  кг?



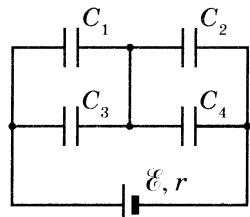
- 29** В установке, изображённой на рисунке, масса грузика  $m$  подобрана так, что первоначально покоящаяся тележка после толчка вправо движется равномерно по поверхности трибометра. Во сколько раз масса грузика  $m$  меньше массы тележки  $M$ , если после толчка влево тележка движется с ускорением 2 м/с<sup>2</sup>. Блок идеален. Нить невесома и нерастяжима. Силу сопротивления движению тележки считать постоянной и одинаковой в обоих случаях.



- 30** Идеальный одноатомный газ в количестве 1 моль сначала изотермически сжали ( $T_1 = 300$  К). Затем газ изобарно нагрели, увеличив его объём в 3 раза (см. рисунок). Какое количество теплоты получила газ на участке 2–3?



- 31** Батарея из четырёх конденсаторов емкостью  $C_1 = 2C$ ,  $C_2 = C$ ,  $C_3 = 4C$  и  $C_4 = 2C$  подключена к источнику постоянного тока с ЭДС  $\mathcal{E}$  и внутренним сопротивлением  $r$  (см. рисунок). Определите энергию конденсатора  $C_1$ .



- 32** В дно водоёма глубиной 3 м вертикально вбита свая высотой 2,5 м, целиком скрытая под водой. Угол падения солнечных лучей на поверхность воды равен 30°. Какой длины тень отбрасывает свая на дно водоёма? Постройте ход лучей, определяющих тень от свай на дне. Показатель преломления воды  $n = \frac{4}{3}$ .



**Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с номером соответствующего задания.**

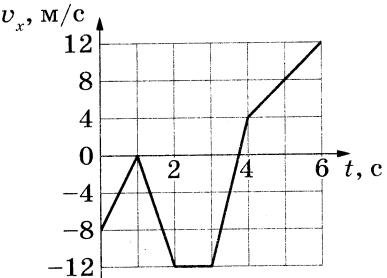
## ВАРИАНТ 17

### Часть 1

Ответами к заданиям 1–24 являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

- 1 На рисунке показан график зависимости проекции  $v_x$  скорости тела от времени  $t$ . Какова проекция  $a_x$  ускорения этого тела в интервале времени от 4 до 6 с?

Ответ: \_\_\_\_\_ м/с<sup>2</sup>.



- 2 На штативе закреплён школьный динамометр. К нему подвесили груз массой 0,1 кг. Пружина динамометра при этом удлинилась на 2,5 см. Чему будет равно удлинение пружины, если масса груза уменьшится вдвое?

Ответ: \_\_\_\_\_ см.

- 3 Шарик массой 200 г падает с высоты 50 м с начальной скоростью, равной нулю. Чему равна его кинетическая энергия в момент перед падением на землю, если потеря энергии за счёт сопротивления воздуха составила 10 Дж?

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

- 4 Период вертикальных свободных колебаний пружинного маятника равен 0,5 с. Каким станет период свободных колебаний этого маятника, если массу груза маятника увеличить в 2 раза, а жёсткость пружины вдвое уменьшить?

Ответ: \_\_\_\_\_ с.

- 5 Деревянный брускок массой  $m_1 = 1000$  г покоялся на гладкой горизонтальной поверхности. На него налетает пластилиновый шарик массой  $m_2 = 200$  г, скользящий по поверхности со скоростью 3 м/с. В результате тела слипаются и движутся поступательно как единое целое.

Выберите **два** верных утверждения о результатах этого опыта.

- 1) Скорость тел после соударения равна 1 м/с.
- 2) В результате соударения выделилось количество теплоты, равное 1,5 Дж.
- 3) Кинетическая энергия деревянного бруска после соударения равна 0,125 Дж.
- 4) Суммарный импульс тел после удара равен 0,6 кг·м/с.
- 5) Общая кинетическая энергия системы тел «брюск + шарик» при ударе не изменилась.

Ответ:

**6** В первой серии опытов бруск с грузом перемещали при помощи нити равномерно и прямолинейно вверх по наклонной плоскости. Во второй серии опытов точно так же перемещали этот бруск, закрепив на нём ещё один груз.

Как изменились при переходе от первой серии опытов ко второй сила натяжения нити и коэффициент трения между бруском и плоскостью?

Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:

- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждого ответа. Цифры в ответе могут повторяться.

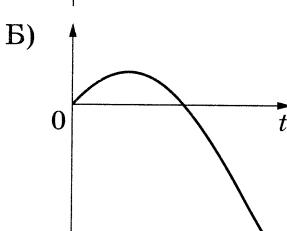
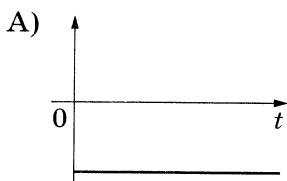
Сила натяжения нити	Коэффициент трения

**7** Тело движется вдоль оси  $Ox$ , при этом его координата изменяется с течением времени в соответствии с формулой  $x(t) = -2t^2 + 3t + 5$  (все величины выражены в СИ).

Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

#### ГРАФИКИ



Ответ: 

A	B

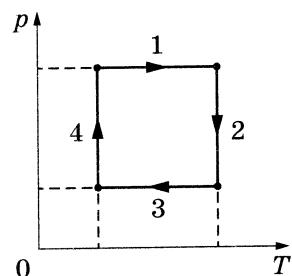
#### ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) проекция скорости тела  $v_x$
- 2) модуль ускорения тела  $a$
- 3) проекция  $F_x$  равнодействующей сил, действующих на теле
- 4) проекция перемещения тела  $s_x$

**8** В сосуде неизменного объёма находится разреженный газ в количестве 3 моль. Во сколько раз уменьшится давление газа в сосуде, если выпустить из него 1 моль газа, а абсолютную температуру газа уменьшить в 2 раза?

Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

- 9** На рисунке показан циклический процесс изменения состояния постоянной массы одноатомного идеального газа. На каком участке работы газа положительна и равна полученному газом количеству теплоты?



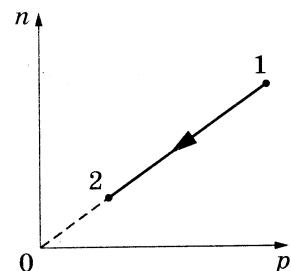
Ответ: на участке \_\_\_\_\_.

- 10** Концентрация молекул воды в воздухе уменьшилась в 4 раза при неизменной температуре. Во сколько раз уменьшилась относительная влажность воздуха?

Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

- 11** При переводе идеального газа из состояния 1 в состояние 2 концентрация молекул  $n$  пропорциональна давлению  $p$  (см. рисунок). Масса газа в процессе остаётся постоянной.

Из приведённого ниже списка выберите **два** правильных утверждения, характеризующих процесс 1–2.



- 1) Абсолютная температура газа остается неизменной.
- 2) Плотность газа уменьшается.
- 3) Происходит изотермическое сжатие газа.
- 4) Среднеквадратичная скорость теплового движения молекул газа уменьшается.
- 5) Средняя кинетическая энергия теплового движения молекул газа увеличивается.

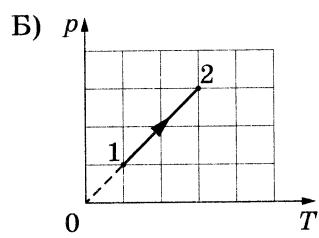
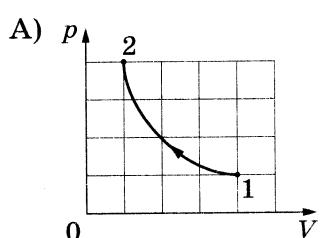
Ответ: 

--	--

- 12** Установите соответствие между графиками процессов, в которых участвует 1 моль одноатомного идеального газа, и физическими величинами ( $\Delta U$  — изменение внутренней энергии;  $A$  — работа газа), которые их характеризуют.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

#### ГРАФИКИ



#### ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

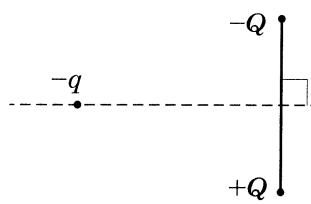
- 1)  $\Delta U = 0; A > 0$
- 2)  $\Delta U > 0; A > 0$
- 3)  $\Delta U > 0; A = 0$
- 4)  $\Delta U = 0; A < 0$

Ответ: 

A	B

**13**

Отрицательный заряд  $-q$  находится на равном расстоянии от двух неподвижных зарядов: положительного  $+Q$  и отрицательного  $-Q$  (см. рисунок). Куда направлено относительно рисунка (*вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя*) ускорение заряда  $+q$  в этот момент времени, если на него действуют только заряды  $+Q$  и  $-Q$ ? Ответ запишите словом (словами).



Ответ: \_\_\_\_\_.

**14**

Сила тока, текущего по проводнику, равна 2 А. Какой заряд проходит по проводнику за 20 с?

Ответ: \_\_\_\_\_ Кл.

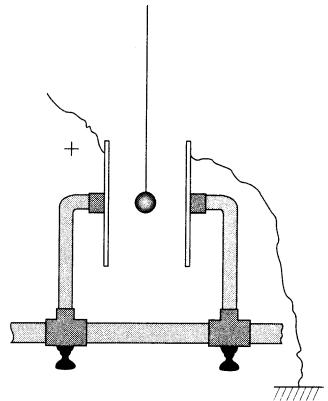
**15**

Луч света падает на плоское зеркало. Угол отражения равен  $30^\circ$ . Определите угол между падающим и отражённым лучами.

Ответ: \_\_\_\_\_ градусов.

**16**

Для оценки заряда, накопленного воздушным конденсатором, можно использовать устройство, изображённое на рисунке: лёгкий шарик из оловянной фольги подвешен на изолирующей нити между двумя пластинами конденсатора, при этом одна из пластин заземлена, а другая заряжена положительно. Когда устройство собрано, а конденсатор заряжен (и отсоединен от источника), шарик приходит в колебательное движение, касаясь поочерёдно обеих пластин.



Выберите *два* верных утверждения, соответствующих колебательному движению шарика после первого касания пластины.

- 1) По мере колебаний шарика напряжение между пластинами конденсатора уменьшается.
- 2) При движении шарика к положительно заряженной пластине его заряд равен нулю, а при движении к заземлённой пластине — положителен.
- 3) При движении шарика к заземлённой пластине он заряжен положительно, а при движении к положительно заряженной пластине — отрицательно.
- 4) При движении шарика к заземлённой пластине он заряжен отрицательно, а при движении к положительно заряженной пластине — положителен.
- 5) По мере колебаний шарика емкость конденсатора уменьшается.

Ответ:

17

Частица массой  $m$ , несущая заряд  $q$ , движется в однородном магнитном поле с индукцией  $B$  по окружности радиусом  $R$  со скоростью  $v$ . Как изменятся радиусы орбиты и сила Лоренца, действующая на частицу, если её скорость увеличится?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

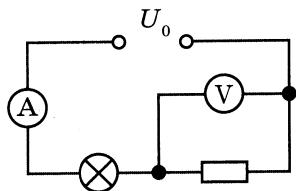
- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Радиус орбиты частицы	Сила Лоренца, действующая на частицу

18

Электрическая цепь, схема которой изображена на рисунке, подключена к аккумулятору. Напряжение между полюсами аккумулятора равно  $U_0$ , а показания идеальных амперметра и вольтметра равны соответственно  $I$  и  $U$ .



Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать. Внутренним сопротивлением аккумулятора пренебречь.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

#### ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) сопротивление лампочки
- 2) мощность, потребляемая лампочкой

#### ФОРМУЛЫ

- 1)  $\frac{U_0 - U}{I}$
- 2)  $UI$
- 3)  $\frac{U}{I}$
- 4)  $(U_0 - U)I$

Ответ:

A	B

19

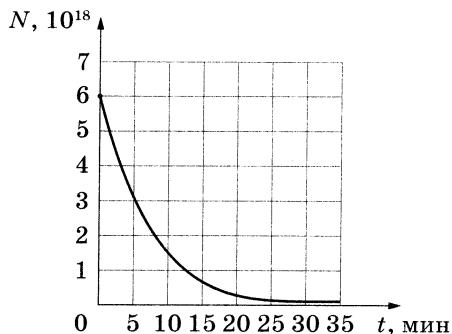
Ядро азота может захватить альфа-частицу, в результате чего происходит ядерная реакция  ${}_2^4\text{He} + {}_{7}^{14}\text{N} \rightarrow {}_Z^AX + {}_1^1\text{H}$  с образованием ядра химического элемента  ${}_Z^AX$ . Каковы заряд образовавшегося ядра  $Z$  (в единицах элементарного заряда) и его массовое число  $A$ ?

Заряд ядра $Z$	Массовое число ядра $A$

**В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.**

- 20** Дан график зависимости числа нераспавшихся ядер иридия  $^{181}_{77}\text{Ir}$  от времени. Каков период полураспада этого изотопа?

Ответ: \_\_\_\_\_ мин.



- 21** Интенсивность монохроматического светового пучка, освещдающего фотокатод, плавно уменьшают, не меняя частоты света. Как изменяются при этом количество фотонов, падающих на поверхность фотокатода в единицу времени, и скорость каждого фотона?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

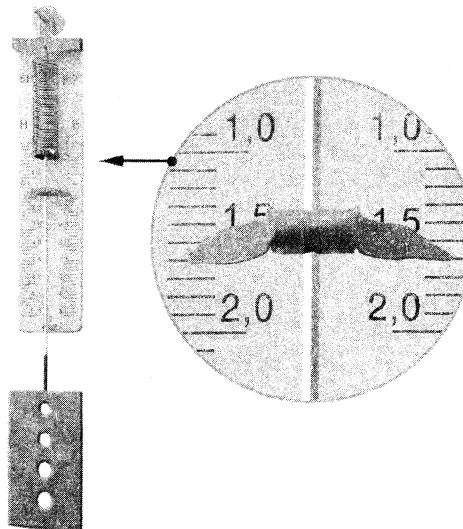
- 1) увеличивается      2) уменьшается      3) не меняется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Количество падающих фотонов в единицу времени	Скорость фотона

- 22** При помощи динамометра определяют вес металлической детали. Определите показание динамометра, если погрешность прямого измерения равна цене деления динамометра. Шкала проградуирована в Н.

Ответ: (\_\_\_\_\_  
± \_\_\_\_\_) Н.



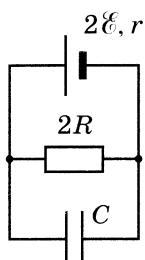
**В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.**

23

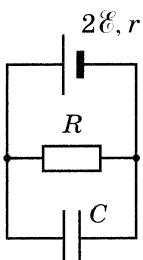
Необходимо экспериментально изучить зависимость заряда, накопленного конденсатором, от ЭДС аккумулятора.

Какие *две* схемы следует использовать для проведения такого исследования?

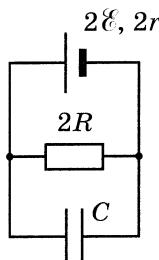
1)



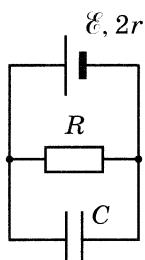
3)



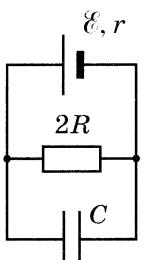
5)



2)



4)



Ответ:

24

Рассмотрите таблицу, содержащую характеристики планет Солнечной системы.

Название планеты	Диаметр в районе экватора, км	Период обращения вокруг Солнца	Период вращения вокруг оси	Вторая космическая скорость, км/с
Меркурий	4878	87,97 суток	58,6 суток	4,25
Венера	12 104	224,7 суток	243 суток 0 часов 27 минут	10,36
Земля	12 756	365,3 суток	23 часа 56 минут	11,18
Марс	6794	687 суток	24 часа 37 минут	5,02
Юпитер	142 800	11 лет 315 суток	9 часов 53,8 минут	59,54
Сатурн	120 660	29 лет 168 суток	10 часов 38 минут	35,49
Уран	51 118	84 года 5 суток	17 часов 12 минут	21,29
Нептун	49 528	164 года 290 суток	16 часов 4 минуты	23,71

Выберите *все* верные утверждения, которые соответствуют характеристикам планет.

- 1) За марсианский год на Марсе проходит примерно 670 марсианских суток.
- 2) Ускорение свободного падения на Меркурии примерно равно  $8,5 \text{ м/с}^2$ .
- 3) Первая космическая скорость для искусственного спутника Венеры составляет примерно 7,3 км/с.
- 4) Объём Нептуна в 10 раз меньше объёма Урана.
- 5) Марс вращается вокруг своей оси в 2 раза быстрее, чем Земля.

Ответ: \_\_\_\_\_.



*Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.*

*Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.*

## Часть 2

**Ответом к заданиям 25 и 26 является число. Запишите это число в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.**

- 25** Тепловая машина с максимально возможным КПД имеет в качестве нагревателя резервуар с водой, а в качестве холодильника — сосуд со льдом при  $0^{\circ}\text{C}$ . При совершении машиной работы 1 МДж растаяло 12,1 кг льда. Определите температуру воды в резервуаре. Ответ округлите до целых.

Ответ: \_\_\_\_\_ К.

- 26** Электрическая лампа мощностью 60 Вт испускает ежесекундно  $1 \cdot 10^{19}$  фотонов. Определите среднюю длину волн излучения лампы, если её коэффициент полезного действия равен 5 %.

Ответ: \_\_\_\_\_ нм.

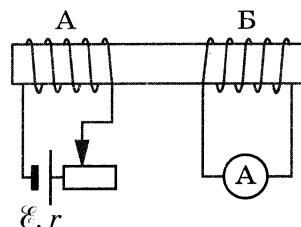


**Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.**

**Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.**

**Для записи ответов на задания 27–32 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (27, 28 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.**

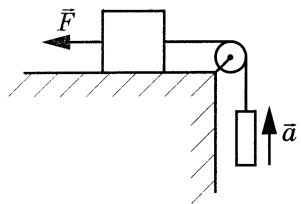
- 27** На железном стержне намотаны две катушки изолированного медного провода А и Б. Катушка А подключена к источнику с ЭДС  $\mathcal{E}$  и внутренним сопротивлением  $r$ , как показано на рисунке. Катушка Б замкнута на амперметр малого сопротивления. Ползунок реостата передвигают влево. В каком направлении протекает при этом ток через амперметр, подключённый к катушке Б? Ответ обоснуйте, указав, какие явления и закономерности Вы использовали для объяснения.



**Полное правильное решение каждой из задач 28–32 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.**

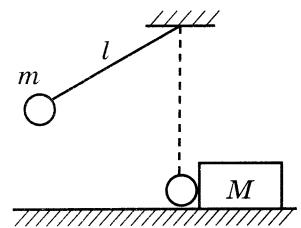
28

Груз массой 1 кг, находящийся на столе, связан лёгкой нерастяжимой нитью, переброшенной через идеальный блок, с другим грузом. На первый груз действует горизонтальная постоянная сила  $\vec{F}$  (см. рисунок). Второй груз массой 0,5 кг движется из состояния покоя с ускорением  $2 \text{ м/с}^2$ , направленным вверх. Коэффициент трения скольжения первого груза по поверхности стола равен 0,2. Определите величину силы  $\vec{F}$ .



29

Маленький шарик массой  $m = 0,25 \text{ кг}$  подвешен на лёгкой нерастяжимой нити длиной  $l = 0,8 \text{ м}$ , которая разрывается при некоторой силе натяжения  $T_0$ . Шарик отведён от положения равновесия (оно показано на рисунке пунктиром) и отпущен. Когда шарик проходит положение равновесия, нить обрывается, и шарик тут же абсолютно неупруго сталкивается с бруском массой  $M = 2,75 \text{ кг}$ , лежащим неподвижно на гладкой горизонтальной поверхности стола. Скорость бруска после удара  $v = 0,4 \text{ м/с}$ . Определите величину силы  $T_0$ . Считать, что брускок после удара движется поступательно.



30

В калориметре находится 1 кг льда при температуре  $-5 \text{ }^\circ\text{C}$ . Какую массу воды, имеющей температуру  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ , нужно добавить в калориметр, чтобы температура его содержимого после установления теплового равновесия оказалась  $-2 \text{ }^\circ\text{C}$ ? Теплообменом с окружающей средой и теплоёмкостью калориметра пренебречь.

31

Частица, имеющая заряд  $q = 10^{-9} \text{ Кл}$  и массу  $m = 2 \cdot 10^{-6} \text{ кг}$ , влетает в электрическое поле конденсатора параллельно его пластинам в точке, находящейся посередине между пластинами (см. рисунок). Минимальная скорость, с которой частица должна влететь в конденсатор, чтобы затем вылететь из него,  $v = 5 \text{ м/с}$ . Длина пластин конденсатора  $l = 5 \text{ см}$ ; расстояние между пластинами  $d = 1 \text{ см}$ . Определите напряжённость электрического поля внутри конденсатора. Поле внутри конденсатора считать однородным, силой тяжести и размерами частицы пренебречь. Считать, что конденсатор находится в вакууме.

$$+ + + + +$$

$$+ \vec{v} - - - - -$$

$$- - - - -$$

32

В плоскости, параллельной плоскости тонкой собирающей линзы, по окружности со скоростью  $v = 5 \text{ м/с}$  движется точечный источник света. Расстояние между плоскостями  $d = 15 \text{ см}$ . Центр окружности находится на главной оптической оси линзы. Фокусное расстояние линзы  $F = 10 \text{ см}$ . Найдите скорость движения изображения точечного источника света. Сделайте пояснительный чертёж, указав ход лучей в линзе.



**Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с номером соответствующего задания.**

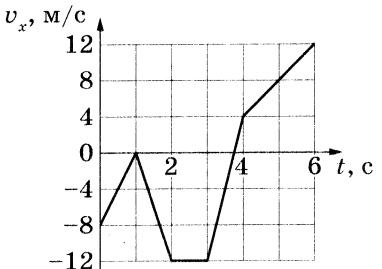
## ВАРИАНТ 18

### Часть 1

*Ответами к заданиям 1–24 являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.*

1

На рисунке показан график зависимости проекции  $v_x$  скорости тела от времени  $t$ . Какова проекция  $a_x$  ускорения этого тела в интервале времени от 3 до 4 с?



Ответ: \_\_\_\_\_ м/с<sup>2</sup>.

2

На штативе закреплён школьный динамометр. К нему подвесили груз массой 0,1 кг. Пружина динамометра при этом удлинилась на 2,5 см. Чему будет равно удлинение пружины, если масса груза увеличится втрое?

Ответ: \_\_\_\_\_ см.

3

Шарик массой 100 г падает с высоты 100 м с начальной скоростью, равной нулю. Чему равна его кинетическая энергия в момент перед падением на землю, если потеря энергии за счёт сопротивления воздуха составила 20 Дж?

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

4

Период вертикальных свободных колебаний пружинного маятника равен 0,5 с. Каким станет период свободных колебаний этого маятника, если массу груза маятника уменьшить в 2 раза, а жёсткость пружины вдвое увеличить?

Ответ: \_\_\_\_\_ с.

5

Деревянный брусок массой  $m_1 = 1000$  г покоялся на гладкой горизонтальной поверхности. На него налетает пластилиновый шарик массой  $m_2 = 200$  г, скользящий по поверхности со скоростью 3 м/с. В результате тела слипаются и движутся как единое целое.

Выберите **два** верных утверждения о результатах этого опыта.

- 1) Скорость тел после соударения равна 0,5 м/с.
- 2) В результате соударения выделилось количество теплоты, равное 0,75 Дж.
- 3) Кинетическая энергия деревянного бруска после соударения равна 0,25 Дж.
- 4) Суммарный импульс тел после удара равен 3 кг·м/с.
- 5) Общая кинетическая энергия системы тел «брусок + шарик» при ударе не изменилась.

Ответ:

- 6** В первой серии опытов бруск с грузом перемещали при помощи нити равномерно и прямолинейно вверх по наклонной плоскости. Во второй серии опытов точно так же перемещали этот бруск, закрепив на нём ещё один груз.

Как изменились при переходе от первой серии опытов ко второй коэффициент трения между бруском и плоскостью и сила трения скольжения между бруском и плоскостью?

Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:

- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждого ответа. Цифры в ответе могут повторяться.

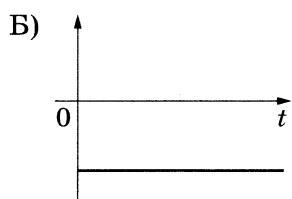
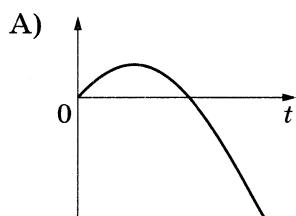
Коэффициент трения	Сила трения скольжения

- 7** Тело движется вдоль оси  $Ox$ , при этом его координата изменяется с течением времени в соответствии с формулой  $x(t) = -6 + 4t - 3t^2$  (все величины выражены в СИ).

Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

#### ГРАФИКИ



#### ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) проекция скорости тела  $v_x$
- 2) проекция ускорения тела  $a_x$
- 3) модуль  $F$  равнодействующей сил, действующих на тело
- 4) проекция перемещения тела  $s_x$

Ответ: 

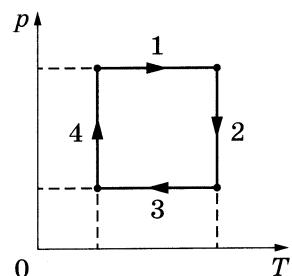
A	B

- 8** В сосуде неизменного объёма находится разреженный газ в количестве 3 моль. Во сколько раз изменится давление газа в сосуде, если выпустить из него 2 моль газа, а абсолютную температуру газа увеличить в 6 раз?

Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

- 9** На рисунке показан циклический процесс изменения состояния постоянной массы одноатомного идеального газа. На каком участке работы внешних сил над газом положительна и равна отданному газом количеству теплоты?

Ответ: на участке \_\_\_\_\_.



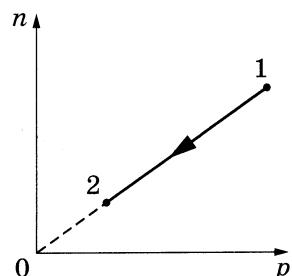
- 10** Концентрация молекул воды в воздухе увеличилась в 2 раза при неизменной температуре. Во сколько раз увеличилась относительная влажность воздуха?

Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

- 11** При переводе идеального газа из состояния 1 в состояние 2 концентрация молекул  $n$  пропорциональна давлению  $p$  (см. рисунок). Масса газа в процессе остаётся постоянной.

Из приведённого ниже списка выберите **два** правильных утверждения, характеризующих процесс 1–2.

- 1) Абсолютная температура газа уменьшается.
- 2) Плотность газа остаётся неизменной.
- 3) Происходит изотермическое расширение газа.
- 4) Среднеквадратичная скорость теплового движения молекул газа остаётся неизменной.
- 5) Средняя кинетическая энергия теплового движения молекул газа увеличивается.



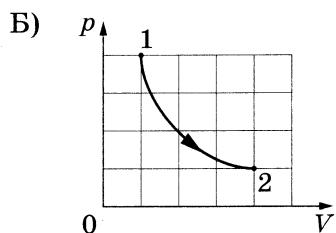
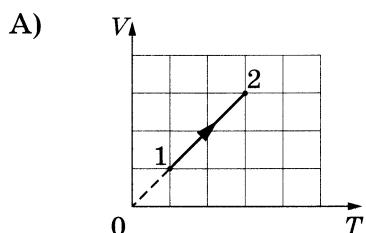
Ответ: 

--	--

- 12** Установите соответствие между графиками процессов, в которых участвует 1 моль одноатомного идеального газа, и физическими величинами ( $\Delta U$  — изменение внутренней энергии;  $A$  — работа газа), которые их характеризуют.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

#### ГРАФИКИ



#### ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

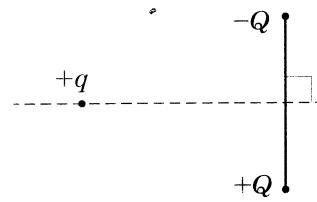
- 1)  $\Delta U = 0; A > 0$
- 2)  $\Delta U > 0; A > 0$
- 3)  $\Delta U > 0; A = 0$
- 4)  $\Delta U = 0; A < 0$

Ответ: 

A	B

13

Положительный заряд  $+q$  находится на равном расстоянии от двух неподвижных зарядов: положительного  $+Q$  и отрицательного  $-Q$  (см. рисунок). Куда направлено относительно рисунка (*вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя*) ускорение заряда  $+q$  в этот момент времени, если на него действуют только заряды  $+Q$  и  $-Q$ ? Ответ запишите словом (словами).



Ответ: \_\_\_\_\_.

14

Сила тока, текущего по проводнику, равна 2 А. За какое время по проводнику проходит заряд 50 Кл?

Ответ: \_\_\_\_\_ с.

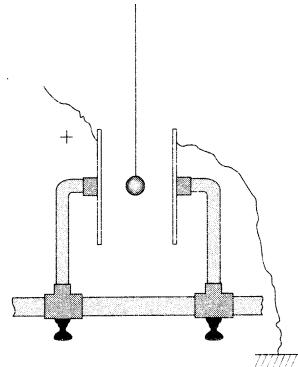
15

Луч света падает на плоское зеркало. Угол падения равен  $10^\circ$ . Определите угол между падающим и отражённым лучами.

Ответ: \_\_\_\_\_ градусов.

16

Для оценки заряда, накопленного воздушным конденсатором, можно использовать устройство, изображённое на рисунке: лёгкий шарик из оловянной фольги подвешен на изолирующей нити между двумя пластинами конденсатора, при этом одна из пластин заземлена, а другая заряжена положительно. Когда устройство собрано, а конденсатор заряжен (и отсоединен от источника), шарик приходит в колебательное движение, касаясь поочерёдно обеих пластин.



Выберите *два* верных утверждения, соответствующих колебательному движению шарика после первого касания пластины.

- 1) По мере колебаний шарика напряжение между пластинами конденсатора увеличивается.
- 2) При движении шарика к заземлённой пластине он заряжен положительно, а при движении к положительно заряженной пластине — отрицательно.
- 3) При движении шарика к положительно заряженной пластине его заряд равен нулю, а при движении к заземлённой пластине — положителен.
- 4) При движении шарика к заземлённой пластине он заряжен отрицательно, а при движении к положительно заряженной пластине — положительно.
- 5) По мере колебаний шарика электрическая ёмкость конденсатора остаётся неизменной.

Ответ:

- 17** Частица массой  $m$ , несущая заряд  $q$ , движется в однородном магнитном поле с индукцией  $B$  по окружности радиусом  $R$  со скоростью  $v$ . Как изменятся радиус орбиты и сила Лоренца, действующая на частицу, если её скорость уменьшится?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

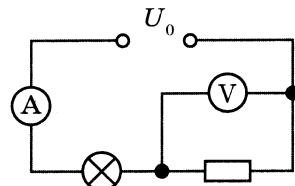
- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Радиус орбиты частицы	Сила Лоренца, действующая на частицу

- 18** Электрическая цепь, схема которой изображена на рисунке, подключена к аккумулятору. Напряжение между полюсами аккумулятора равно  $U_0$ , а показания идеальных амперметра и вольтметра равны соответственно  $I$  и  $U$ .

Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать. Внутренним сопротивлением аккумулятора пренебречь.



К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

#### ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) сопротивление резистора  
Б) мощность, потребляемая резистором

#### ФОРМУЛЫ

- 1)  $\frac{U_0 - U}{I}$
- 2)  $UI$
- 3)  $\frac{U}{I}$
- 4)  $(U_0 - U)I$

Ответ: 

A	B

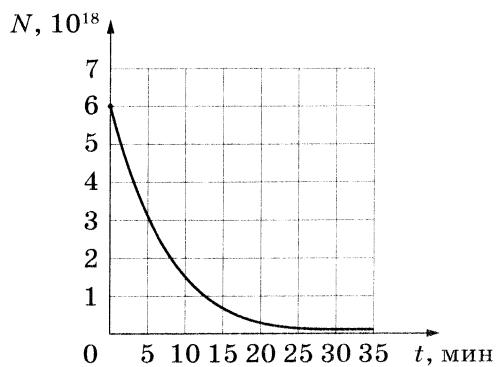
- 19** Ядро бора может захватить альфа-частицу, в результате чего происходит ядерная реакция  ${}_2^4\text{He} + {}_{5}^{11}\text{B} \rightarrow {}_Z^A\text{X} + {}_0^1\text{n}$  с образованием ядра химического элемента  ${}_Z^A\text{X}$ . Каковы заряд образовавшегося ядра  $Z$  (в единицах элементарного заряда) и его массовое число  $A$ ?

Заряд ядра $Z$	Массовое число ядра $A$

**В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.**

**20**

Дан график зависимости числа нераспавшихся ядер иридия  $^{181}_{77}\text{Ir}$  от времени. За какое время распадётся примерно 75 % ядер иридия?



Ответ: \_\_\_\_\_ мин.

**21**

Интенсивность монохроматического светового пучка, освещдающего фотокатод, плавно увеличиваются, не меняя частоты света. Как изменяются при этом количество фотонов, падающих на поверхность фотокатода в единицу времени, и скорость каждого фотона?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

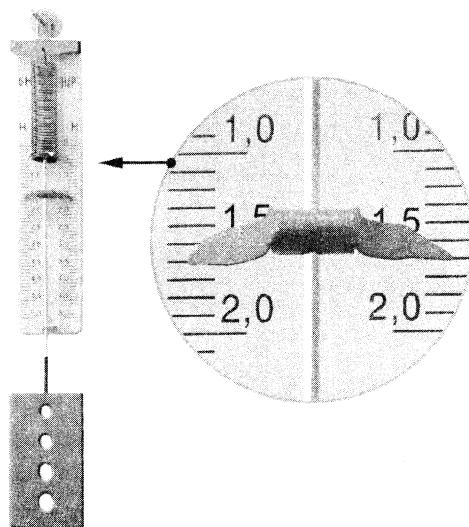
- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не меняется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Количество падающих фотонов в единицу времени	Скорость фотона

**22**

При помощи динамометра определяют вес металлической детали. Определите показание динамометра, если погрешность прямого измерения равна половине цены деления динамометра. Шкала проградуирована в Н.



Ответ: (\_\_\_\_\_  $\pm$  \_\_\_\_\_) Н.

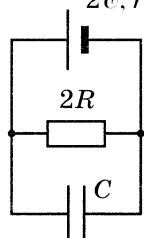
**В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.**

23

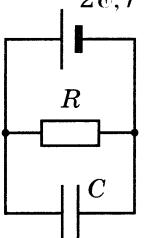
Необходимо экспериментально изучить зависимость заряда, накопленного конденсатором, от внутреннего сопротивления аккумулятора.

Какие *две* схемы следует использовать для проведения такого исследования?

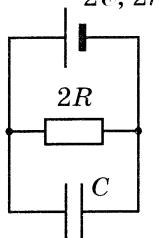
1)



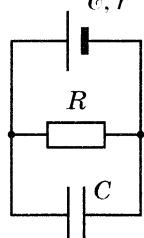
3)



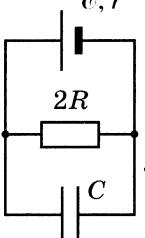
5)



2)



4)

Ответ:  

24

Рассмотрите таблицу, содержащую характеристики планет Солнечной системы.

Название планеты	Диаметр в районе экватора, км	Период обращения вокруг Солнца	Период вращения вокруг оси	Вторая космическая скорость, км/с
Меркурий	4878	87,97 суток	58,6 суток	4,25
Венера	12 104	224,7 суток	243 суток 0 часов 27 минут	10,36
Земля	12 756	365,3 суток	23 часа 56 минут	11,18
Марс	6794	687 суток	24 часа 37 минут	5,02
Юпитер	142 800	11 лет 315 суток	9 часов 53,8 минут	59,54
Сатурн	120 660	29 лет 168 суток	10 часов 38 минут	35,49
Уран	51 118	84 года 5 суток	17 часов 12 минут	21,29
Нептун	49 528	164 года 290 суток	16 часов 4 минуты	23,71

Выберите *все* верные утверждения, которые соответствуют характеристикам планет.

- 1) За марсианский год на Марсе проходит примерно 705 марсианских суток.
- 2) Ускорение свободного падения на Меркурии примерно равно  $3,7 \text{ м/с}^2$ .
- 3) Первая космическая скорость для искусственного спутника Венеры составляет примерно 14,6 км/с.
- 4) Объём Сатурна примерно в 13 раз больше объёма Урана.
- 5) Марс вращается вокруг своей оси в 2 раза быстрее, чем Земля.

Ответ: \_\_\_\_\_.



**Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.**

**Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.**

## Часть 2

**Ответом к заданиям 25 и 26 является число. Запишите это число в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.**

- 25** Тепловая машина с максимально возможным КПД имеет в качестве нагревателя резервуар с водой при  $80^{\circ}\text{C}$ , а в качестве холодильника — сосуд со льдом при  $0^{\circ}\text{C}$ . Определите работу, совершенную машиной, если в результате растаяло 12 кг льда. Ответ выразите в килоджоулях и округлите до целых.

Ответ: \_\_\_\_\_ кДж.

- 26** Электрическая лампа мощностью 100 Вт испускает ежесекундно  $1 \cdot 10^{19}$  фотонов. Средняя длина волн излучения 600 нм. Определите коэффициент полезного действия лампы.

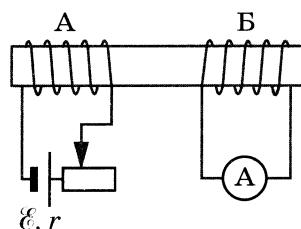
Ответ: \_\_\_\_\_ %.



**Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.  
Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.**

**Для записи ответов на задания 27–32 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (27, 28 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.**

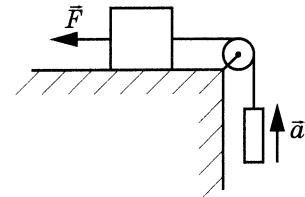
- 27** На железном стержне намотаны две катушки изолированного медного провода А и Б. Катушка А подключена к источнику с ЭДС  $\varepsilon$  и внутренним сопротивлением  $r$ , как показано на рисунке. Катушка Б замкнута на амперметр малого сопротивления. Ползунок реостата передвигают вправо. В каком направлении протекает при этом ток через амперметр, подключённый к катушке Б? Ответ обоснуйте, указав, какие явления и закономерности Вы использовали для объяснения.



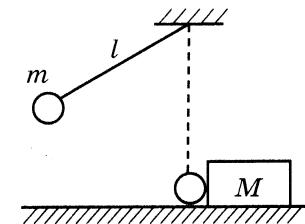
**Полное правильное решение каждой из задач 28–32 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.**

**28**

Груз массой 1 кг, находящийся на столе, связан лёгкой нерастяжимой нитью, переброшенной через идеальный блок, с другим грузом. На первый груз действует горизонтальная постоянная сила  $\vec{F}$ , равная по модулю 10 Н (см. рисунок). Второй груз движется из состояния покоя с ускорением  $2 \text{ м/с}^2$ , направленным вверх. Коэффициент трения скольжения первого груза по поверхности стола равен 0,2. Чему равна масса второго груза?

**29**

Маленький шарик массой  $m = 0,5$  кг подвешен на лёгкой нерастяжимой нити длиной  $l = 0,8$  м, которая разрывается при силе натяжения  $T_0 = 8,6$  Н. Шарик отведён от положения равновесия (оно показано на рисунке пунктиром) и отпущен. Когда шарик проходит положение равновесия, нить обрывается, и шарик тут же абсолютно неупруго сталкивается с бруском, лежащим неподвижно на гладкой горизонтальной поверхности стола. Скорость бруска после удара  $v = 0,4$  м/с. Какова масса  $M$  бруска? Считать, что брускок после удара движется поступательно.

**30**

В теплоизолированный сосуд, в котором находится 1 кг льда при температуре  $-20^\circ\text{C}$ , налили 0,2 кг воды при температуре  $10^\circ\text{C}$ . Определите массу льда в сосуде после установления теплового равновесия. Теплоёмкостью сосуда и потерями тепла пренебречь.

**31**

Частица, имеющая заряд  $q = 5 \cdot 10^{-9}$  Кл, влетает в электрическое поле конденсатора параллельно его пластинаам в точке, находящейся посередине между пластинами (см. рисунок). Минимальная скорость, с которой частица должна влететь в конденсатор, чтобы затем вылететь из него,  $v = 25$  м/с. Длина пластин конденсатора  $l = 5$  см; расстояние между пластинами  $d = 1$  см; напряжённость электрического поля конденсатора  $E = 500$  кВ/м. Чему равна масса частицы? Поле внутри конденсатора считать однородным, силой тяжести и размерами частицы пренебречь. Считать, что конденсатор находится в вакууме.

+ + + + +



- - - - -

**32**

В плоскости, параллельной плоскости собирающей линзы, по окружности радиуса  $r = 8$  см движется точечный источник света с частотой  $v = 30$  об/мин. Расстояние между плоскостями  $d = 15$  см. Центр окружности находится на главной оптической оси линзы. Фокусное расстояние линзы  $F = 10$  см. Найдите скорость движения изображения точечного источника света. Сделайте пояснительный чертёж, указав ход лучей в линзе.



**Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с номером соответствующего задания.**

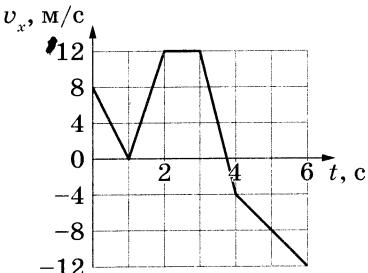
## ВАРИАНТ 19

### Часть 1

*Ответами к заданиям 1–24 являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.*

- 1 На рисунке показан график зависимости проекции  $v_x$  скорости тела от времени  $t$ . Какова проекция  $a_x$  ускорения этого тела в интервале времени от 4 до 6 с?

Ответ: \_\_\_\_\_ м/с<sup>2</sup>.



- 2 В инерциальной системе отсчёта сила 50 Н сообщает телу массой 5 кг некоторое ускорение. Какая сила сообщает такое же ускорение телу массой 3 кг?

Ответ: \_\_\_\_\_ Н.

- 3 Легковой автомобиль и грузовик движутся по горизонтальному мосту. Масса грузовика  $m = 4500$  кг. Какова масса легкового автомобиля, если отношение потенциальной энергии грузовика к потенциальной энергии легкового автомобиля относительно уровня воды в реке равно 3?

Ответ: \_\_\_\_\_ кг.

- 4 Кирпич массой 6 кг лежит на горизонтальной кладке стены, покрытой раствором. Какое давление оказывает кирпич на стену, если площадь грани, на которой он лежит, равна 300 см<sup>2</sup>?

Ответ: \_\_\_\_\_ Па.

**5**

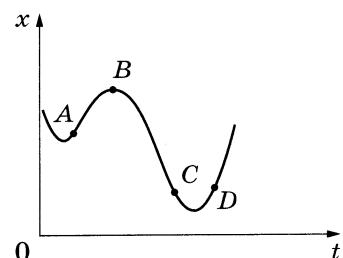
На рисунке показан график зависимости координаты  $x$  тела, движущегося вдоль оси  $Ox$ , от времени  $t$ .

Из приведённого ниже списка выберите **два** правильных утверждения.

- 1) В точке  $D$  ускорение тела и его скорость направлены в противоположные стороны.
- 2) На участке  $CD$  модуль скорости тела монотонно увеличивается.
- 3) Проекция перемещения тела на ось  $Ox$  при переходе из точки  $A$  в точку  $C$  отрицательна.
- 4) В точке  $B$  проекция ускорения тела на ось  $Ox$  отрицательна.
- 5) В точке  $A$  проекция скорости тела на ось  $Ox$  отрицательна.

Ответ: 

--	--

**6**

Подвешенный на пружине груз совершает свободные вертикальные гармонические колебания. Груз заменили на другой, масса которого **больше**, оставив пружину и амплитуду колебаний неизменными. Как при этом изменятся частота свободных колебаний груза и его максимальная скорость?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Частота свободных колебаний груза	Максимальная скорость груза

**7**

Шайба массой  $m$ , скользящая по гладкой горизонтальной поверхности со скоростью  $v$ , абсолютно неупруго сталкивается с покоящейся шайбой массой  $M$ . Удар центральный.

Установите соответствие между физическими величинами и формулами, выражающими их в рассматриваемой задаче.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго и запишите в таблицу выбранные цифры.

#### ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) кинетическая энергия покинувшейся шайбы после столкновения  
Б) импульс налетающей шайбы после столкновения

#### ФОРМУЛЫ

- 1)  $\frac{m^2 M v^2}{2(m + M)^2}$
- 2)  $mv$
- 3)  $\frac{M v^2}{2}$
- 4)  $\frac{m^2 v}{m + M}$

Ответ: 

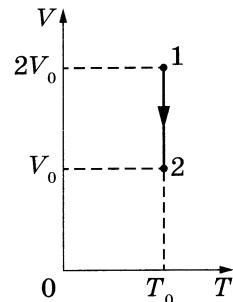
А	Б

- 8** При температуре  $T_0$  и давлении  $p_0$  3 моль идеального газа занимают объём 20 л. Какой объём будут занимать 2 моль газа при температуре  $3T_0$  и давлении  $4p_0$ ?

Ответ: \_\_\_\_\_ л.

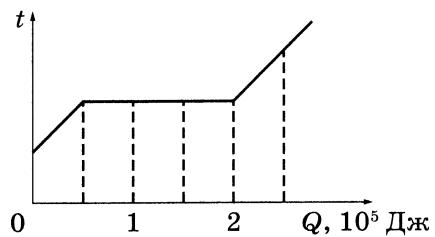
- 9** На  $VT$ -диаграмме показан процесс изменения состояния постоянной массы идеального одноатомного газа, где  $V$  — объём газа,  $T$  — его абсолютная температура. Работа, совершенная над газом в этом процессе, равна 50 кДж. Какое количество теплоты отдал газ в окружающую среду?

Ответ: \_\_\_\_\_ кДж.

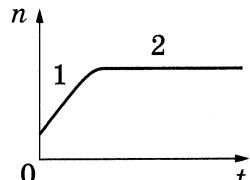


- 10** Вещество массой 6 кг находится в сосуде. На рисунке показан график изменения температуры  $t$  вещества по мере поглощения им количества теплоты  $Q$ . Первоначально вещество было в твёрдом состоянии. Какова удельная теплота плавления вещества?

Ответ: \_\_\_\_\_ кДж/кг.



- 11** В стеклянную колбу налили немного воды и герметично закрыли колбу пробкой. Вода постепенно испарялась. На рисунке показан график изменения со временем  $t$  концентрации  $n$  молекул водяного пара внутри колбы. Температура в колбе в течение всего времени проведения опыта оставалась постоянной. В конце опыта в колбе ещё оставалась вода.



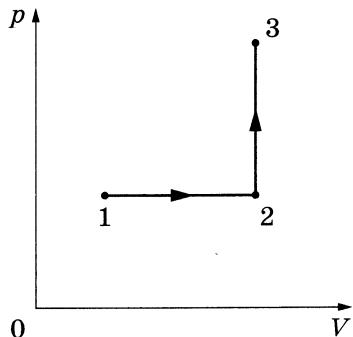
Из приведённого ниже списка выберите **два** правильных утверждения относительно описанного процесса.

- 1) На участке 1 плотность водяных паров увеличивалась.
- 2) На обоих участках водяной пар ненасыщенный.
- 3) На участке 2 давление водяных паров не менялось.
- 4) На участке 2 плотность водяных паров уменьшалась.
- 5) На участке 1 давление водяных паров уменьшалось.

Ответ:

**12**

Один моль одноатомного идеального газа участвует в процессе 1–2–3, график которого изображён на рисунке в координатах  $p$ – $V$ , где  $p$  — давление газа,  $V$  — объём газа. Как изменяются плотность газа в ходе процесса 1–2 и абсолютная температура газа  $T$  в ходе процесса 2–3? Масса газа остаётся постоянной.



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

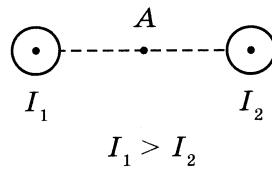
- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Плотность газа в ходе процесса 1–2	Абсолютная температура в ходе процесса 2–3

**13**

На рисунке показаны сечения двух параллельных длинных прямых проводников и направления токов в них. Сила тока  $I_1$  в первом проводнике больше силы тока  $I_2$  во втором. Куда направлен относительно рисунка (*вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя*) вектор индукции магнитного поля этих проводников в точке  $A$ , расположенной точно посередине между проводниками? Ответ запишите словом (словами).



Ответ: \_\_\_\_\_.

**14**

Расстояние между двумя точечными электрическими зарядами увеличили в 6 раз, каждый из зарядов увеличили в 3 раза. Во сколько раз уменьшился модуль силы электростатического взаимодействия между ними?

Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

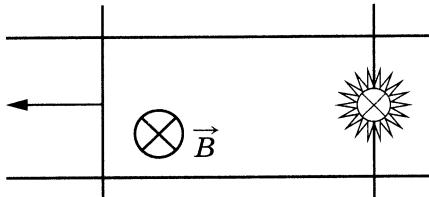
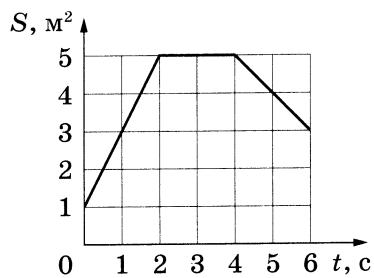
**15**

Луч света падает на плоское зеркало. Угол между падающим и отраженным лучами равен  $30^\circ$ . Чему равен угол между падающим лучом и зеркалом?

Ответ: \_\_\_\_\_ градусов.

**16**

По гладким параллельным проводящим рельсам, замкнутым на лампочку накаливания, перемещают лёгкий тонкий проводник. Контур находится в однородном магнитном поле с индукцией  $\vec{B}$  (см. рис. *a*). При движении проводника площадь контура изменяется так, как указано на рис. *б*.

Рис. *а*Рис. *б*

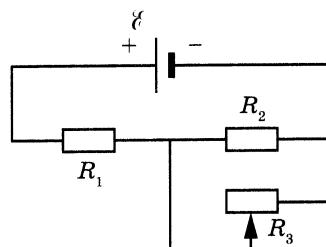
Выберите **два** верных утверждения, соответствующих приведённым данным и описанию опыта.

- 1) В момент времени  $t = 1$  с сила Ампера, действующая на проводник, направлена вправо.
- 2) Сила, прикладываемая к проводнику для его перемещения, в первые 2 секунды минимальна.
- 3) В интервале времени от 2 до 4 с индукционный ток, протекающий через лампочку, равен нулю.
- 4) В течение первых 6 секунд индукционный ток течёт через лампочку непрерывно.
- 5) Индукционный ток течёт в контуре всё время в одном направлении.

Ответ:

**17**

На рисунке показана цепь постоянного тока, содержащая источник тока с ЭДС  $\epsilon$ , два резистора и реостат. Сопротивления резисторов  $R_1$  и  $R_2$  одинаковы и равны  $R$ . Сопротивление реостата  $R_3$  можно менять. Как изменятся напряжение на резисторе  $R_2$  и суммарная тепловая мощность, выделяемая во внешней цепи, если уменьшить сопротивление реостата от  $R$  до 0? Внутренним сопротивлением источника пренебречь.



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

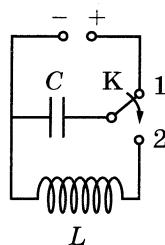
- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Напряжение на резисторе $R_2$	Суммарная тепловая мощность, выделяемая во внешней цепи

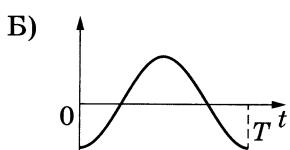
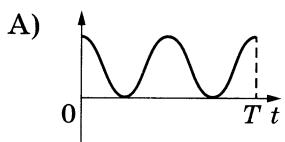
**18**

Конденсатор колебательного контура длительное время подключён к источнику постоянного напряжения (см. рисунок). В момент  $t = 0$  переключатель К переводят из положения 1 в положение 2. Графики А и Б представляют изменения физических величин, характеризующих электромагнитные колебания в контуре после этого ( $T$  — период колебаний).



Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ГРАФИКИ****ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- 1) сила тока в контуре
- 2) энергия магнитного поля катушки
- 3) энергия электрического поля конденсатора
- 4) заряд левой обкладки конденсатора

Ответ: 

A	B

**19**

В результате ядерной реакции синтеза  ${}_1^2\text{H} + {}_1^2\text{H} \rightarrow {}_Z^AX + {}_0^1\text{n}$  образуется ядро химического элемента  ${}_Z^AX$ . Каковы заряд  $Z$  образовавшегося ядра (в единицах элементарного заряда) и его массовое число  $A$ ?

Заряд ядра $Z$	Массовое число ядра $A$

**В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.**

**20**

Период полураспада  $T$  изотопа европия  ${}^{156}_{63}\text{Eu}$  равен 15 дням. Какая масса этого изотопа распалась за 45 дней в образце, содержащем первоначально 80 мг  ${}^{156}_{63}\text{Eu}$ ?

Ответ: \_\_\_\_\_ мг.

21

На рисунке изображена упрощённая диаграмма низких энергетических уровней атома. Стрелками отмечены некоторые возможные переходы атома между этими уровнями.

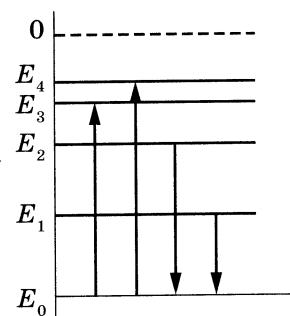
Установите соответствие между процессами поглощения света наименьшей длины волны и излучения света наименьшей частоты и энергией соответствующего фотона.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

## ПРОЦЕССЫ

А) поглощение света наименьшей длины волны

Б) излучение света наименьшей частоты



## ЭНЕРГИЯ ФОТОНА

1)  $E_1 - E_0$

2)  $E_2 - E_0$

3)  $E_3 - E_0$

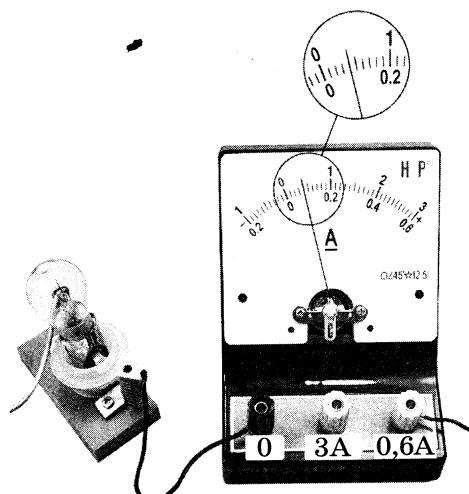
4)  $E_4 - E_0$

Ответ: 

A	B

22

Определите силу тока в лампочке (см. рисунок), если погрешность прямого измерения силы тока равна цене деления амперметра.



Ответ: (\_\_\_\_ ± \_\_\_\_ ) А.

*В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.*

23

Ученику необходимо на опыте обнаружить зависимость объёма газа, находящегося в сосуде под подвижным поршнем, от внешнего давления. У него имеются пять различных сосудов с манометрами. Сосуды наполнены одним и тем же газом при различных значениях температуры и давления (см. таблицу).

Какие *два* сосуда необходимо взять ученику, чтобы провести данное исследование?

№ сосуда	Давление, кПа	Температура газа в сосуде, °С	Масса газа, г
1	150	50	10
2	200	50	15
3	150	20	15
4	150	20	10
5	200	20	15

Запишите в таблицу номера выбранных сосудов.

Ответ: 

--	--

**24**

Рассмотрите таблицу, содержащую характеристики некоторых спутников планет Солнечной системы.

Название спутника	Радиус спутника, км	Радиус орбиты, тыс. км	Вторая космическая скорость, м/с	Планета
Луна	1737	384,4	2400	Земля
Фобос	~12	9,38	11	Марс
Ио	1821	421,6	2560	Юпитер
Европа	1561	670,9	2025	Юпитер
Каллисто	2410	1883	2445	Юпитер
Титан	2575	1221,8	2640	Сатурн
Оберон	761	583,5	725	Уран

Выберите *все* верные утверждения, которые соответствуют характеристикам спутников планет.

- 1) Первая космическая скорость для искусственного спутника Каллисто составляет примерно 3,45 км/с.
- 2) Ускорение свободного падения на Титане примерно 1,35 м/с<sup>2</sup>.
- 3) Объём Ио в 3 раза больше объёма Оберона.
- 4) Объём Титана меньше объёма Луны.
- 5) Европа находится дальше от поверхности Юпитера, чем Ио.

Ответ: \_\_\_\_\_.



*Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.  
Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.*

## Часть 2

*Ответом к заданиям 25 и 26 является число. Запишите это число в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.*

**25**

В калориметр с водой при температуре 0 °С опущена трубка. По трубке в воду впускают водяной пар при температуре 100 °С. В некоторый момент масса воды перестаёт увеличиваться, хотя пар по-прежнему пропускают. Определите первоначальную массу воды в калориметре, если масса сконденсированного пара 126 г. Тепловыми потерями пренебречь.

Ответ: \_\_\_\_\_ кг.

26

На металл падает поток фотонов с длиной волны в 3 раза меньше «красной границы» фотоэффекта. Во сколько раз уменьшится максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов, вылетающих из этого металла, если длину волны падающего света увеличить в 1,5 раза?

Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).



**Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.**

**Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.**

**Для записи ответов на задания 27–32 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (27, 28 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.**

27

Параллельно катушке индуктивности  $L$  включена лампочка (см. рис. а). Яркость свечения лампочки прямо пропорциональна напряжению на ней. На рис. б представлен график зависимости силы тока  $I$  в катушке от времени  $t$ . Сопротивлением катушки пренебречь. Опираясь на законы физики, изобразите график зависимости яркости свечения лампочки от времени.

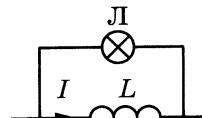


Рис. а

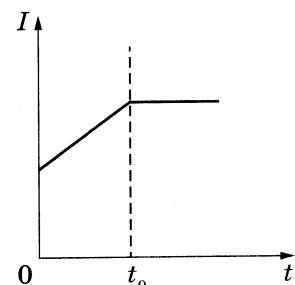
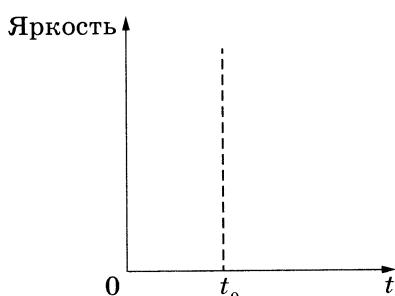
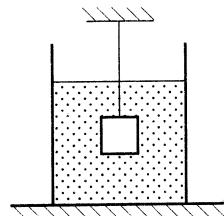


Рис. б

**Полное правильное решение каждой из задач 28–32 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.**

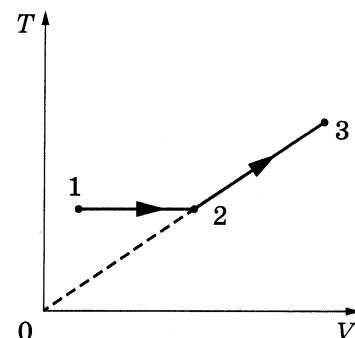
28

Груз массой  $m = 2,0$  кг и объёмом  $V = 10^{-3}$  м<sup>3</sup>, подвешенный на тонкой нити, целиком погружен в жидкость и не касается дна сосуда (см. рисунок). Модуль силы натяжения нити  $T = 12$  Н. Найдите плотность жидкости.

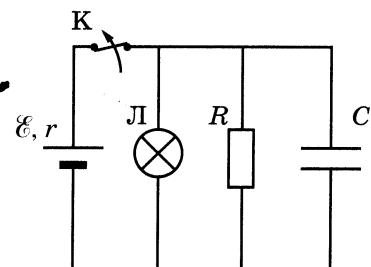


- 29** В маленький шар, висящий на нити длиной  $l = 50$  см, попадает и застревает в нём горизонтально летящая со скоростью  $v_0 = 300$  м/с пуля массой  $m = 10$  г. Определите максимальную массу шара, при которой он после этого совершил полный оборот в вертикальной плоскости. Сопротивлением воздуха пренебречь.

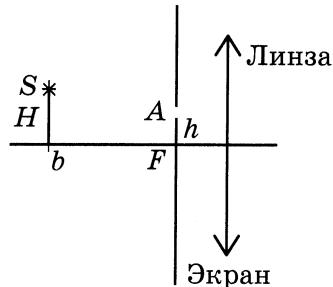
- 30** Один моль одноатомного идеального газа совершает процесс 1–2–3, график которого показан на рисунке в координатах  $T$ – $V$ . Известно, что в процессе 1–2 газ совершил работу 2,5 кДж, а в процессе 2–3 объём газа  $V$  увеличился в 3 раза. Какое количество теплоты было сообщено газу в процессе 1–2–3, если его температура  $T$  в состоянии 1 равна 300 К?



- 31** К аккумулятору с ЭДС 40 В и внутренним сопротивлением 2 Ом подключили лампу сопротивлением 10 Ом и резистор сопротивлением 15 Ом, а также конденсатор ёмкостью 200 мкФ (см. рисунок). Спустя длительный промежуток времени ключ К размыкают. Какое количество теплоты выделится после этого на резисторе?



- 32** Главная оптическая ось тонкой собирающей линзы с фокусным расстоянием  $F = 20$  см и точечный источник света  $S$  находятся в плоскости рисунка. Точка  $S$  находится на расстоянии  $b = 70$  см от плоскости линзы и на расстоянии  $H = 5$  см от её главной оптической оси. В левой фокальной плоскости линзы лежит тонкий непрозрачный экран с маленьким отверстием  $A$ , находящимся в плоскости рисунка на расстоянии  $h = 4$  см от главной оптической оси линзы. На каком расстоянии  $x$  от плоскости линзы луч  $SA$  от точечного источника, пройдя через отверстие в экране и линзу, пересечёт её главную оптическую ось? Дифракцией света пренебречь. Постройте рисунок, показывающий ход луча через линзу.



**Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с номером соответствующего задания.**

## ВАРИАНТ 20

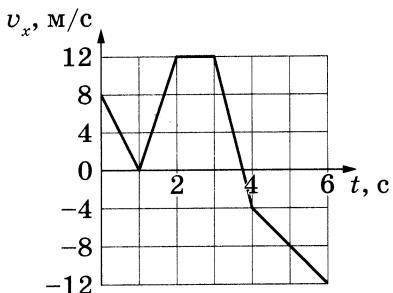
### Часть 1

*Ответами к заданиям 1–24 являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.*

1

На рисунке показан график зависимости проекции  $v_x$  скорости тела от времени  $t$ . Какова проекция  $a_x$  ускорения этого тела в интервале времени от 3 до 4 с?

Ответ: \_\_\_\_\_ м/с<sup>2</sup>.



2

В инерциальной системе отсчёта сила 50 Н сообщает телу массой 5 кг некоторое ускорение. Какова масса тела, которому сила 60 Н сообщает такое же ускорение?

Ответ: \_\_\_\_\_ кг.

3

Автобус и легковой автомобиль движутся по горизонтальному мосту. Масса легкового автомобиля  $m = 2000$  кг. Какова масса автобуса, если отношение потенциальной энергии автобуса к потенциальной энергии легкового автомобиля относительно уровня воды в реке равно 4?

Ответ: \_\_\_\_\_ кг.

4

Кирпич массой 4 кг лежит на горизонтальной кладке стены, покрытой раствором, оказывая на неё давление 1250 Па. Какова площадь грани, на которой лежит кирпич?

Ответ: \_\_\_\_\_ см<sup>2</sup>.

**5**

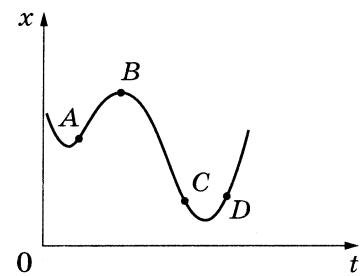
На рисунке показан график зависимости координаты  $x$  тела, движущегося вдоль оси  $Ox$ , от времени  $t$ .

Из приведённого ниже списка выберите **два** правильных утверждения.

- 1) В точке  $D$  ускорение тела и его скорость направлены в одну сторону.
- 2) На участке  $CD$  модуль скорости тела монотонно увеличивается.
- 3) Проекция перемещения тела на ось  $Ox$  при переходе из точки  $A$  в точку  $C$  положительна.
- 4) В точке  $B$  ускорение тела равно нулю.
- 5) В точке  $A$  проекция скорости тела на ось  $Ox$  положительна.

Ответ: 

--	--

**6**

Подвешенный на пружине груз совершает свободные вертикальные гармонические колебания. Пружину заменили на другую, жёсткость которой больше, оставив массу груза и амплитуду колебаний неизменными. Как при этом изменятся частота свободных колебаний груза и его максимальная скорость?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Частота свободных колебаний груза	Максимальная скорость груза

**7**

Шайба массой  $m$ , скользящая по гладкой горизонтальной поверхности со скоростью  $\vec{v}$ , абсолютно неупруго сталкивается с покоящейся шайбой массой  $M$ . Удар центральный.

Установите соответствие между физическими величинами и формулами, выражающими их в рассматриваемой задаче.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго и запишите в таблицу выбранные цифры.

#### ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) кинетическая энергия налетающей шайбы после столкновения  
Б) импульс покоившейся шайбы после столкновения

#### ФОРМУЛЫ

- 1)  $\frac{m^2 M v^2}{2(m + M)^2}$
- 2)  $\frac{m M v}{m + M}$
- 3)  $\frac{m^3 v^2}{2(m + M)^2}$
- 4)  $\frac{m^2 v}{m + M}$

Ответ: 

А	Б

**8**

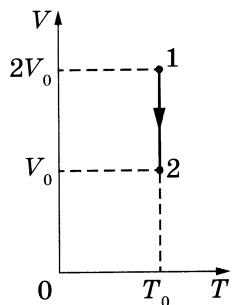
При температуре  $T_0$  и давлении  $p_0$  3 моль идеального газа занимают объём  $2V_0$ . Сколько моль газа будут занимать объём  $V_0$  при температуре  $3T_0$  и давлении  $2p_0$ ?

Ответ: \_\_\_\_\_ моль.

**9**

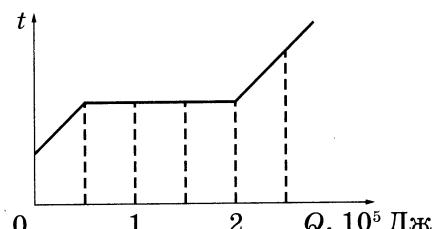
На  $VT$ -диаграмме показан процесс изменения состояния постоянной массы идеального одноатомного газа, где  $V$  — объём газа,  $T$  — его абсолютная температура. В этом процессе газ отдал в окружающую среду количество теплоты, равное 80 кДж. Какую работу совершили над газом внешние силы?

Ответ: \_\_\_\_\_ кДж.

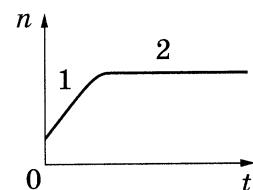
**10**

Вещество массой 0,5 кг находится в сосуде под поршнем. На рисунке показан график изменения температуры  $t$  вещества по мере поглощения им количества теплоты  $Q$ . Первоначально вещество было в жидком состоянии. Какова удельная теплота парообразования вещества?

Ответ: \_\_\_\_\_ кДж/кг.

**11**

В стеклянную колбу налили немного воды и герметично закрыли колбу пробкой. Вода постепенно испарялась. На рисунке показан график изменения со временем  $t$  концентрации  $n$  молекул водяного пара внутри колбы. Температура в колбе в течение всего времени проведения опыта оставалась постоянной. В конце опыта в колбе ещё оставалась вода.



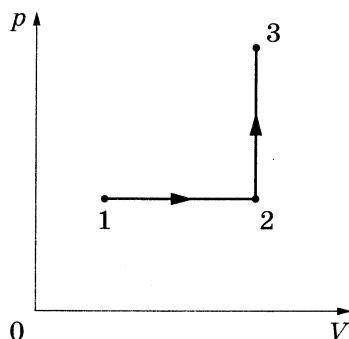
Из приведённого ниже списка выберите **два** правильных утверждения относительно описанного процесса.

- 1) На участке 1 плотность водяных паров уменьшалась.
- 2) На обоих участках водяной пар ненасыщенный.
- 3) На участке 2 давление водяных паров увеличивалось.
- 4) На участке 2 плотность водяных паров оставалась неизменной.
- 5) На участке 1 давление водяных паров увеличивалось.

Ответ:

**12**

Один моль одноатомного идеального газа участвует в процессе 1–2–3, график которого изображён на рисунке в координатах  $p$ – $V$ , где  $p$  — давление газа,  $V$  — объём газа. Как изменяются абсолютная температура газа  $T$  в ходе процесса 1–2 и плотность газа  $\rho$  в ходе процесса 2–3? Масса газа остаётся постоянной.



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

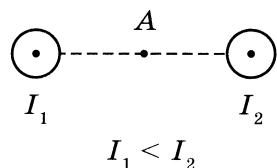
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Абсолютная температура газа в ходе процесса 1–2	Плотность газа в ходе процесса 2–3

**13**

На рисунке показаны сечения двух параллельных длинных прямых проводников и направления токов в них. Сила тока  $I_1$  в первом проводнике меньше силы тока  $I_2$  во втором. Куда направлен относительно рисунка (*вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя*) вектор индукции магнитного поля этих проводников в точке  $A$ , расположенной точно посередине между проводниками?

*Ответ запишите словом (словами).*



Ответ: \_\_\_\_\_.

**14**

Расстояние между двумя точечными электрическими зарядами уменьшили в 3 раза, каждый из зарядов увеличили в 3 раза. Во сколько раз увеличился модуль силы электростатического взаимодействия между ними?

Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

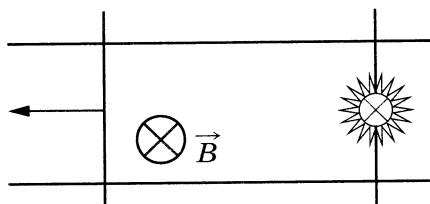
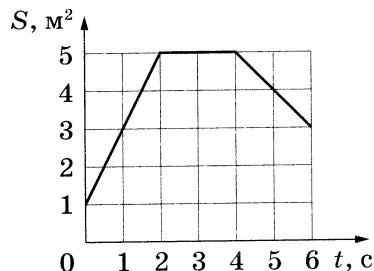
**15**

Луч света падает на плоское зеркало. Угол между падающим и отраженным лучами равен  $40^\circ$ . Чему равен угол между отраженным лучом и зеркалом?

Ответ: \_\_\_\_\_ градусов.

**16**

По гладким параллельным проводящим рельсам, замкнутым на лампочку накаливания, перемещают лёгкий тонкий проводник. Контур находится в однородном магнитном поле с индукцией  $\vec{B}$  (см. рис. *a*). При движении проводника площадь контура изменяется так, как указано на рис. *б*.

Рис. *а*Рис. *б*

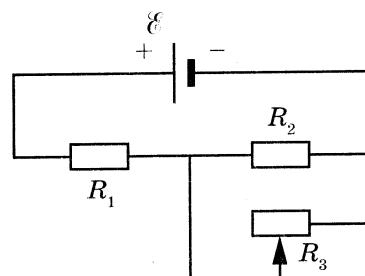
Выберите *два* верных утверждения, соответствующих приведённым данным и описанию опыта.

- 1) В момент времени  $t = 3$  с сила Ампера, действующая на проводник, направлена вправо.
- 2) Сила, прикладываемая к проводнику для его перемещения, в первые 2 секунды максимальна.
- 3) В течение первых 6 секунд индукционный ток течёт через лампочку непрерывно.
- 4) В интервале времени от 4 до 6 с через лампочку протекает индукционный ток.
- 5) Индукционный ток течёт в контуре всё время в одном направлении.

Ответ:

**17**

На рисунке показана цепь постоянного тока, содержащая источник тока с ЭДС  $\epsilon$ , два резистора и реостат. Сопротивления резисторов  $R_1$  и  $R_2$  одинаковы и равны  $R$ . Сопротивление реостата  $R_3$  можно менять. Как изменятся напряжение на резисторе  $R_1$  и тепловая мощность, выделяемая на резисторе  $R_2$ , если уменьшить сопротивление реостата от  $R$  до 0? Внутренним сопротивлением источника пренебречь.



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

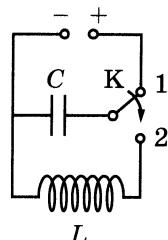
- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Напряжение на резисторе $R_1$	Тепловая мощность, выделяемая на резисторе $R_2$

**18**

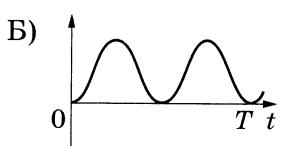
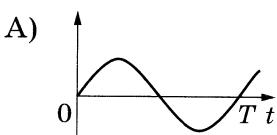
Конденсатор колебательного контура длительное время подключён к источнику постоянного напряжения (см. рисунок). В момент  $t = 0$  переключатель К переводят из положения 1 в положение 2. Графики А и Б представляют изменения физических величин, характеризующих электромагнитные колебания в контуре после этого ( $T$  — период колебаний).



Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

## ГРАФИКИ



## ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) сила тока в контуре
- 2) энергия магнитного поля катушки
- 3) энергия электрического поля конденсатора
- 4) заряд левой обкладки конденсатора

Ответ: 

	А	Б

**19**

В результате ядерной реакции синтеза  ${}^7_3\text{Li} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^A_Z\text{X} + {}^1_0\text{n}$  образуется ядро химического элемента  ${}^A_Z\text{X}$ . Каковы заряд  $Z$  образовавшегося ядра (в единицах элементарного заряда) и его массовое число  $A$ ?

Заряд ядра $Z$	Массовое число ядра $A$

**В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.**

**20**

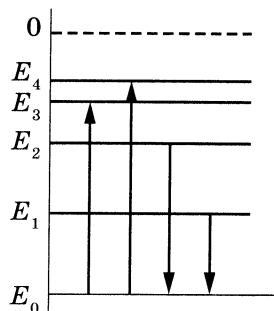
Период полураспада  $T$  изотопа европия  ${}^{156}_{63}\text{Eu}$  равен 15 дням. Какая масса этого изотопа осталась через 60 дней в образце, содержащем первоначально 80 мг  ${}^{156}_{63}\text{Eu}$ ?

Ответ: \_\_\_\_\_ мг.

**21**

На рисунке изображена упрощённая диаграмма нижних энергетических уровней атома. Стрелками отмечены некоторые возможные переходы атома между этими уровнями.

Установите соответствие между процессами излучения света наименьшей длины волны и поглощения света наименьшей частоты и энергией соответствующего фотона.



К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

## ПРОЦЕССЫ

- А) излучение света наименьшей длины волны  
 Б) поглощение света наименьшей частоты

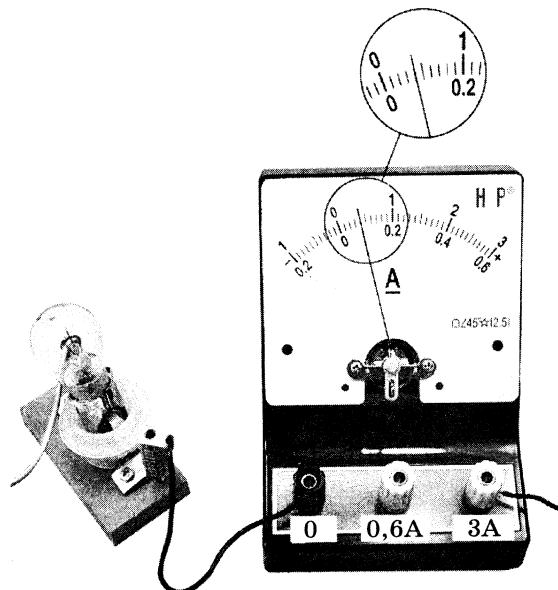
## ЭНЕРГИЯ ФОТОНА

- 1)  $E_1 - E_0$
- 2)  $E_2 - E_0$
- 3)  $E_3 - E_0$
- 4)  $E_4 - E_0$

Ответ: 

A	B

- 22** Определите силу тока в лампочке (см. рисунок), если погрешность прямого измерения силы тока равна цене деления амперметра.



Ответ: (       ±       ) А.

*В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.*

- 23** Ученику необходимо на опыте обнаружить зависимость объёма газа, находящегося в сосуде под подвижным поршнем, от температуры. У него имеются пять различных сосудов с манометрами. Сосуды наполнены одним и тем же газом при различных значениях температуры и давления (см. таблицу).

Какие *два* сосуда необходимо взять ученику, чтобы провести данное исследование?

№ сосуда	Давление, кПа	Температура газа в сосуде, °С	Масса газа, г
1	150	50	10
2	200	50	15
3	150	20	15
4	150	20	10
5	200	20	10

Запишите в таблицу номера выбранных сосудов.

Ответ: 

--	--

**24**

Рассмотрите таблицу, содержащую характеристики некоторых спутников планет Солнечной системы.

Название спутника	Радиус спутника, км	Радиус орбиты, тыс. км	Вторая космическая скорость, м/с	Планета
Луна	1737	384,4	2400	Земля
Фобос	~12	9,38	11	Марс
Ио	1821	421,6	2560	Юпитер
Европа	1561	670,9	2025	Юпитер
Каллисто	2410	1883	2445	Юпитер
Титан	2575	1221,8	2640	Сатурн
Оберон	761	583,5	725	Уран
Тритон	1354	354,8	1438	Нептун

Выберите *все* верные утверждения, которые соответствуют характеристикам спутников планет.

- 1) Первая космическая скорость для искусственного спутника Каллисто составляет примерно 1,7 км/с.
- 2) Ускорение свободного падения на Титане равно 26,40 м/с<sup>2</sup>.
- 3) Объём Ио в 3 раза больше объёма Оберона.
- 4) Объём Титана больше объёма Луны.
- 5) Ио находится дальше от поверхности Юпитера, чем Европа.

Ответ: \_\_\_\_\_.



*Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.*

*Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.*

## Часть 2

*Ответом к заданиям 25 и 26 является число. Запишите это число в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.*

**25**

В калориметр с водой опущена трубка. По трубке в воду впускают водяной пар при температуре 100 °С. В некоторый момент масса воды перестаёт увеличиваться, хотя пар по-прежнему пропускают. Первоначальная масса воды 460 г, а температура 0 °С. Определите массу сконденсированного пара. Тепловыми потерями пренебречь.

Ответ: \_\_\_\_\_ кг.

**26**

На металл падает поток фотонов с частотой в 3,5 раза больше «красной границы» фотоэффекта. Во сколько раз увеличится максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов, вылетающих из этого металла, если частоту падающего света увеличить в 2 раза?

Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).



*Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.*

*Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.*

**Для записи ответов на задания 27–32 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (27, 28 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.**

**27**

Параллельно катушке индуктивности  $L$  включена лампочка (см. рис. а). Яркость свечения лампочки прямо пропорциональна напряжению на ней. На рис. б представлен график зависимости силы тока  $I$  в катушке от времени  $t$ . Сопротивлением катушки пренебречь. Опираясь на законы физики, изобразите график зависимости яркости свечения лампочки от времени.

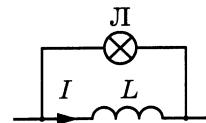


Рис. а

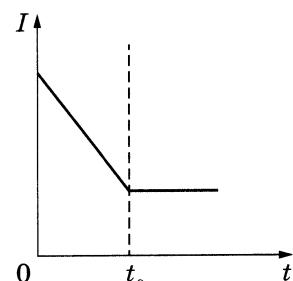
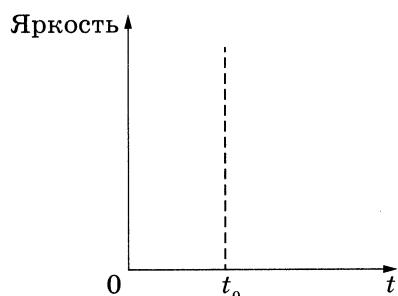
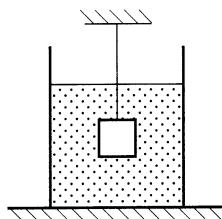


Рис. б

*Полное правильное решение каждой из задач 28–32 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.*

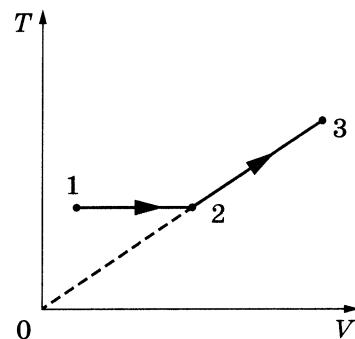
**28**

Груз массой  $m = 1,5$  кг и объёмом  $V = 10^{-3}$  м<sup>3</sup>, подвешенный на тонкой нити, целиком погружен в керосин и не касается дна сосуда (см. рисунок). Найдите модуль силы натяжения нити.

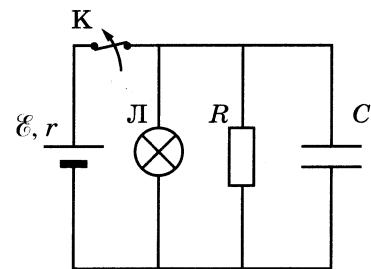


- 29** В маленький шар массой  $M = 250$  г, висящий на нити длиной  $l = 50$  см, попадает и застревает в нём горизонтально летящая пуля массой  $m = 10$  г. При какой минимальной скорости пули шар после этого совершил полный оборот в вертикальной плоскости? Сопротивлением воздуха пренебречь.

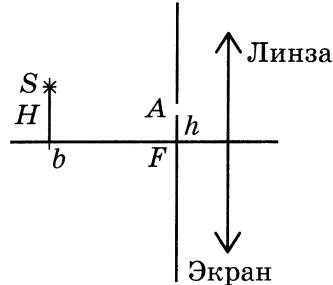
- 30** Один моль одноатомного идеального газа совершает процесс 1–2–3, график которого показан на рисунке в координатах  $T$ – $V$ . Известно, что в процессе 1–2 газ совершил работу 3 кДж, а в процессе 2–3 объём газа  $V$  увеличился в 2 раза. Какое количество теплоты было сообщено газу в процессе 1–2–3, если его температура  $T$  в состоянии 3 равна 600 К?



- 31** К аккумулятору с ЭДС 50 В и внутренним сопротивлением 4 Ом подключили лампу сопротивлением 10 Ом и резистор сопротивлением 15 Ом, а также конденсатор ёмкостью 100 мкФ (см. рисунок). Спустя длительный промежуток времени ключ К размыкают. Какое количество теплоты выделяется после этого на лампе?



- 32** Главная оптическая ось тонкой собирающей линзы с оптической силой  $D = 5$  дптр и точечный источник света  $S$  находятся в плоскости рисунка. Точка  $S$  находится на расстоянии  $b = 70$  см от плоскости линзы и на расстоянии  $H = 10$  см от её главной оптической оси. В левой фокальной плоскости линзы лежит тонкий непрозрачный экран с маленьким отверстием  $A$ , находящимся в плоскости рисунка на расстоянии  $h$  от главной оптической оси линзы. Определите расстояние  $h$ , если известно, что луч  $SA$  от точечного источника, пройдя через отверстие в экране и линзу, пересечёт её главную оптическую ось на расстоянии  $x = 18$  см от плоскости линзы. Дифракцией света пренебречь. Постройте рисунок, показывающий ход луча через линзу.



**Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с номером соответствующего задания.**



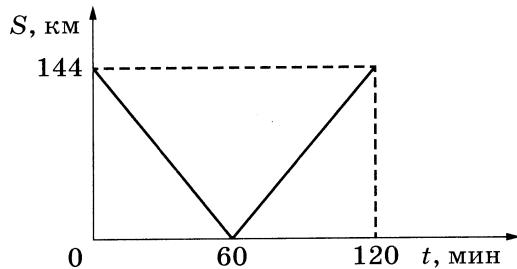
## ВАРИАНТ 21

### Часть 1

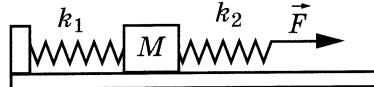
Ответами к заданиям 1–24 являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

- 1 Из двух городов навстречу друг другу с постоянной скоростью движутся два автомобиля. На графике показана зависимость расстояния между автомобилями от времени. Скорость первого автомобиля 25 м/с. С какой скоростью движется второй автомобиль?

Ответ: \_\_\_\_\_ м/с.



- 2 К системе из кубика массой  $M = 1$  кг и двух пружин приложена постоянная горизонтальная сила  $\vec{F}$  величиной 12 Н (см. рисунок). Между кубиком и опорой трения нет. Система покоятся. Жёсткость первой пружины  $k_1 = 400$  Н/м. Жёсткость второй пружины  $k_2 = 600$  Н/м. Каково удлинение первой пружины?



Ответ: \_\_\_\_\_ см.

- 3 Шарик массой 400 г падает с некоторой высоты. Начальная скорость шарика равна нулю. Его кинетическая энергия при падении на землю равна 7 Дж, а потеря энергии за счёт сопротивления воздуха составила 1 Дж. С какой высоты упал шарик?

Ответ: \_\_\_\_\_ м.

- 4 Колеблющаяся струна издаёт звук с длиной волны 0,68 м. Какова частота её колебаний, если скорость звука в воздухе 340 м/с?

Ответ: \_\_\_\_\_ Гц.

5

Автомобиль массой 3 т проезжает верхнюю точку выпуклого моста, радиус кривизны которого равен 60 м, двигаясь с постоянной скоростью 54 км/ч.

Из приведённого ниже списка выберите **два** правильных утверждения, характеризующих движение автомобиля.

- 1) Сила, с которой автомобиль действует на мост, направлена вертикально вниз и равна 18 750 Н.
- 2) Сила, с которой мост действует на автомобиль, больше 20 000 Н и направлена вертикально вверх.
- 3) Сила тяжести, действующая на автомобиль, равна 25 000 Н.
- 4) Центростремительное ускорение автомобиля равно  $3,75 \text{ м/с}^2$ .
- 5) Сумма сил, действующих на автомобиль, направлена вертикально вверх.

Ответ: 

--	--

6

На поверхности пресной воды плотностью  $\rho_1 = 1000 \text{ кг/м}^3$  плавает деревянный брускок. Как изменятся глубина погружения бруска и действующая на него сила Архимеда, если этот брускок будет плавать на поверхности морской воды плотностью  $\rho_2 = 1030 \text{ кг/м}^3$ .

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждого ответа. Цифры в ответе могут повторяться.

Глубина погружения бруска	Сила Архимеда

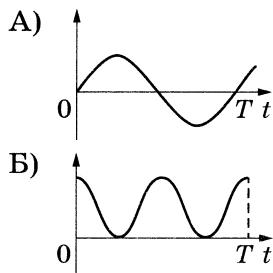
7

Груз, привязанный к нити, отклонили от положения равновесия и в момент  $t = 0$  отпустили из состояния покоя (см. рисунок). На графиках А и Б представлены изменения физических величин, характеризующих движение груза после этого ( $T$  — период колебаний).

Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять. Потенциальную энергию принять равной нулю в положении равновесия груза. Трением пренебречь.

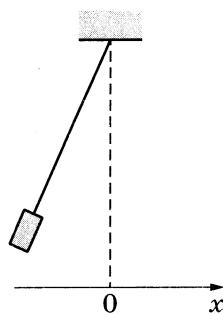
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

#### ГРАФИКИ



#### ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) проекция скорости  $v_x$
- 2) координата  $x$
- 3) кинетическая энергия  $E_k$
- 4) потенциальная энергия  $E_p$



Ответ: 

A	Б

- 8** При уменьшении абсолютной температуры на 200 К средняя кинетическая энергия теплового движения молекул гелия уменьшилась в 3 раза. Какова начальная температура газа?

Ответ: \_\_\_\_\_ К.

- 9** У идеального теплового двигателя Карно температура нагревателя 500 К, а температура холодильника 300 К. Определите КПД теплового двигателя.

Ответ: \_\_\_\_\_ %.

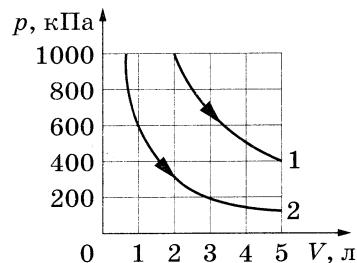
- 10** В воздухе комнаты парциальное давление водяного пара равно 765 Па. Определите относительную влажность воздуха, если давление насыщенного водяного пара при данной температуре составляет 3060 Па.

Ответ: \_\_\_\_\_ %.

- 11** На рисунке приведены графики двух изотермических процессов, проводимых с одной и той же массой одноатомного идеального газа.

Выберите *два* верных утверждения о процессах, происходящих с газом.

- 1) В процессе 2 объём газа увеличивается.
- 2) В процессе 1 внутренняя энергия газа увеличивается.
- 3) В процессе 1 газ отдаёт положительное количество теплоты.
- 4) Оба процесса идут при одной и той же температуре.
- 5) Процесс 1 идёт при более высокой температуре.



Ответ: 

A	B

- 12** Одноатомный идеальный газ в количестве  $v$  моль помещают в открытый сверху сосуд под лёгкий подвижный поршень и начинают нагревать. Начальный объём газа  $V_0$ , давление  $p_0$ . Масса газа в сосуде остаётся неизменной. Трением между поршнем и стенками сосуда пренебречь.  $R$  — универсальная газовая постоянная.

Установите соответствие между физическими величинами, характеризующими газ, и формулами, выражающими их зависимость от абсолютной температуры  $T$  газа в условиях данной задачи.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- А) внутренняя энергия газа  $U(T)$   
Б) объём газа  $V(T)$

**ФОРМУЛЫ**

- 1)  $\frac{vRT}{p_0}$
- 2)  $\frac{3}{2}vRT$
- 3)  $\frac{vRT}{V_0}$
- 4)  $\frac{2}{3}vRT$

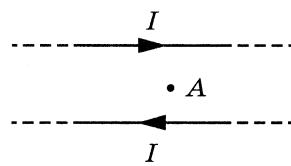
Ответ: 

A	B

**13**

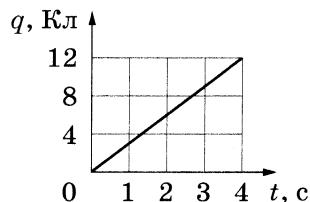
- На рисунке показаны два параллельных прямых длинных проводника и направления токов в них. Сила тока в проводниках одинакова. Куда направлен относительно рисунка (*вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя*) вектор индукции созданного проводниками магнитного поля в точке *A*, расположенной в плоскости проводников посередине между ними? Ответ запишите словом (словами).

Ответ: \_\_\_\_\_.

**14**

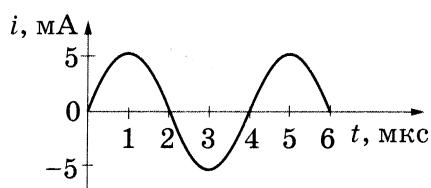
- По проводнику течёт постоянный электрический ток. Величина заряда, прошедшего через поперечное сечение проводника, возрастает с течением времени согласно графику. Определите силу тока в проводнике.

Ответ: \_\_\_\_\_ А.

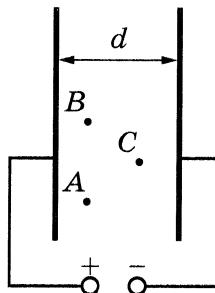
**15**

- На рисунке приведена зависимость силы тока от времени в колебательном контуре при свободных электромагнитных колебаниях. Какой станет частота свободных колебаний в контуре, если катушку в этом контуре заменить на другую катушку, индуктивность которой в 4 раза меньше?

Ответ: \_\_\_\_\_ кГц.

**16**

- Две параллельные металлические пластины больших размеров расположены на расстоянии  $d$  друг от друга и подключены к источнику постоянного напряжения (см. рисунок).



Из приведённого ниже списка выберите *два* правильных утверждения.

- 1) Если увеличить расстояние  $d$  между пластинами, то напряжённость электрического поля в точке *B* уменьшится.
- 2) Если пластины полностью погрузить в керосин, то энергия электрического поля пластин останется неизменной.
- 3) Напряжённость электрического поля в точке *A* меньше, чем в точке *C*.
- 4) Потенциал электрического поля в точке *A* выше, чем в точке *C*.
- 5) Если уменьшить расстояние  $d$  между пластинами, то заряд левой пластины уменьшится.

Ответ:

- 17** Протон движется по окружности в однородном магнитном поле между полюсами магнита под действием силы Лоренца. Как изменяется по сравнению с протоном модуль силы Лоренца и период обращения  $\alpha$ -частицы, если она будет двигаться в этом же поле по окружности с той же скоростью?

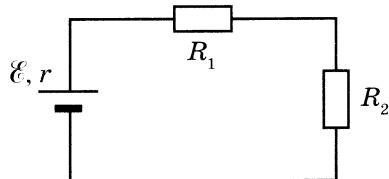
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Модуль силы Лоренца	Период обращения

- 18** Два резистора с сопротивлениями  $R_1$  и  $R_2$  подключены к источнику тока с внутренним сопротивлением  $r$  (см. рисунок). Напряжение на втором резисторе равно  $U_2$ . Чему равны напряжение на первом резисторе и ЭДС источника?



Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

#### ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) напряжение на резисторе  $R_1$   
Б) ЭДС источника

#### ФОРМУЛЫ

- 1)  $U_2 \cdot \frac{R_1}{R_2}$
- 2)  $U_2 \cdot \frac{R_2}{R_1}$
- 3)  $\frac{U_2}{R_2} \cdot (R_1 + R_2 + r)$
- 4)  $\frac{U_2}{R_1} \cdot (R_1 + R_2 + r)$

Ответ: 

A	B

- 19** На рисунке представлен фрагмент Периодической системы элементов Д. И. Менделеева. Под названием каждого элемента приведены массовые числа его основных стабильных изотопов. При этом нижний индекс около массового числа указывает (в процентах) распространённость изотопа в природе.

2	II	<b>Li</b> 3 литий $7_{93} 6_{7}$	<b>Be</b> 4 БЕРИЛЛИЙ $9_{100}$	<b>B</b> 5 БОР $11_{80} 10_{20}$
3	III	<b>Na</b> 11 натрий $23_{100}$	<b>Mg</b> 12 магний $24_{79} 26_{11} 25_{10}$	<b>Al</b> 13 алюминий $27_{100}$
4	IV	<b>K</b> 19 калий $39_{93} 41_{6,7}$	<b>Ca</b> 20 кальций $40_{97} 44_{2,1}$	<b>Sc</b> 21 скандий $45_{100}$
	V	<b>Cu</b> 29 медь $63_{69} 65_{31}$	<b>Zn</b> 30 цинк $64_{49} 66_{28} 68_{19}$	<b>Ga</b> 31 галлий $69_{60} 71_{40}$

Запишите в таблицу число протонов и число нейтронов в ядре стабильного изотопа алюминия.

Число протонов	Число нейтронов

**В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.**

- 20** Период полураспада одного из изотопов йода составляет 8 суток. Первоначально в образце содержалось 0,2 моль этого изотопа. Сколько моль данного изотопа останется в образце через 16 суток?

Ответ: \_\_\_\_\_ моль.

- 21** Для некоторых атомов характерной особенностью является возможность захвата атомным ядром одного из ближайших к нему электронов. Как при захвате электрона изменяются массовое число и заряд атомного ядра?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

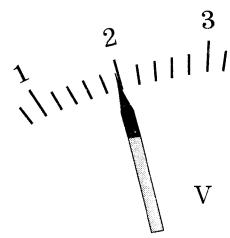
- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Массовое число ядра	Заряд атомного ядра

22

- Определите показания вольтметра (см. рисунок), если погрешность прямого измерения напряжения составляет цену деления вольтметра.



Ответ: (\_\_\_\_ ± \_\_\_\_ ) В.

**В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.**

23

- Необходимо сделать нитяной маятник и с его помощью экспериментально определить ускорение свободного падения. Для этого школьник уже взял штатив с муфтой и лапкой, линейку и нить.

Какие **два** предмета из приведённого ниже перечня оборудования необходимо дополнительно использовать для проведения этого эксперимента?

- 1) мензурка                            3) электронные весы                    5) секундомер  
2) алюминиевый шарик              4) динамометр

В ответ запишите номера выбранного оборудования.

Ответ:

24

Рассмотрите таблицу, содержащую характеристики планет Солнечной системы.

Название планеты	Среднее расстояние от Солнца (в а. е.)	Диаметр в районе экватора, км	Наклон оси вращения	Первая космическая скорость, км/с
Меркурий	0,39	4879	0,6'	3,01
Венера	0,72	12 104	177°22'	7,33
Земля	1,00	12 756	23°27'	7,91
Марс	1,52	6794	25°11'	3,55
Юпитер	5,20	142 984	3°08'	42,1
Сатурн	9,58	120 536	26°44'	25,1
Уран	19,19	51 118	97°46'	15,1
Нептун	30,02	49 528	28°19'	16,8

Выберите **все** верные утверждения, которые соответствуют характеристикам планет.

- 1) Среднее расстояние от Венеры до Солнца в три раза меньше, чем от Марса до Солнца.  
2) Вторая космическая скорость при старте вблизи поверхности Юпитера составляет 25 км/с.  
3) Ускорение свободного падения на Марсе составляет около  $3,7 \text{ м/с}^2$ .  
4) Чем дальше планета от Солнца, тем больше первая космическая скорость для её спутников.  
5) На Сатурне может наблюдаться смена времён года.

Ответ: \_\_\_\_\_.



**Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.**

**Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.**

## Часть 2

**Ответом к заданиям 25 и 26 является число. Запишите это число в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.**

- 25** В начале процесса температура куска свинца массой 1 кг равнялась  $37^{\circ}\text{C}$ . Ему передали количество теплоты, равное 47,7 кДж. Температура плавления свинца  $327^{\circ}\text{C}$ . Какова масса расплавившейся части свинца? Тепловыми потерями пренебречь.

Ответ: \_\_\_\_\_ кг.

- 26** Сколько фотонов падает на сетчатку глаза человека за 3 с, если мощность поглощённого сетчаткой света равна  $13,2 \cdot 10^{-17}$  Вт, а длина волны света составляет 480 нм.

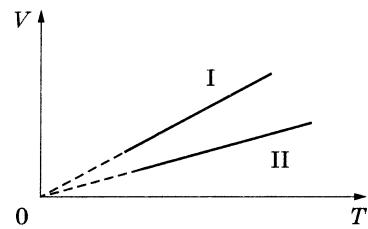
Ответ: \_\_\_\_\_.



**Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.**  
**Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.**

**Для записи ответов на задания 27–32 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (27, 28 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.**

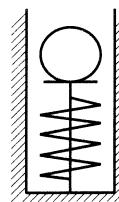
- 27** Две порции одного и того же идеального газа сжимают в сосудах под поршнями. При этом в процессе сжатия в обоих сосудах поддерживается одинаковое давление газа. Графики процессов представлены на рисунке. Почему изобара I лежит выше изобары II? Ответ поясните, указав, какие физические закономерности Вы использовали для объяснения.



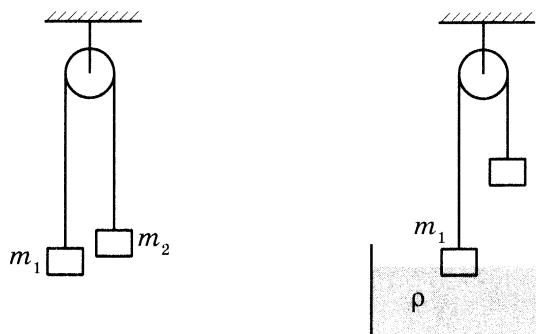
**Полное правильное решение каждой из задач 28–32 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.**

**28**

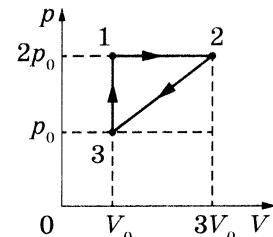
Нить, удерживающая вертикально расположенную лёгкую пружину в сжатом на 1 см состоянии, внезапно оборвалась (см. рисунок). Определите скорость, которую приобрёл при отрыве от пружины шарик массой 4 г. Жёсткость пружины 1 кН/м. Колебаниями пружины после отрыва шарика пренебречь.

**29**

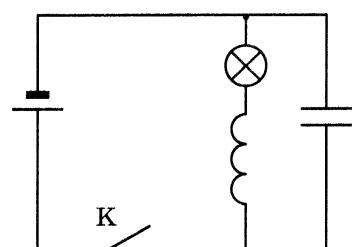
Два тела подвешены за нерастяжимую и невесомую нить к идеальному блоку, как показано на рисунке. При этом первое тело массой  $m_1 = 500$  г движется из состояния покоя вниз с ускорением  $a$ . Если первое тело опустить в воду с плотностью  $\rho = 1000$  кг/м<sup>3</sup>, находящуюся в большом объёме, система будет находиться в равновесии. При этом объём погруженной в воду части тела равен  $V = 1,5 \cdot 10^{-4}$  м<sup>3</sup>. Сделайте рисунки с указанием сил, действующих на тела в обоих случаях. Определите ускорение  $a$  первого тела.

**30**

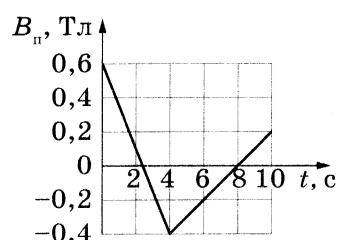
Одноатомный идеальный газ совершает циклический процесс, показанный на рисунке. Работа, которую совершают внешние силы при переходе газа из состояния 2 в состояние 3, равна 2,4 кДж. Какое количество теплоты газ отдаёт за цикл холодильнику? Масса газа постоянна.

**31**

В электрической цепи, показанной на рисунке, ЭДС и внутреннее сопротивление источника тока соответственно равны 12 В и 1 Ом, ёмкость конденсатора 2 мФ, индуктивность катушки 36 мГн и сопротивление лампы 5 Ом. В начальный момент времени ключ К замкнут. Какая энергия выделится в лампе после размыкания ключа? Сопротивлением катушки и проводов пренебречь.

**32**

Квадратная проволочная рамка со стороной  $l = 10$  см находится в однородном магнитном поле с индукцией  $\vec{B}$ . На рисунке изображена зависимость проекции вектора  $\vec{B}$  на перпендикуляр к плоскости рамки от времени. За время  $t = 10$  с в рамке выделилось количество теплоты, равное 0,16 мДж. Определите сопротивление рамки  $R$ .



*Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с номером соответствующего задания.*

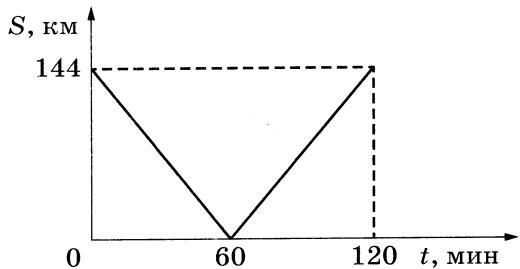
## ВАРИАНТ 22

### Часть 1

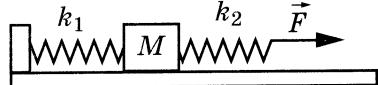
Ответами к заданиям 1–24 являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

- 1** Из двух городов навстречу друг другу с постоянной скоростью движутся два автомобиля. На графике показана зависимость расстояния между автомобилями от времени. С какой скоростью движется второй автомобиль в системе отсчёта, связанной с первым автомобилем?

Ответ: \_\_\_\_\_ м/с.



- 2** К системе из кубика массой  $M = 1$  кг и двух пружин приложена постоянная горизонтальная сила  $\vec{F}$  величиной 12 Н (см. рисунок). Между кубиком и опорой трения нет. Система покоятся. Жёсткость первой пружины  $k_1 = 600$  Н/м. Жёсткость второй пружины  $k_2 = 300$  Н/м. Каково удлинение второй пружины?



Ответ: \_\_\_\_\_ см.

- 3** Шарик массой 200 г падает с высоты 3 м. Начальная скорость шарика равна нулю. Его кинетическая энергия при падении на землю равна 4,8 Дж. Какова потеря энергии за счёт сопротивления воздуха?

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

- 4** Струна колеблется с частотой 1000 Гц. Какова длина волны звука, который издаёт струна, если скорость звука в воздухе 340 м/с?

Ответ: \_\_\_\_\_ м.

**5** Автомобиль массой 3 т проезжает верхнюю точку выпуклого моста, радиус кривизны которого равен 60 м, двигаясь с постоянной скоростью 54 км/ч.

Из приведённого ниже списка выберите *два* правильных утверждения, характеризующих движение автомобиля.

- 1) Сила, с которой автомобиль действует на мост, направлена вертикально вверх.
- 2) Сила, с которой мост действует на автомобиль, меньше силы, с которой автомобиль действует на мост.
- 3) Сила тяжести, действующая на автомобиль, равна 30 кН.
- 4) Центростремительное ускорение автомобиля равно  $15,4 \text{ м/с}^2$ .
- 5) Сумма сил, действующих на автомобиль, направлена вертикально вниз.

Ответ: 

--	--

**6** На поверхности пресной воды плавает деревянный брускок. Как изменятся глубина погружения бруска и действующая на него сила Архимеда, если этот брускок будет плавать на поверхности спирта плотностью  $800 \text{ кг/м}^3$ ?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

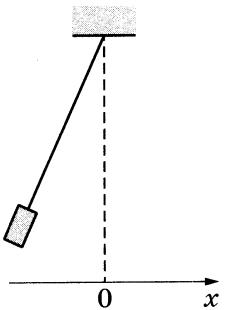
- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждого ответа. Цифры в ответе могут повторяться.

Глубина погружения бруска	Сила Архимеда

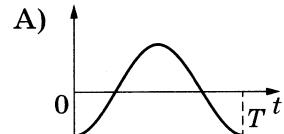
**7** Груз, привязанный к нити, отклонили от положения равновесия и в момент  $t = 0$  отпустили из состояния покоя (см. рисунок). На графиках А и Б представлены изменения физических величин, характеризующих движение груза после этого ( $T$  — период колебаний).

Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять. Потенциальную энергию принять равной нулю в положении равновесия груза. Трением пренебречь.



К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

#### ГРАФИКИ



Ответ: 

A	Б

#### ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) проекция скорости  $v_x$
- 2) координата  $x$
- 3) кинетическая энергия  $E_k$
- 4) потенциальная энергия  $E_{\text{п}}$

- 8** При увеличении абсолютной температуры на 600 К средняя кинетическая энергия теплового движения молекул гелия увеличилась в 4 раза. Какова начальная температура газа?

Ответ: \_\_\_\_\_ К.

- 9** У идеального теплового двигателя Карно температура нагревателя 600 К. Определите температуру холодильника, если КПД теплового двигателя составляет 25 %.

Ответ: \_\_\_\_\_ К.

- 10** В воздухе комнаты при относительной влажности 40 % парциальное давление водяного пара равно 980 Па. Определите давление насыщенного водяного пара при данной температуре.

Ответ: \_\_\_\_\_ Па.

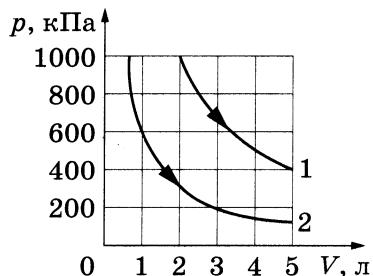
- 11** На рисунке приведены графики двух изотермических процессов, проводимых с одной и той же массой одноатомного идеального газа.

Выберите *два* верных утверждения о процессах, происходящих с газом.

- 1) В процессе 1 объём газа уменьшается.
- 2) В процессе 1 внутренняя энергия газа остаётся неизменной.
- 3) В процессе 2 газ получает положительное количество теплоты.
- 4) Оба процесса идут при одной и той же температуре.
- 5) Процесс 2 идёт при более высокой температуре.

Ответ: 

--	--



- 12** Одноатомный идеальный газ в количестве  $v$  моль помещают в герметично закрытый сосуд объёма  $V_0$  и начинают нагревать. Начальное давление газа  $p_0$ . Масса газа в сосуде остаётся неизменной.  $R$  — универсальная газовая постоянная.

Установите соответствие между физическими величинами, характеризующими газ, и формулами, выражающими их зависимость от абсолютной температуры  $T$  газа в условиях данной задачи.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

#### ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) давление газа  $p(V)$   
Б) внутренняя энергия газа  $U(T)$

#### ФОРМУЛЫ

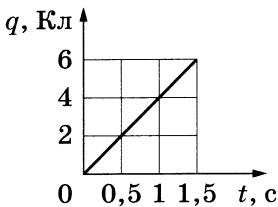
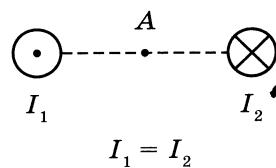
- 1)  $\frac{\sqrt{RT}}{p_0}$
- 2)  $\frac{3}{2}\sqrt{RT}$
- 3)  $\frac{\sqrt{RT}}{V_0}$
- 4)  $\frac{2}{3}\sqrt{RT}$

Ответ: 

А	Б

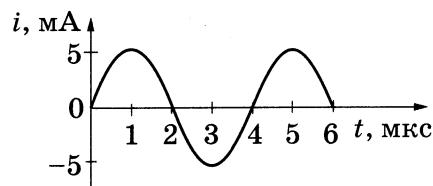
- 13** На рисунке показаны сечения двух параллельных прямых длинных проводников и направления токов в них. Сила тока в проводниках одинакова. Куда направлен относительно рисунка (*вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя*) вектор индукции созданного проводниками магнитного поля в точке *A*, расположенной на равном расстоянии от проводников? Ответ запишите словом (словами).

Ответ: \_\_\_\_\_.



- 14** По проводнику течёт постоянный электрический ток. Величина заряда, проходящего через проводник, возрастает с течением времени согласно графику. Определите силу тока в проводнике.

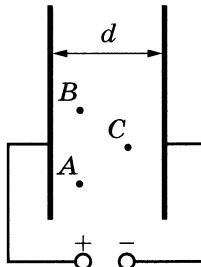
Ответ: \_\_\_\_\_ А.



- 15** На рисунке приведена зависимость силы тока от времени в колебательном контуре при свободных электромагнитных колебаниях. Каким станет период свободных колебаний в контуре, если катушку в этом контуре заменить на другую катушку, индуктивность которой в 9 раз больше?

Ответ: \_\_\_\_\_ мкс.

- 16** Две параллельные металлические пластины больших размеров расположены на расстоянии  $d$  друг от друга и подключены к источнику постоянного напряжения (см. рисунок).



Из приведённого ниже списка выберите *два* правильных утверждения.

- 1) Если уменьшить расстояние  $d$  между пластинами, то напряжённость электрического поля в точке *B* уменьшится.
- 2) Если пластины полностью погрузить в керосин, то энергия электрического поля пластин уменьшится.
- 3) Напряжённость электрического поля в точках *A*, *B* и *C* одинакова.
- 4) Потенциал электрического поля в точке *B* ниже, чем в точке *C*.
- 5) Если увеличить расстояние  $d$  между пластинами, то заряд левой пластины уменьшится.

Ответ:

- 17** Протон движется по окружности в однородном магнитном поле между полюсами магнита под действием силы Лоренца. Как изменятся по сравнению с протоном центростремительное ускорение и частота обращения  $\alpha$ -частицы, если она будет двигаться в этом же поле по окружности с той же скоростью?

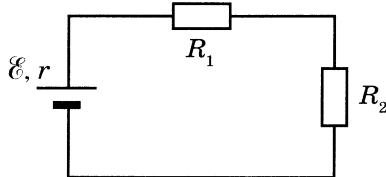
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Центростремительное ускорение	Частота обращения

- 18** Два резистора с сопротивлениями  $R_1$  и  $R_2$  подключены к источнику тока с внутренним сопротивлением  $r$  (см. рисунок). Напряжение на первом резисторе равно  $U_1$ . Чему равны напряжение на втором резисторе и ЭДС источника?



Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

#### ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- A) напряжение на резисторе  $R_2$   
B) ЭДС источника

#### ФОРМУЛЫ

- 1)  $U_1 \cdot \frac{R_2}{R_1}$
- 2)  $U_1 \cdot \frac{R_1}{R_2}$
- 3)  $\frac{U_1}{R_1} \cdot (R_1 + R_2 + r)$
- 4)  $\frac{U_1}{R_2} \cdot (R_1 + R_2 + r)$

Ответ: 

A	Б

- 19** На рисунке представлен фрагмент Периодической системы элементов Д. И. Менделеева. Под названием каждого элемента приведены массовые числа его основных стабильных изотопов. При этом нижний индекс около массового числа указывает (в процентах) распространённость изотопа в природе.

2	II	<b>Li</b> литий $7_{93} 6_{7}$	<b>Be</b> БЕРИЛЛИЙ $9_{100}$	<b>B</b> БОР $11_{80} 10_{20}$
3	III	<b>Na</b> НАТРИЙ $23_{100}$	<b>Mg</b> МАГНИЙ $24_{79} 26_{11} 25_{10}$	<b>Al</b> АЛЮМИНИЙ $27_{100}$
4	IV	<b>K</b> КАЛИЙ $39_{93} 41_{6,7}$	<b>Ca</b> КАЛЬЦИЙ $40_{97} 44_{2,1}$	<b>Sc</b> СКАНДИЙ $45_{100}$
	V	<b>Cu</b> МЕДЬ $63_{69} 65_{31}$	<b>Zn</b> ЦИНК $64_{49} 66_{28} 68_{19}$	<b>Ga</b> ГАЛЛИЙ $69_{60} 71_{40}$

Запишите в таблицу число протонов и число нейтронов в ядре стабильного изотопа скандия.

Число протонов	Число нейтронов

**В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.**

- 20** Период полураспада одного из изотопов углерода составляет 20 мин. Первоначально в образце содержалось 0,2 моль этого изотопа. Сколько моль данного изотопа останется в образце через 60 мин.?

Ответ: \_\_\_\_\_ моль.

- 21** Для некоторых атомов характерной особенностью является электронный  $\beta$ -распад. Как при электронном  $\beta$ -распаде изменяются массовое число и заряд атомного ядра?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

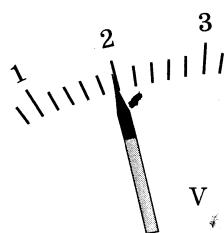
- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Массовое число ядра	Заряд атомного ядра

**22**

Определите показания вольтметра (см. рисунок), если погрешность прямого измерения напряжения составляет половину цены деления вольтметра.



Ответ: (\_\_\_\_ ± \_\_\_\_ ) В.

**В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.**

**23**

Необходимо сделать нитяной маятник и с его помощью экспериментально определить ускорение свободного падения. Для этого школьник уже взял штатив с муфтой и лапкой, медный шарик и нить.

Какие *два* предмета из приведённого ниже перечня оборудования необходимо дополнительно использовать для проведения этого эксперимента?

- |             |                     |               |
|-------------|---------------------|---------------|
| 1) линейка  | 3) электронные весы | 5) динамометр |
| 2) мензурка | 4) секундомер       |               |

В ответ запишите номера выбранного оборудования.

Ответ:

**24**

Рассмотрите таблицу, содержащую характеристики планет Солнечной системы.

Название планеты	Среднее расстояние от Солнца (в а. е.)	Диаметр в районе экватора, км	Наклон оси вращения	Первая космическая скорость, км/с
Меркурий	0,39	4879	0,6'	3,01
Венера	0,72	12 104	177°22'	7,33
Земля	1,00	12 756	23°27'	7,91
Марс	1,52	6794	25°11'	3,55
Юпитер	5,20	142 984	3°08'	42,1
Сатурн	9,58	120 536	26°44'	25,1
Уран	19,19	51 118	97°46'	15,1
Нептун	30,02	49 528	28°19'	16,8

Выберите *все* верные утверждения, которые соответствуют характеристикам планет.

- 1) Среднее расстояние от Юпитера до Солнца составляет 780 млн км.
- 2) Вторая космическая скорость при старте с поверхности Меркурия составляет 1,7 км/с.
- 3) Ускорение свободного падения на Венере составляет около 8,9 м/с<sup>2</sup>.
- 4) Чем дальше планета от Солнца, тем больше её диаметр.
- 5) На Марсе НЕ может наблюдаться смена времён года.

Ответ: \_\_\_\_\_.



**Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.**

**Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.**

## Часть 2

**Ответом к заданиям 25 и 26 является число. Запишите это число в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.**

- 25** Твёрдому куску свинца массой 1 кг передали количество теплоты, равное 51,5 кДж. При этом половина куска свинца расплавилась. Температура плавления свинца  $327^{\circ}\text{C}$ . Какова была начальная температура свинца? Тепловыми потерями пренебречь.

Ответ: \_\_\_\_\_  $^{\circ}\text{C}$ .

- 26** На сетчатку глаза человека падает 135 фотонов за 3 с. Мощность поглощённого сетчаткой света равна  $1,98 \cdot 10^{-17}$  Вт. Определите длину волны света. Ответ запишите в нанометрах.

Ответ: \_\_\_\_\_ нм.

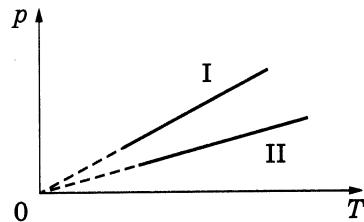


**Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.**

**Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.**

**Для записи ответов на задания 27–32 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (27, 28 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.**

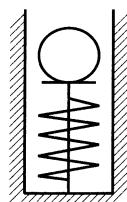
- 27** Две порции одного и того же идеального газа нагреваются в сосудах одинакового объёма. Графики процессов представлены на рисунке. Почему изохора I лежит выше изохоры II? Ответ поясните, указав, какие физические закономерности Вы использовали для объяснения.



**Полное правильное решение каждой из задач 28–32 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.**

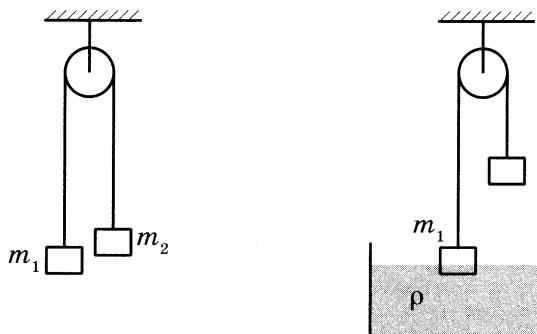
28

Нить, удерживающая вертикально расположенную лёгкую пружину в сжатом на 1 см состоянии, внезапно оборвалась (см. рисунок). Какова масса шарика, если он приобретает при отрыве от пружины скорость 10 м/с? Жёсткость пружины 2 кН/м. Колебаниями пружины после отрыва шарика пренебречь.



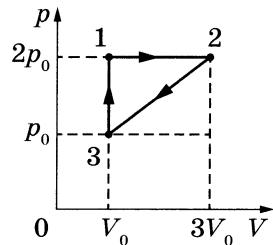
29

Два тела подвешены за нерастяжимую и невесомую нить к идеальному блоку, как показано на рисунке. При этом первое тело массой  $m_1$  движется из состояния покоя вниз с ускорением  $a = 2 \text{ м/с}^2$ . Если первое тело опустить в воду с плотностью  $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$ , находящуюся в большом объёме, система будет находиться в равновесии. При этом объём погруженной в воду части тела равен  $V = 1,5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$ . Сделайте рисунки с указанием сил, действующих на тела в обоих случаях. Определите массу первого тела  $m_1$ .



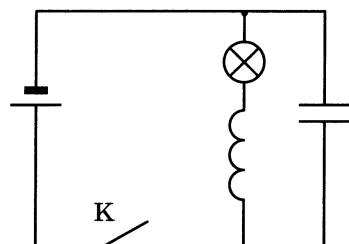
30

Одноатомный идеальный газ совершает циклический процесс, показанный на рисунке. Газ отдаёт за цикл холодильнику количество теплоты  $|Q_x| = 8 \text{ кДж}$ . Какую работу совершают внешние силы при переходе газа из состояния 2 в состояние 3? Масса газа постоянна.



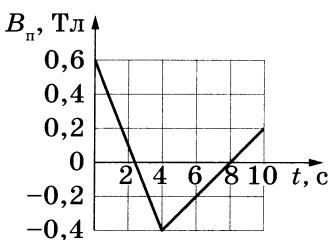
31

В электрической цепи, показанной на рисунке, ЭДС источника тока равна  $\varepsilon$ , его внутреннее сопротивление 1 Ом, ёмкость конденсатора 2 мФ, индуктивность катушки 36 мГн и сопротивление лампы 5 Ом. В начальный момент времени ключ К замкнут. После размыкания ключа в лампе выделяется энергия  $W = 0,172 \text{ Дж}$ . Чему равна ЭДС источника  $\varepsilon$ ? Сопротивлением катушки и проводов пренебречь.



32

Квадратная проволочная рамка со стороной  $l = 10 \text{ см}$  находится в однородном магнитном поле с индукцией  $\vec{B}$ . На рисунке изображена зависимость проекции вектора  $\vec{B}$  на перпендикуляр к плоскости рамки от времени. Какое количество теплоты выделяется в рамке за время  $t = 10 \text{ с}$ , если сопротивление рамки  $R = 0,2 \text{ Ом}$ ?



**Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с номером соответствующего задания.**

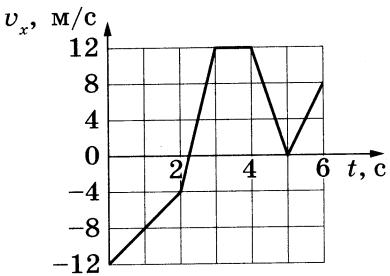


## ВАРИАНТ 23

### Часть 1

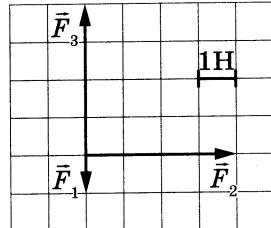
Ответами к заданиям 1–24 являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

- 1 На рисунке показан график зависимости проекции  $v_x$  скорости тела от времени  $t$ . Какова проекция  $a_x$  ускорения этого тела в интервале времени от 5 до 6 с?



Ответ: \_\_\_\_\_ м/с<sup>2</sup>.

- 2 На рисунке показаны силы (в заданном масштабе), действующие на материальную точку. Сторона клетки соответствует 1 Н. Определите модуль равнодействующей приложенных к телу сил.



Ответ: \_\_\_\_\_ Н.

- 3 Отношение импульса автобуса к импульсу грузового автомобиля  $\frac{p_1}{p_2} = 3,2$ . Каково отношение их масс  $\frac{m_1}{m_2}$ , если отношение скорости автобуса к скорости грузового автомобиля  $\frac{v_1}{v_2} = 2$ ?

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 4 Период гармонических колебаний массивного груза на лёгкой пружине равен 1,2 с. В некоторый момент времени потенциальная энергия груза достигает максимума. Через какое минимальное время кинетическая энергия груза достигнет максимума?

Ответ: \_\_\_\_\_ с.

**5**

В лаборатории исследовали прямолинейное движение тела массой  $m = 300$  г из состояния покоя. В таблице приведена экспериментально полученная зависимость пути, пройденного телом, от времени.

$t, \text{ с}$	0	1	2	3	4	5	6	7
$L, \text{ м}$	0	1	4	9	16	25	36	49

Какие *два* вывода не противоречат результатам эксперимента?

- 1) Скорость тела в момент времени 4 с равнялась 4 м/с.
- 2) Кинетическая энергия тела в момент времени 2 с равна 2,4 Дж.
- 3) Первые 3 с тело двигалось равномерно, а затем оно двигалось равноускоренно.
- 4) За первые 3 с суммарная работа сил, действующих на тело, равна 10,8 Дж.
- 5) Равнодействующая сила, действующая на тело, была постоянна в течение всего времени наблюдения.

Ответ: 

--	--

**6**

На поверхности воды плавает прямоугольный бруск из древесины плотностью 700 кг/м<sup>3</sup>. Бруск заменили на другой бруск той же массы и с той же площадью основания, но из древесины плотностью 400 кг/м<sup>3</sup>. Как при этом изменились глубина погружения бруска и действующая на него сила Архимеда?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Глубина погружения бруска	Сила Архимеда

**7**

Материальная точка движется по оси  $x$ . Её скорость меняется по закону:  $v = A\cos(\omega t + \phi_0)$ .

Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

#### ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) период колебаний материальной точки  $T$   
Б) амплитуда ускорения точки  $a_{\max}$

#### ФОРМУЛЫ

- 1)  $\frac{2\pi}{\omega}$
- 2)  $2\pi\omega^2$
- 3)  $\omega A$
- 4)  $\omega^2 A$

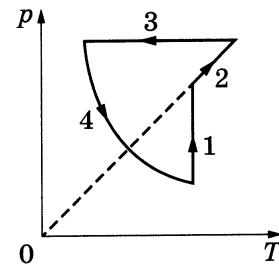
Ответ: 

А	Б

- 8** Концентрацию молекул идеального одноатомного газа увеличили в 4 раза. Одновременно в 2 раза уменьшили абсолютную температуру газа. Во сколько раз в результате этого увеличилось давление газа в сосуде?

Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

- 9** На рисунке показан циклический процесс изменения состояния 1 моль одноатомного идеального газа. На каком участке цикла работа внешних сил над газом равна отданному газом количеству теплоты?

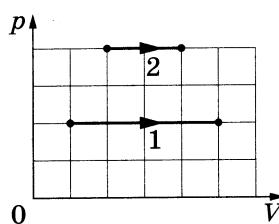


Ответ: на участке \_\_\_\_\_.

- 10** На сколько градусов нагреется медная деталь массой 500 г, если ей сообщить количество теплоты, равное 380 Дж?

Ответ: на \_\_\_\_\_ °С.

- 11** На  $pV$ -диаграмме показаны два процесса, проведённые с одним и тем же количеством газообразного неона.

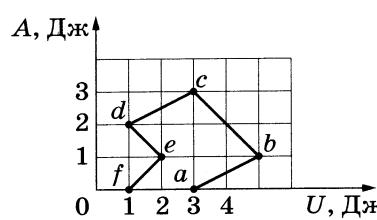


- Из приведённого ниже списка выберите **два** правильных утверждения, характеризующих процессы на графике.
- 1) В процессе 2 абсолютная температура неона изобарно уменьшилась в 2 раза.
  - 2) В процессе 1 плотность неона уменьшилась в 5 раз.
  - 3) В процессе 1 неон изотермически увеличил свой объём в 5 раз.
  - 4) В процессе 2 концентрация молекул неона увеличилась в 2 раза.
  - 5) Работа, совершенная неоном в процессе 1, равна работе, совершенной в процессе 2.

Ответ: 

--	--

- 12** С постоянным количеством газа провели процесс  $a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d \rightarrow e \rightarrow f$ , в течение которого вычисляли внутреннюю энергию  $U$  газа и измеряли работу  $A$ , совершенную газом от момента начала процесса.  $AU$ -диаграмма процесса приведена на рисунке.



Установите соответствие между названием процесса и участком на диаграмме, на котором он представлен.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

#### НАЗВАНИЯ ПРОЦЕССОВ

- А) адиабатное сжатие  
Б) адиабатное расширение

Ответ: 

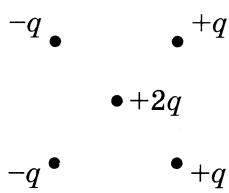
A	B

#### УЧАСТКИ НА ДИАГРАММЕ

- 1)  $b \rightarrow c$
- 2)  $c \rightarrow d$
- 3)  $d \rightarrow e$
- 4)  $e \rightarrow f$

**13**

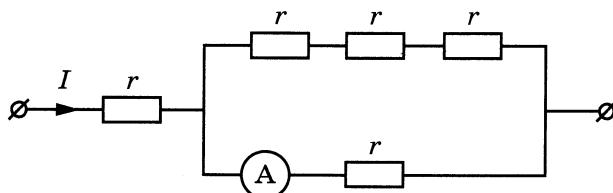
- Куда направлена относительно рисунка (*вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя*) кулоновская сила  $\vec{F}$ , действующая на положительный точечный заряд  $+2q$ , помещённый в центр квадрата, в вершинах которого находятся заряды:  $+q$ ,  $+q$ ,  $-q$ ,  $-q$  (см. рисунок)? Ответ запишите словом (словами).



Ответ: \_\_\_\_\_.

**14**

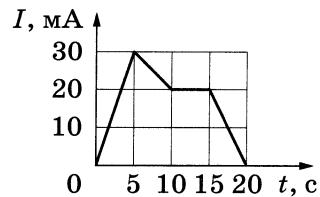
- По участку цепи (см. рисунок) течёт постоянный ток  $I = 8 \text{ А}$ . Какую силу тока показывает амперметр? Сопротивлением амперметра пренебречь.



Ответ: \_\_\_\_\_ А.

**15**

- На рисунке приведён график зависимости силы тока  $I$  от времени  $t$  в электрической цепи, содержащей катушку, индуктивность которой  $2 \text{ мГн}$ . Определите модуль ЭДС самоиндукции в катушке в интервале времени от  $15$  до  $20 \text{ с}$ .



Ответ: \_\_\_\_\_ мкВ.

**16**

- В идеальном колебательном контуре, состоящем из катушки индуктивности и конденсатора, происходят свободные незатухающие электромагнитные колебания. Из приведённого ниже списка выберите *две* величины, которые остаются постоянными при этих колебаниях:

- 1) заряд конденсатора
- 2) частота колебаний силы тока в контуре
- 3) фаза колебаний напряжения на конденсаторе
- 4) амплитуда колебаний заряда на конденсаторе
- 5) энергия электрического поля конденсатора

Ответ:

17

В прозрачном сосуде с водой находится дифракционная решётка, которая освещается параллельным пучком монохроматического света, падающим на решётку перпендикулярно её поверхности через боковую стенку сосуда. Как изменяется частота световой волны, падающей на решётку, и угол между падающим лучом и направлением на второй дифракционный максимум, если воду заменить прозрачной жидкостью с меньшим показателем преломления?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждого ответа. Цифры в ответе могут повторяться.

Частота световой волны, достигающей решётки	Угол между падающим лучом и направлением на второй дифракционный максимум

18

Заряженная частица массой  $m$ , несущая положительный заряд  $q$ , движется перпендикулярно линиям индукции однородного магнитного поля  $\vec{B}$  по окружности со скоростью  $v$ . Действием силы тяжести пренебречь.

Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

#### ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- A) радиус окружности, по которой обращается частица  
 B) частота обращения частицы по окружности

#### ФОРМУЛЫ

- 1)  $\frac{qB}{2\pi m}$
- 2)  $\frac{2\pi m}{qB}$
- 3)  $qvB$
- 4)  $\frac{mv}{qB}$

Ответ:

A	B

19

Ядро фтора захватывает частицу, в результате чего происходит ядерная реакция  ${}^{19}_9\text{F} + {}^A_Z\text{X} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^{16}_8\text{O}$ .

Каковы заряд частицы Z (в единицах элементарного заряда) и массовое число A?

Заряд ядра Z	Массовое число ядра A

**В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.**

- 20** В свинцовую капсулу поместили радиоактивный кальций  $^{45}\text{Ca}$ . Сколько процентов от исходно большого числа ядер этого изотопа кальция останется в капсule через 328 дней? Период полураспада этого изотопа кальция составляет 164 суток.

Ответ: \_\_\_\_\_ %.

- 21** Монохроматический свет с энергией фотонов  $E_\phi$  падает на поверхность металла, вызывая фотоэффект. При этом напряжение, при котором фототок прекращается, равно  $U_{\text{зап}}$ . Как изменяется длина волны  $\lambda$  падающего света и модуль запирающего напряжения  $U_{\text{зап}}$ , если энергия падающих фотонов  $E_\phi$  увеличится?

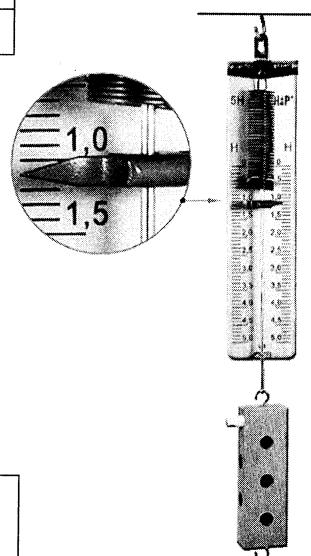
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится      2) уменьшится      3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Длина волны $\lambda$ падающего света	Модуль запирающего напряжения $U_{\text{зап}}$

- 22** Погрешность прямого измерения силы динамометром, на котором висит груз, равна цене деления. Каков вес груза? Шкала динамометра проградуирована в ньютонах.

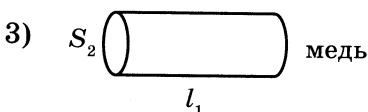
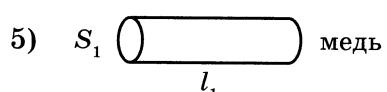
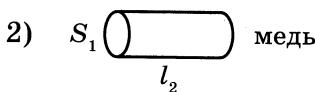
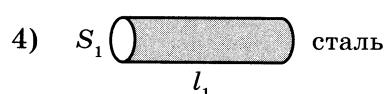
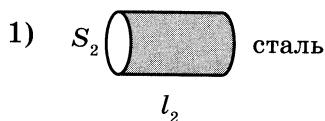


Ответ: (\_\_\_\_  $\pm$  \_\_\_\_ ) Н.

**В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.**

- 23** Необходимо экспериментально изучить зависимость сопротивления проводника от площади поперечного сечения проводника.

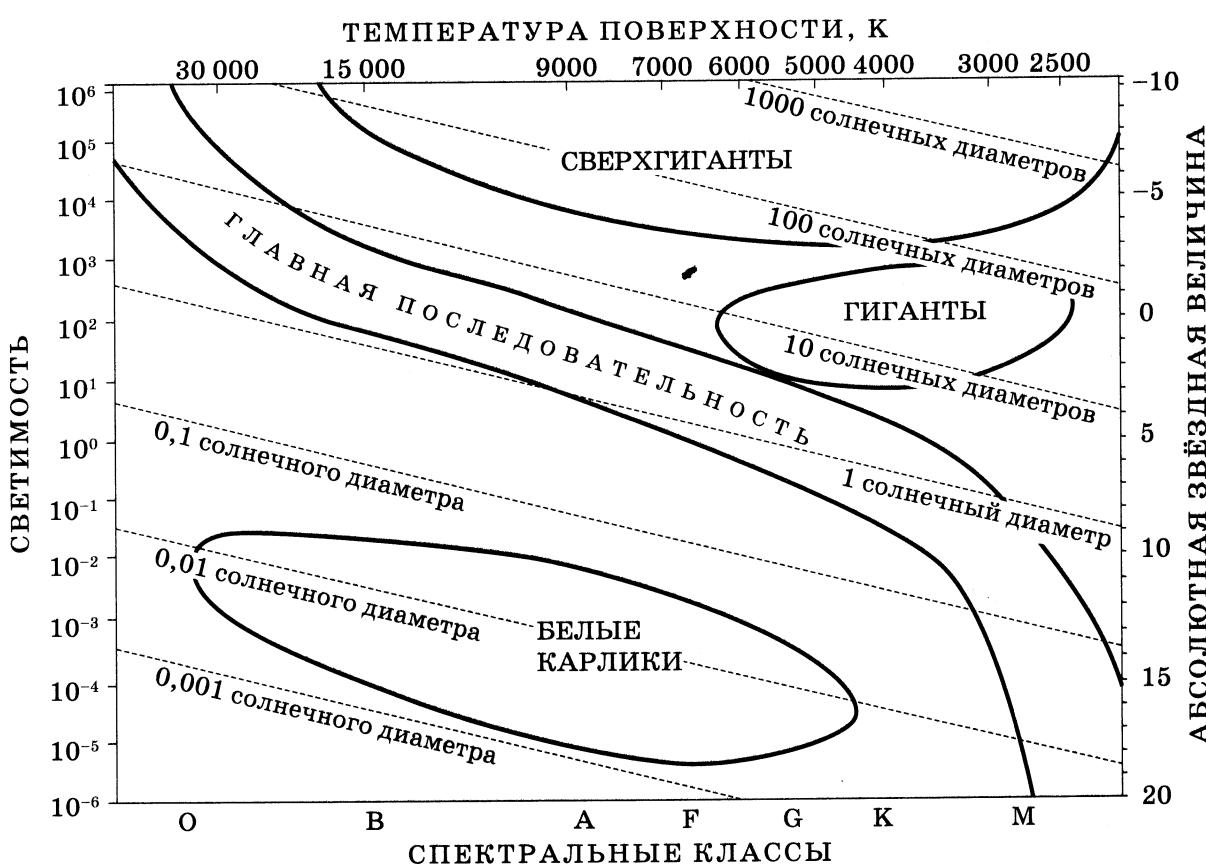
Какие **два** проводника следует использовать для проведения такого исследования?



Ответ:

24

На рисунке представлена диаграмма Герцшпрунга — Рессела.



Выберите *все* верные утверждения о звёздах, которые соответствуют диаграмме.

- 1) Радиус звезды Бетельгейзе почти в 1000 раз превышает радиус Солнца, а значит, она относится к звёздам главной последовательности.
- 2) Плотность белых карликов существенно выше средней плотности гигантов.
- 3) «Жизненный цикл» звезды спектрального класса O главной последовательности более длительный, чем звезды спектрального класса F главной последовательности.
- 4) Температура поверхности звёзд спектрального класса А выше температуры поверхности звёзд спектрального класса G.
- 5) Звёзды спектрального класса A имеют температуру поверхности не выше 5000 К.

Ответ: \_\_\_\_\_.



**Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.**

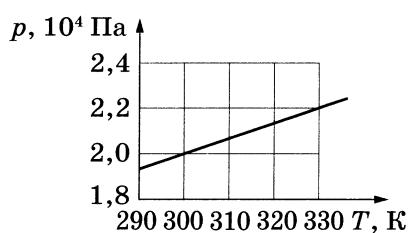
**Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.**

## Часть 2

**Ответом к заданиям 25 и 26 является число. Запишите это число в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.**

- 25 На рисунке показан график зависимости давления 3 моль газа в запаянном сосуде от его температуры. Каков приблизительно объём сосуда? Ответ округлите до сотых.

Ответ: \_\_\_\_\_  $\text{m}^3$ .



- 26 При облучении фотокатода светом частотой  $v = 8,0 \cdot 10^{14}$  Гц запирающее напряжение для фотоэлектронов равно 0,60 В. Найдите работу выхода фотоэлектронов из материала катода. Ответ выразите в электрон-вольтах.
- Ответ: \_\_\_\_\_ эВ.

**Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.**

**Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.**

**Для записи ответов на задания 27–32 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (27, 28 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.**

- 27 На рис. а приведена зависимость внутренней энергии  $U$  2 моль идеального одноатомного газа от его давления  $p$  в процессе 1–2–3. Постройте график этого процесса на рис. б в переменных  $p$ – $V$ . Точка, соответствующая состоянию 1, уже отмечена на этом рисунке. Построение объясните, опираясь на законы молекулярной физики.

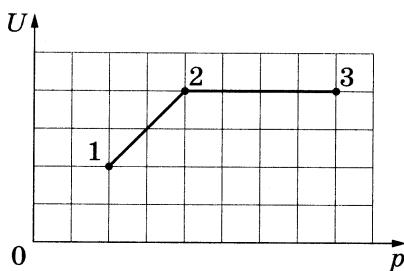


Рис. а

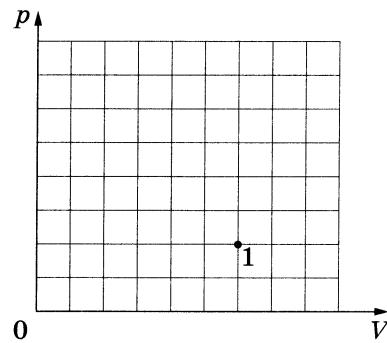
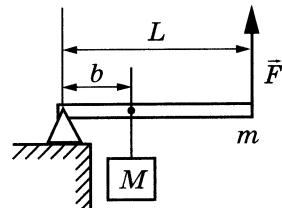


Рис. б

**Полное правильное решение каждой из задач 28–32 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.**

**28**

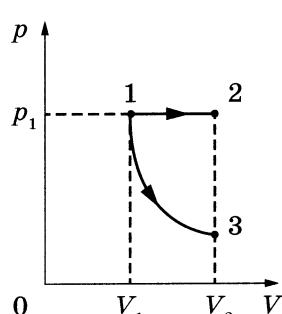
Груз поднимают с помощью рычага (см. рисунок). Рычаг состоит из шарнира без трения и однородного стержня массой  $m = 20$  кг и длиной  $L = 4$  м. Расстояние от оси шарнира до точки подвеса груза равно  $b = 1$  м. Какую вертикальную силу надо приложить к концу рычага, чтобы медленно поднимать груз массой  $M = 80$  кг?

**29**

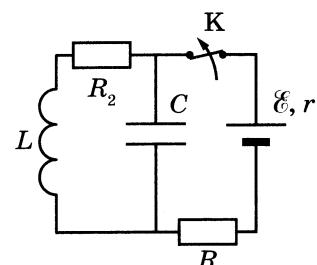
По гладкой наклонной плоскости, составляющей угол  $\alpha = 30^\circ$  с горизонтом, скользит из состояния покоя брусков массой  $M = 300$  г. В тот момент, когда брусков прошёл по наклонной плоскости расстояние  $x = 3,6$  м, в него попала и застряла в нём летящая навстречу ему вдоль наклонной плоскости пуля. Скорость пули  $v = 500$  м/с, масса пули  $m = 5$  г. После попадания пули брусков поднялся вверх вдоль наклонной плоскости на некоторое расстояние  $S$  от места удара. Определите расстояние  $S$ . Трение бруска о плоскость не учитывать.

**30**

Одно и то же постоянное количество одноатомного идеального газа расширяется из одного и того же начального состояния  $p_1$ ,  $V_1$  до одного и того же конечного объёма  $V_2$  первый раз по изобаре 1–2, а второй — по адиабате 1–3 (см. рисунок). Отношение работы газа в процессе 1–2 к работе газа в процессе 1–3 равно  $\frac{A_{12}}{A_{13}} = k = 2$ . Чему равно отношение количества теплоты  $Q_{12}$ , полученного газом от нагревателя в ходе процесса 1–2, к модулю изменения внутренней энергии газа  $|U_3 - U_1|$  в ходе процесса 1–3?

**31**

На рисунке показана схема электрической цепи, состоящей из источника тока с ЭДС  $\mathcal{E} = 12$  В и внутренним сопротивлением  $r = 1$  Ом, двух резисторов с сопротивлениями  $R_1 = 7$  Ом и  $R_2 = 4$  Ом, конденсатора емкостью  $C = 3$  мкФ и катушки с индуктивностью  $L$ . Определите индуктивность катушки  $L$ , если известно, что после размыкания ключа К на резисторе  $R_2$  выделилось количество теплоты, равное 40 мкДж. Сопротивлением провода катушки пренебречь.

**32**

Период свободных электромагнитных колебаний в идеальном колебательном контуре, состоящем из конденсатора и катушки индуктивности, равен 6,3 мкс. Амплитуда колебаний силы тока  $I_m = 5$  мА. В момент времени  $t$  сила тока в катушке равна 3 мА. Найдите заряд конденсатора в этот момент.

**Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с номером соответствующего задания.**



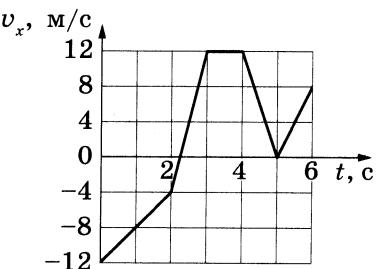
## ВАРИАНТ 24

### Часть 1

**Ответами к заданиям 1–24 являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.**

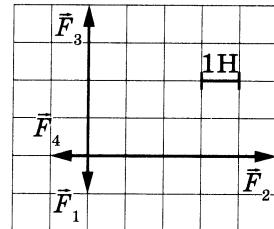
- 1** На рисунке показан график зависимости проекции  $v_x$  скорости тела от времени  $t$ . Какова проекция  $a_x$  ускорения этого тела в интервале времени от 4 до 5 с?

Ответ: \_\_\_\_\_ м/с<sup>2</sup>.



- 2** На рисунке показаны силы (в заданном масштабе), действующие на материальную точку. Сторона клетки соответствует 1 Н. Определите модуль равнодействующей приложенных к телу сил.

Ответ: \_\_\_\_\_ Н.



- 3** Отношение массы автобуса к массе легкового автомобиля  $\frac{m_1}{m_2} = 5,6$ . Каково отношение их скоростей  $\frac{v_1}{v_2}$ , если отношение импульса автобуса к импульсу легкового автомобиля  $\frac{p_1}{p_2} = 2,8$ ?

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 4** Период гармонических колебаний массивного груза на лёгкой нерастяжимой нити равен 1,6 с. В некоторый момент времени кинетическая энергия груза достигает минимума. Через какое минимальное время потенциальная энергия груза достигнет минимума?

Ответ: \_\_\_\_\_ с.

- 5** В лаборатории исследовали прямолинейное движение тела массой  $m = 300$  г из состояния покоя. В таблице приведена экспериментально полученная зависимость пути, пройденного телом, от времени.

$t, \text{ с}$	0	1	2	3	4	5	6	7
$L, \text{ м}$	0	1	4	9	16	25	36	49

Какие *два* вывода не противоречат результатам эксперимента?

- 1) Скорость тела в момент времени 4 с равнялась 10 м/с.
- 2) Кинетическая энергия тела в момент времени 3 с равна 12 Дж.
- 3) В течение всего времени наблюдения тело двигалось равноускоренно.
- 4) За первые 4 с суммарная работа сил, действующих на тело, равна 9,6 Дж.
- 5) Равнодействующая сил, действующих на тело, всё время возрастила.

Ответ: 

--	--

- 6** На поверхности воды плавает прямоугольный брускок из древесины плотностью 600 кг/м<sup>3</sup>. Брускок заменили на другой брускок того же объёма и с той же площадью основания, но из древесины плотностью 400 кг/м<sup>3</sup>. Как при этом изменились глубина погружения бруска и действующая на него сила Архимеда?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Глубина погружения бруска	Сила Архимеда

- 7** Материальная точка движется по оси  $x$ . Её координата меняется по закону:  $x(t) = A\sin(\omega t + \phi_0)$ .

Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

#### ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) амплитуда скорости точки  $v_{\max}$   
Б) амплитуда ускорения точки  $a_{\max}$

#### ФОРМУЛЫ

- 1)  $\frac{A}{\omega^2}$
- 2)  $\frac{A}{\omega}$
- 3)  $\omega A$
- 4)  $\omega^2 A$

Ответ: 

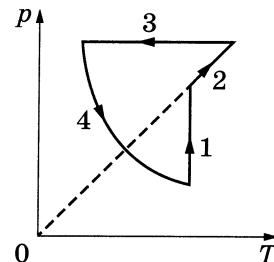
А	Б

- 8** Концентрацию молекул идеального одноатомного газа уменьшили в 5 раз. Одновременно в 2 раза увеличили абсолютную температуру газа. Во сколько раз в результате этого снизилось давление газа в сосуде?

Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

- 9** На рисунке показан циклический процесс изменения состояния 1 моль одноатомного идеального газа. На каком участке цикла изменение внутренней энергии газа равно полученному газом количеству теплоты?

Ответ: на участке \_\_\_\_\_.



- 10** На сколько градусов нагреются 200 г свинца, если ему сообщить количество теплоты, равное 130 Дж?

Ответ: на \_\_\_\_\_ °С.

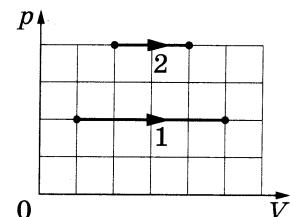
- 11** На  $pV$ -диаграмме показаны два процесса, проведённые с одним и тем же количеством газообразного неона.

Из приведённого ниже списка выберите *два* правильных утверждения, характеризующих процессы на графике.

- 1) В процессе 2 абсолютная температура неона изобарно увеличилась в 2 раза.
- 2) В процессе 1 плотность неона увеличилась в 5 раз.
- 3) В процессе 1 неон изобарно увеличил свой объём в 5 раз.
- 4) В процессе 2 концентрация молекул неона увеличилась в 2 раза.
- 5) Работа, совершенная неоном в процессе 1, больше, чем в процессе 2.

Ответ: 

--	--



- 12** С постоянным количеством газа провели процесс  $a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d \rightarrow e$ , в течение которого вычисляли внутреннюю энергию  $U$  газа и измеряли работу  $A$ , совершенную газом от момента начала процесса.  $AU$ -диаграмма процесса приведена на рисунке.

Установите соответствие между названием процесса и участком на диаграмме, на котором он представлен.

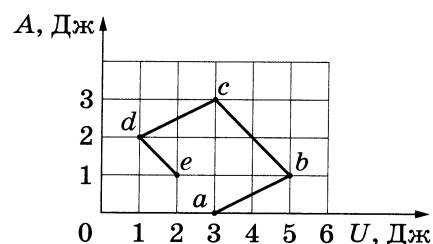
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

#### НАЗВАНИЕ ПРОЦЕССА

- А) адиабатное расширение  
Б) адиабатное сжатие

Ответ: 

A	B

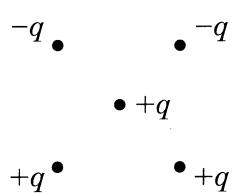


#### УЧАСТОК НА ДИАГРАММЕ

- 1)  $a \rightarrow b$
- 2)  $b \rightarrow c$
- 3)  $c \rightarrow d$
- 4)  $d \rightarrow e$

**13**

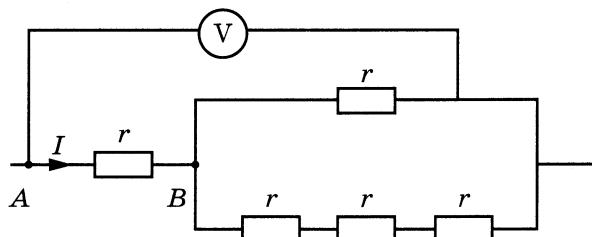
Куда направлена относительно рисунка (*вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя*) кулоновская сила  $\vec{F}$ , действующая на положительный точечный заряд  $+q$ , помещённый в центр квадрата, в вершинах которого находятся заряды:  $+q$ ,  $+q$ ,  $-q$ ,  $-q$  (см. рисунок)? Ответ запишите словом (словами).



Ответ: \_\_\_\_\_.

**14**

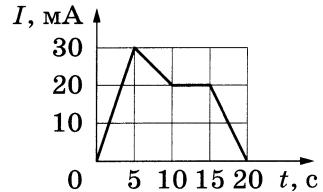
Пять одинаковых резисторов с сопротивлением  $r = 1 \text{ Ом}$  соединены в электрическую цепь, схема которой представлена на рисунке. По участку  $AB$  идёт ток  $I = 4 \text{ А}$ . Какое напряжение показывает идеальный вольтметр?



Ответ: \_\_\_\_\_ В.

**15**

На рисунке приведён график зависимости силы тока  $I$  от времени  $t$  в электрической цепи, содержащей катушку, индуктивность которой  $2 \text{ мГн}$ . Определите модуль ЭДС самоиндукции в катушке в интервале времени от  $5$  до  $10 \text{ с}$ .



Ответ: \_\_\_\_\_ мкВ.

**16**

В идеальном колебательном контуре, состоящем из катушки индуктивности и конденсатора, происходят свободные незатухающие электромагнитные колебания.

Из приведённого ниже списка выберите *две* величины, которые остаются постоянными при этих колебаниях.

- 1) период колебаний силы тока в контуре
- 2) заряд конденсатора
- 3) фаза колебаний напряжения на конденсаторе
- 4) амплитуда колебаний силы тока в катушке
- 5) энергия магнитного поля катушки

Ответ:

**17** В прозрачном сосуде с водой находится дифракционная решётка, которая освещается параллельным пучком монохроматического света, падающим на решётку перпендикулярно её поверхности через боковую стенку сосуда. Как изменятся длина световой волны, падающей на решётку, и угол между падающим лучом и направлением на второй дифракционный максимум, если удалить воду из сосуда?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждого ответа. Цифры в ответе могут повторяться.

Длина световой волны, достигающей решётки	Угол между падающим лучом и направлением на второй дифракционный максимум

**18** Заряженная частица массой  $m$ , несущая положительный заряд  $q$ , движется перпендикулярно линиям индукции однородного магнитного поля  $\vec{B}$  по окружности со скоростью  $v$ . Действием силы тяжести пренебречь.

Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

#### ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) модуль силы Лоренца, действующей на частицу  
Б) период обращения частицы по окружности

#### ФОРМУЛЫ

- 1)  $\frac{qB}{2\pi m}$
- 2)  $\frac{2\pi m}{qB}$
- 3)  $qvB$
- 4)  $\frac{mv}{qB}$

Ответ: 

A	B

**19** Ядро бериллия может захватить гамма-квант, в результате чего происходит ядерная реакция  ${}^9_4\text{Be} + {}^0_0\gamma \rightarrow {}^A_Z\text{X} + {}^1_0\text{n}$  с образованием ядра химического элемента  ${}^A_Z\text{X}$ . Каковы заряд образовавшегося ядра  $Z$  (в единицах элементарного заряда) и его массовое число  $A$ ?

Заряд ядра $Z$	Массовое число ядра $A$

***В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.***

- 20** В свинцовую капсулу поместили радиоактивный актиний  $^{227}_{89}\text{Ac}$ . Сколько процентов от исходно большого числа ядер этого изотопа актиния останется в капсуле через 30 дней? Период полураспада актиния 10 дней.

Ответ: \_\_\_\_\_ %.

- 21**Monoхроматический свет с энергией фотонов  $E_\phi$  падает на поверхность металла, вызывая фотоэффект. При этом напряжение, при котором фототок прекращается, равно  $U_{\text{зап}}$ . Как изменяются длина волны  $\lambda$  падающего света и модуль запирающего напряжения  $U_{\text{зап}}$ , если частота падающих фотонов  $E_\phi$  уменьшится?

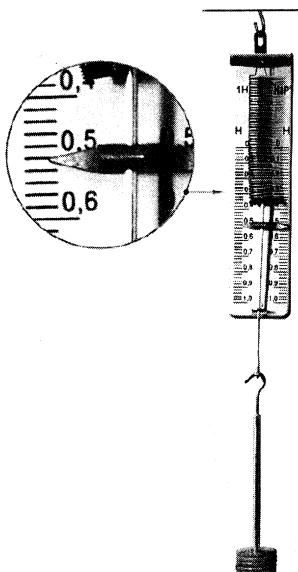
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится      2) уменьшится      3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Длина волны $\lambda$ падающего света	Модуль запирающего напряжения $U_{\text{зап}}$

- 22** Погрешность прямого измерения силы динамометром, на котором висит груз, равна цене деления (см. рисунок). Определите вес груза. Шкала динамометра проградуирована в ньютонах.

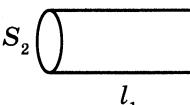
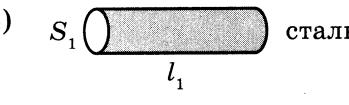
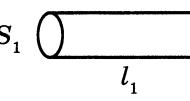
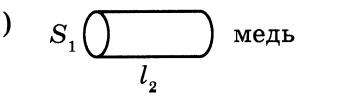
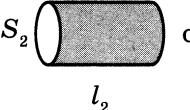


Ответ: (\_\_\_\_  $\pm$  \_\_\_\_ ) Н.

**В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.**

- 23** Необходимо экспериментально изучить зависимость сопротивления проводника от длины проводника.

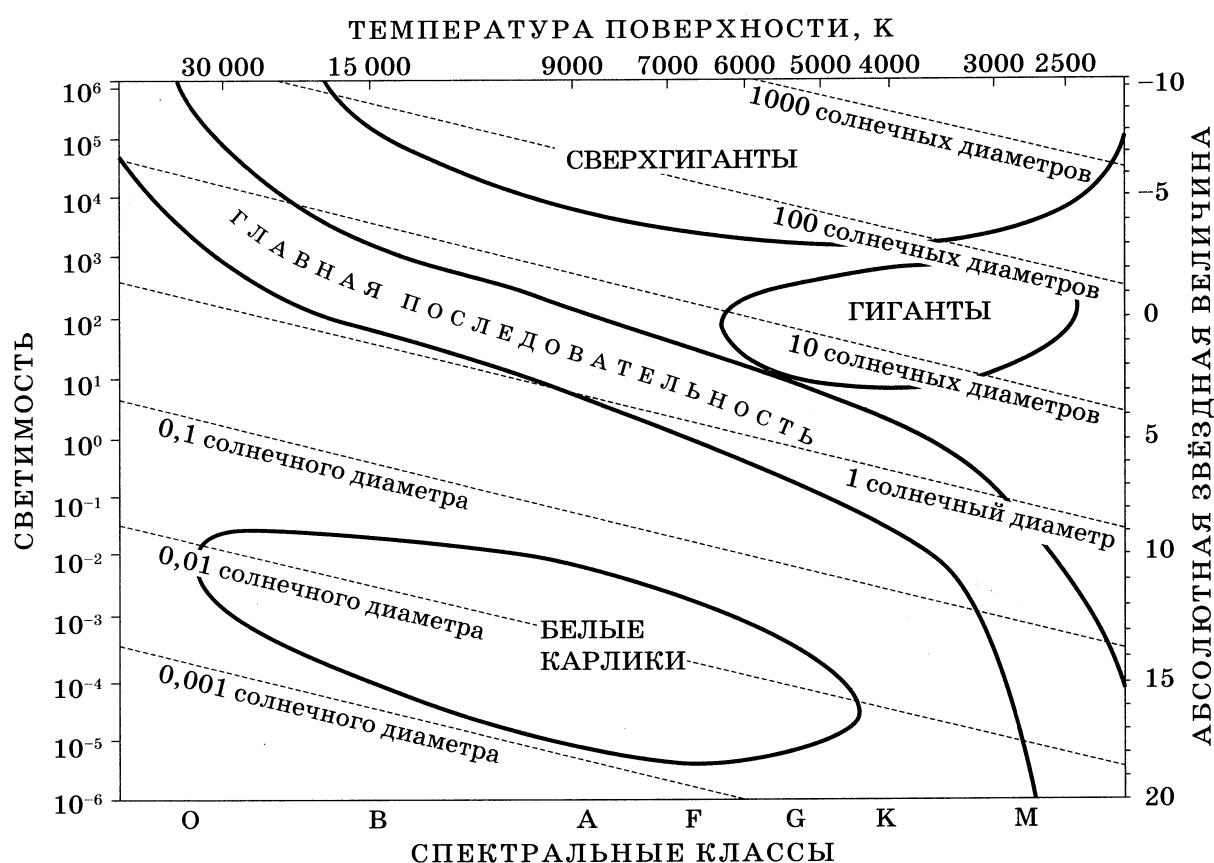
Какие **два** проводника следует использовать для проведения такого исследования?

- |  |   |
|--|---|
| 1)  медь  | 4)  сталь |
| 2)  медь  | 5)  медь  |
| 3)  сталь |   |

Ответ:

24

На рисунке представлена диаграмма Герцшпрунга — Рессела.



Выберите *все* верные утверждения о звёздах, которые соответствуют диаграмме.

- 1) Звезда Антарес имеет температуру поверхности 3300 К и относится к звёздам спектрального класса A.
- 2) Плотность белых карликов существенно меньше средней плотности гигантов.
- 3) «Жизненный цикл» звезды спектрального класса K главной последовательности более длительный, чем звезды спектрального класса В главной последовательности.
- 4) Температура поверхности звёзд спектрального класса G выше температуры поверхности звёзд спектрального класса A.
- 5) Радиус звезды Бетельгейзе почти в 1000 раз превышает радиус Солнца, а значит, она относится к сверхгигантам.

Ответ: \_\_\_\_\_.



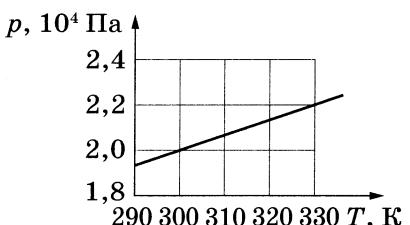
*Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.  
Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.*

## Часть 2

**Ответом к заданиям 25 и 26 является число. Запишите это число в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.**

- 25 На рисунке показан график зависимости давления газа в запаянном сосуде от его температуры. Объём сосуда равен  $0,25 \text{ м}^3$ . Какое приблизительно количество газообразного вещества содержится в этом сосуде? Ответ округлите до целых.

Ответ: \_\_\_\_\_ моль.



- 26 Фотокатод облучают ультрафиолетовым излучением частотой  $v = 1,6 \cdot 10^{15}$  Гц. Работа выхода фотоэлектронов из материала катода составляет 3,8 эВ. Определите запирающее напряжение для фотоэлектронов.

Ответ: \_\_\_\_\_ В.



**Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.  
Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.**

**Для записи ответов на задания 27–32 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (27, 28 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.**

- 27 На рис. а приведена зависимость внутренней энергии  $U$  1 моль идеального одноатомного газа от его давления  $p$  в процессе 1–2–3. Постройте график этого процесса на рис. б в переменных  $p$ – $V$ . Точка, соответствующая состоянию 1, уже отмечена на этом рисунке. Построение объясните, опираясь на законы молекулярной физики.

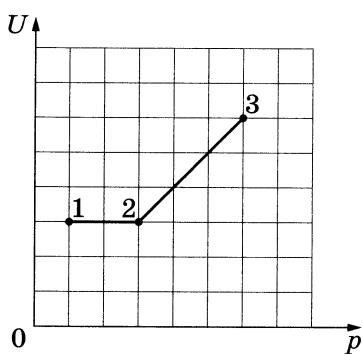


Рис. а

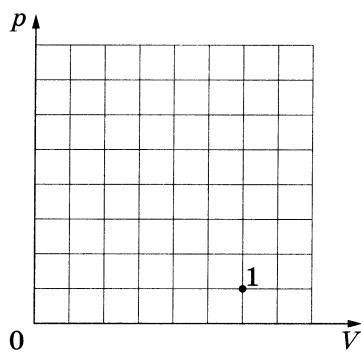
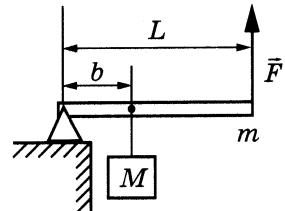


Рис. б

**Полное правильное решение каждой из задач 28–32 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.**

**28**

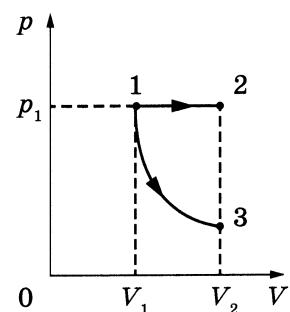
Груз массой  $M = 75$  кг медленно поднимают с помощью рычага, прикладывая силу  $F = 350$  Н (см. рисунок). Рычаг состоит из шарнира без трения и однородного стержня массой  $m = 20$  кг и длиной  $L$ . Расстояние от оси шарнира до точки подвеса груза равно  $b = 1$  м. Определите длину стержня.

**29**

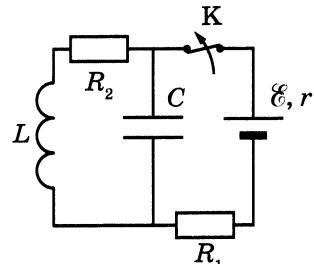
По гладкой наклонной плоскости, составляющей угол  $\alpha = 30^\circ$  с горизонтом, скользит из состояния покоя брускок массой  $M = 250$  г. В тот момент, когда брускок прошёл по наклонной плоскости расстояние  $x = 3,6$  м, в него попала и застряла в нём летящая навстречу ему вдоль наклонной плоскости пуля массой  $m = 5$  г. После попадания пули брускок поднялся вверх вдоль наклонной плоскости на расстояние  $S = 2,5$  м от места удара. Найдите скорость пули перед попаданием в брускок. Трение бруска о плоскость не учитывать.

**30**

Одно и то же постоянное количество одноатомного идеального газа расширяется из одного и того же начального состояния  $p_1$ ,  $V_1$  до одного и того же конечного объёма  $V_2$  первый раз по изобаре 1–2, а второй — по адиабате 1–3 (см. рисунок). Отношение количества теплоты  $Q_{12}$ , полученного газом от нагревателя в ходе процесса 1–2, к модулю изменения внутренней энергии газа  $|U_3 - U_1|$  в ходе процесса 1–3 равно  $k = 5$ . Определите отношение  $\frac{A_{12}}{A_{13}}$  работы газа в процессе 1–2 к работе газа в процессе 1–3.

**31**

На рисунке показана схема электрической цепи, состоящей из источника тока с ЭДС  $\mathcal{E} = 12$  В и внутренним сопротивлением  $r = 1$  Ом, двух резисторов с сопротивлениями  $R_1 = 7$  Ом и  $R_2 = 4$  Ом, конденсатора электроёмкостью  $C = 3$  мкФ и катушки с индуктивностью  $L = 32$  мГн. Какое количество теплоты выделится на резисторе  $R_2$  после размыкания ключа К? Сопротивлением провода катушки пренебречь.

**32**

Период свободных электромагнитных колебаний в идеальном колебательном контуре, состоящем из конденсатора и катушки индуктивности, равен 6,3 мкс. Амплитуда колебаний силы тока  $I_m = 5$  мА. В момент времени  $t$  заряд конденсатора равен 3 нКл. Найдите силу тока в катушке в этот момент.



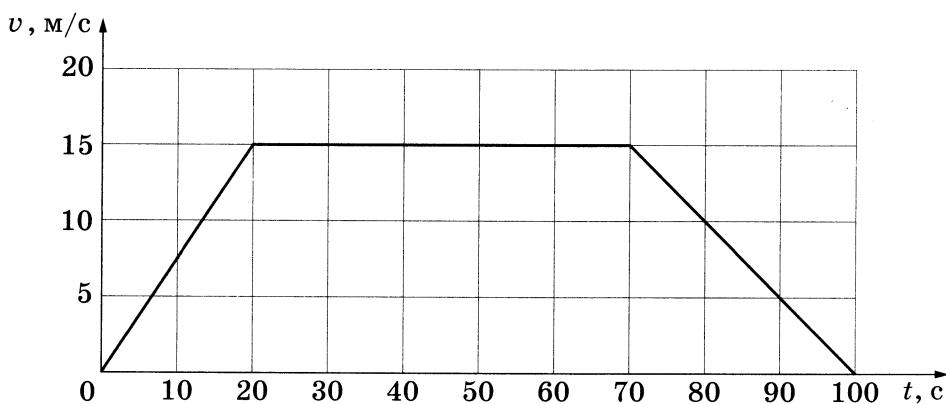
**Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с номером соответствующего задания.**

## ВАРИАНТ 25

### Часть 1

*Ответами к заданиям 1–24 являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.*

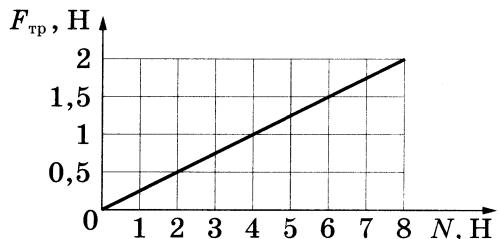
- 1 На рисунке представлен график зависимости модуля скорости  $v$  автобуса от времени  $t$ . Определите по графику путь, пройденный автобусом в интервале времени от  $t_1 = 0$  с до  $t_2 = 50$  с.



Ответ: \_\_\_\_\_ м.

- 2 На графике приведена зависимость модуля силы трения скольжения от модуля силы нормального давления. Определите коэффициент трения.

Ответ: \_\_\_\_\_.



- 3 Мячик массой 0,2 кг, брошенный вертикально вверх, достиг максимальной высоты 7 м. Какой кинетической энергией обладал мячик сразу после броска? Сопротивлением воздуха пренебречь.

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

- 4** Момент силы, действующей на рычаг слева, равен  $75 \text{ Н}\cdot\text{м}$ . Какую силу необходимо приложить к рычагу справа, чтобы он находился в равновесии, если её плечо равно  $0,5 \text{ м}$ ?

Ответ: \_\_\_\_\_ Н.

- 5** Шарик, прикреплённый к пружине, совершает гармонические колебания вдоль горизонтальной оси  $Ox$ . В таблице представлены данные о его положении в различные моменты времени.

$t, \text{ с}$	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6
$x, \text{ мм}$	0	5	9	12	14	15	14	12	9	5	0	-5	-9	-12	-14	-15	-14

Из приведённого ниже списка выберите *два* правильных утверждения, описывающих этот процесс.

- 1) Амплитуда колебаний шарика равна 1,5 см.
- 2) Период колебаний шарика равен 1,0 с.
- 3) Потенциальная энергия пружины в момент времени 1,5 с максимальна.
- 4) Кинетическая энергия шарика в момент времени 1,0 с минимальна.
- 5) Полная механическая энергия маятника, состоящего из шарика и пружины, в момент времени 1,5 с минимальна.

Ответ:

- 6** На поверхности керосина плавает деревянный брускок, частично погруженный в жидкость. Как изменятся сила Архимеда, действующая на брускок, и глубина погружения бруска, если он будет плавать в воде?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

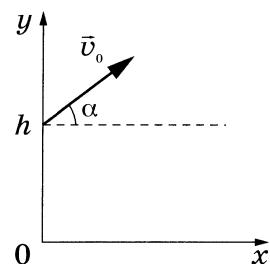
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины.

Цифры в ответе могут повторяться.

Сила Архимеда	Глубина погружения бруска

7

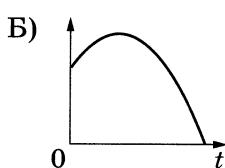
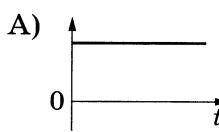
В момент  $t = 0$  камень бросают с начальной скоростью  $\vec{v}_0$  под углом  $\alpha$  к горизонту с обрыва высотой  $h$  (см. рисунок). Графики А и Б представляют собой зависимости физических величин, характеризующих движение камня в процессе полёта, от времени  $t$ .



Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять. (Сопротивлением воздуха пренебречь. Потенциальная энергия камня отсчитывается от уровня  $y = 0$ .)

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

## ГРАФИКИ



## ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) проекция ускорения камня на ось  $y$
- 2) кинетическая энергия камня
- 3) проекция скорости камня на ось  $x$
- 4) потенциальная энергия камня

Ответ: 

A	B

8

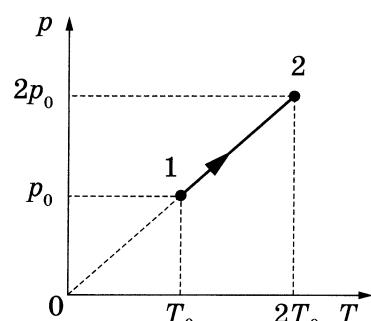
Средняя кинетическая энергия хаотического теплового движения молекул гелия уменьшилась в 4 раза. Определите конечную температуру газа, если его начальная температура равна 900 К.

Ответ: \_\_\_\_\_ К.

9

На  $pT$ -диаграмме показан процесс изменения состояния 4 моль идеального газа. Внутренняя энергия газа увеличилась на 40 кДж. Какую работу совершил газ в этом процессе?

Ответ: \_\_\_\_\_ кДж.



10

В закрытом сосуде при температуре 373 К под поршнем находится водяной пар под давлением 30 кПа. Каким станет давление пара, если, сохранив его температуру неизменной, объём пара уменьшить в 3 раза?

Ответ: \_\_\_\_\_ кПа.

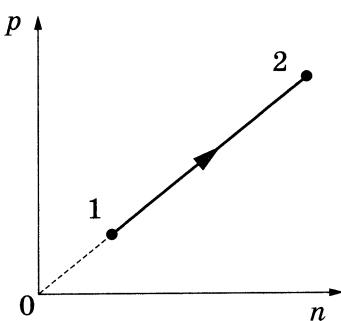
- 11** При переводе одноатомного идеального газа из состояния 1 в состояние 2 давление  $p$  прямо пропорционально концентрации его молекул  $n$  (см. рисунок). Масса газа в процессе остаётся постоянной.

Из приведённого ниже списка выберите *два* правильных утверждения, характеризующих процесс 1–2.

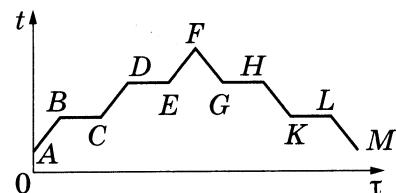
- 1) Абсолютная температура газа увеличивается.
- 2) Происходит изотермическое расширение газа.
- 3) Среднеквадратическая скорость теплового движения молекул газа увеличивается.
- 4) Плотность газа увеличивается.
- 5) Средняя кинетическая энергия теплового движения молекул газа остаётся неизменной.

Ответ: 

--	--



- 12** В цилиндре под поршнем первоначально находилось твёрдое вещество. Цилиндр сначала нагревали в печи, а затем охлаждали. На рисунке схематично показан график изменения температуры  $t$  вещества с течением времени  $\tau$ .



Установите соответствие между участками графика и процессами, отображаемыми этими участками.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**УЧАСТКИ ГРАФИКА**

- A) KL  
B) EF

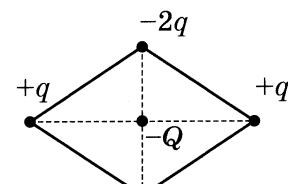
**ПРОИСХОДЯЩИЕ ПРОЦЕССЫ**

- 1) нагревание пара
- 2) охлаждение жидкости
- 3) кипение
- 4) кристаллизация

Ответ: 

A	B

- 13** В трёх вершинах ромба расположены точечные заряды  $+q$ ,  $-2q$  и  $+q$  ( $q > 0$ ). Куда направлена относительно рисунка (*вверх, вниз, влево, вправо, от наблюдателя, к наблюдателю*) кулоновская сила  $\vec{F}$ , действующая на отрицательный точечный заряд  $-Q$ , помещённый в центр этого ромба (см. рисунок)? Ответ запишите словом (словами).



Ответ: \_\_\_\_\_.

- 14** Сила тока, текущего по проводнику, равна 10 А. За какое время по проводнику протечёт заряд 50 Кл?

Ответ: \_\_\_\_\_ с.

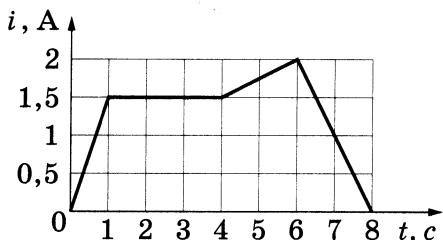
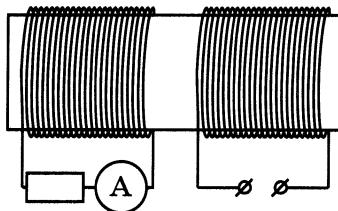
- 15** Конденсатор, заряженный до разности потенциалов 20 В, в первый раз подключили к катушке с индуктивностью 5 мГн, а во второй — к катушке с индуктивностью

20 мГн. Каково отношение периодов колебаний энергии конденсатора  $\frac{T_2}{T_1}$  в этих двух случаях? Потерями энергии в контуре пренебречь.

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 16** На железный сердечник надеты две катушки, как показано на рисунке. По правой катушке пропускают ток, который меняется согласно приведённому графику.

На основании этого графика выберите *две* верных утверждения о процессах, происходящих в катушках и сердечнике.



- 1) В промежутке 0–1 с сила тока в левой катушке равномерно увеличивается.
- 2) В промежутке 1–4 с модуль магнитной индукции в сердечнике минимален.
- 3) Модуль силы тока в левой катушке в промежутке 4–6 с меньше, чем в промежутке 6–8 с.
- 4) В промежутках 0–1 с и 6–8 с направления тока в левой катушке различны.
- 5) В промежутке времени 1–4 с сила тока в левой катушке отлична от нуля.

Ответ:

- 17** Небольшой предмет расположен на главной оптической оси тонкой собирающей линзы на двойном фокусном расстоянии от неё. Предмет начинают приближать к фокусу линзы. Как меняются при этом оптическая сила линзы и размер изображения?

Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Оптическая сила линзы	Размер изображения

**18**

Установите соответствие между физическими величинами, описывающими протекание постоянного тока через резистор, и формулами для их расчёта. В формулах использованы обозначения:  $R$  — сопротивление резистора;  $I$  — сила тока;  $U$  — напряжение на резисторе;  $\Delta t$  — промежуток времени.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

### ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) мощность тока  
Б) работа тока

### ФОРМУЛЫ

- 1)  $I^2R\Delta t$
- 2)  $\frac{U^2}{I}\Delta t$
- 3)  $UI$
- 4)  $\frac{U}{I}$

Ответ: 

A	B

**19**

На рисунке представлен фрагмент Периодической системы элементов Д. И. Менделеева. Под названием каждого элемента приведены массовые числа его основных стабильных изотопов. При этом нижний индекс около массового числа указывает (в процентах) распространённость изотопа в природе.

2	II	<b>Li</b> 3 литий $7_{93} 6_{7}$	<b>Be</b> 4 БЕРИЛЛИЙ $9_{100}$	<b>B</b> 5 БОР $11_{80} 10_{20}$
3	III	<b>Na</b> 11 натрий $23_{100}$	<b>Mg</b> 12 магний $24_{79} 26_{11} 25_{10}$	<b>Al</b> 13 алюминий $27_{100}$
4	IV	<b>K</b> 19 калий $39_{93} 41_{6,7}$	<b>Ca</b> 20 кальций $40_{97} 44_{2,1}$	<b>Sc</b> 21 скандий $45_{100}$
	V	<b>Cu</b> 29 медь $63_{69} 65_{31}$	<b>Zn</b> 30 цинк $64_{49} 66_{28} 68_{19}$	<b>Ga</b> 31 галлий $69_{60} 71_{40}$

Укажите число протонов и число нейтронов в ядре самого распространённого стабильного изотопа кальция.

Число протонов	Число нейтронов

**В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.**

**20**

10 мкг радиоактивного изотопа полония  $^{210}_{84}\text{Po}$  находятся в герметичном контейнере. Какая доля ядер атомов полония (в процентах от первоначального числа ядер) остаётся нераспавшейся через интервал времени, равный двум периодам полураспада?

Ответ: \_\_\_\_\_ %.

**21**

Монохроматический свет с энергией фотонов  $E_\phi$  падает на поверхность металла, вызывая фотоэффект. При этом напряжение, при котором фототок прекращается (запирающее напряжение), равно  $U_{\text{зап}}$ . Как изменятся модуль запирающего напряжения  $U_{\text{зап}}$  и длина волны  $\lambda_{\text{кр}}$ , соответствующая «красной границе» фотоэффекта, если энергия падающих фотонов  $E_\phi$  увеличится?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

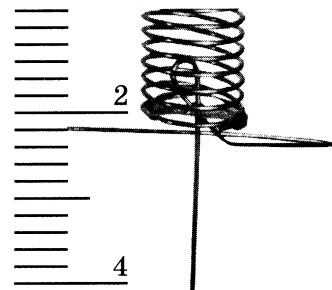
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Модуль запирающего напряжения $U_{\text{зап}}$	Длина волны $\lambda_{\text{кр}}$ , соответствующая «красной границе» фотоэффекта

**22**

Определите показания динамометра (см. рисунок), если погрешность прямого измерения силы равна половине цены деления динамометра. Шкала динамометра проградуирована в Н.

Ответ: (\_\_\_\_\_  $\pm$  \_\_\_\_\_) Н.

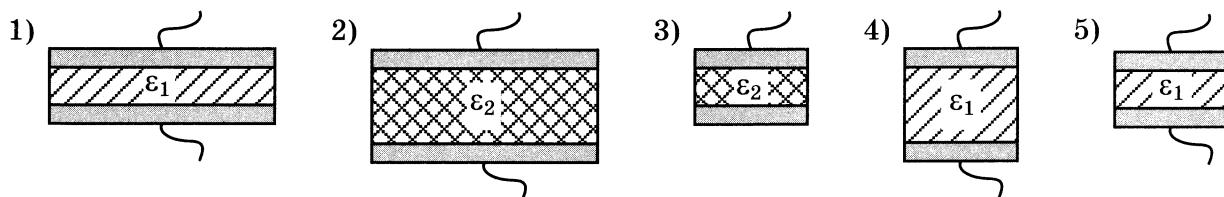


**В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.**

**23**

Ученику необходимо экспериментально выявить зависимость электроёмкости плоского конденсатора от величины диэлектрической проницаемости среды, заполняющей пространство между его пластинами. На всех представленных ниже рисунках  $\epsilon$  — диэлектрическая проницаемость среды, заполняющей пространство между пластинами.

Какие *два* конденсатора следует использовать для проведения такого исследования?



Запишите в таблицу номера выбранных конденсаторов.

Ответ: 

--	--

24

Рассмотрите таблицу, содержащую характеристики планет Солнечной системы.

Название планеты	Диаметр в районе экватора, км	Период обращения вокруг Солнца	Период вращения вокруг оси	Вторая космическая скорость, км/с
Меркурий	4878	87,97 суток	58,6 суток	4,25
Венера	12 104	224,7 суток	243 суток 0 часов 27 минут	10,36
Земля	12 756	365,3 суток	23 часа 56 минут	11,18
Марс	6794	687 суток	24 часа 37 минут	5,02
Юпитер	142 800	11 лет 315 суток	9 часов 53,8 минут	59,54
Сатурн	120 660	29 лет 168 суток	10 часов 38 минут	35,49
Уран	51 118	84 года 5 суток	17 часов 12 минут	21,29
Нептун	49 528	164 года 290 суток	16 часов 4 минуты	23,71

Выберите *все* верные утверждения, которые соответствуют характеристикам планет.

- 1) Меркурианский год равен меркурианским суткам.
- 2) Планеты-гиганты быстрее вращаются вокруг своей оси, чем планеты земной группы.
- 3) Первая космическая скорость вблизи Урана составляет примерно 15,1 км/с.
- 4) Ускорение свободного падения на Марсе примерно равно 5,02 м/с<sup>2</sup>.
- 5) Объём Венеры в 1,5 раза больше объёма Земли.

Ответ: \_\_\_\_\_.



*Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.*

*Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.*

## Часть 2

*Ответом к заданиям 25 и 26 является число. Запишите это число в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.*

25

В цилиндре под поршнем находится аргон. Газ расширился при постоянном давлении, совершив работу 6 кДж. Какое количество теплоты сообщили газу? Количество вещества газа постоянно.

Ответ: \_\_\_\_\_ кДж.

26

На дифракционную решётку, имеющую 500 штрихов на 1 мм, перпендикулярно её поверхности падает узкий луч монохроматического света частотой  $5 \cdot 10^{14}$  Гц. Каков максимальный порядок дифракционного максимума, доступного для наблюдения?

Ответ: \_\_\_\_\_.

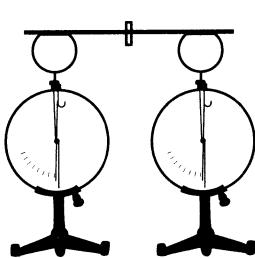
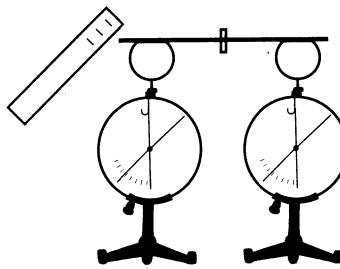


*Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.*

*Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.*

**Для записи ответов на задания 27–32 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2.**  
**Запишите сначала номер задания (27, 28 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.**

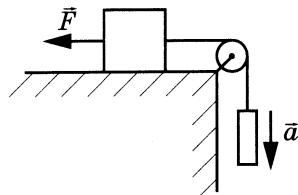
- 27** На столе установили два незаряженных электрометра и соединили их медным стержнем с изолирующей ручкой (рис. *а*). Затем к первому электрометру поднесли, не касаясь шара, отрицательно заряженную палочку (рис. *б*). Не убирая палочки, убрали стержень, а затем убрали палочку.

Рис. *а*Рис. *б*

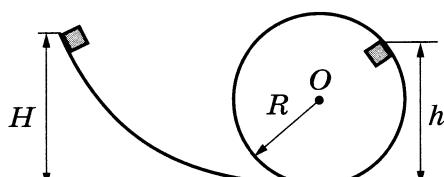
Ссылаясь на известные Вам законы и явления, объясните, почему электрометры оказались заряженными, и определите знаки заряда каждого из электрометров после того, как палочку убрали.

**Полное правильное решение каждой из задач 28–32 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.**

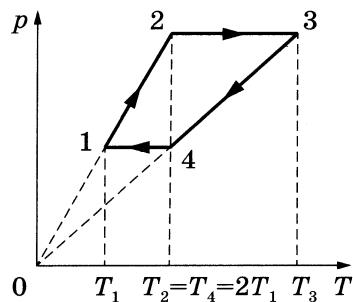
- 28** Груз массой 1 кг, лежащий на столе, связан лёгкой нерастяжимой нитью, переброшенной через идеальный блок, с грузом массой 0,25 кг. На первый груз действует горизонтальная постоянная сила  $\vec{F}$ , равная по модулю 1 Н (см. рисунок). При этом второй груз движется с ускорением 0,8 м/с<sup>2</sup>, направленным вниз. Каков коэффициент трения скольжения первого груза по поверхности стола?



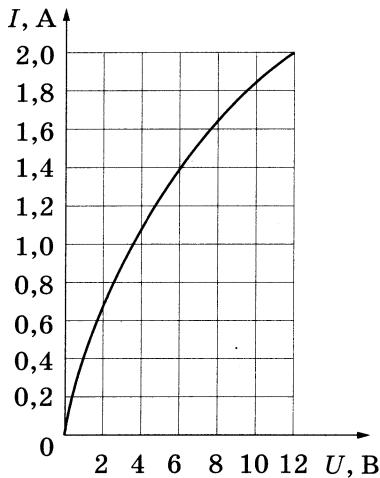
- 29** Небольшой кубик массой  $m = 1,5$  кг начинает скользить с нулевой начальной скоростью по гладкой горке, переходящей в «мёртвую петлю» радиусом  $R = 1,5$  м (см. рисунок). С какой высоты  $H$  был отпущен кубик, если на высоте  $h = 2$  м от нижней точки петли сила давления кубика на стенку петли  $F = 4$  Н? Сделайте рисунок с указанием сил, поясняющий решение.



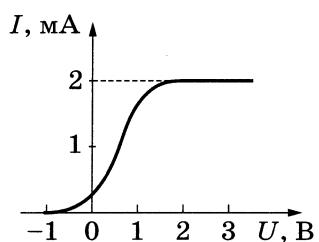
- 30** В тепловом двигателе 2 моль гелия совершают цикл 1–2–3–4–1, показанный на графике в координатах  $p$ – $T$ , где  $p$  — давление газа,  $T$  — абсолютная температура. Температуры в точках 2 и 4 равны и превышают температуру в точке 1 в 2 раза. Определите КПД цикла.



- 31** Вольт-амперная характеристика лампы накаливания изображена на графике. Если на лампу подать напряжение 12 В, то температура нити лампы равна 3500 К. Сопротивление нити прямо пропорционально её температуре. При какой температуре накала нити потребляемая лампой мощность составит 8,4 Вт?



- 32** В опыте по изучению фотоэффекта свет частотой  $v = 5,2 \cdot 10^{14}$  Гц падает на поверхность катода, в результате чего в цепи возникает ток. График зависимости силы тока  $I$  от напряжения  $U$  между анодом и катодом приведён на рисунке. Какова мощность падающего света  $P$ , если в среднем один из 30 фотонов, падающих на катод, выбивает электрон?



**Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с номером соответствующего задания.**

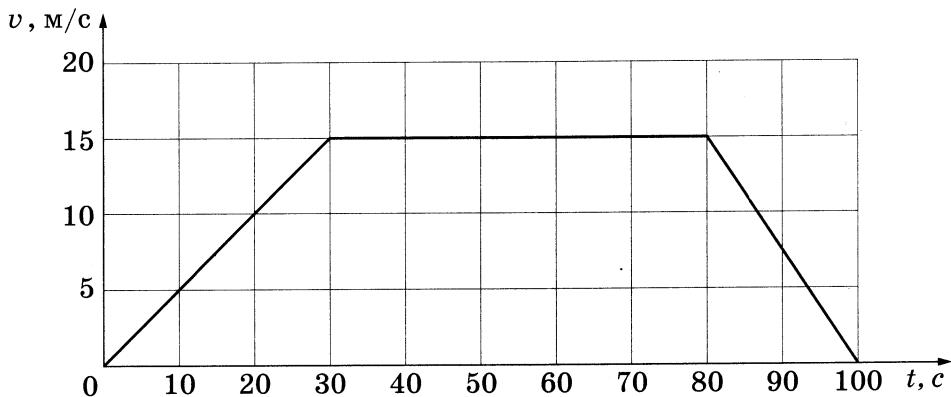


## ВАРИАНТ 26

### Часть 1

Ответами к заданиям 1–24 являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

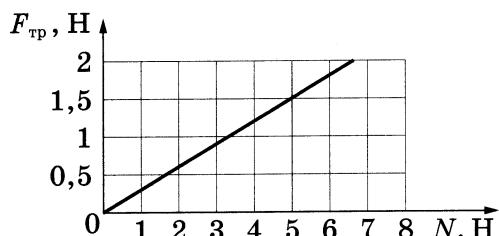
- 1 На рисунке представлен график зависимости модуля скорости  $v$  грузовика от времени  $t$ . Определите по графику путь, пройденный грузовиком в интервале времени от  $t_1 = 40$  с до  $t_2 = 100$  с.



Ответ: \_\_\_\_\_ м.

- 2 На графике приведена зависимость модуля силы трения скольжения от модуля силы нормального давления. Определите коэффициент трения.

Ответ: \_\_\_\_\_.



- 3 Камень массой 0,15 кг бросили вертикально вверх. На какую максимальную высоту поднялся камень, если сразу после броска его кинетическая энергия составила 6 Дж? Сопротивлением воздуха пренебречь.

Ответ: \_\_\_\_\_ м.

- 4** Момент силы, действующей на рычаг справа, равен  $60 \text{ Н}\cdot\text{м}$ . Слева на рычаг действует сила  $80 \text{ Н}$ . Каким должно быть плечо левой силы, чтобы рычаг находился в равновесии?

Ответ: \_\_\_\_\_ м.

- 5** Шарик, прикреплённый к пружине, совершает гармонические колебания вдоль горизонтальной оси  $Ox$ . В таблице представлены данные о его положении в различные моменты времени.

$t, \text{ с}$	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6
$x, \text{ мм}$	0	5	9	12	14	15	14	12	9	5	0	-5	-9	-12	-14	-15	-14

Из приведённого ниже списка выберите *два* правильных утверждения, описывающих этот процесс.

- 1) Амплитуда колебаний шарика равна 3 см.
- 2) Период колебаний шарика равен 2,0 с.
- 3) Потенциальная энергия пружины в момент времени 1,5 с минимальна.
- 4) Кинетическая энергия шарика в момент времени 1,0 с максимальна.
- 5) Полная механическая энергия маятника, состоящего из шарика и пружины, в момент времени 0,5 с максимальна.

Ответ:

- 6** На поверхности керосина плавает деревянный брускок, частично погруженный в жидкость. Как изменяется глубина погружения бруска и сила Архимеда, действующая на брускок, если он будет плавать в подсолнечном масле?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

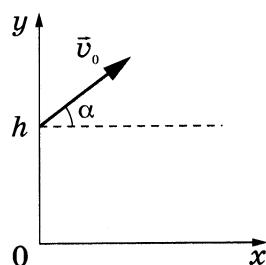
- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Глубина погружения бруска	Сила Архимеда

7

В момент  $t = 0$  камень бросают с начальной скоростью  $\vec{v}_0$  под углом  $\alpha$  к горизонту с обрыва высотой  $h$  (см. рисунок). Графики А и Б представляют собой зависимости физических величин, характеризующих движение камня в процессе полёта, от времени  $t$ .

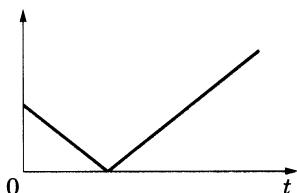


Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять. (Сопротивлением воздуха пренебречь. Потенциальная энергия камня отсчитывается от уровня  $y = 0$ .)

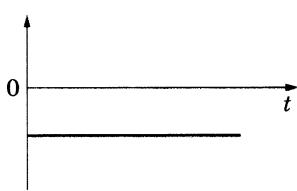
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

## ГРАФИКИ

А)



Б)



Ответ: 

	А
Б	

## ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) модуль проекции импульса камня на ось  $y$
- 2) проекция ускорения камня на ось  $y$
- 3) кинетическая энергия камня
- 4) потенциальная энергия камня

8

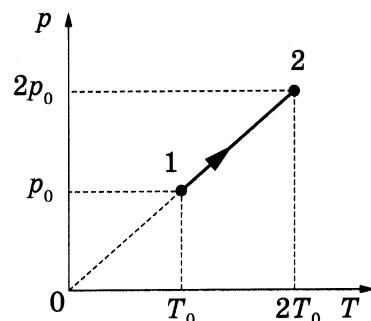
Средняя кинетическая энергия хаотического теплового движения молекул неона увеличилась в 3 раза. Определите начальную температуру газа, если его конечная температура равна 900 К.

Ответ: \_\_\_\_\_ К.

9

На  $pT$ -диаграмме показан процесс изменения состояния 6 моль идеального газа. В этом процессе газ получил количество теплоты, равное 30 кДж. Определите изменение внутренней энергии газа.

Ответ: \_\_\_\_\_ кДж.



10

В закрытом сосуде при температуре 373 К под поршнем находится водяной пар под давлением 60 кПа. Каким станет давление пара, если, сохранив его температуру неизменной, объем пара увеличить в 3 раза?

Ответ: \_\_\_\_\_ кПа.

**11**

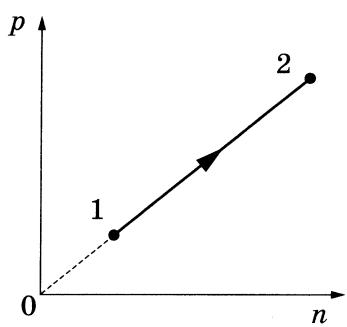
При переводе одноатомного идеального газа из состояния 1 в состояние 2 давление  $p$  прямо пропорционально концентрации его молекул  $n$  (см. рисунок). Масса газа в процессе остаётся постоянной.

Из приведённого ниже списка выберите **два** правильных утверждения, характеризующих процесс 1–2.

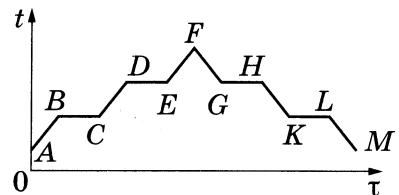
- 1) Абсолютная температура газа остаётся неизменной.
- 2) Происходит изотермическое сжатие газа.
- 3) Среднеквадратическая скорость теплового движения молекул газа увеличивается.
- 4) Плотность газа уменьшается.
- 5) Средняя кинетическая энергия теплового движения молекул газа уменьшается.

Ответ: 

--	--

**12**

В цилиндре под поршнем первоначально находилось твёрдое вещество. Цилиндр сначала нагревали в печи, а затем охлаждали. На рисунке схематично показан график изменения температуры  $t$  вещества с течением времени  $\tau$ .



Установите соответствие между участками графика и процессами, отображаемыми этими участками.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

#### УЧАСТКИ ГРАФИКА

- A) CD  
Б) GH

#### ПРОИСХОДЯЩИЕ ПРОЦЕССЫ

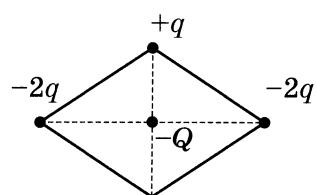
- 1) охлаждение пара
- 2) нагревание жидкости
- 3) конденсация
- 4) плавление

Ответ: 

A	Б

**13**

В трёх вершинах ромба расположены точечные заряды  $-2q$ ,  $+q$  и  $-2q$  ( $q > 0$ ). Куда направлена относительно рисунка (*вверх, вниз, влево, вправо, от наблюдателя, к наблюдателю*) кулоновская сила  $\vec{F}$ , действующая на отрицательный точечный заряд  $-Q$ , помещённый в центр этого ромба (см. рисунок)? *Ответ запишите словом (словами).*



Ответ: \_\_\_\_\_.

**14**

Определите силу тока, текущего по проводнику, если за 40 с через него проходит заряд 100 Кл.

Ответ: \_\_\_\_\_ А.

**15**

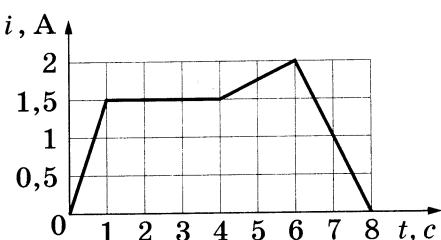
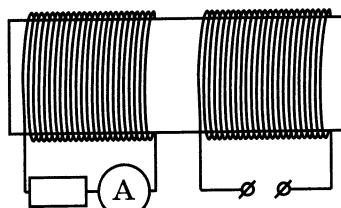
Конденсатор, заряженный до разности потенциалов 40 В, в первый раз подключили к катушке с индуктивностью 40 мГн, а во второй — к катушке с индуктивностью 10 мГн. Каково отношение периодов колебаний энергии катушки индуктивности  $\frac{T_2}{T_1}$  в этих двух случаях? Потерями энергии в контуре пренебречь.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**16**

На железный сердечник надеты две катушки, как показано на рисунке. По правой катушке пропускают ток, который меняется согласно приведённому графику.

На основании этого графика выберите *два* верных утверждения о процессах, происходящих в катушках и сердечнике.



- 1) В промежутке 0–1 с сила тока в левой катушке равномерно увеличивается.
- 2) Модуль силы тока в левой катушке в промежутке 0–1 с больше, чем в промежутке 4–6 с.
- 3) В промежутках 0–1 с и 6–8 с направления тока в правой катушке различны.
- 4) В промежутке времени 2–3 с сила тока в левой катушке отлична от нуля.
- 5) В промежутке 6–8 с модуль индукции магнитного поля правой катушки равномерно уменьшается.

Ответ:

**17**

Небольшой предмет расположен на главной оптической оси тонкой собирающей линзы на тройном фокусном расстоянии от неё. Предмет начинают отодвигать от линзы. Как меняются при этом оптическая сила линзы и размер изображения?

Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины.

Цифры в ответе могут повторяться.

Оптическая сила линзы	Размер изображения

**18**

Установите соответствие между физическими величинами, описывающими протекание постоянного тока через резистор, и формулами для их расчёта. В формулах использованы обозначения:  $R$  — сопротивление резистора;  $I$  — сила тока;  $U$  — напряжение на резисторе;  $\Delta t$  — промежуток времени.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- А) сопротивление резистора  
Б) работа тока

**ФОРМУЛЫ**

- 1)  $\frac{U^2}{I} \Delta t$
- 2)  $\frac{U^2}{R} \Delta t$
- 3)  $UI$
- 4)  $\frac{U}{I}$

Ответ: 

A	B

**19**

На рисунке представлен фрагмент Периодической системы элементов Д. И. Менделеева. Под названием каждого элемента приведены массовые числа его основных стабильных изотопов. При этом нижний индекс около массового числа указывает (в процентах) распространённость изотопа в природе.

2	II	<b>Li</b> литий $7_{93} 6_{,7}$	3	<b>Be</b> БЕРИЛЛИЙ $9_{100}$	4	<b>B</b> БОР $11_{80} 10_{20}$
3	III	<b>Na</b> натрий $23_{100}$	11	<b>Mg</b> магний $24_{79} 26_{11} 25_{10}$	12	<b>Al</b> алюминий $27_{100}$
4	IV	<b>K</b> калий $39_{93} 41_{6,7}$	19	<b>Ca</b> кальций $40_{97} 44_{2,1}$	20	<b>Sc</b> скандий $45_{100}$
	V	<b>Cu</b> медь $63_{69} 65_{31}$	29	<b>Zn</b> цинк $64_{49} 66_{28} 68_{19}$	30	<b>Ga</b> галлий $69_{60} 71_{40}$

Укажите число протонов и число нейтронов в ядре наименее распространённого из указанных изотопов галлия.

Число протонов	Число нейтронов

**В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.**

- 20** 20 мкг радиоактивного изотопа полония  $^{210}_{84}\text{Po}$  находятся в герметичном контейнере. Какая доля ядер атомов полония (в процентах от первоначального числа ядер) остаётся нераспавшейся через интервал времени, равный трём периодам полураспада?

Ответ: \_\_\_\_\_ %.

- 21** Монохроматический свет с энергией фотонов  $E_\phi$  падает на поверхность металла, вызывая фотоэффект. При этом напряжение, при котором фототок прекращается (запирающее напряжение), равно  $U_{\text{зап}}$ . Как изменяется модуль запирающего напряжения  $U_{\text{зап}}$  и частота  $\nu_{\text{кр}}$ , соответствующая «красной границе» фотоэффекта, если энергия падающих фотонов  $E_\phi$  уменьшится, но фотоэффект не прекратится?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

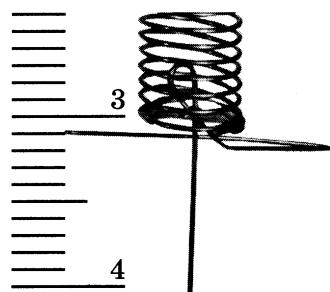
- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Модуль запирающего напряжения $U_{\text{зап}}$	Частота $\nu_{\text{кр}}$ , соответствующая «красной границе» фотоэффекта

- 22** Определите показания динамометра (см. рисунок), если погрешность прямого измерения силы равна цене деления динамометра. Шкала динамометра проградуирована в Н.

Ответ: (\_\_\_\_  $\pm$  \_\_\_\_ ) Н.



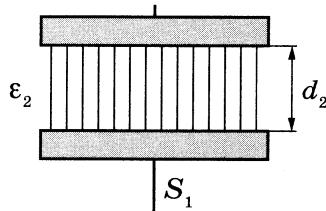
**В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.**

**23**

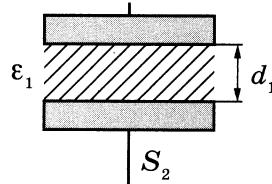
Ученнику необходимо экспериментально выявить зависимость электроёмкости плоского конденсатора от расстояния между его пластинами. На всех представленных ниже рисунках  $S$  — площадь пластин конденсатора,  $d$  — расстояние между пластинами конденсатора,  $\epsilon$  — диэлектрическая проницаемость среды, заполняющей пространство между пластинами.

Какие *два* конденсатора следует использовать для проведения такого исследования?

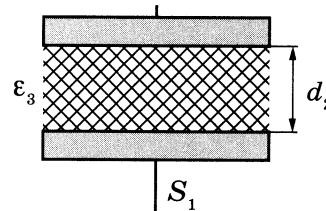
1)



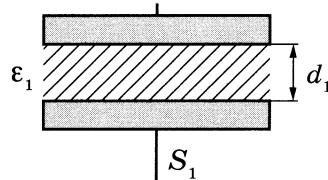
2)



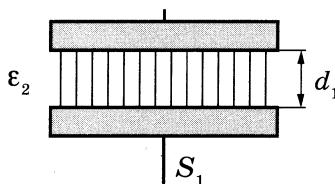
3)



4)



5)



Запишите в таблицу номера выбранных конденсаторов.

Ответ:

**24**

Рассмотрите таблицу, содержащую характеристики планет Солнечной системы.

Название планеты	Диаметр в районе экватора, км	Период обращения вокруг Солнца	Период вращения вокруг оси	Вторая космическая скорость, км/с
Меркурий	4878	87,97 суток	58,6 суток	4,25
Венера	12 104	224,7 суток	243 суток 0 часов 27 минут	10,36
Земля	12 756	365,3 суток	23 часа 56 минут	11,18
Марс	6794	687 суток	24 часа 37 минут	5,02
Юпитер	142 800	11 лет 315 суток	9 часов 53,8 минут	59,54
Сатурн	120 660	29 лет 168 суток	10 часов 38 минут	35,49
Уран	51 118	84 года 5 суток	17 часов 12 минут	21,29
Нептун	49 528	164 года 290 суток	16 часов 4 минуты	23,71

Выберите *все* верные утверждения, которые соответствуют характеристикам планет.

- 1) Первая космическая скорость вблизи Марса составляет примерно 3,55 км/с.
- 2) Скорость движения Урана по орбите в 2 раза меньше, чем скорость Нептуна.
- 3) Чем дальше планета от Солнца, тем меньше угловая скорость её движения по орбите.
- 4) Ускорение свободного падения на Венере примерно равно  $10,36 \text{ м/с}^2$ .
- 5) Объём Марса в 2 раза меньше объёма Земли.

Ответ: \_\_\_\_\_.



*Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.*

*Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.*

## Часть 2

*Ответом к заданиям 25 и 26 является число. Запишите это число в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.*

**25**

В цилиндре под поршнем находится аргон. Газ расширился при постоянном давлении, при этом его внутренняя энергия увеличилась на 6 кДж. Какое количество теплоты сообщили газу? Количество вещества газа постоянно.

Ответ: \_\_\_\_\_ кДж.

**26**

На дифракционную решётку, имеющую 300 штрихов на 1 мм, перпендикулярно её поверхности падает узкий луч монохроматического света частотой  $5,6 \cdot 10^{14}$  Гц. Каков максимальный порядок дифракционного максимума, доступного для наблюдения?

Ответ: \_\_\_\_\_.



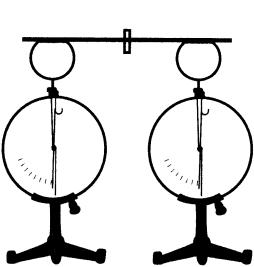
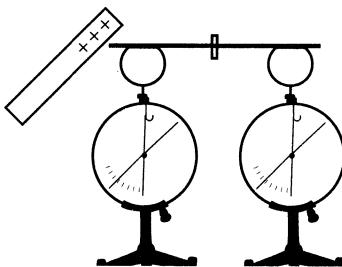
*Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.*

*Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.*

**Для записи ответов на задания 27–32 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2.**  
**Запишите сначала номер задания (27, 28 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.**

**27**

На столе установили два незаряженных электрометра и соединили их алюминиевым стержнем с изолирующей ручкой (рис. *а*). Затем к первому электрометру поднесли, не касаясь шара, положительно заряженную палочку (рис. *б*). Не убирая палочки, убрали стержень, а затем убрали палочку.

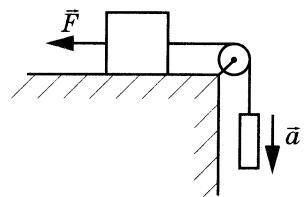
Рис. *а*Рис. *б*

Ссылаясь на известные Вам законы и явления, объясните, почему электрометры оказались заряженными, и определите знаки заряда каждого из электрометров после того, как палочку убрали.

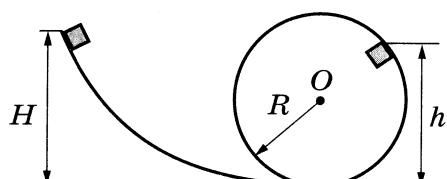
**Полное правильное решение каждой из задач 28–32 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.**

**28**

Груз, лежащий на столе, связан лёгкой нерастяжимой нитью, переброшенной через идеальный блок, с грузом массой 0,5 кг. Коэффициент трения скольжения первого груза по поверхности стола равен 0,1. На первый груз действует горизонтальная постоянная сила  $\vec{F}$ , равная по модулю 1 Н (см. рисунок). При этом второй груз движется с ускорением 2 м/с<sup>2</sup>, направленным вниз. Чему равна масса первого груза?

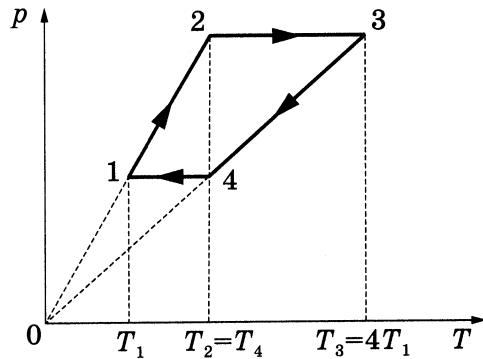
**29**

Небольшой кубик массой  $m = 1,5$  кг начинает скользить с высоты  $H = 2,45$  м с нулевой начальной скоростью по гладкой горке, переходящей в «мёртвую петлю» радиусом  $R = 1,5$  м (см. рисунок). На какой высоте  $h$  от нижней точки петли сила давления кубика на стенку петли  $F = 4$  Н? Сделайте рисунок с указанием сил, поясняющий решение.



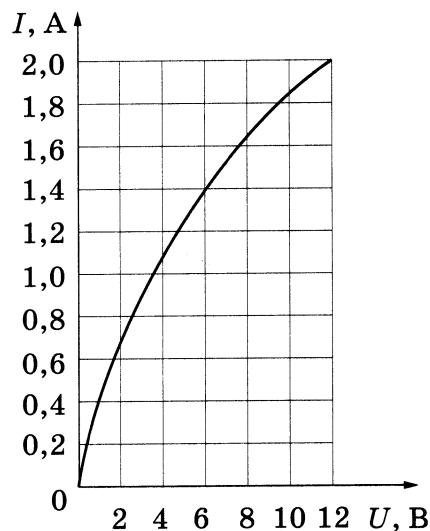
30

В тепловом двигателе 2 моль аргона совершают цикл 1–2–3–4–1, показанный на графике в координатах  $p$ – $T$ , где  $p$  — давление газа,  $T$  — абсолютная температура. Температуры в точках 2 и 4 равны, а температура в точке 3 в 4 раза больше температуры в точке 1. Определите КПД цикла.



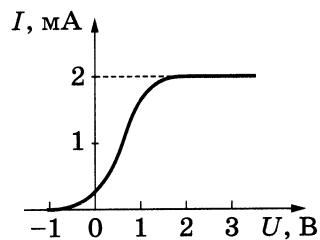
31

Вольт-амперная характеристика лампы накаливания изображена на графике. При потребляемой мощности 24 Вт температура нити лампы равна 4200 К. Сопротивление нити прямо пропорционально её температуре. Чему равна температура нити накала, если на лампу подать напряжение 6 В?



32

В опыте по изучению фотоэффекта свет длиной волны  $\lambda = 500$  нм падает на поверхность катода, в результате чего в цепи возникает ток. График зависимости силы тока  $I$  от напряжения  $U$  между анодом и катодом приведён на рисунке. Какова мощность падающего света  $P$ , если в среднем один из 30 фотонов, падающих на катод, выбивает электрон?



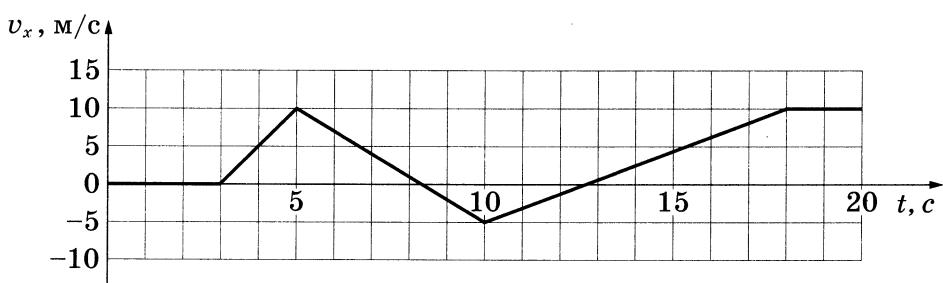
*Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с номером соответствующего задания.*

## ВАРИАНТ 27

### Часть 1

Ответами к заданиям 1–24 являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

- 1 На рисунке приведён график зависимости проекции  $v_x$  скорости тела от времени  $t$ .



Определите проекцию  $a_x$  ускорения этого тела в момент времени 8 с.

Ответ: \_\_\_\_\_ м/с<sup>2</sup>.

- 2 Два маленьких шарика с одинаковыми массами  $m$ , расстояние между которыми равно  $r$ , притягиваются друг к другу с гравитационными силами, равными по модулю 0,9 пН. Каков модуль сил гравитационного притяжения двух других шариков, если масса одного  $4m$ , масса другого  $\frac{m}{2}$ , а расстояние между их центрами  $\frac{r}{3}$ ?

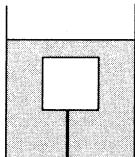
Ответ: \_\_\_\_\_ пН.

- 3 Отношение скорости автобуса к скорости легкового автомобиля  $\frac{v_1}{v_2} = \frac{1}{3}$ . Масса автобуса  $m_1 = 7200$  кг. Какова масса легкового автомобиля, если отношение импульса автобуса к импульсу легкового автомобиля равно 1,6?

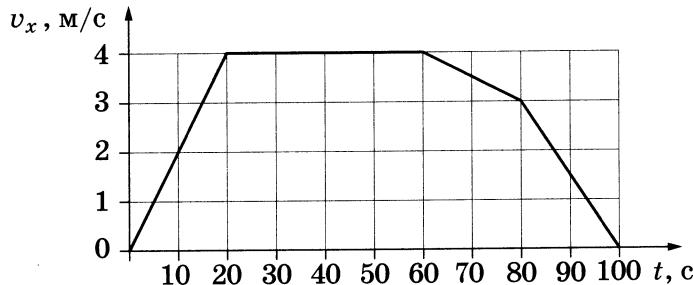
Ответ: \_\_\_\_\_ кг.

- 4 Деревянный куб массой 0,3 кг привязан ниткой ко дну сосуда с водой (см. рисунок). На куб действует сила Архимеда, равная 12 Н. Определите силу натяжения нити.

Ответ: \_\_\_\_\_ Н.



- 5** В инерциальной системе отсчёта вдоль оси  $Ox$  движется тело массой 20 кг. На рисунке приведён график зависимости проекции  $v_x$  скорости этого тела от времени  $t$ .



Из приведённого ниже списка выберите **два** правильных утверждения, описывающих движение тела.

- 1) Модуль ускорения тела в промежутке времени от 60 до 80 с в 3 раза больше модуля ускорения тела в промежутке времени от 80 до 100 с.
- 2) В промежутке времени от 80 до 100 с тело переместилось на 30 м.
- 3) В момент времени 90 с модуль равнодействующей сил, действующих на тело, равна 1,5 Н.
- 4) В промежутке времени от 60 до 80 с импульс тела увеличился на 40 кг·м/с.
- 5) Кинетическая энергия тела в промежутке времени от 10 до 20 с увеличилась в 4 раза.

Ответ: 

--	--

- 6** Железный сплошной грузик совершает малые свободные колебания на лёгкой нерастяжимой нити. Затем этот грузик заменили на сплошной алюминиевый грузик тех же размеров. Амплитуда колебаний в обоих случаях одинакова. Как при этом изменятся период колебаний и максимальная кинетическая энергия грузика?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

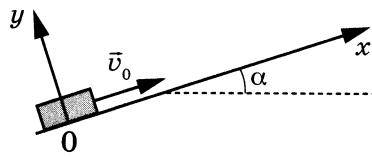
- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Период колебаний грузика	Максимальная кинетическая энергия грузика

7

После толчка диск массой  $m$  начал скользить с начальной скоростью  $\vec{v}_0$  вверх по плоскости, установленной под углом  $\alpha$  к горизонту (см. рисунок). Переместившись вдоль оси  $Ox$  на расстояние  $s$ , диск скользнул в исходное положение. Коэффициент трения диска о плоскость равен  $\mu$ . Формулы А и Б позволяют рассчитать значения физических величин, характеризующих движение диска.



Установите соответствие между формулами и физическими величинами, значение которых можно рассчитать по этим формулам.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

#### ФОРМУЛЫ

- A)  $g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$   
Б)  $mg \cos \alpha$

#### ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) модуль силы нормальной реакции опоры  
2) модуль ускорения диска при его движении вниз  
3) модуль ускорения диска при его движении вверх  
4) модуль силы трения

Ответ:

A	B

8

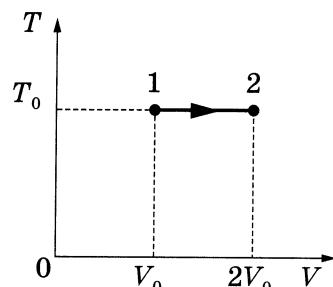
Во сколько раз уменьшится абсолютная температура неона, если среднеквадратичная скорость теплового движения его молекул уменьшится в 4 раза?

Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

9

На  $TV$ -диаграмме показан процесс изменения состояния идеального одноатомного газа. В ходе этого процесса газ совершил работу, равную 80 кДж. Какое количество теплоты получил газ в этом процессе, если его масса не меняется?

Ответ: \_\_\_\_\_ кДж.



10

Парциальное давление водяного пара в сосуде в 1,6 раза меньше давления насыщенного водяного пара при той же температуре. Определите относительную влажность воздуха в сосуде.

Ответ: \_\_\_\_\_ %.

**11**

Сосуд разделён на две равные по объёму части пористой неподвижной перегородкой. В левой части сосуда содержится 2 моль гелия, в правой — 40 г аргона. Перегородка может пропускать молекулы гелия и является непроницаемой для молекул аргона. Температура газов одинакова и остаётся постоянной.

Выберите **два** верных утверждения, описывающих состояние газов после установления равновесия в системе.

- 1) Внутренняя энергия гелия в сосуде больше, чем внутренняя энергия аргона.
- 2) Концентрация гелия и аргона в правой части сосуда одинакова.
- 3) В правой части сосуда общее число молекул газов в 2 раза меньше, чем в левой.
- 4) Внутренняя энергия гелия в сосуде в конечном состоянии больше, чем в начальном.
- 5) Давление в обеих частях сосуда одинаково.

Ответ:

**12**

Температуру холодильника тепловой машины, работающей по циклу Карно, понизили, оставив температуру нагревателя прежней. Количество теплоты, полученное газом от нагревателя за цикл, не изменилось. Как изменились при этом КПД тепловой машины и работа газа за цикл?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

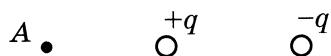
- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

КПД тепловой машины	Работа газа за цикл

**13**

Два неподвижных точечных электрических заряда  $+q$  и  $-q$  ( $q > 0$ ) расположены, как показано на рисунке. Как направлен относительно рисунка (**вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя**) вектор напряжённости суммарного электрического поля этих зарядов в точке A? Ответ запишите словом (словами).



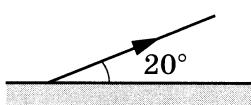
Ответ: \_\_\_\_\_.

**14**

Плавкий предохранитель розетки бортовой электросети автомобиля с напряжением 12 В снабжён надписью: «15 А». Какова максимальная суммарная мощность электрических приборов, которые можно одновременно включить в эту розетку, чтобы предохранитель не расплавился?

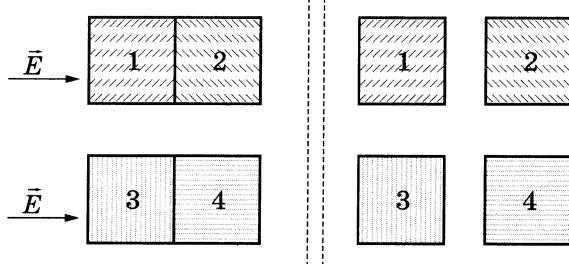
Ответ: \_\_\_\_\_ Вт.

- 15** Угол между зеркалом и отражённым от него лучом равен  $20^\circ$  (см. рисунок). Определите угол падения.



Ответ: \_\_\_\_\_ градусов.

- 16** Два незаряженных пластмассовых кубика 1 и 2 сблизили вплотную и поместили в однородное электрическое поле, напряжённость которого направлена горизонтально вправо, как показано в левой части рисунка. То же самое проделали с двумя незаряженными стальными кубиками 3 и 4. Затем кубики быстро раздвинули и уже потом убрали электрическое поле (правая часть рисунка).



Выберите *два* верных утверждения, описывающих данный процесс.

- 1) После разделения кубик 3 имеет отрицательный заряд.
- 2) При помещении пластмассовых кубиков в электрическое поле наблюдается явление поляризации.
- 3) В электрическом поле кубики 1 и 2 приобретают суммарный отрицательный заряд.
- 4) В электрическом поле кубики 3 и 4 приобретают суммарный отрицательный заряд.
- 5) После разделения кубик 2 имеет положительный заряд.

Ответ:

- 17** В действующей модели радиопередатчика изменили электрёмкость конденсатора, входящего в состав его колебательного контура, уменьшив расстояние между его пластинами. Как при этом изменятся частота колебаний тока в контуре и длина волны излучения?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

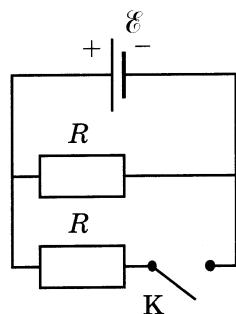
- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Частота колебаний тока в контуре	Длина волны излучения

**18**

На рисунке показана цепь постоянного тока. Внутренним сопротивлением источника тока можно пренебречь. Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать ( $\mathcal{E}$  — ЭДС источника тока;  $R$  — сопротивление резистора).



К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- A) сила тока через источник при замкнутом ключе К  
B) мощность источника при разомкнутом ключе К

**ФОРМУЛЫ**

1)  $\frac{2\mathcal{E}}{R}$

2)  $\frac{\mathcal{E}^2}{R}$

3)  $\frac{2\mathcal{E}^2}{R}$

4)  $\frac{\mathcal{E}}{R}$

Ответ: 

A	B

**19**

Ядро тория  $^{234}_{90}\text{Th}$  испытывает  $\beta$ -распад, при этом образуются электрон и ядро элемента  $^{A}_{Z}\text{X}$ .

Каковы заряд образовавшегося ядра Z (в единицах элементарного заряда) и его массовое число A?

Заряд ядра Z	Массовое число ядра A

*В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.*

**20**

Длина волны жёлтого света примерно в 1,5 раза больше длины волны фиолетового света. Во сколько раз энергия фотона волны жёлтого света меньше энергии фотона волны фиолетового света?

Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

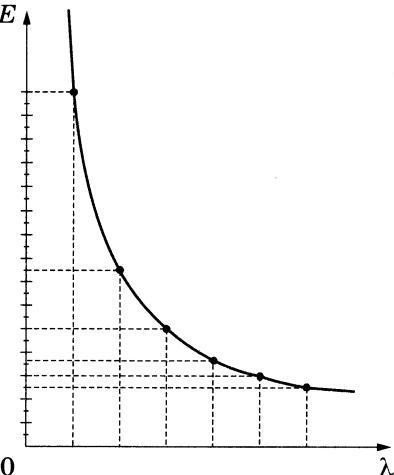
21

На цинковую пластинку падает пучок монохроматического света. При этом наблюдается явление фотоэффекта. На графиках в первом столбце представлены зависимости энергии  $E$  от длины волны  $\lambda$  и частоты света  $v$ . Установите соответствие между графиком и той зависимостью, которую он представляет.

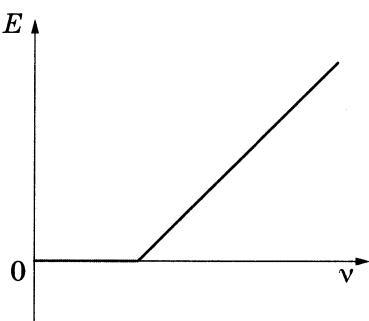
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

## ГРАФИКИ

А)



Б)



Ответ:

A	B

## ВИДЫ ЗАВИСИМОСТИ

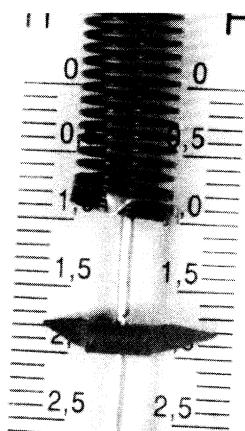
- 1) зависимость энергии падающих фотонов от частоты падающего света
- 2) зависимость энергии падающих фотонов от длины волны падающего света
- 3) зависимость максимальной кинетической энергии фотоэлектронов от частоты падающего света
- 4) зависимость потенциальной энергии взаимодействия фотоэлектронов с ионами металла от длины волны падающего света

22

Для измерения веса тела школьник использовал динамометр. Чему равен вес тела по результатам этих измерений (см. рисунок), если погрешность прямого измерения силы равна цене деления динамометра? Динамометр проградуирован в ньютонах.

Ответ: (        $\pm$        ) Н.

**В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.**



**23** Необходимо собрать экспериментальную установку, с помощью которой можно определить коэффициент трения скольжения меди по пластмассе. Для этого школьник взял медный бруск с крючком.

Какие *два* предмета из приведённого ниже перечня оборудования необходимо дополнительно использовать для проведения этого эксперимента?

- 1) пластмассовая рейка
- 2) мензурка
- 3) динамометр
- 4) секундомер
- 5) деревянная рейка

В ответ запишите номера выбранных предметов.

Ответ:

**24** Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о ярких звёздах.

Наименование звезды	Температура поверхности, К	Масса (в массах Солнца)	Радиус (в радиусах Солнца)	Созвездие
Менкалиан (β Возничего А)	9350	2,7	2,4	Возничий
Денеб	8550	21	210	Лебедь
Садр	6500	12	255	Лебедь
Бетельгейзе	3100	20	900	Орион
Ригель	11 200	40	138	Орион
Альдебаран	3500	5	45	Телец
Эль-Нат	14 000	5	4,2	Телец

Выберите *все* верные утверждения, которые соответствуют характеристикам звёзд.

- 1) Температура на поверхности Бетельгейзе примерно равна температуре на поверхности Солнца.
- 2) Звезда Ригель относится к бело-голубым звёздам спектрального класса *B*.
- 3) Звезда Садр является сверхгигантом.
- 4) Звёзды Ригель и Бетельгейзе относятся к одному созвездию, значит, они находятся на одинаковом расстоянии от Солнца.
- 5) Звёзды Альдебаран и Эль-Нат имеют одинаковую массу, значит, они относятся к одному и тому же спектральному классу.

Ответ: \_\_\_\_\_.



*Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.*

*Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.*

## Часть 2

**Ответом к заданиям 25 и 26 является число. Запишите это число в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.**

- 25** При сжатии 8 г гелия при постоянном давлении внешние силы совершили работу 1600 Дж. Какое количество теплоты было передано при этом газом окружающим телам?

Ответ: \_\_\_\_\_ кДж.

- 26** В тонкой рассеивающей линзе получено уменьшенное в 4 раза изображение предмета. Определите модуль фокусного расстояния линзы, если изображение предмета находится на расстоянии  $f = 9$  см от линзы.

Ответ: \_\_\_\_\_ см.

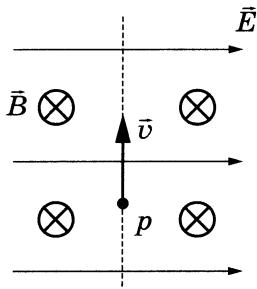


**Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.**

**Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.**

**Для записи ответов на задания 27–32 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (27, 28 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.**

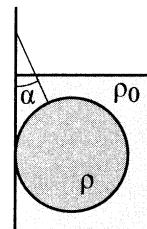
- 27** В камере, из которой откачен воздух, создали электрическое поле напряжённостью  $\vec{E}$  и магнитное поле с индукцией  $\vec{B}$ . Поля однородные,  $\vec{E} \perp \vec{B}$ . В камеру влетает протон  $p$ , вектор скорости которого перпендикулярен  $\vec{E}$  и  $\vec{B}$ , как показано на рисунке. Модули напряжённости электрического поля и индукции магнитного поля таковы, что протон движется прямолинейно. Объясните, как изменится начальный участок траектории протона, если напряжённость электрического поля уменьшить. В ответе укажите, какие явления и закономерности Вы использовали для объяснения. Влиянием силы тяжести пренебречь.



**Полное правильное решение каждой из задач 28–32 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.**

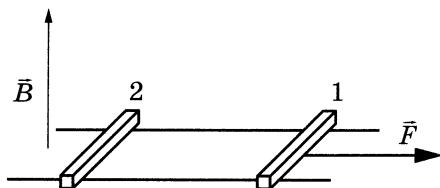
- 28** Человек на санках, общей массой 100 кг, спустился с ледяной горы высотой 6 м. Сила трения при его движении по горизонтальной поверхности равна 160 Н. Какое расстояние проехал он по горизонтали до остановки? Считать, что по склону горы санки скользили без трения.

- 29** Свинцовый шар массой 4 кг подвешен на нити и полностью погружен в воду (см. рисунок). Нить образует с вертикалью угол  $\alpha = 30^\circ$ . Определите силу, с которой нить действует на шар. Плотность свинца  $\rho = 11\,300 \text{ кг}/\text{м}^3$ . Трением шара о стенку пренебречь. Сделайте схематический рисунок с указанием сил, действующих на шар.



- 30** В комнате размерами  $4 \times 5 \times 3 \text{ м}^3$ , в которой воздух имеет температуру  $20^\circ\text{C}$  и относительную влажность 30 %, включили увлажнитель воздуха производительностью 0,2 л/ч. Сколько времени необходимо работать увлажнителю, чтобы относительная влажность воздуха в комнате повысилась до 65 %? Давление насыщенного водяного пара при температуре  $20^\circ\text{C}$  равно 2,33 кПа. Комнату считать герметичным сосудом.

- 31** По горизонтально расположенным проводящим шероховатым рельсам с пренебрежимо малым сопротивлением могут скользить два одинаковых стержня массой  $m = 50 \text{ г}$  и сопротивлением  $R = 0,3 \text{ Ом}$  каждый. Расстояние между рельсами  $l = 15 \text{ см}$ , а коэффициент трения между стержнями и рельсами  $\mu = 0,15$ . Рельсы со стержнями находятся в однородном вертикальном магнитном поле с индукцией  $B = 1 \text{ Тл}$  (см. рисунок). Под действием горизонтальной силы, действующей на первый стержень вдоль рельса, оба стержня движутся поступательно равномерно с разными скоростями. Какова скорость движения первого стержня относительно второго? Самоиндукцией контура пренебречь.



- 32** На плоскую серебряную пластинку ( $A_{\text{вых}} = 4,7 \text{ эВ}$ ) падает ультрафиолетовое излучение с длиной волны  $0,2 \text{ мкм}$ . На какое максимальное расстояние от поверхности пластиинки может удалиться фотоэлектрон, если задерживающее однородное электрическое поле, перпендикулярное пластинке, имеет напряжённость 1 В/см?



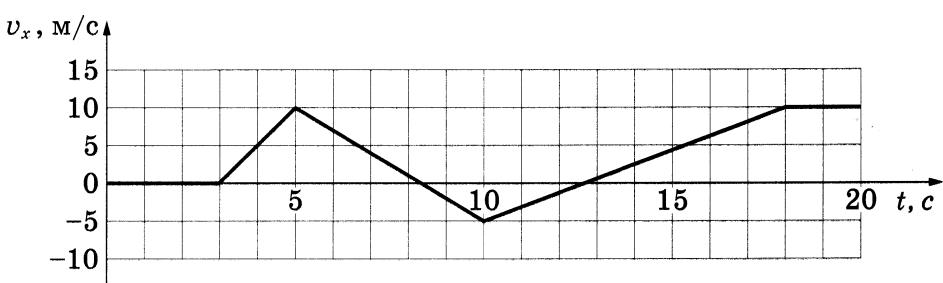
**Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с номером соответствующего задания.**

## ВАРИАНТ 28

### Часть 1

Ответами к заданиям 1–24 являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

- 1 На рисунке приведён график зависимости проекции  $v_x$  скорости тела от времени  $t$ .



Определите проекцию  $a_x$  ускорения этого тела в момент времени 15 с.

Ответ: \_\_\_\_\_ м/с<sup>2</sup>.

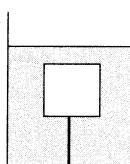
- 2 Два маленьких шарика с одинаковыми массами  $m$ , расстояние между которыми равно 50 см, притягиваются друг к другу с гравитационными силами  $F$ . На каком расстоянии следует расположить два других шарика массами  $2m$  и  $\frac{m}{2}$ , чтобы модуль сил их взаимного гравитационного притяжения увеличился в 4 раза?

Ответ: \_\_\_\_\_ см.

- 3 Отношение массы трамвая к массе автобуса  $\frac{m_1}{m_2} = 3$ . Скорость трамвая  $v_1 = 10$  м/с. Какова скорость автобуса, если отношение импульса трамвая к импульсу автобуса равно 2?

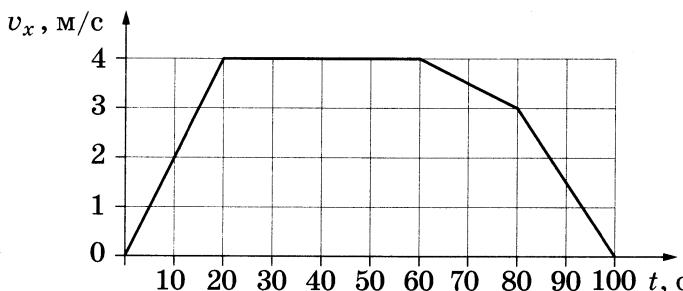
Ответ: \_\_\_\_\_ м/с.

- 4** Деревянный куб массой 0,5 кг привязан ниткой ко дну сосуда с керосином (см. рисунок). На куб действует сила натяжения нити, равная 7 Н. Определите силу Архимеда, действующую на куб.



Ответ: \_\_\_\_\_ Н.

- 5** В инерциальной системе отсчёта вдоль оси  $Ox$  движется тело массой 20 кг. На рисунке приведён график зависимости проекции  $v_x$  скорости этого тела от времени  $t$ .



Из приведённого ниже списка выберите *два* правильных утверждения, описывающих движение тела.

- 1) Модуль ускорения тела в промежутке времени от 0 до 20 с в 2 раза больше модуля ускорения тела в промежутке времени от 60 до 80 с.
- 2) В промежутке времени от 0 до 10 с тело переместилось на 20 м.
- 3) В момент времени 40 с равнодействующая сил, действующих на тело, равна 0.
- 4) В промежутке времени от 80 до 100 с импульс тела уменьшился на 60 кг·м/с.
- 5) Кинетическая энергия тела в промежутке времени от 10 до 20 с увеличилась в 2 раза.

Ответ:

- 6** Алюминиевый сплошной грузик совершает малые свободные колебания на лёгкой нерастяжимой нити. Затем этот грузик заменили на железный сплошной грузик тех же размеров. Амплитуда колебаний в обоих случаях одинакова. Как при этом изменятся частота колебаний и максимальная потенциальная энергия грузика?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

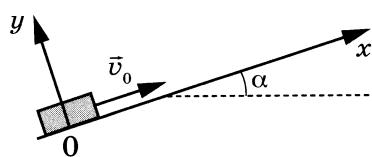
- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Частота колебаний грузика	Максимальная потенциальная энергия грузика

7

После толчка диск массой  $m$  начал скользить с начальной скоростью  $\vec{v}_0$  вверх по плоскости, установленной под углом  $\alpha$  к горизонту (см. рисунок). Переместившись вдоль оси  $Ox$  на расстояние  $s$ , диск скользнул в исходное положение. Коэффициент трения диска о плоскость равен  $\mu$ . Формулы А и Б позволяют рассчитать значения физических величин, характеризующих движение диска.



Установите соответствие между формулами и физическими величинами, значение которых можно рассчитать по этим формулам.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

## ФОРМУЛЫ

- A)  $\mu mg \cos \alpha$   
B)  $g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)$

## ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) модуль силы нормальной реакции опоры  
2) модуль ускорения диска при его движении вниз  
3) модуль ускорения диска при его движении вверх  
4) модуль силы трения

Ответ: 

A	Б

A	Б

8

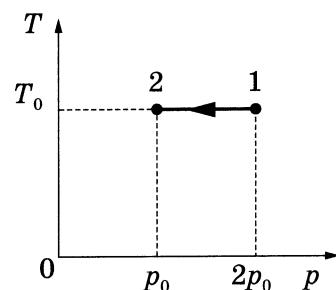
Во сколько раз увеличится абсолютная температура аргона, если среднеквадратичная скорость теплового движения его молекул увеличится в 9 раз?

Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

9

На  $TV$ -диаграмме показан процесс изменения состояния идеального одноатомного газа. В ходе этого процесса газ отдал количество теплоты, равное 40 кДж. Какую работу совершили над газом в этом процессе внешние силы, если его масса не меняется?

Ответ: \_\_\_\_\_ кДж.



10

Парциальное давление водяного пара в сосуде в 4 раза меньше давления насыщенного водяного пара при той же температуре. Определите относительную влажность воздуха в сосуде.

Ответ: \_\_\_\_ %.

**11**

Сосуд разделён на две равные по объёму части пористой неподвижной перегородкой. В левой части сосуда содержится 20 г неона, в правой — 2 моль гелия. Перегородка может пропускать молекулы гелия и является непроницаемой для молекул неона. Температура газов одинакова и остаётся постоянной.

Выберите *два* верных утверждения, описывающих состояние газов после установления равновесия в системе.

- 1) Внутренняя энергия гелия в сосуде меньше, чем внутренняя энергия неона.
- 2) Концентрация гелия в левой части сосуда в 2 раза больше концентрации неона.
- 3) В левой части сосуда общее число молекул газов в 2 раза больше, чем в правой.
- 4) Внутренняя энергия гелия в сосуде в конечном состоянии меньше, чем в начальном.
- 5) В конечном состоянии давление в левой части сосуда в 2 раза больше, чем в правой.

Ответ: 

--	--

**12**

Температуру холодильника тепловой машины, работающей по циклу Карно, повысили, оставив температуру нагревателя прежней. Количество теплоты, полученное газом от нагревателя за цикл, не изменилось. Как изменились при этом КПД тепловой машины и количество теплоты, отданное холодильнику за цикл?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

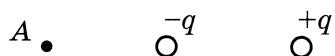
- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

КПД тепловой машины	Количество теплоты, отданное холодильнику за цикл

**13**

Два неподвижных точечных электрических заряда  $-q$  и  $+q$  ( $q > 0$ ) расположены, как показано на рисунке. Как направлен относительно рисунка (*вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя*) вектор напряжённости суммарного электрического поля этих зарядов в точке A? Ответ запишите словом (словами).



Ответ: \_\_\_\_\_.

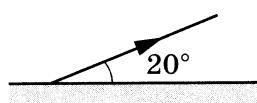
**14**

Плавкий предохранитель розетки бортовой электросети грузовика с напряжением 24 В снабжён надписью: «30 А». Какова максимальная суммарная мощность электрических приборов, которые можно одновременно включить в эту розетку, чтобы предохранитель не расплавился?

Ответ: \_\_\_\_\_ Вт.

**15**

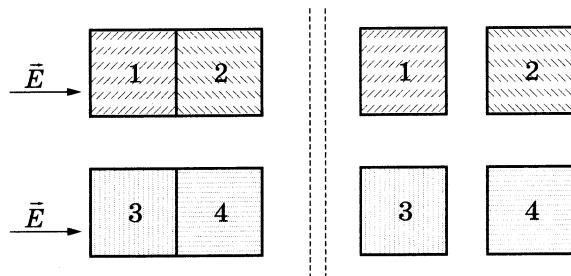
- Угол между зеркалом и отражённым от него лучом равен  $20^\circ$  (см. рисунок). Определите угол между падающим и отражённым лучами.



Ответ: \_\_\_\_\_ градусов.

**16**

- Два незаряженных алюминиевых кубика 1 и 2 сблизили вплотную и поместили в однородное электрическое поле, напряжённость которого направлено горизонтально вправо, как показано в левой части рисунка. То же самое проделали с двумя незаряженными эbonитовыми кубиками 3 и 4. Затем кубики быстро раздвинули и уже потом убрали электрическое поле (правая часть рисунка).



Выберите *два* верных утверждения, описывающих данный процесс.

- 1) После разделения кубик 3 имеет отрицательный заряд.
- 2) В электрическом поле кубики 1 и 2 приобретают суммарный отрицательный заряд.
- 3) При помещении алюминиевых кубиков в электрическое поле в них происходит перераспределение свободных электронов.
- 4) В электрическом поле кубики 3 и 4 приобретают суммарный отрицательный заряд.
- 5) После разделения кубик 2 имеет положительный заряд.

Ответ:

**17**

- В действующей модели радиопередатчика изменили электроёмкость конденсатора, входящего в состав его колебательного контура, увеличив расстояние между его пластинами. Как при этом изменятся частота колебаний тока в контуре и скорость распространения электромагнитного излучения?

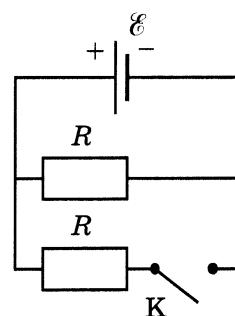
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Частота колебаний тока в контуре	Скорость распространения электромагнитного излучения

- 18** На рисунке показана цепь постоянного тока. Внутренним сопротивлением источника тока можно пренебречь. Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать ( $\mathcal{E}$  — ЭДС источника тока;  $R$  — сопротивление резистора).



К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- A) сила тока через источник при разомкнутом ключе К  
B) мощность источника при замкнутом ключе К

**ФОРМУЛЫ**

1)  $\frac{2\mathcal{E}}{R}$

2)  $\frac{\mathcal{E}^2}{R}$

3)  $\frac{2\mathcal{E}^2}{R}$

4)  $\frac{\mathcal{E}}{R}$

Ответ: 

A	B

- 19** Ядро радона  $^{222}_{86}\text{Rn}$  испытывает  $\alpha$ -распад, при этом образуются  $\alpha$ -частица и ядро элемента  $^{A}_{Z}\text{X}$ . Каковы заряд образовавшегося ядра Z (в единицах элементарного заряда) и его массовое число A?

Заряд ядра Z	Массовое число ядра A

*В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.*

- 20** Длина волны зелёного света примерно в 1,3 раза меньше длины волны красного света. Во сколько раз энергия фотона волны красного света меньше энергии фотона волны зелёного света?

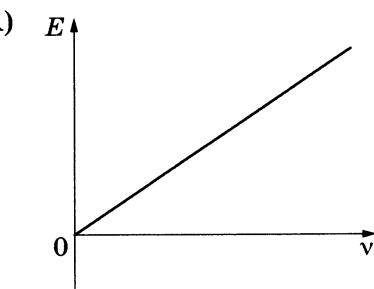
Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

- 21** На вольфрамовую пластинку падает пучок монохроматического света. При этом наблюдается явление фотоэффекта. На графиках в первом столбце представлены зависимости энергии  $E$  от частоты света  $v$  и длины волны  $\lambda$ . Установите соответствие между графиком и той зависимостью, которую он представляет.

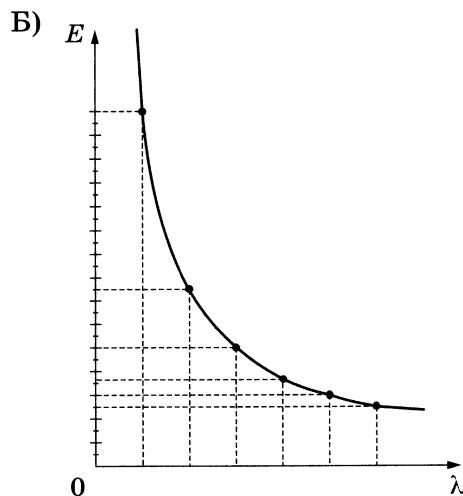
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

### ГРАФИКИ

А)



Б)



### ВИДЫ ЗАВИСИМОСТИ

- 1) зависимость энергии падающих фотонов от частоты падающего света
- 2) зависимость потенциальной энергии взаимодействия фотоэлектронов с ионами металла от длины волны падающего света
- 3) зависимость максимальной кинетической энергии фотоэлектронов от частоты падающего света
- 4) зависимость энергии падающих фотонов от длины волны падающего света

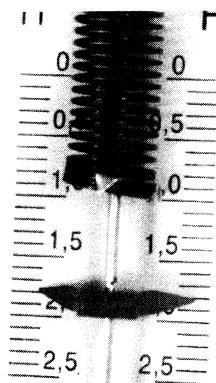
Ответ: 

A	B

- 22** Для измерения силы трения школьник использовал динамометр. Чему равна сила трения по результатам этих измерений (см. рисунок), если погрешность прямого измерения силы равна половине цены деления динамометра? Динамометр проградуирован в ньютонах.

Ответ: (      ±      ) Н.

**В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.**



**23** Необходимо собрать экспериментальную установку, с помощью которой можно определить коэффициент трения скольжения алюминия по дереву. Для этого школьник взял деревянную рейку.

Какие *два* предмета из приведённого ниже перечня оборудования необходимо дополнительно использовать для проведения этого эксперимента?

- 1) стальной брускок с крючком
- 2) алюминиевый брускок с крючком
- 3) мензурка
- 4) динамометр
- 5) секундомер

В ответ запишите номера выбранных предметов

Ответ: 

--	--

**24** Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о ярких звёздах.

Наименование звезды	Температура поверхности, К	Масса (в массах Солнца)	Радиус (в радиусах Солнца)	Созвездие
Менкалианан (β Возничего А)	9350	2,7	2,4	Возничий
Денеб	8550	21	210	Лебедь
Садр	6500	12	255	Лебедь
Бетельгейзе	3100	20	900	Орион
Ригель	11 200	40	138	Орион
Альдебаран	3500	5	45	Телец
Эль-Нат	14 000	5	4,2	Телец

Выберите *все* верные утверждения, которые соответствуют характеристикам звёзд.

- 1) Звёзды Альдебаран и Эль-Нат относятся к одному созвездию, значит, они находятся на одинаковом расстоянии от Солнца.
- 2) Температура на поверхности звезды Садр в 2 раза выше, чем на поверхности Солнца.
- 3) Звезда Эль-Нат относится к бело-голубым звёздам спектрального класса *B*.
- 4) Звёзды Денеб и Садр имеют почти одинаковые размеры, следовательно, относятся к одному спектральному классу.
- 5) Звезда Ригель является сверхгигантом.

Ответ: \_\_\_\_\_.



*Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.*

*Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.*

## Часть 2

**Ответом к заданиям 25 и 26 является число. Запишите это число в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.**

- 25** При сжатии 40 г неона при постоянном давлении его внутренняя энергия уменьшилась на 1800 Дж. Какое количество теплоты было передано при этом газом окружающим телам?

Ответ: \_\_\_\_\_ кДж.

- 26** В тонкой рассеивающей линзе получено уменьшенное в 5 раз изображение предмета. Определите модуль фокусного расстояния линзы, если предмет находится на расстоянии  $d = 20$  см от линзы.

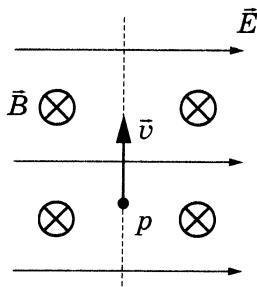
Ответ: \_\_\_\_\_ см.



**Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.  
Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.**

**Для записи ответов на задания 27–32 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (27, 28 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.**

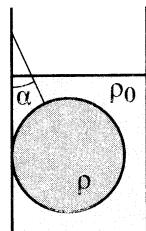
- 27** В камере, из которой откачен воздух, создали электрическое поле напряжённостью  $\vec{E}$  и магнитное поле с индукцией  $\vec{B}$ . Поля однородные,  $\vec{E} \perp \vec{B}$ . В камеру влетает протон  $p$ , вектор скорости которого перпендикулярен  $\vec{E}$  и  $\vec{B}$ , как показано на рисунке. Модули напряжённости электрического поля и индукции магнитного поля таковы, что протон движется прямолинейно. Объясните, как изменится начальный участок траектории протона, если индукцию магнитного поля увеличить. В ответе укажите, какие явления и закономерности Вы использовали для объяснения. Влиянием силы тяжести пренебречь.



**Полное правильное решение каждой из задач 28–32 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.**

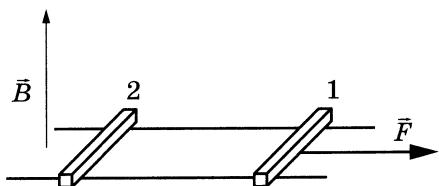
- 28** Человек на санках, общей массой 80 кг, спустился с ледяной горы высотой 5 м. Чему равна средняя сила трения при его движении по горизонтальной поверхности, если он проехал по горизонтали до остановки 25 м? Считать, что по склону горы санки скользили без трения.

- 29** Свинцовый шар подвешен на нити и полностью погружен в воду (см. рисунок). Нить образует с вертикалью угол  $\alpha = 30^\circ$ . Модуль силы, с которой нить действует на шар,  $T = 30$  Н. Плотность свинца  $\rho = 11\,300$  кг/м<sup>3</sup>. Чему равна масса шара? Трением шара о стенку пренебречь. Сделайте схематический рисунок с указанием сил, действующих на шар.



- 30** В комнате размерами  $6 \times 5 \times 3$  м<sup>3</sup>, в которой воздух имеет температуру  $25^\circ\text{C}$  и относительную влажность 20 %, включили увлажнитель воздуха производительностью 0,2 л/ч. Чему станет равна относительная влажность воздуха в комнате через 2 ч? Давление насыщенного водяного пара при температуре  $25^\circ\text{C}$  равно 3,17 кПа. Комнату считать герметичным сосудом.

- 31** По горизонтально расположенным проводящим шероховатым рельсам с пренебрежимо малым сопротивлением могут скользить два одинаковых стержня массой  $m = 50$  г и сопротивлением  $R$  каждый. Расстояние между рельсами  $l = 20$  см, а коэффициент трения между стержнями и рельсами  $\mu = 0,2$ . Рельсы со стержнями находятся в однородном вертикальном магнитном поле с индукцией  $B = 1$  Тл (см. рисунок). Под действием горизонтальной силы, действующей на первый стержень вдоль рельса, оба стержня движутся поступательно равномерно с разными скоростями. Скорость движения первого стержня относительно второго  $v_{\text{отн}} = 1,5$  м/с. Определите  $R$ . Самоиндукцией контура пренебречь.



- 32** На плоскую алюминиевую пластинку ( $A_{\text{вых}} = 4,2$  эВ) падает ультрафиолетовое излучение, вызывающее фотоэффект. В задерживающем однородном электрическом поле напряжённостью 75 В/м, перпендикулярном пластинке, фотоэлектрон может удалиться от поверхности пластины на максимальное расстояние 1 см. Определите длину волны ультрафиолетового излучения.



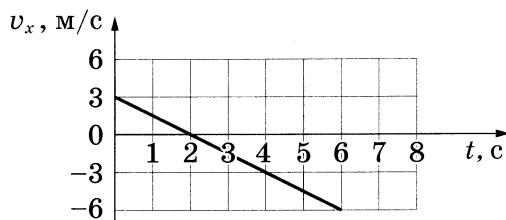
**Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с номером соответствующего задания.**

## ВАРИАНТ 29

### Часть 1

Ответами к заданиям 1–24 являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

- 1 На рисунке приведён график зависимости проекции скорости  $v_x$  от времени  $t$  для тела, движущегося прямолинейно по оси  $x$ . Определите проекцию ускорения тела  $a_x$ .



Ответ: \_\_\_\_\_ м/с<sup>2</sup>.

- 2 Сила притяжения Земли к Солнцу в 21,5 раза больше, чем сила притяжения Марса к Солнцу. Найдите отношение расстояния между Марсом и Солнцем к расстоянию между Землёй и Солнцем, если масса Земли в 9,3 раза больше массы Марса. Ответ округлите до сотых.

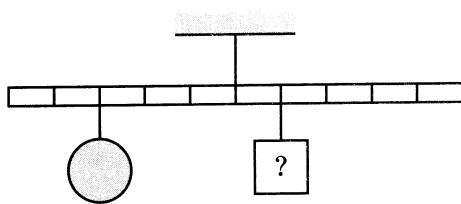
Ответ: \_\_\_\_\_.

- 3 Девочка бросила мяч массой 0,5 кг вертикально вверх с высоты 0,8 м над поверхностью Земли. Мяч поднялся на высоту 3 м от поверхности Земли. Каково изменение потенциальной энергии мяча?

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

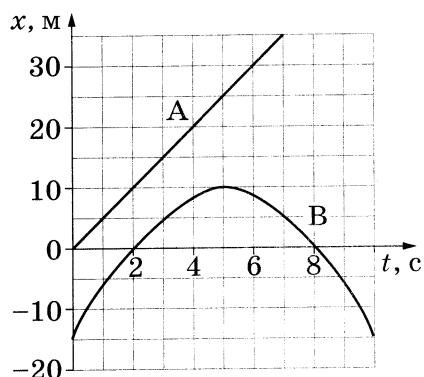
- 4** Тело массой 0,6 кг подвешено к левому плечу невесомого рычага (см. рисунок). Груз какой массы надо подвесить к первому делению правого плеча рычага для достижения равновесия?

Ответ: \_\_\_\_\_ кг.



- 5** На рисунке приведены графики зависимости координаты  $x$  от времени  $t$  для двух тел: А и В, движущихся по прямой, вдоль которой направлена ось  $Ox$ .

Выберите *два* верных утверждения о характере движения тел.



- 1) Тело А движется равноускоренно.
- 2) В моменты времени  $t_1 = 2$  с и  $t_2 = 8$  с тело В покоится.
- 3) Проекция скорости  $v_x$  тела А отрицательна.
- 4) Проекция начальной скорости  $v_x$  тела В положительна.
- 5) Тело В меняет направление движения в момент времени  $t = 5$  с.

Ответ:

- 6** В результате перехода искусственного спутника Земли с одной круговой орбиты на другую его центростремительное ускорение уменьшается. Как изменяются в результате этого перехода радиус орбиты спутника и его скорость движения по орбите вокруг Земли?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Радиус орбиты	Скорость движения по орбите

**7**

Верхний конец пружины идеального пружинного маятника неподвижно закреплён. Масса груза маятника равна  $m$ , жёсткость пружины равна  $k$ . Груз оттянули вниз на расстояние  $x$  от положения равновесия и отпустили с начальной скоростью, равной нулю. Формулы А и Б позволяют рассчитать значения физических величин, характеризующих возникшие свободные колебания маятника.



Установите соответствие между формулами и физическими величинами, значение которых можно рассчитать по этим формулам.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ФОРМУЛЫ**

А)  $x\sqrt{\frac{k}{m}}$

Б)  $2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- 1) максимальная скорость груза
- 2) частота колебаний
- 3) максимальная кинетическая энергия груза
- 4) период колебаний

Ответ: 

A	B

**8** При температуре  $T_0$  и давлении  $p_0$  1 моль разрежённого водорода занимает объём  $2V_0$ . Сколько моль разрежённого кислорода при температуре  $2T_0$  и давлении  $2p_0$  занимают объём  $4V_0$ ?

Ответ: \_\_\_\_\_ моль.

**9** Рабочее тело тепловой машины с КПД 10 % совершает за один цикл работу 50 кДж. Какое количество теплоты получает рабочее тело от нагревателя за цикл?

Ответ: \_\_\_\_\_ кДж.

**10** Относительная влажность воздуха в сосуде, закрытом поршнем, равна 30 %. Какой станет относительная влажность воздуха в сосуде, если его объём при неизменной температуре уменьшить в 2 раза?

Ответ: \_\_\_\_ %.

**11**

Свинцовая заготовка в твёрдом агрегатном состоянии медленно нагревается в плавильной печи так, что подводимая к ней тепловая мощность постоянна. В таблице приведены результаты измерений температуры свинца с течением времени.

Время, мин.	0	5	10	15	20	25	30	35
Температура, °C	305	314	323	327	327	327	329	334

Выберите из предложенного перечня *два* утверждения, которые соответствуют результатам проведённого экспериментального исследования.

- 1) Теплоёмкость свинца в твёрдом и жидкоком состояниях одинакова.
- 2) Процесс плавления образца продолжался менее 20 мин.
- 3) Через 18 мин. после начала измерений свинец частично расплавился.
- 4) Через 30 мин. после начала измерений свинец не расплавился.
- 5) Температура плавления свинца в данных условиях равна 329 °C.

Ответ: 

--	--

**12**

В цилиндре под поршнем находится идеальный одноатомный газ. Формулы А и Б позволяют рассчитать значения физических величин, характеризующих состояние газа. Обозначения:  $p$  — давление;  $T$  — абсолютная температура;  $N$  — число атомов газа;  $k$  — постоянная Больцмана,  $V$  — объём газа.

Установите соответствие между формулами и физическими величинами, значение которых можно рассчитать по этим формулам.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

#### ФОРМУЛЫ

A)  $\frac{pV}{Nk}$

B)  $\frac{3}{2}NkT$

#### ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) концентрация молекул
- 2) давление
- 3) внутренняя энергия
- 4) абсолютная температура

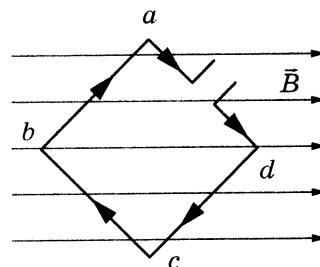
Ответ: 

A	B

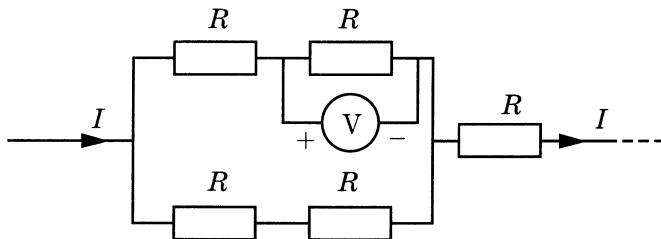
**13**

Квадратная проволочная рамка расположена в однородном магнитном поле так, как показано на рисунке. Направление тока в рамке показано стрелками. Как направлена относительно рисунка (*вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя*) сила, действующая на сторону *ab* рамки со стороны внешнего магнитного поля  $\vec{B}$ ? Ответ запишите словом (словами).

Ответ: \_\_\_\_\_.



- 14** Пять одинаковых резисторов с сопротивлением  $15\ \Omega$  каждый соединены в электрическую цепь, по которой течёт ток  $I = 4\ A$  (см. рисунок). Какое напряжение показывает идеальный вольтметр?



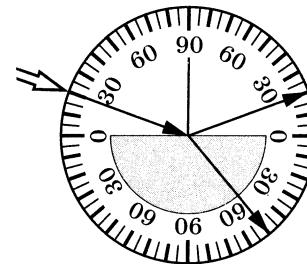
Ответ: \_\_\_\_\_ В.

- 15** При равномерном увеличении силы тока в катушке на  $8\ A$  за  $0,04\ s$  в ней возникает ЭДС самоиндукции, равная  $50\ V$ . Чему равна индуктивность катушки?

Ответ: \_\_\_\_\_ Гн.

- 16** Ученник, изучая законы геометрической оптики, провёл опыт по преломлению света (см. рисунок). Для этого он направил узкий пучок света на стеклянную пластину.

Пользуясь таблицей, выберите из приведённого ниже списка *два* правильных утверждения, описывающих наблюдаемое явление.



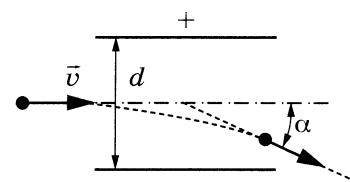
угол $\alpha$	$20^\circ$	$40^\circ$	$50^\circ$	$70^\circ$
$\sin \alpha$	0,34	0,64	0,78	0,94

- 1) Показатель преломления стекла примерно равен  $1,47$ .
- 2) Наблюдаются полное внутреннее отражение.
- 3) Угол преломления равен  $50^\circ$ .
- 4) Угол падения равен  $70^\circ$ .
- 5) Угол отражения равен  $20^\circ$ .

Ответ:

- 17**  $\alpha$ -частица, движущаяся в вакууме со скоростью  $v \ll c$ , пролетает между пластинами заряженного конденсатора так, как показано на рисунке. Пролетев конденсатор, частица отклоняется от первоначального направления на угол  $\alpha$ .

Как изменится кинетическая энергия вылетевшей частицы и угол  $\alpha$ , если увеличить напряжение между пластинами конденсатора?



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

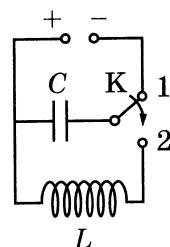
- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

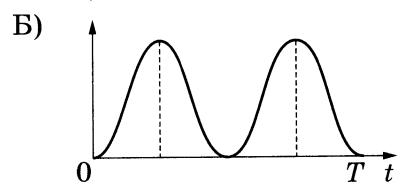
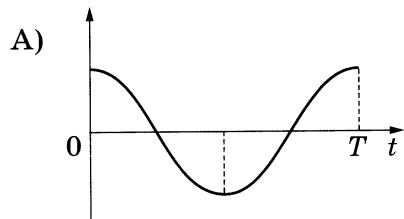
Кинетическая энергия вылетевшей частицы	Угол отклонения частицы $\alpha$

**18**

Конденсатор колебательного контура полностью заряжен от источника постоянного напряжения (см. рисунок). В момент  $t = 0$  переключатель К переводят из положения 1 в положение 2. Графики А и Б представляют изменения физических величин, характеризующих свободные электромагнитные колебания в контуре после этого ( $T$  — период этих колебаний). Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять.



К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ГРАФИКИ****ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- 1) сила тока в катушке
- 2) энергия электрического поля конденсатора
- 3) энергия магнитного поля катушки
- 4) заряд левой обкладки конденсатора

Ответ: 

A	B

**19**

Укажите число протонов и число нейтронов в ядре кюрия  $^{247}_{96}\text{Cm}$ .

Число протонов	Число нейтронов

**В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.**

- 20** Частота зелёного света примерно в 1,25 раза больше частоты красного света. Во сколько раз энергия фотона красного света меньше энергии фотона зелёного света?

Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

- 21** На установке, представленной на фотографиях (рис. *а* — общий вид; рис. *б* — фотоэлемент), исследовали зависимость кинетической энергии фотоэлектронов от частоты падающего света. Для этого в прорезь осветителя помещали различные светофильтры и измеряли запирающее напряжение. В первой серии опытов использовался светофильтр, пропускающий только красный свет, а во второй — только зелёный.

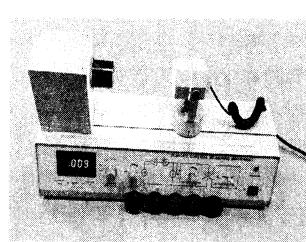


Рис. *а*

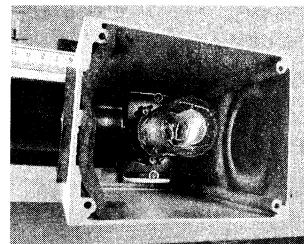


Рис. *б*

Как изменяются длина световой волны и максимальная скорость фотоэлектронов при переходе от первой серии опытов ко второй?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

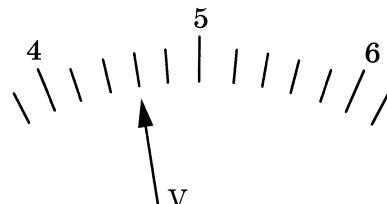
- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждого ответа. Цифры в ответе могут повторяться.

Длина световой волны, падающей на фотоэлемент	Максимальная скорость фотоэлектронов

- 22** Определите показания вольтметра (см. рисунок), если погрешность прямого измерения напряжения равна цене деления вольтметра. Шкала вольтметра проградуирована в вольтах.

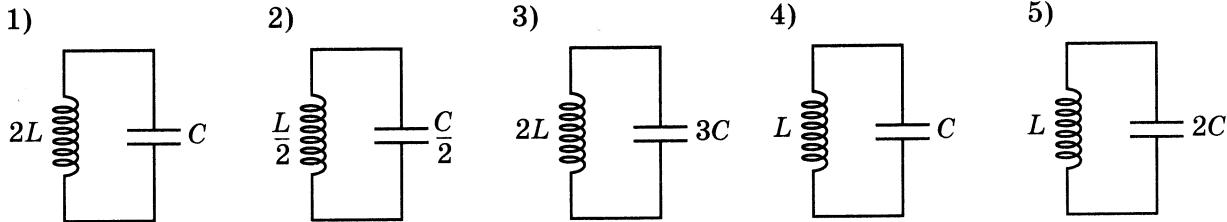
Ответ: (\_\_\_\_ ± \_\_\_\_ ) В.



**В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.**

**23** Необходимо обнаружить зависимость частоты свободных электромагнитных колебаний в колебательном контуре от индуктивности катушки.

Какие *два* колебательных контура надо выбрать для проведения такого опыта?



Запишите в таблицу номера колебательных контуров.

Ответ:

**24** Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о ярких звёздах.

Наименование звезды	Температура поверхности, К	Масса (в массах Солнца)	Радиус (в радиусах Солнца)	Средняя плотность по отношению к плотности воды
Альдебаран	3600	5,0	45	$7,7 \cdot 10^{-5}$
$\varepsilon$ Возничего В	11 000	10,2	3,5	0,33
Капелла	5200	3,3	23	$4 \cdot 10^{-4}$
Ригель	11 200	40	138	$2 \cdot 10^{-5}$
Сириус А	9250	2,1	2,0	0,36
Сириус В	8200	1,0	0,01	$1,75 \cdot 10^6$
Солнце	6000	1,0	1,0	1,4
$\alpha$ Центавра А	5730	1,02	1,2	0,80

Выберите *все* верные утверждения, которые соответствуют характеристикам звёзд.

- 1) Звезда  $\varepsilon$  Возничего В относится к спектральному классу G.
- 2) Солнце относится к звёздам главной последовательности на диаграмме Герцшпрунга — Рессела.
- 3) Звезда Сириус В относится к белым карликам.
- 4) Звезда Сириус В и наше Солнце имеют одинаковые массы, значит, они относятся к одному спектральному классу.
- 5) Звезда Сириус А является сверхгигантом.

Ответ: \_\_\_\_\_.



*Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.*

*Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.*

## Часть 2

**Ответом к заданиям 25 и 26 является число. Запишите это число в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.**

- 25** Электрическая цепь состоит из аккумулятора с ЭДС 12 В и внутренним сопротивлением 1 Ом, лампочки, ключа и соединительных проводов. Каково напряжение на лампочке, если сила тока в цепи 2 А? Сопротивлением проводов пренебречь.

Ответ: \_\_\_\_\_ В.

- 26** Действительное изображение предмета, полученное с помощью тонкой собирающей линзы, находится на расстоянии 12 см от линзы. Оптическая сила линзы 15 дптр. Определите расстояние от линзы до предмета.

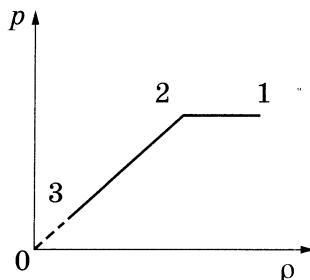
Ответ: \_\_\_\_\_ м.



**Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.**  
**Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.**

**Для записи ответов на задания 27–32 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (27, 28 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.**

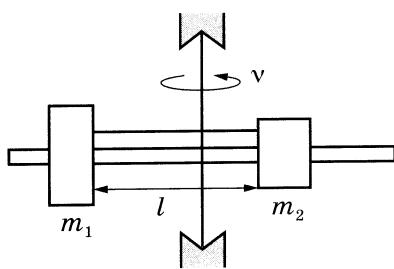
- 27** На графике представлена зависимость давления неизменной массы идеального газа от его плотности. Опишите, как изменяются в зависимости от плотности температура и объём газа в процессах 1–2 и 2–3.



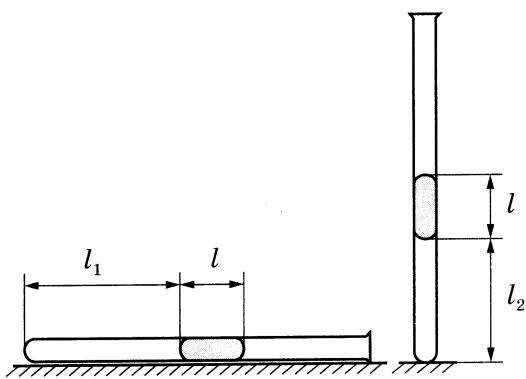
**Полное правильное решение каждой из задач 28–32 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.**

- 28** Тело массой 2 кг, брошенное с некоторой высоты вертикально вверх, упало на землю со скоростью 6 м/с. Потенциальная энергия тела относительно поверхности земли в момент броска была равна 20 Дж. С какой начальной скоростью бросили тело? Сопротивлением воздуха пренебречь.

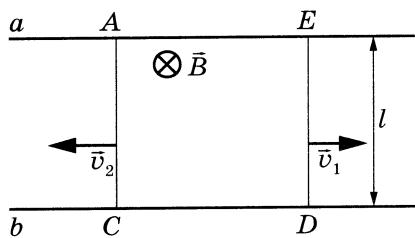
- 29** На вертикальной оси укреплена гладкая горизонтальная штанга, по которой могут перемещаться два груза массами  $m_1 = 100$  г и  $m_2 = 400$  г, связанные нерастяжимой невесомой нитью длиной  $l$ . Нить закрепили на оси так, что грузы располагаются по разные стороны от оси и натяжение нити с обеих сторон от оси при вращении штанги одинаково (см. рисунок). При вращении штанги с частотой 900 об/мин модуль силы натяжения нити, соединяющей грузы,  $T = 150$  Н. Определите длину нити  $l$ .



- 30** В запаянной с одного конца длинной горизонтальной стеклянной трубке постоянного сечения (см. рисунок) находится столбик воздуха длиной  $l_1 = 30$  см, запертый столбиком ртути. Если трубку поставить вертикально отверстием вверх, то длина воздушного столбика под ртутью будет равна  $l_2 = 25$  см. Какова длина ртутного столбика? Атмосферное давление 750 мм рт. ст. Температуру воздуха в трубке считать постоянной.



- 31** На горизонтальном столе лежат два параллельных друг другу рельса:  $a$  и  $b$ , — замкнутых двумя одинаковыми металлическими проводниками:  $AC$  и  $ED$  (см. рисунок). Вся система проводников находится в однородном магнитном поле, направленном вертикально вниз. Модуль индукции магнитного поля равен  $B$ , расстояние между рельсами  $l$ , скорости проводников  $v_1$  и  $v_2$ . Чему равно сопротивление каждого из проводников, если сила тока в цепи равна  $I$ ? Сопротивлением рельсов пренебречь.



- 32** На плоскую металлическую пластинку падает электромагнитное излучение длиной волн 150 нм. Фотоэлектроны удаляются от поверхности пластиинки на расстояние не более 4 см в задерживающем однородном электрическом поле, перпендикулярном пластинке. Напряжённость поля 120 В/м. Определите работу выхода электрона с поверхности этого металла.



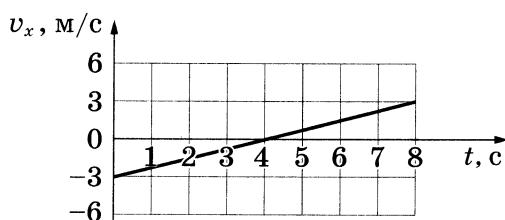
*Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с номером соответствующего задания.*

## ВАРИАНТ 30

### Часть 1

*Ответами к заданиям 1–24 являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.*

- 1 На рисунке приведён график зависимости проекции скорости  $v_x$  от времени  $t$  для тела, движущегося прямолинейно по оси  $x$ . Определите проекцию ускорения тела  $a_x$ .



Ответ: \_\_\_\_\_ м/с<sup>2</sup>.

- 2 Сила притяжения Венеры к Солнцу в 1,56 раза больше, чем сила притяжения Земли к Солнцу. Найдите отношение расстояния между Землёй и Солнцем к расстоянию между Венерой и Солнцем, если масса Земли в 1,23 раза больше массы Венеры. Ответ округлите до десятых.

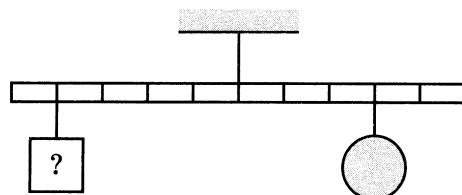
Ответ: \_\_\_\_\_.

- 3 Девочка бросила мяч массой 0,3 кг вертикально вниз с высоты 1,3 м над поверхностью Земли. Мяч ударился о Землю и поднялся на высоту 2,5 м от поверхности Земли. Каково изменение потенциальной энергии мяча при переходе из начального положения в конечное?

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

- 4 Тело массой 0,8 кг подвешено к правому плечу невесомого рычага (см. рисунок). Груз какой массы надо подвесить к четвёртому делению левого плеча рычага для достижения равновесия?

Ответ: \_\_\_\_\_ кг.

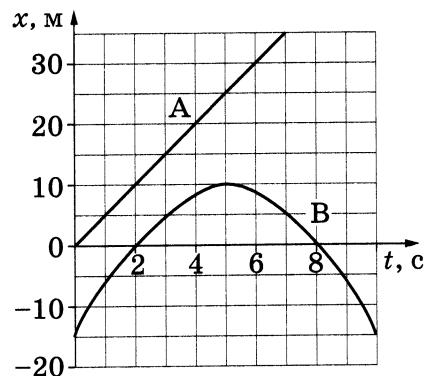


- 5** На рисунке приведены графики зависимости координаты  $x$  от времени  $t$  для двух тел: А и В, движущихся по прямой, вдоль которой направлена ось  $Ox$ . Выберите **два** верных утверждения о характере движения тел.

- 1) Тело А движется равномерно.
- 2) В момент  $t = 2$  с тело В покоится.
- 3) Ускорение тела А в момент времени  $t = 5$  с равно  $5 \text{ м/с}^2$ .
- 4) В тот момент, когда скорость тела В обратилась в нуль, расстояние между телами А и В составляло 15 м.
- 5) Тело В меняет направление движения в моменты времени  $t_1 = 2$  с и  $t_2 = 8$  с.

Ответ: 

--	--



- 6** В результате перехода искусственного спутника Земли с одной круговой орбиты на другую его центростремительное ускорение увеличивается. Как изменяются в результате этого перехода скорость движения спутника по орбите и период его обращения вокруг Земли?

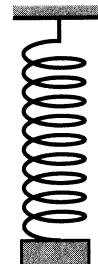
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Скорость движения спутника по орбите	Период обращения спутника вокруг Земли

- 7** Верхний конец пружины идеального пружинного маятника неподвижно закреплён. Масса груза маятника равна  $m$ , жёсткость пружины равна  $k$ . Груз оттянули вниз на расстояние  $x$  от положения равновесия и отпустили с начальной скоростью, равной нулю. Формулы А и Б позволяют рассчитать значения физических величин, характеризующих возникшие свободные колебания маятника.



Установите соответствие между формулами и физическими величинами, значение которых можно рассчитать по этим формулам.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ФОРМУЛЫ**

А)  $x\sqrt{km}$

Б)  $\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}$

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

1) максимальный импульс груза

2) частота колебаний

3) максимальная кинетическая энергия груза

4) период колебаний

Ответ: 

А	Б

- 8** При температуре  $T_0$  и давлении  $p_0$  1 моль разреженного азота занимает объём  $2V_0$ . Сколько моль разреженного кислорода при температуре  $2T_0$  и давлении  $2p_0$  занимают объём  $V_0$ ?

Ответ: \_\_\_\_\_ моль.

- 9** Рабочее тело тепловой машины с КПД 10 % совершает за один цикл работу 50 кДж. Какое количество теплоты отдаёт рабочее тело холодильнику за цикл?

Ответ: \_\_\_\_\_ кДж.

- 10** Относительная влажность воздуха в сосуде, закрытом поршнем, равна 30 %. Какой станет относительная влажность воздуха в сосуде, если его объём при неизменной температуре увеличить в 2 раза?

Ответ: \_\_\_\_\_ %.

- 11** Свинцовая заготовка в твёрдом агрегатном состоянии медленно нагревается в плавильной печи так, что подводимая к ней тепловая мощность постоянна. В таблице приведены результаты измерений температуры свинца с течением времени.

Время, мин.	0	5	10	15	20	25	30	35
Температура, °С	305	314	323	327	327	327	329	334

Выберите из предложенного перечня *двe* утверждения, которые соответствуют результатам проведённого экспериментального исследования.

- 1) Теплоёмкость свинца в твёрдом и жидкоком состояниях одинакова.
- 2) Процесс плавления образца продолжался более 20 мин.
- 3) Через 8 мин. после начала измерений свинец частично расплавился.
- 4) Через 30 мин. после начала измерений свинец полностью расплавился.
- 5) Температура плавления свинца в данных условиях равна 327 °С.

Ответ:

**12**

В цилиндре под поршнем находится идеальный одноатомный газ. Формулы А и Б позволяют рассчитывать значения физических величин, характеризующих состояние газа. Обозначения:  $p$  — давление;  $T$  — абсолютная температура;  $N$  — число атомов газа;  $k$  — постоянная Больцмана.

Установите соответствие между формулами и физическими величинами, значение которых можно рассчитать по этим формулам.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ФОРМУЛЫ**

А)  $\frac{3}{2}NkT$

Б)  $\frac{p}{kT}$

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

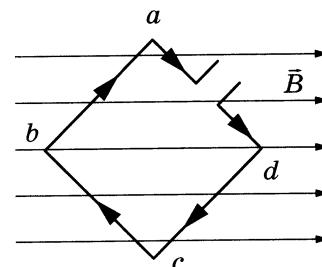
- 1) концентрация молекул
- 2) давление
- 3) внутренняя энергия
- 4) объём газа

Ответ: 

A	B

**13**

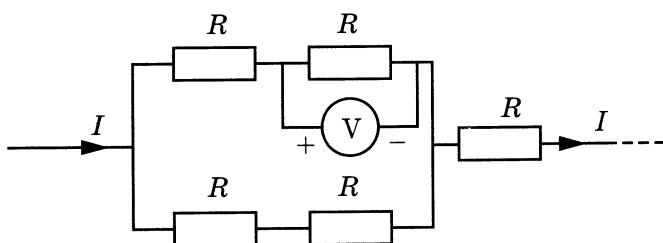
Квадратная проволочная рамка расположена в однородном магнитном поле так, как показано на рисунке. Направление тока в рамке показано стрелками. Как направлена относительно рисунка (**вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя**) сила, действующая на сторону  $cd$  рамки со стороны внешнего магнитного поля  $\vec{B}$ ? Ответ запишите словом (словами).



Ответ: \_\_\_\_\_.

**14**

Пять одинаковых резисторов с сопротивлением 25 Ом каждый соединены в электрическую цепь, по которой течёт ток  $I$  (см. рисунок). Идеальный вольтметр показывает напряжение 75 В. Определите силу тока в цепи  $I$ .



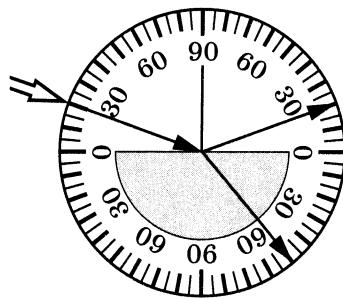
Ответ: \_\_\_\_\_ А.

- 15** При равномерном уменьшении силы тока в катушке индуктивностью 0,4 Гн в ней возникает ЭДС самоиндукции, равная 80 В. На сколько уменьшилась сила тока в катушке за 0,05 с?

Ответ: на \_\_\_\_\_ А.

- 16** Ученик, изучая законы геометрической оптики, провёл опыт по преломлению света (см. рисунок). Для этого он направил узкий пучок света на стеклянную пластину.

Пользуясь приведённой таблицей, выберите из приведённого ниже списка *два* правильных утверждения, описывающих наблюдаемое явление.

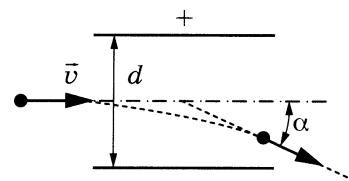


угол $\alpha$	$20^\circ$	$40^\circ$	$50^\circ$	$70^\circ$
$\sin \alpha$	0,34	0,64	0,78	0,94

- 1) Угол падения равен  $20^\circ$ .
- 2) Наблюдается полное внутреннее отражение.
- 3) Угол преломления равен  $40^\circ$ .
- 4) Показатель преломления стекла примерно равен 2,3.
- 5) Угол отражения равен  $70^\circ$ .

Ответ:

- 17**  $\alpha$ -частица, движущаяся в вакууме со скоростью  $v \ll c$ , пролетает между пластинами заряженного конденсатора так, как показано на рисунке. Как изменится импульс вылетевшей частицы и время пролёта конденсатора, если уменьшить напряжение между пластинами конденсатора?



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

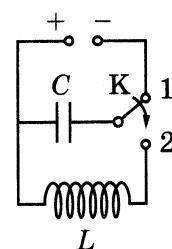
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Импульс вылетевшей частицы	Время пролёта конденсатора

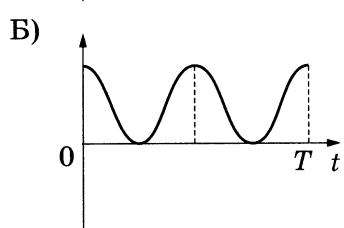
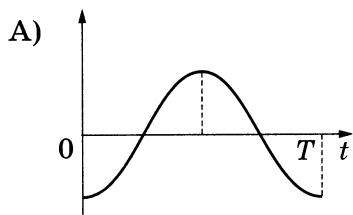
18

Конденсатор колебательного контура полностью заряжен от источника постоянного напряжения (см. рисунок). В момент  $t = 0$  переключатель К переводят из положения 1 в положение 2. Графики А и Б представляют изменения физических величин, характеризующих свободные электромагнитные колебания в контуре после этого ( $T$  — период этих колебаний). Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



## ГРАФИКИ



## ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) заряд правой обкладки конденсатора
- 2) энергия электрического поля конденсатора
- 3) энергия магнитного поля катушки
- 4) сила тока в катушке

Ответ: 

A	B

19

Укажите число протонов и число нейтронов в ядре нептуния  $^{237}_{93}\text{Np}$ .

Число протонов	Число нейтронов

*В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.*

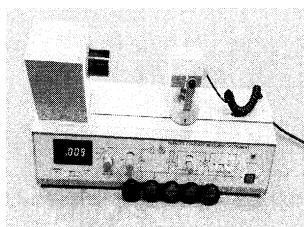
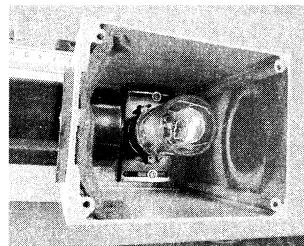
20

Частота оранжевого света примерно в 1,3 раза меньше частоты синего света. Во сколько раз энергия фотона синего света больше энергии фотона оранжевого света?

Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

**21** На установке, представленной на фотографиях (рис. *а* — общий вид; рис. *б* — фотоэлемент), исследовали зависимость кинетической энергии фотоэлектронов от частоты падающего света. Для этого в прорезь осветителяя помещали различные светофильтры и измеряли запирающее напряжение.

В первой серии опытов использовался светофильтр, пропускающий только синий свет, а во второй — только зелёный. Как изменяются частота световой волны и работа выхода при переходе от первой серии опытов ко второй?

Рис. *а*Рис. *б*

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

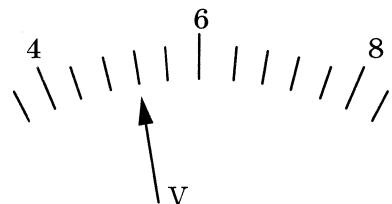
- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждого ответа. Цифры в ответе могут повторяться.

Частота световой волны, падающей на фотоэлемент	Работа выхода материала катода фотоэлемента

**22** Определите показания вольтметра (см. рисунок), если погрешность прямого измерения напряжения равна цене деления вольтметра. Шкала вольтметра проградуирована в вольтах.

Ответ: (       ±       ) В.



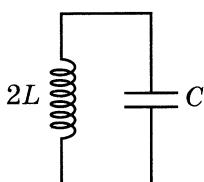
**В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.**

23

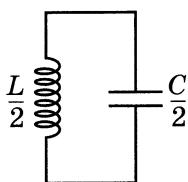
Необходимо обнаружить зависимость частоты свободных электромагнитных колебаний в колебательном контуре от электроёмкости конденсатора.

Какие *два* колебательных контура надо выбрать для проведения такого опыта?

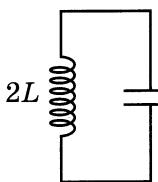
1)



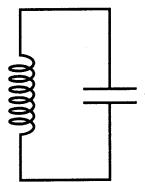
2)



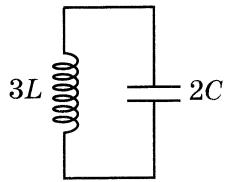
3)



4)



5)



Запишите в таблицу номера колебательных контуров.

Ответ:

24

Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о ярких звёздах.

Наименование звезды	Температура поверхности, К	Масса (в массах Солнца)	Радиус (в радиусах Солнца)	Средняя плотность по отношению к плотности воды
Альдебаран	3600	5,0	45	$7,7 \cdot 10^{-5}$
ε Возничего В	11 000	10,2	3,5	0,33
Капелла	5200	3,3	23	$4 \cdot 10^{-4}$
Ригель	11 200	40	138	$2 \cdot 10^{-5}$
Сириус А	9250	2,1	2,0	0,36
Сириус В	8200	1	0,01	$1,75 \cdot 10^6$
Солнце	6000	1,0	1,0	1,4
α Центавра А	5730	1,02	1,2	0,80

Выберите *все* верные утверждения, которые соответствуют характеристикам звёзд.

- 1) Температура поверхности Ригеля соответствует температурам звёзд спектрального класса *B*.
- 2) Звезда Альдебаран относится к белым карликам.
- 3) Средняя плотность звезды Капелла больше, чем средняя плотность Солнца.
- 4) Солнце относится к красным звёздам спектрального класса *M*.
- 5) Звезда α Центавра А относится к звёздам главной последовательности на диаграмме Герцшпрунга — Рессела.

Ответ: \_\_\_\_\_.



*Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.*

*Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.*

## Часть 2

**Ответом к заданиям 25 и 26 является число. Запишите это число в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.**

- 25** Электрическая цепь состоит из аккумулятора с ЭДС 9 В и внутренним сопротивлением 2 Ом, лампочки, ключа и соединительных проводов. Какова сила тока в цепи, если напряжение на аккумуляторе равно 7,5 В? Сопротивлением проводов пренебречь.

Ответ: \_\_\_\_\_ А.

- 26** Предмет находится на расстоянии 25 см от тонкой собирающей линзы с оптической силой 5 дптр. На каком расстоянии от линзы находится изображение предмета?

Ответ: \_\_\_\_\_ м.

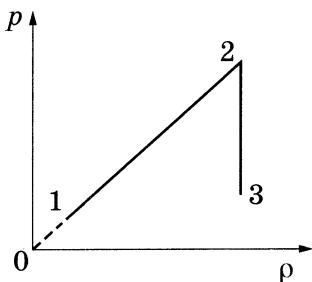


**Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.**

**Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.**

**Для записи ответов на задания 27–32 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (27, 28 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.**

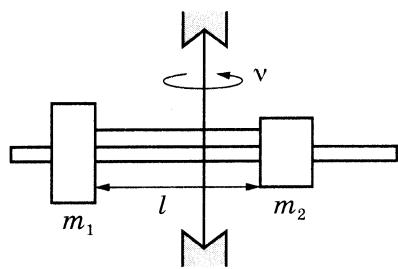
- 27** На графике представлена зависимость давления неизменной массы идеального газа от его плотности. Опишите, как изменяются в зависимости от плотности температура и объём газа в процессах 1–2 и 2–3.



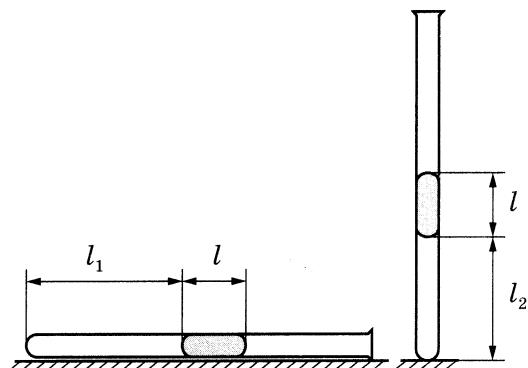
**Полное правильное решение каждой из задач 28–32 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.**

- 28** Тело массой 2 кг, брошенное с некоторой высоты вертикально вверх с начальной скоростью  $v_0$ , упало на землю со скоростью  $2v_0$ . Потенциальная энергия тела относительно поверхности земли в момент броска была равна 75 Дж. С какой начальной скоростью бросили тело? Сопротивлением воздуха пренебречь.

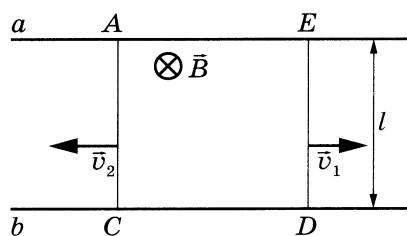
- 29** На вертикальной оси укреплена гладкая горизонтальная штанга, по которой могут перемещаться два груза массами  $m_1 = 100$  г и  $m_2 = 400$  г, связанные нерастяжимой невесомой нитью длиной  $l = 30$  см. Нить закрепили на оси так, что грузы располагаются по разные стороны от оси и натяжение нити с обеих сторон от оси при вращении штанги одинаково (см. рисунок). С какой частотой необходимо вращать штангу, чтобы модуль силы натяжения нити, соединяющей грузы, составлял  $T = 95$  Н?



- 30** В запаянной с одного конца длинной горизонтальной стеклянной трубке постоянного сечения (см. рисунок) находится столбик воздуха длиной  $l_1 = 36$  см, запертый столбиком ртути длиной  $l = 15$  см. Определите длину  $l_2$  воздушного столбика под ртутью, если трубку поставить вертикально отверстием вверх. Атмосферное давление 750 мм рт. ст. Температуру воздуха в трубке считать постоянной.



- 31** На горизонтальном столе лежат два параллельных друг другу рельса:  $a$  и  $b$ , замкнутых двумя одинаковыми металлическими проводниками:  $AC$  и  $ED$  (см. рисунок). Вся система проводников находится в однородном магнитном поле, направленном вертикально вниз. Модуль индукции магнитного поля равен  $B$ , расстояние между рельсами  $l$ , скорости проводников  $v_1$  и  $v_2$ , сопротивление каждого из проводников  $R$ . Какова сила тока в цепи? Сопротивлением рельсов пренебречь.



- 32** На плоскую алюминиевую пластинку падает электромагнитное излучение. Фотоэлектроны удаляются от поверхности пластины на расстояние не более 2 см в задерживающем однородном электрическом поле, перпендикулярном пластинке. Напряженность поля 120 В/м. Работа выхода электрона с поверхности цинка 4,2 эВ. Какова длина волны падающего излучения?



*Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с номером соответствующего задания.*

## ОТВЕТЫ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

### Задания с кратким ответом

Правильные ответы на задания 1–4, 8–10, 13–15, 19, 20, 22 и 23 части 1 и на задания 25 и 26 части 2 оцениваются 1 баллом. Эти задания считаются выполненными верно, если правильно указано требуемое число, два числа или слово.

Ответы на задания 5–7, 11, 12, 16–18 и 21 части 1 оцениваются 2 баллами, если верно указаны оба элемента ответа; 1 баллом, если допущена ошибка в указании одного из элементов ответа, и 0 баллов, если допущены две ошибки или ответ отсутствует. Если указано более двух элементов (в том числе, возможно, и правильные), то ставится 0 баллов. Ответ на задание 24 оценивается 2 баллами, если указаны все верные элементы ответа; 1 баллом, если допущена одна ошибка (в том числе указана одна лишняя цифра наряду со всеми верными элементами или не записан один элемент ответа); 0 баллов, если допущены две ошибки или ответ отсутствует. В заданиях 5, 11, 16 и 24 порядок записи цифр в ответе не имеет принципиального значения.

<b>№ вар. зад.</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
<b>1</b>	32,5	10	-12	4	32,5	25	-5	-2,5	30	32,5
<b>2</b>	0,25	0,25	2	16	2	2	0,05	0,6	2500	600
<b>3</b>	4,8	4	4,5	0,8	10	10	0,4	0,96	20	25
<b>4</b>	1600	0,64	85	2000	0,27	0,24	2240	3150	0,3	0,4
<b>5</b>	14 или 41	25 или 52	14 или 41	34 или 43	25 или 52	34 или 43	25 или 52	13 или 31	35 или 53	23 или 32
<b>6</b>	23	23	33	33	21	11	11	23	11	11
<b>7</b>	24	23	24	34	13	41	41	23	41	23
<b>8</b>	4	4	2	2	1	1	8	18	300	900
<b>9</b>	5	0,75	3	3,6	50	50	80	0	75	15
<b>10</b>	2450	60	560	20	200	5000	100	30	8000	5400
<b>11</b>	12 или 21	45 или 54	13 или 31	25 или 52	34 или 43	25 или 52	24 или 42	15 или 51	25 или 52	13 или 31
<b>12</b>	22	22	13	13	22	11	13	22	42	34
<b>13</b>	влево	вправо	вниз	вправо	вверх	вправо	вниз	вниз	вверх	вниз
<b>14</b>	2,5	4	1080	3800	5	5700	8	1,125	36	2,25
<b>15</b>	4	36	3	2	12	0,32	2,5	0,4	4	4
<b>16</b>	13 или 31	13 или 31	25 или 52	25 или 52	25 или 52	25 или 52	24 или 42	15 или 51	34 или 43	25 или 52
<b>17</b>	21	13	11	32	22	13	13	23	11	22
<b>18</b>	13	43	13	31	13	21	12	43	23	41
<b>19</b>	4960	5069	5374	1718	48	86220	3894	54140	83214	84214
<b>20</b>	2	0,5	25	12,5	5	25	0,3	0,1	12,5	87,5
<b>21</b>	42	32	43	23	11	12	14	32	22	11
<b>22</b>	605	32020	7451	99,30,1	11,00,5	1,60,2	0,18750, 0125	0,1500, 005	3,20,1	4,40,2
<b>23</b>	13 или 31	15 или 51	35 или 53	34 или 43	14 или 41	34 или 43	24 или 42	15 или 51	14 или 41	23 или 32
<b>24</b>	45 или 54	12 или 21	15 или 51	12 или 21	24 или 42	34 или 43	15 или 51	23 или 32	14 или 41	25 или 52
<b>25</b>	0,4	46,4	0,5	1	1,5	15	20	0,2	300	600
<b>26</b>	2	2	3	3	4	0,5	16	20	4	0,25

Продолжение таблицы

<b>№ вар. зад.</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>
<b>1</b>	7,5	7	25	10	-8	-4	4	16	-4	-16
<b>2</b>	2,25	4	0,375	0,25	0,2	14	1,25	7,5	30	6
<b>3</b>	8	100	112	15	2	8	90	80	1500	8000
<b>4</b>	0,6	0,9	3	4	0,8	85	1	0,25	2000	320
<b>5</b>	15 или 51	24 или 42	24 или 42	35 или 53	23 или 32	15 или 51	34 или 43	12 или 21	34 или 43	15 или 51
<b>6</b>	32	32	21	11	21	12	13	31	22	11
<b>7</b>	23	21	32	42	32	13	34	42	14	32
<b>8</b>	25	300	1,5	3	300	200	3	2	10	1
<b>9</b>	500	400	200	700	40	75	2	4	50	80
<b>10</b>	2,5	4	2000	25	75	200	4	2	25	300
<b>11</b>	25 или 52	13 или 31	25 или 52	34 или 43	15 или 51	24 или 42	12 или 21	34 или 43	13 или 31	45 или 54
<b>12</b>	23	14	21	11	32	31	43	21	21	13
<b>13</b>	влево	вниз	влево	вправо	к наблю- дателю	от наблю- дателя	вниз	вверх	вверх	вниз
<b>14</b>	5	4	1,5	15	6,4	0,4	40	25	4	81
<b>15</b>	1	2	0,25	0,5	8	75	60	20	75	70
<b>16</b>	24 или 42	15 или 51	15 или 51	23 или 32	45 или 54	12 или 21	13 или 31	25 или 52	13 или 31	24 или 42
<b>17</b>	31	23	23	13	21	12	11	22	21	12
<b>18</b>	34	42	14	41	23	42	14	32	34	12
<b>19</b>	2936	1920	3138	1213	612	1430	817	714	23	48
<b>20</b>	0,5	0,5	15	10	2	3	5	10	70	5
<b>21</b>	23	31	14	41	32	14	23	13	41	23
<b>22</b>	5,60,2	2,80,1	0,800,02	1,2500, 025	1,400,15	0,280,03	1,60,1	1,600,05	0,080,02	0,40,1
<b>23</b>	14 или 41	35 или 53	24 или 42	15 или 51	12 или 21	34 или 43	14 или 41	15 или 51	35 или 53	14 или 41
<b>24</b>	25 или 52	135 или 153 или 315 или 351 или 513 или 531	45 или 54	125 или 152 или 215 или 251 или 512 или 521	13 или 31	25 или 52	13 или 31	24 или 42	25 или 52	14 или 41
<b>25</b>	4	9	5	3,6	0,117	0,168	341	1160	0,69	0,084
<b>26</b>	2	0,1	10	90	0,6	45	660	3,3	2	2,4

## Окончание таблицы

<b>№ вар. зад.</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>30</b>
<b>1</b>	15	40	8	-12	600	750	-3	1,875	-1,5	0,75
<b>2</b>	3	4	5	5	0,25	0,3	16,2	25	1,52	1,4
<b>3</b>	2	1,2	1,6	0,5	14	4	1500	15	11	3,6
<b>4</b>	500	0,34	0,3	0,4	150	0,75	9	12	1,8	0,6
<b>5</b>	14 или 41	35 или 53	25 или 52	34 или 43	13 или 31	24 или 42	25 или 52	34 или 43	45 или 54	14 или 41
<b>6</b>	23	13	33	22	32	23	32	31	12	12
<b>7</b>	14	23	13	34	34	12	21	43	14	12
<b>8</b>	300	200	2	2,5	225	300	16	81	2	0,5
<b>9</b>	40	450	1	2	0	30	80	40	500	450
<b>10</b>	25	2450	2	5	90	20	62,5	25	60	15
<b>11</b>	15 или 51	23 или 32	25 или 52	13 или 31	45 или 54	12 или 21	12 или 21	35 или 53	23 или 32	45 или 54
<b>12</b>	21	32	31	24	41	23	11	21	43	31
<b>13</b>	от наблю- дателя	вверх	влево	вверх	вниз	вверх	влево	вправо	от на- блюда- теля	к на- блюда- телю
<b>14</b>	3	4	6	7	5	2,5	180	720	30	6
<b>15</b>	500	12	8	4	2	0,5	70	140	0,25	10
<b>16</b>	14 или 41	35 или 53	24 или 42	14 или 41	34 или 43	25 или 52	12 или 21	35 или 53	14 или 41	35 или 53
<b>17</b>	11	22	31	11	31	32	21	13	11	23
<b>18</b>	13	13	41	32	31	42	12	43	43	12
<b>19</b>	1314	2124	11	48	2020	3140	91234	84218	96151	93144
<b>20</b>	0,05	0,025	25	12,5	25	12,5	1,5	1,3	1,25	1,3
<b>21</b>	32	31	21	12	13	23	23	14	21	23
<b>22</b>	2,00,2	2,00,1	1,10,1	0,500,02	2,20,1	3,10,1	1,80,1	1,800,05	4,60,2	5,20,4
<b>23</b>	25 или 52	14 или 41	35 или 53	25 или 52	35 или 53	15 или 51	13 или 31	24 или 42	14 или 41	13 или 31
<b>24</b>	35 или 53	13 или 31	24 или 42	35 или 53	23 или 32	13 или 31	23 или 32	35 или 53	23 или 32	15 или 51
<b>25</b>	0,4	27	0,37	2	15	10	4	3	10	0,75
<b>26</b>	960	450	2,7	2,8	3	6	12	5	0,15	1

### Критерии оценивания выполнения заданий с развернутым ответом

Решения заданий 27–32 части 2 (с развернутым ответом) оцениваются предметной комиссией. На основе критериев, представленных в приведённых ниже таблицах, за выполнение каждого задания в зависимости от полноты и правильности данного экзаменуемым ответа выставляется от 0 до 2 баллов за выполнение задания 28 и от 0 до 3 баллов за выполнение задания 27 и 29–32.

### Вариант 1<sup>1</sup>

27

#### Возможное решение

1. Вначале изображением источника была точка в задней фокальной плоскости линзы, расположенная ниже главной оптической оси, так как все параллельные лучи линза собирает в одной точке фокальной плоскости. Положение этой точки определяется углом падения лучей на линзу (построение на рис. а).

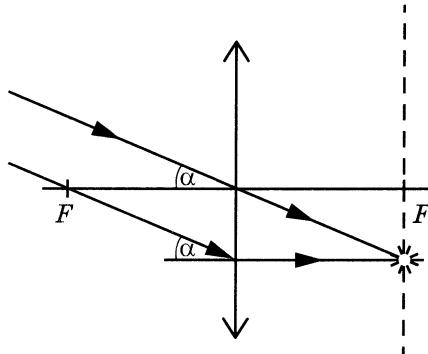


Рис. а

2. Плоскопараллельная пластина не нарушает параллельности лучей, а только смещает падающие лучи параллельно вверх (рис. б).

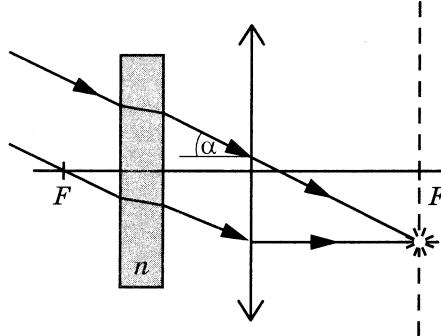


Рис. б

3. Так как угол падения лучей на линзу не изменился, то и положение изображения не изменится (построение на рис. б).

<sup>1</sup> Подробные указания по оцениванию заданий 27–32 приводятся только в варианте 1. В остальных вариантах применяются аналогичные указания.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае: <i>n. 3</i> ) и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: <i>преломление лучей в плоскопараллельной пластине, ход лучей в линзе</i> )	3
Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеются один или несколько из следующих недостатков.  В объяснении не указано или не используется одно из физических явлений, свойств, определений или один из законов (формул), необходимых для полного верного объяснения. (Утверждение, лежащее в основе объяснения, не подкреплено соответствующим законом, свойством, явлением, определением и т.п.)	2
И (ИЛИ)	
Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но в них содержится один логический недочёт.	
И (ИЛИ)	
В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.	
И (ИЛИ)	
В решении имеется неточность в указании на одно из физических явлений, свойств, определений, законов (формул), необходимых для полного верного объяснения	
Pредставлено решение, соответствующее <b>одному</b> из следующих случаев.	1
Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нём не указаны два явления или физических закона, необходимых для полного верного объяснения.	
ИЛИ	
Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца.	
ИЛИ	
Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, <u>приводящие к ответу</u> , содержат ошибки.	
ИЛИ	
Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	3

28

**Возможное решение**

При установившемся движении ускорение груза равно ускорению лифта и груз неподвижен относительно кабины лифта. Запишем второй закон Ньютона для груза:  $ma = k\Delta x - mg$ .

Ускорение можно найти из уравнения кинематики для движения лифта:

$$S = \frac{at^2}{2}, \quad a = \frac{2S}{t^2} = \frac{2 \cdot 5}{4} = 2,5 \text{ м/с}^2.$$

Следовательно, для удлинения пружины получим:

$$\Delta x = \frac{m(g+a)}{k} = \frac{0,4(10+2,5)}{100} = 5 \text{ см.}$$

**Ответ:**  $\Delta x = 5$  см.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>второй закон Ньютона, формула для перемещения при равноускоренном движении</i> ); II) представлены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); III) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины	2
Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев. Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но допущена ошибка в ответе или в математических преобразованиях или вычислениях. <b>ИЛИ</b> Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо и достаточно для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1 или 2 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	<b>2</b>

**29**

### Возможное решение

1. Найдём скорость  $v_1$  которую бруск приобрёл, пройдя путь  $x$ . Используем закон сохранения механической энергии:

$$Mgxsina = \frac{Mv_1^2}{2}, v_1 = \sqrt{2gx\sin\alpha}. \quad (1)$$

2. Учитывая абсолютно неупругий удар пули и бруска, запишем закон сохранения импульса для этих тел:

$$mv - Mv_1 = (M + m)v_2, \quad (2)$$

где  $v$  — скорость пули,  $v_2$  — скорость, которую приобретут тела после абсолютно неупругого удара.

3. По закону сохранения механической энергии бруска при его подъёме по наклонной плоскости на расстояние  $S$ :

$$\frac{(M+m)v_2^2}{2} = (M+m)gS\sin\alpha, \quad v_2 = \sqrt{2gS\sin\alpha}. \quad (3)$$

$$4. \text{ Тогда } m = \frac{M\sqrt{2g\sin\alpha}(\sqrt{x} + \sqrt{S})}{v - \sqrt{2gS\sin\alpha}} = \frac{0,25\sqrt{2 \cdot 10 \cdot \sin 30^\circ}(\sqrt{3,6} + \sqrt{2,5})}{555 - \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 2,5 \cdot \sin 30^\circ}} \approx 0,005 \text{ кг.}$$

**Ответ:**  $m = 5$  г.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>закон сохранения механической энергии, закон сохранения импульса</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</i>);</p> <p>III) представлены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования, но имеется один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p>	2
<p style="text-align: center;"><b>И (ИЛИ)</b></p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p style="text-align: center;"><b>И (ИЛИ)</b></p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях / вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;"><b>И (ИЛИ)</b></p> <p>Отсутствует пункт V, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p>	1
<p style="text-align: center;"><b>ИЛИ</b></p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;"><b>ИЛИ</b></p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0
<b>Максимальный балл</b>	3

30

**Возможное решение**

II закон Ньютона в проекциях на вертикаль:  $F_A = m_{\text{He}}g + m_{\text{o6}}g$ .  
Силы выражены через радиус  $r$ :  $\rho_B gV = m_{\text{o6}}g + m_{\text{He}}g = bSg + \rho_{\text{He}}Vg \Rightarrow$

$$\Rightarrow \rho_B gV \cdot \frac{4}{3} \pi r^3 = b \cdot 4\pi r^2 \cdot g + \rho_{\text{He}} \cdot g \frac{4}{3} \pi r^3 \text{ и радиус: } r = \frac{3b}{\rho_B - \rho_{\text{He}}},$$

где  $b$  — отношение массы оболочки к её площади.

Плотности гелия и воздуха находим из уравнения Менделеева — Клапейрона:

$$pV = \frac{m}{M} RT \Rightarrow \rho = \frac{m}{V} = \frac{Mp}{RT}, \text{ откуда } \rho_{\text{He}} = \frac{M_{\text{He}}p}{RT}, \rho_B = \frac{M_B p}{RT}.$$

Радиус оболочки:  $r = \frac{3bRT}{p(M_B - M_{\text{He}})}$ ,

её масса:  $m = 4\pi r^2 \cdot b = 4\pi \left[ \frac{3RT}{p(M_B - M_{\text{He}})} \right]^2 b^3$ .

Отсюда  $b = \left\{ \frac{m}{4\pi} \left[ \frac{p(M_B - M_{\text{He}})}{3RT} \right]^2 \right\}^{\frac{1}{3}} \approx 1,75 \text{ кг/м}^2$ .

**Ответ:** масса одного квадратного метра материала оболочки шара  $m_0 \approx 1,75 \text{ кг}$ .

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:  I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>второй закон Ньютона, уравнение Менделеева — Клапейрона, формула для силы Архимеда</i>);  II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</i>);  III) представлены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);  IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования, но имеется один или несколько из следующих недостатков.  Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;"><b>И (ИЛИ)</b></p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p style="text-align: center;"><b>И (ИЛИ)</b></p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях / вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;"><b>И (ИЛИ)</b></p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	2

Окончание таблицы

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо и достаточно для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи. <b>ИЛИ</b> В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.	1
В <u>ОДНОЙ</u> из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	3

31

**Возможное решение**

$$\text{Кинетическая энергия иона при входе в магнитное поле } \frac{mv^2}{2} = qU, \quad (1)$$

где  $m$ ,  $v$  и  $q$  — соответственно масса, скорость и заряд иона.

В магнитном поле на ион действует сила Лоренца, перпендикулярная скорости иона и вектору магнитной индукции  $F_{\perp} = qvB$ , придающая ему центростремительное

$$\text{ускорение } a_{\perp} = \frac{v^2}{R}. \text{ Получаем: } qvB = m \frac{v^2}{R}. \quad (2)$$

Решая систему уравнений (1) и (2), находим:

$$\frac{m}{q} = \frac{R^2 B^2}{2U} = \frac{4 \cdot 10^{-2} \cdot 25 \cdot 10^{-2}}{2 \cdot 10^4} = 5 \cdot 10^{-7} \text{ кг/Кл.}$$

Ответ:  $\frac{m}{q} = 5 \cdot 10^{-7}$  кг/Кл.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <u>закон сохранения энергии, формула для силы Лоренца, второй закон Ньютона</u> ); II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов); III) представлены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины	3

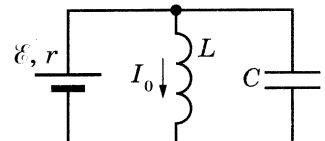
Окончание таблицы

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования, но имеется один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;"><b>И (ИЛИ)</b></p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p style="text-align: center;"><b>И (ИЛИ)</b></p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях / вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;"><b>И (ИЛИ)</b></p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <b>одному</b> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;"><b>ИЛИ</b></p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;"><b>ИЛИ</b></p> <p>В <b>ОДНОЙ</b> из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	3

32

**Возможное решение**

1. Непосредственно перед размыканием ключа К ток через конденсатор равен нулю, по катушке течёт ток  $I_0 = \frac{\epsilon}{r}$ , напряжение  $U_{0C}$  на конденсаторе равно напряжению на катушке, поэтому  $U_{0C} = 0$ .



2. После размыкания ключа К в контуре возникают гармонические электромагнитные колебания. Энергия электромагнитных колебаний в контуре сохраняется:
- $$\frac{LI^2}{2} + \frac{CU^2}{2} = \frac{LI_0^2}{2}, \text{ откуда получаем: } U = \sqrt{\frac{L}{C}} \left( I_0^2 - I^2 \right).$$

Учитывая, что  $I_0 = \frac{\epsilon}{r}$ , получим:  $U = \sqrt{\frac{L}{C}} \left( \frac{\epsilon^2}{r^2} - I^2 \right) = \sqrt{\frac{10^{-3}}{5 \cdot 10^{-5}}} \left( \frac{9}{4} - 1 \right) = 5 \text{ В.}$

**Ответ:**  $U = 5 \text{ В.}$

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>закон сохранения энергии, закон Ома, формулы для энергии магнитного поля катушки и энергии электрического поля конденсатора</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</i>);</p> <p>III) представлены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования, но имеется один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;"><b>И (ИЛИ)</b></p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p style="text-align: center;"><b>И (ИЛИ)</b></p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях / вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;"><b>И (ИЛИ)</b></p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо и достаточно для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;"><b>ИЛИ</b></p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;"><b>ИЛИ</b></p> <p>В <b>ОДНОЙ</b> из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	3

**Вариант 2****27****Возможное решение**

1. Вначале изображением источника была точка в задней фокальной плоскости линзы, расположенная выше главной оптической оси, так как все параллельные лучи линзы собирает в одной точке фокальной плоскости. Положение этой точки определяется углом падения лучей на линзу (построение на рис. а).

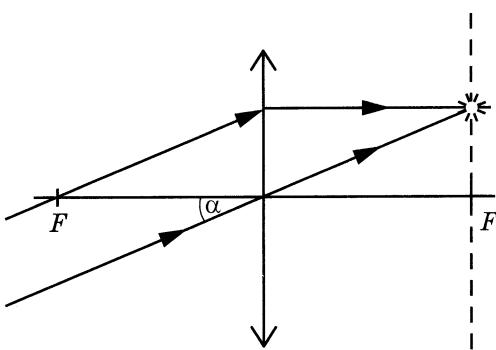


Рис. а

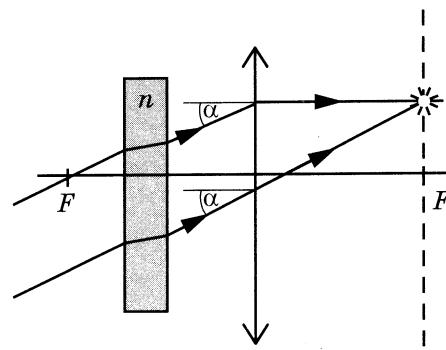


Рис. б

2. Плоскопараллельная пластиинка не нарушает параллельность лучей, а только смещает падающие лучи параллельно вниз (рис. б).

3. Так как угол падения лучей на линзу не изменился, то и положение изображения не изменится (построение на рис. б).

**28****Возможное решение**

При установившемся движении ускорение груза равно ускорению лифта и груз неподвижен относительно кабины лифта. Запишем второй закон Ньютона для груза в проекции на вертикальную ось, направленную по направлению движения лифта:

$$ma = mg - k\Delta x.$$

Ускорение можно найти из уравнения кинематики для движения лифта:

$$S = \frac{at^2}{2}, a = \frac{2S}{t^2} = \frac{2 \cdot 5}{4} = 2,5 \text{ м/с}^2.$$

Следовательно, для массы груза получим:

$$m = \frac{k\Delta x}{(g - a)} = \frac{100 \cdot 0,015}{10 - 2,5} = 200 \text{ г.}$$

**Ответ:**  $m = 200 \text{ г.}$

29

**Возможное решение**

1. Найдём скорость  $v_1$  которую бруск приобрёл, пройдя путь  $x$ . Используем закон сохранения механической энергии:

$$Mgx\sin\alpha = \frac{Mv_1^2}{2}, \quad v_1 = \sqrt{2gx\sin\alpha}. \quad (1)$$

2. Учитывая абсолютно неупругий удар пули и бруска, запишем закон сохранения импульса для этих тел:

$$mv - Mv_1 = (M + m)v_2, \quad (2)$$

где  $v$  — скорость пули,  $v_2$  — скорость, которую приобретут тела после абсолютно неупругого удара.

3. По закону сохранения механической энергии бруска при его подъёме по наклонной плоскости на расстояние  $S$ :

$$\frac{(M + m)v_2^2}{2} = (M + m)gS\sin\alpha, \quad v_2 = \sqrt{2gS\sin\alpha}. \quad (3)$$

4. Тогда

$$v = \frac{M}{m}\sqrt{2gx\sin\alpha} + \left(\frac{M}{m} + 1\right)\sqrt{2gS\sin\alpha},$$

$$v = 50\sqrt{2 \cdot 10 \cdot 3,6 \cdot 0,5} + 51 \cdot \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 2,5 \cdot 0,5} = 555 \text{ м/с.}$$

**Ответ:**  $v = 555$  м/с.

30

**Возможное решение**

II закон Ньютона в проекциях на вертикаль:  $F_A = m_{\text{He}}g + m_{\text{oob}}g$ .

Силы выражены через радиус  $r$ :  $\rho_B g V = m_{\text{oob}}g + m_{\text{He}}g = bSg + \rho_{\text{He}}Vg \Rightarrow$

$$\Rightarrow \rho_B g \cdot \frac{4}{3}\pi r^3 = b \cdot 4\pi r^2 \cdot g + \rho_{\text{He}}g \cdot \frac{4}{3}\pi r^3 \text{ и радиус: } r = \frac{3b}{\rho_B - \rho_{\text{He}}},$$

где  $b = 2$  кг/м<sup>2</sup> — отношение массы оболочки к её площади.

Плотности гелия и воздуха находим из уравнения Менделеева — Клапейрона:

$$pV = \frac{m}{M}RT \Rightarrow \rho = \frac{m}{V} = \frac{Mp}{RT}, \text{ откуда } \rho_{\text{He}} = \frac{M_{\text{He}}p}{RT}, \quad \rho_B = \frac{M_B p}{RT}.$$

$$\text{Радиус оболочки: } r = \frac{3bRT}{p(M_B - M_{\text{He}})} \approx 5,44 \text{ м, её масса: } m = 4\pi r^2 \cdot b \approx 745 \text{ кг.}$$

**Ответ:**  $m \approx 745$  кг.

31

**Возможное решение**

Кинетическая энергия иона при входе в магнитное поле

$$\frac{mv^2}{2} = qU, \quad (1)$$

где  $m$ ,  $v$  и  $q$  — соответственно масса, скорость и заряд иона.

В магнитном поле на ион действует сила Лоренца, перпендикулярная скорости иона и вектору магнитной индукции  $F_L = qvB$ , придающая ему центростремительное ускорение  $a_{\text{ц}} = \frac{v^2}{R}$ . Получаем:

$$qvB = m \frac{v^2}{R}. \quad (2)$$

Решая систему уравнений (1) и (2), находим:

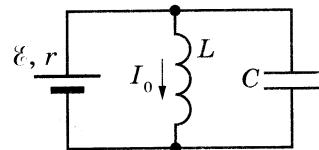
$$B = \frac{1}{R} \sqrt{2U \frac{m}{q}} = \frac{1}{0,2} \sqrt{2 \cdot 10^4 \cdot 5 \cdot 10^{-7}} = 0,5 \text{ Тл.}$$

**Ответ:**  $B = 0,5$  Тл.

**32**

### Возможное решение

1. Непосредственно перед размыканием ключа К ток через конденсатор равен нулю, по катушке течёт ток  $I_0 = \frac{\epsilon}{r}$ , напряжение  $U_{0C}$  на конденсаторе равно напряжению на катушке, поэтому  $U_{0C} = 0$ .



2. После размыкания ключа К в контуре возникают гармонические электромагнитные колебания. Энергия электромагнитных колебаний в контуре сохраняется:  $\frac{LI^2}{2} + \frac{CU^2}{2} = \frac{LI_0^2}{2}$ , откуда получаем:  $C = \frac{L(I_0^2 - I^2)}{U^2}$ .

Учитывая, что  $U = \epsilon$ ,  $I_0 = \frac{\epsilon}{r}$ , получим:

$$C = L \left( \frac{1}{r^2} - \frac{I^2}{\epsilon^2} \right) = 10^{-3} \cdot \left( \frac{1}{4} - 0,16 \right) = 90 \cdot 10^{-6} \Phi.$$

**Ответ:**  $C = 90 \text{ мкФ}$ .

### Вариант 3

**27**

### Возможное решение

1. Вектор результирующего магнитного поля в точке  $O$  равен нулю. Если направление электрического тока в проводнике 3 изменить на противоположное, то вектор результирующего магнитного поля будет направлен горизонтально вправо.

2. Вокруг каждого из проводников возникает магнитное поле, линии индукции которого являются окружностями. Направление линий индукции магнитного поля определяется правилом буравчика (см. рис. а). Вектор индукции результирующего магнитного поля в точке  $O$ , определяется принципом суперпозиции:  $\vec{B}_{\Sigma 1} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \vec{B}_3$ , где  $\vec{B}_1$ ,  $\vec{B}_2$  и  $\vec{B}_3$  векторы индукции магнитных полей в точке  $O$ , созданных каждым проводником отдельно. Поскольку точка  $O$  равноудалена от каждого проводника и по проводникам протекают токи одинаковой силы, то  $|\vec{B}_1| = |\vec{B}_2| = |\vec{B}_3| = B$ .

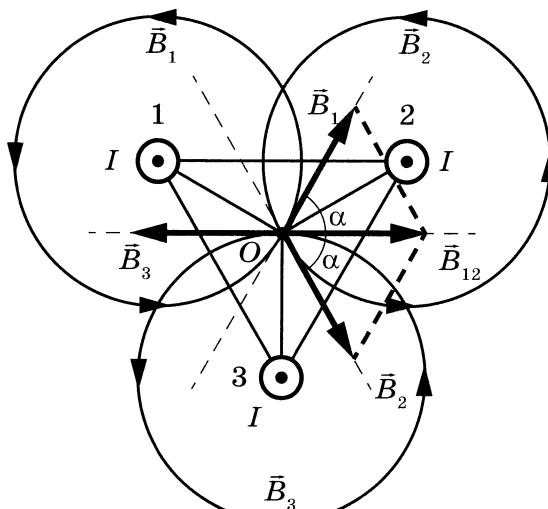


Рис. а

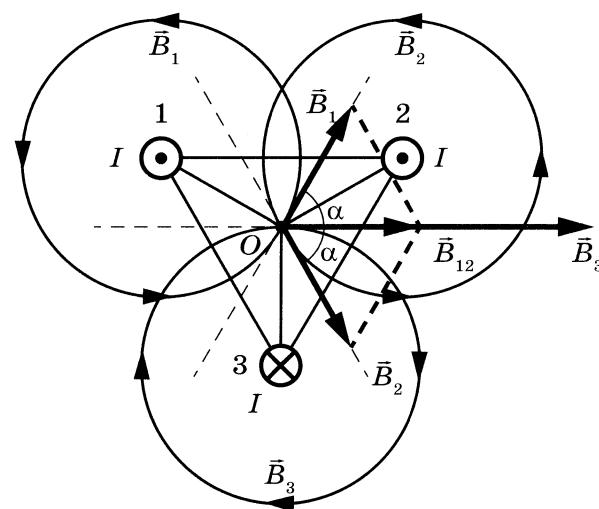


Рис. б

3. Из геометрических построений видно, что угол между векторами  $\vec{B}_1$  и  $\vec{B}_2$  составляет  $120^\circ$ , а, значит,  $\alpha = 60^\circ$ . Следовательно,

$$|\vec{B}_{12}| = |\vec{B}_1| \cos \alpha + |\vec{B}_2| \cos \alpha = 2B \cos 60^\circ = B.$$

Таким образом,  $\vec{B}_{\Sigma 1} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \vec{B}_3 = 0$ .

4. Если направление электрического тока в проводнике 3 изменить на противоположное, то вектор магнитного поля, созданного этим проводником в точке  $O$ , будет направлен горизонтально вправо (см. рис. б).

Таким образом,

$$\vec{B}_{\Sigma 2} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \vec{B}'_3 \neq 0 \text{ и } |\vec{B}_{\Sigma 2}| = |\vec{B}_{12}| + |\vec{B}_3| = 2B.$$

Следовательно, после изменения направления тока в проводнике 3 вектор результирующего магнитного поля в точке  $O$  будет направлен горизонтально вправо.

28

### Возможное решение

Запишем для двух грузов второй закон Ньютона в проекциях на вертикальную ось:

$$Ma_1 = Mg - T_1; \quad ma_2 = T_2 - mg.$$

Так как нить невесома и нерастяжима, а блок идеальный, то

$$a_1 = a_2 = a; \quad T_1 = T_2 = T.$$

Для пути, который прошёл левый груз, можно записать соотношение

$$S = \frac{v^2}{2a}.$$

Тогда для силы натяжения нити получим:

$$T = m \left( \frac{v^2}{2S} + g \right) = 1 \cdot \left( \frac{4^2}{2 \cdot 2} + 10 \right) = 14 \text{ Н.}$$

**Ответ:**  $T = 14$  Н.

29

**Возможное решение**

1. Центростремительное ускорение шарика во всех точках траектории одинаково  $a_{\text{ц}} = \omega^2 l = \frac{4\pi^2}{\tau^2} l \approx 200 \text{ м/с}^2 > g$ . Поэтому в верхней точке траектории сила, действующая на шарик, направлена вертикально вниз.

2. В нижней и в верхней точках траектории на шарик действуют сила тяжести  $mg$ , силы со стороны стержня  $T_1$  и  $T_2$  соответственно (см. рисунок).

Запишем второй закон Ньютона в проекциях на радиальное направление для этих двух моментов движения шарика:

$$ma_{\text{ц}} = T_1 - mg, \quad (1)$$

$$ma_{\text{ц}} = T_2 + mg, \quad (2)$$

где  $a_{\text{ц}} = \omega^2 l$  — центростремительное ускорение шарика в нижней и в верхней точках,  $\omega$  — угловая скорость вращения шарика.

3. Угловая скорость связана с периодом вращения шарика как  $\omega = \frac{2\pi}{\tau}$ .

4. Объединяя записанные выражения (1) и (2), найдём массу шарика  $m = \frac{\Delta T}{2g}$ .

5. Окончательно получим

$$T_2 = m(\omega^2 l - g) = \frac{\Delta T}{2g} \left( \frac{4\pi^2 l}{\tau^2} - g \right) = \frac{0,4}{2 \cdot 10} \left( \frac{4 \cdot 3,14^2 \cdot 0,2}{0,2^2} - 10 \right) \approx 3,7 \text{ Н.}$$

Ответ:  $T_2 \approx 3,7 \text{ Н.}$

30

**Возможное решение**

1. В соответствии с первым началом термодинамики подводимое количество теплоты равно сумме изменения внутренней энергии системы и совершившейся механической работы:  $Q = \Delta U + A$ . При кипении бензола происходит его изобарное расширение. Работа пара  $A = p\Delta V$ , где  $p$  — атмосферное давление,  $\Delta V$  — изменение объёма.

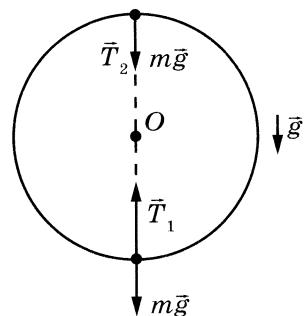
2. Считая пар идеальными газом, воспользуемся уравнением Менделеева — Клапейрона для определения изменения объёма за счёт испарившегося бензола массой  $\Delta m$ :  $p\Delta V = \frac{\Delta m}{M} RT$ , где  $M = 78 \cdot 10^{-3}$  кг/моль — молярная масса бензола,  $T = 80 + 273 = 353$  К — температура кипения бензола. Отсюда  $A = \frac{\Delta m RT}{M}$ .

3. Количество теплоты  $Q$ , необходимое для испарения массы  $\Delta m$  бензола, пропорционально удельной теплоте парообразования  $Q = \Delta mL$ .

4. Искомая величина определяется отношением

$$\eta = \frac{\Delta U}{Q} = \frac{Q - A}{Q} = 1 - \frac{RT}{ML} = 1 - \frac{8,31 \cdot 353}{78 \cdot 10^{-3} \cdot 396 \cdot 10^3} \approx 0,905.$$

Ответ:  $\eta = 0,905$ .



**31****Возможное решение**

До размыкания ключа электрический ток протекает через последовательно соединённые резисторы  $R_1$ ,  $R_2$  и катушку  $L$ . Согласно закону Ома для полной цепи  $I = \frac{\epsilon}{R_1 + R_2 + r} = \frac{18}{10 + 6 + 2} = 1$  А. При этом напряжение на конденсаторе равно

$U = IR_2 = 1 \cdot 6 = 6$  В, так как напряжение на катушке равно 0. Таким образом, до размыкания ключа в конденсаторе была накоплена энергия

$$W_C = \frac{CU^2}{2} = \frac{6 \cdot 10^{-6} \cdot 36}{2} = 108 \cdot 10^{-6} \text{ Дж} = 108 \text{ мкДж},$$

и в катушке индуктивности —

$$W_L = \frac{LI^2}{2} = \frac{12 \cdot 10^{-6} \cdot 1}{2} = 6 \cdot 10^{-6} \text{ Дж} = 6 \text{ мкДж}.$$

После размыкания ключа вся накопленная в элементах цепи энергия выделится в виде тепла на резисторе  $R_2$ :  $Q = W_C + W_L = 108 + 6 = 114$  мкДж.

**Ответ:**  $Q = 114$  мкДж.

**32****Возможное решение**

1. Если изображения двух точечных источников находятся в одной и той же точке, то один из источников находится за фокусом, а другой — перед фокусом линзы. Первое изображение будет действительным, а второе — мнимым. Расстояние от первого источника до линзы  $d = 15$  см, поэтому расстояние от второго источника до линзы  $x = L - d = 7,5$  см  $< d$ . Следовательно, именно второй источник находится между линзой и её фокусом, и его изображение будет мнимым.

2. Запишем формулу тонкой линзы для первого источника:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}, \quad (1)$$

$f$  — расстояние от линзы, на котором находится изображение первого источника. Запишем формулу тонкой линзы для второго источника:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{x} - \frac{1}{f}. \quad (2)$$

Знак «минус» перед последним слагаемым указывает на то, что изображение будет в этом случае мнимым.

3. Складывая уравнения (1) и (2), получим:

$$x = \frac{Fd}{2d - F}. \quad (3)$$

4. Тогда  $L = x + d = \frac{2d^2}{2d - F}$ ,  $F = \frac{2d(L - d)}{L} = \frac{2 \cdot 0,15(0,225 - 0,15)}{0,225} = 10$  см.

**Ответ:**  $F = 10$  см.

## Вариант 4

27

## Возможное решение

1. Вектор результирующего магнитного поля в точке  $O$  равен нулю. Если направление электрического тока в проводнике 3 изменить на противоположное, то вектор результирующего магнитного поля будет направлен горизонтально влево.
2. Вокруг каждого из проводников возникает магнитное поле, силовые линии которого являются окружностями. Направление силовых линий магнитного поля определяется правилом буравчика (см. рис. а). Вектор индукции результирующего магнитного поля в точке  $O$  определяется принципом суперпозиции:  $\vec{B}_{\Sigma 1} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \vec{B}_3$ , где  $\vec{B}_1$ ,  $\vec{B}_2$  и  $\vec{B}_3$  вектора индукции магнитных полей на этой же прямой, созданных каждым проводником отдельно. Поскольку прямая, проходящая через точку  $O$ , равноудалена от каждого проводника, и по проводникам протекают токи одинаковой силы, то  $|\vec{B}_1| = |\vec{B}_2| = |\vec{B}_3| = B$ .

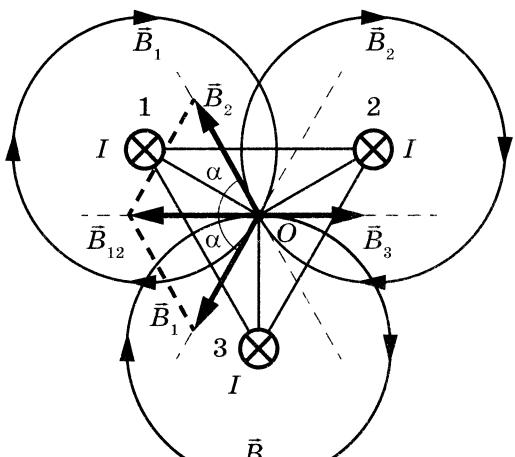


Рис. а

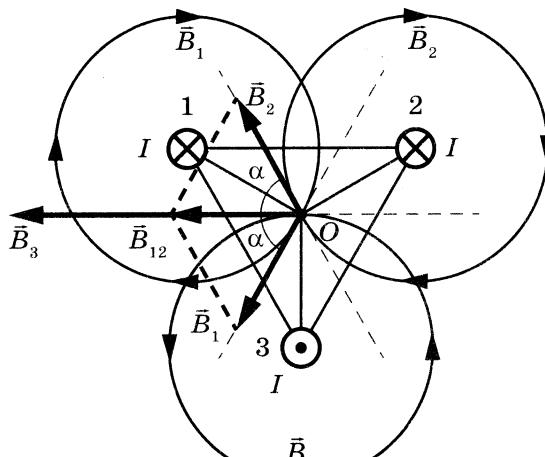


Рис. б

3. Из геометрических построений видно, что угол между векторами  $\vec{B}_1$  и  $\vec{B}_2$  составляет  $120^\circ$ , а, значит,  $\alpha = 60^\circ$ . Следовательно,

$$|\vec{B}_{12}| = |\vec{B}_1| \cos \alpha + |\vec{B}_2| \cos \alpha = 2B \cos 60^\circ = B.$$

Таким образом,

$$\vec{B}_{\Sigma 1} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \vec{B}_3 = 0.$$

4. Если направление электрического тока в проводнике 3 изменить на противоположное, то вектор магнитного поля, созданного этим проводником в точке  $O$ , будет направлен горизонтально влево (см. рис. б).

Таким образом,  $\vec{B}_{\Sigma 2} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \vec{B}'_3 \neq 0$  и  $|\vec{B}_{\Sigma 2}| = |\vec{B}_{12}| + |\vec{B}'_3| = 2B$ . Следовательно, после изменения направления тока в проводнике 3 вектор результирующего магнитного поля будет направлен в точке  $O$  горизонтально влево.

28

**Возможное решение**

Запишем для двух грузов второй закон Ньютона в проекциях на вертикальную ось:  $Ma_1 = Mg - T_1$ ;  $ma_2 = T_2 - mg$ .

Так как нить невесома и нерастяжима, а блок идеальный, то  $a_1 = a_2 = a$ ;  $T_1 = T_2 = T$ .

Для скорости, которую приобрёл правый груз, можно записать соотношение  $v = at$ .

Тогда для силы натяжения нити получим:  $T = m\left(\frac{v}{t} + g\right) = 1 \cdot \left(\frac{4}{1} + 10\right) = 14$  Н.

**Ответ:**  $T = 14$  Н.

29

**Возможное решение**

1. Центростремительное ускорение шарика во всех точках

траектории одинаково  $a_{\text{ц}} = \omega^2 l = \frac{4\pi^2}{\tau^2} l \approx 200 \text{ м/с}^2 > g$ . Поэтому

в верхней точке траектории сила, действующая на шарик, направлена вертикально вниз.

2. В нижней и в верхней точках траектории на шарик действуют сила тяжести  $mg$ , силы со стороны стрелки  $T_1$  и  $T_2$  соответственно (см. рисунок).

Запишем второй закон Ньютона в проекциях на радиальное направление для этих двух моментов движения шарика:

$$ma_{\text{ц}} = T_1 - mg, \quad (1)$$

$$ma_{\text{ц}} = T_2 + mg, \quad (2)$$

где  $a_{\text{ц}} = \omega^2 l$  — центростремительное ускорение шарика в нижней и в верхней точках,  $\omega$  — угловая скорость вращения шарика.

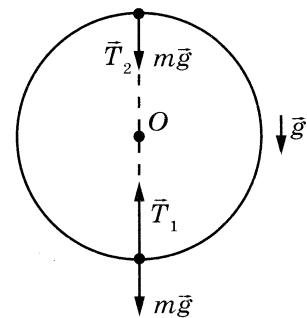
3. Угловая скорость связана с периодом вращения шарика как  $\omega = \frac{2\pi}{\tau}$ .

4. Объединяя записанные выражения (1) и (2), найдём массу шарика  $m = \frac{\Delta T}{2g}$ .

5. Окончательно получим

$$T_1 = m\left(\omega^2 l + g\right) = \frac{\Delta T}{2g}\left(\frac{4\pi^2 l}{\tau^2} + g\right) = \frac{0,4}{2 \cdot 10}\left(\frac{4 \cdot 3,14^2 \cdot 0,2}{0,2^2} + 10\right) \approx 4,1 \text{ Н.}$$

**Ответ:**  $T_1 \approx 4,1$  Н.



30

**Возможное решение**

1. В соответствии с первым началом термодинамики подводимое количество теплоты равно сумме изменения внутренней энергии системы и совершённой механической работы:  $Q = \Delta U + A$ . При кипении ацетона происходит его изобарное расширение. Работа пара  $A = p\Delta V$ , где  $p$  — атмосферное давление,  $\Delta V$  — изменение объёма.

2. Считая пар идеальными газом, воспользуемся уравнением Менделеева — Клапейрона для определения изменения объёма за счёт испарившегося ацетона массой  $\Delta m$ :  $p\Delta V = \frac{\Delta m}{M}RT$ , где  $M = 58 \cdot 10^{-3}$  кг/моль — молярная масса ацетона,  $T = 56 + 273 = 329$  К — температура кипения ацетона. Отсюда  $A = \frac{\Delta m RT}{M}$ .

3. Количество теплоты  $Q$ , необходимое для испарения массы  $\Delta m$  ацетона, пропорционально удельной теплоте парообразования:  $Q = \Delta m L$ .

4. Искомая величина определяется отношением

$$\eta = \frac{A}{Q} = \frac{RT}{ML} = \frac{8,31 \cdot 329}{58 \cdot 10^{-3} \cdot 524 \cdot 10^3} \approx 0,09.$$

Ответ:  $\eta = 0,09$ .

31

### Возможное решение

До размыкания ключа электрический ток протекает через последовательно соединённые резисторы  $R_1$ ,  $R_2$  и катушку  $L$ . Согласно закону Ома для полной цепи  $I = \frac{\varepsilon}{R_1 + R_2 + r} = \frac{12}{8 + 3 + 1} = 1$  А. При этом напряжение на конденсаторе равно

$U = IR_2 = 1 \cdot 3 = 3$  В, так как напряжение на катушке равно 0. Таким образом, до размыкания ключа в конденсаторе была накоплена энергия

$$W_C = \frac{CU^2}{2} = \frac{4 \cdot 10^{-6} \cdot 9}{2} = 18 \cdot 10^{-6} \text{ Дж} = 18 \text{ мкДж},$$

и в катушке индуктивности —

$$W_L = \frac{LI^2}{2} = \frac{24 \cdot 10^{-6} \cdot 1}{2} = 12 \cdot 10^{-6} \text{ Дж} = 12 \text{ мкДж}.$$

После размыкания ключа вся накопленная в элементах цепи энергия выделится в виде тепла на резисторе  $R_2$ :  $Q = W_C + W_L = 18 + 12 = 30$  мкДж.

Ответ:  $Q = 30$  мкДж.

32

### Возможное решение

1. Фокусное расстояние линзы равно  $F = 1/D = 10$  см.

2. Если изображения двух точечных источников находятся в одной и той же точке, то один из источников находится за фокусом, а другой — перед фокусом линзы. Первое изображение будет действительным, а второе — мнимым. Запишем формулу тонкой линзы для первого источника:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}, \quad (1)$$

$f$  — расстояние от линзы, на котором находится изображение первого источника.

3. Запишем формулу тонкой линзы для второго источника:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{x} - \frac{1}{f}. \quad (2)$$

Поскольку  $x < F$ , то мнимым будет изображение именно второго источника. Знак «минус» перед последним слагаемым указывает на то, что изображение будет в этом случае мнимым.

4. Складывая уравнения (1) и (2), получим:

$$d = \frac{xF}{2x - F} = \frac{7,5 \cdot 10}{15 - 10} = 15 \text{ см.}$$

Ответ:  $d = 15$  см.

## Вариант 5

**27**

### Возможное решение

1. Работа газа в процессе 2–3 больше модуля работы внешних сил в процессе 4–1  $A_{23} > |A_{41}|$ .

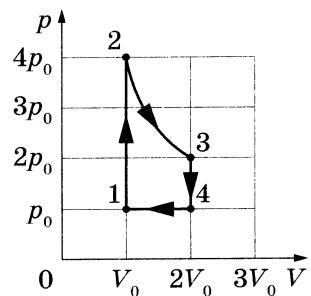
2. Поскольку работа газа в термодинамике численно равна площади фигуры под графиком  $p(V)$ , где  $p$  — давление газа,  $V$  — объём газа, перестроим график цикла в эти координаты. Процесс 1–2 является изохорным, в нём абсолютная температура газа увеличилась в 4 раза, а значит, при  $v = \text{const}$ , согласно закону Шарля ( $\frac{p}{T} = \text{const}$ ) и давление газа увеличилось в 4 раза.

Процесс 2–3 является изотермическим, в координатах  $p$ – $V$  его графиком является гипербола. Согласно закону Бойля — Мариотта ( $pV = \text{const}$ ) увеличение в 2 раза объёма приведёт к уменьшению в 2 раза давления.

В процессе 3–4 газ изохорно уменьшил свою абсолютную температуру и давление в 2 раза, а в процессе 4–1 изобарно, поскольку его график проходит через начало координат, вернулся в исходное состояние (см. рисунок).

3. Из графика видно, что работа газа в процессе 2–3 численно равна площади криволинейной трапеции под гиперболой 2–3 и  $A_{23} > 2p_0(2V_0 - V_0) = 2p_0V_0$ , а модуль работы внешних сил в процессе 4–1  $|A_{41}| = p_0(2V_0 - V_0) = p_0V_0$ .

Таким образом,  $A_{23} > |A_{41}|$ .

**28**

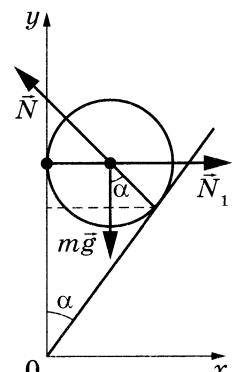
### Возможное решение

Правило для моментов сил относительно оси, проходящей через шарнир перпендикулярно плоскости рисунка:  $F(L - b) + mg(\frac{L}{2} - b) = Mgb$ , где  $m$  — масса стержня.

Проведя преобразования, получим

$$L = \frac{b(F + g(m + M))}{F + \frac{mg}{2}} = \frac{1 \cdot (300 + 10 \cdot 150)}{300 + 150} = 4 \text{ м.}$$

**Ответ:**  $L = 4$  м.

**29**

### Возможное решение

1. Поскольку цилиндр гладкий, силы трения отсутствуют. Все действующие на цилиндр силы проходят через его центр масс, поэтому момент сил относительно оси, проходящей через его центр масс, равен нулю.

2. Для того чтобы цилиндр в этом случае находился в равновесии, необходимо, чтобы векторная сумма сил, действующих на него, была равна нулю. Поэтому  $N_1 - N\cos\alpha = 0$ ,  $N\sin\alpha - mg = 0$ .

3. Решая систему уравнений с учётом того, что  $N_1 = nm\mathbf{g}$ , получим:

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{mg}{N_1} = \frac{1}{n}, \quad \alpha = \arctg\left(\frac{1}{n}\right) = \arctg\left(\frac{1}{\sqrt{3}}\right) = 30^\circ.$$

**Ответ:**  $\alpha = \arctg\left(\frac{1}{n}\right) = 30^\circ$ .

**30****Возможное решение**

Пробка выскочит, если сила, с которой газ давит изнутри на пробку, превысит суммарную силу давления атмосферного воздуха снаружи на пробку и трения пробки о края отверстия. А это произойдёт, когда давление газа превысит атмосферное давление на величину  $\Delta p = \frac{F}{s}$ , откуда:  $s = \frac{F}{\Delta p}$ .

Поскольку изначально давление газа в сосуде равно атмосферному, именно такое изменение давления газа в сосуде определяет предельное количество теплоты, переданное газу.

Поскольку объём  $V$  газа не меняется, изменение давления газа связано с изменением его температуры  $T$ . Согласно уравнению Менделеева — Клапейрона  $V \cdot \Delta p = vR \cdot \Delta T$ , где  $v$  — количество газообразного вещества.

Чтобы найти изменение температуры газа, обратимся к первому закону термодинамики:  $\Delta U = A + Q$ . В нашем случае работа внешних сил  $A = 0$ , поскольку объём газа не меняется, и изменение внутренней энергии газа равно количеству полученной им теплоты:  $\Delta U = Q$ .

Для идеального одноатомного газа имеем:  $\Delta U = \frac{3}{2}v\Delta R \cdot \Delta T$ . Соотнеся это равенство с уравнением Менделеева — Клапейрона и равенством  $\Delta U = Q$ , находим:

$$V \cdot \Delta p = \frac{2}{3}\Delta U = \frac{2}{3}Q, \quad \Delta p = \frac{2Q}{3V} = \frac{2 \cdot 15 \cdot 10^3}{3 \cdot 2 \cdot 10^{-2}} = 5 \cdot 10^5 \text{ Па.}$$

Следовательно,  $s = \frac{100}{5 \cdot 10^5} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$ .

**Ответ:**  $s = 2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$ .

**31****Возможное решение**

1. До размыкания ключа электрический ток протекает через последовательно соединённые лампу и резистор. Общее сопротивление внешней цепи  $R_0 = R_L + R = 10 + 15 = 25 \text{ Ом}$ , где  $R_L$  — сопротивление лампы,  $R$  — сопротивление резистора.

2. Согласно закону Ома для полной цепи  $I = \frac{\mathcal{E}}{R_0 + r} = \frac{60}{25 + 5} = 2 \text{ А}$ . При этом напряжение на конденсаторе  $U = IR_0 = 2 \cdot 25 = 50 \text{ В}$ .

3. Таким образом, до размыкания ключа в конденсаторе была накоплена энергия  $W = \frac{CU^2}{2} = \frac{80 \cdot 10^{-6} \cdot 50^2}{2} = 0,1 \text{ Дж.}$

4. После размыкания ключа вся энергия, накопленная в конденсаторе, будет выделяться на последовательно включённых лампе и резисторе. Согласно закону Джоуля — Ленца количество теплоты, выделяющееся в промежуток времени  $\Delta t$ , прямо пропорционально сопротивлению, поскольку сила тока  $i$ , протекающего через лампу и резистор, в любой момент времени одна и та же:

$$Q_1 = i^2 R_{\text{л}} \Delta t, Q_2 = i^2 R \Delta t \Rightarrow \frac{Q_2}{Q_1} = \frac{R}{R_{\text{л}}} \text{ и } W = Q_1 + Q_2.$$

Окончательно получим для количества теплоты, выделившегося на лампе:

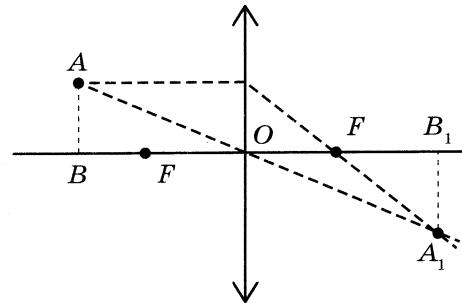
$$Q_1 = \frac{WR_{\text{л}}}{R_{\text{л}} + R} = \frac{0,1 \cdot 10}{10 + 15} = 0,04 \text{ Дж} = 40 \text{ мДж.}$$

Ответ:  $Q_1 = 40 \text{ мДж.}$

32

### Возможное решение

1. Построим изображение источника света в линзе. Изображением светящейся точки  $A$  будет точка  $A_1$ . Введем обозначения: радиус окружности, по которой движется источник света,  $r = AB$ ; радиус окружности, по которой движется изображение источника света,  $R = A_1B_1$ ; расстояние  $OB = d$ ; расстояние  $OB_1 = f$ , фокусное расстояние линзы  $OF = F$ .



2. Используя, что  $d = 3F/2$ , и формулу тонкой линзы  $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$ , получим:  $f = 3F$ .

3. Из подобия треугольников  $AOB$  и  $A_1OB_1$  следует, что  $\frac{d}{f} = \frac{r}{R} = \frac{1}{2}$ .

4. Угловая скорость источника света  $\omega = \frac{v}{r}$ .

5. Тогда скорость движения изображения точечного источника света:

$$V = \omega R = \frac{vR}{r}; v = \frac{V}{2} = \frac{10}{2} = 5 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Ответ:  $v = 5 \text{ м/с.}$

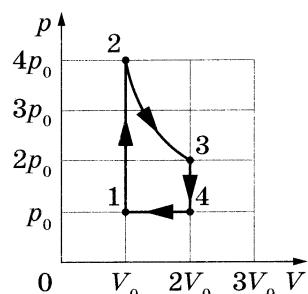
### Вариант 6

27

### Возможное решение

1. Работа газа в процессе 2–3 больше модуля работы внешних сил в процессе 4–1  $|A_{23}| > |A_{41}|$ .

2. Поскольку работа газа в термодинамике численно равна площади фигуры под графиком  $p(V)$ , где  $p$  — давление газа,  $V$  — объём газа, перестроим график цикла в эти координаты. Процесс 1–2 является изохорным, поскольку его график проходит через начало координат, в нем абсолютная температура и давление газа увеличились в 4 раза.



Процесс 2–3 является изотермическим, в координатах  $p$ – $V$  его графиком является гипербола. Согласно закону Бойля — Мариотта  $pV = \text{const}$ , уменьшение в 2 раза давления приведёт к увеличению в 2 раза объёма газа.

В процессе 3–4 газ изохорно уменьшил свою абсолютную температуру и давление в 2 раза, а в процессе 4–1 изобарно вернулся в исходное состояние, согласно закону Гей-Люссака  $\frac{V}{T} = \text{const}$  уменьшив абсолютную температуру и свой объём в 2 раза (см. рисунок).

3. Из графика видно, что работа газа в процессе 2–3 численно равна площади под гиперболой 2–3 и  $A_{23} > 2p_0(2V_0 - V_0) = 2p_0V_0$ , а модуль работы внешних сил в процессе 4–1  $|A_{41}| = p_0(2V_0 - V_0) = p_0V_0$ .

Таким образом,  $A_{23} > |A_{41}|$ .

28

### Возможное решение

Правило для моментов сил относительно оси, проходящей через шарнир перпендикулярно плоскости рисунка:  $F(L - b) + mg(\frac{L}{2} - b) = Mgb$ , где  $m$  — масса стержня.

Проведя преобразования, получим

$$M = \frac{1}{gb}(F(L - b) + mg(\frac{L}{2} - b)) = \frac{1}{10 \cdot 1}(300(4 - 1) + 30 \cdot 10(\frac{4}{2} - 1)) = 120 \text{ кг.}$$

Ответ:  $m = 120$  кг.

29

### Возможное решение

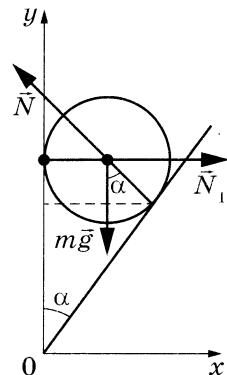
1. Поскольку цилиндр гладкий, силы трения отсутствуют. Все действующие на цилиндр силы проходят через его центр масс, поэтому момент сил относительно оси, проходящей через его центр масс, равен нулю.

2. Для того чтобы цилиндр в этом случае находился в равновесии, необходимо, чтобы векторная сумма сил, действующих на него, была равна нулю. Поэтому  $N_1 - N\cos\alpha = 0$ ,  $N\sin\alpha - mg = 0$ .

3. Решая систему уравнений с учётом того, что  $N = nN_1$ , получим:  $(N\cos\alpha)^2 + (N\sin\alpha)^2 = n^2N_1^2 = N_1^2 + (mg)^2$ .

4. Искомая масса цилиндра  $m = \frac{N_1}{g}\sqrt{n^2 - 1} = \frac{10}{10}\sqrt{3^2 - 1} \approx 2,8$  кг.

Ответ:  $m \approx 2,8$  кг.



30

### Возможное решение

Пробка выскочит, если сила, с которой газ давит изнутри на пробку, превысит суммарную силу давления атмосферного воздуха снаружи на пробку и трения пробки о края отверстия. А это произойдёт, когда давление газа превысит атмосферное давление на величину  $\Delta p = \frac{F}{s}$ .

Поскольку изначально давление газа в сосуде равно атмосферному, именно такое изменение давления газа в сосуде определяет предельное количество теплоты, переданное газу.

Поскольку объём  $V$  газа не меняется, изменение давления газа связано с изменением его температуры  $T$ . Согласно уравнению Менделеева — Клапейрона  $V \cdot \Delta p = vR \cdot \Delta T$ , где  $v$  — количество газообразного вещества.

Чтобы найти изменение температуры газа, обратимся к первому закону термодинамики:  $\Delta U = A + Q$ . В нашем случае работа внешних сил  $A = 0$ , поскольку объём газа не меняется, и изменение внутренней энергии газа равно количеству полученной им теплоты:  $\Delta U = Q$ .

Для идеального одноатомного газа имеем:  $\Delta U = \frac{3}{2}vR \cdot \Delta T$ . Соотнеся это равенство с уравнением Менделеева — Клапейрона и равенством  $\Delta U = Q$ , находим:

$$V \cdot \Delta p = \frac{2}{3} \Delta U = \frac{2}{3} Q, \quad \Delta p = \frac{2Q}{3V} = \frac{2 \cdot 15 \cdot 10^3}{3 \cdot 2 \cdot 10^{-2}} = 5 \cdot 10^5 \text{ Па.}$$

Следовательно,  $F = 5 \cdot 10^5 \cdot 2 \cdot 10^{-4} = 100 \text{ Н.}$

**Ответ:**  $F = 100 \text{ Н.}$

**31**

### Возможное решение

1. До размыкания ключа электрический ток протекает через параллельно соединённые лампу и резистор. Общее сопротивление внешней цепи  $R_0 = \frac{R_{\text{л}}R}{R_{\text{л}} + R} = \frac{10 \cdot 15}{10 + 15} = 6 \text{ Ом}$ , где  $R_{\text{л}}$  — сопротивление лампы,  $R$  — сопротивление резистора.

2. Согласно закону Ома для полной цепи  $I = \frac{\epsilon}{R_0 + r} = \frac{50}{6 + 4} = 5 \text{ А.}$  При этом напряжение на конденсаторе  $U_c = IR_0 = 5 \cdot 6 = 30 \text{ В.}$

3. Таким образом, до размыкания ключа в конденсаторе была накоплена энергия

$$W = \frac{CU_c^2}{2} = \frac{10^{-4} \cdot 900}{2} = 45 \cdot 10^{-3} \text{ Дж} = 45 \text{ мДж.}$$

4. После размыкания ключа вся энергия, накопленная в конденсаторе, будет выделяться на параллельно включённых лампе и резисторе. Согласно закону Джоуля — Ленца количество теплоты, выделяющееся в промежуток времени  $\Delta t$ , обратно пропорционально сопротивлению, поскольку напряжение на лампе и резисторе в любой момент времени одно и то же:

$$Q_1 = \frac{U^2}{R_{\text{л}}} t, \quad Q_2 = \frac{U^2}{R} t \Rightarrow \frac{Q_2}{Q_1} = \frac{R_{\text{л}}}{R} \quad \text{и} \quad W = Q_1 + Q_2.$$

Окончательно получим для количества теплоты, выделившегося на резисторе:

$$Q_2 = \frac{WR_{\text{л}}}{R_{\text{л}} + R} = \frac{45 \cdot 10^{-3} \cdot 10}{10 + 15} = 18 \cdot 10^{-3} = 18 \text{ мДж.}$$

**Ответ:**  $Q_2 = 18 \text{ мДж.}$

32

**Возможное решение**

1. Построим изображение источника света в линзе. Изображением светящейся точки  $A$  будет точка  $A_1$ . Введем обозначения: радиус окружности, по которой движется источник света,  $r = AB$ ; радиус окружности, по которой движется изображение источника света,  $R = A_1B_1$ ; расстояние  $OB = d$ ; расстояние  $OB_1 = f$ , фокусное расстояние линзы  $OF = F$ .

2. Используя, что  $d = nF$ , и формулу тонкой линзы

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}, \text{ получим: } f = nF/(n - 1).$$

3. Из подобия треугольников  $AOB$  и  $A_1OB_1$  следует, что  $\frac{d}{f} = \frac{r}{R} = n - 1$ .

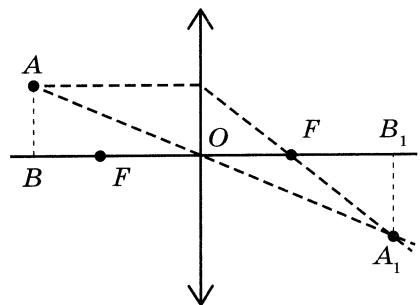
4. Угловая скорость источника света  $\omega = \frac{v}{R}$ .

5. Тогда скорость движения изображения точечного источника света:

$$V = \omega R = \frac{vR}{r} = \frac{v}{n - 1}; n = \frac{v}{V} + 1 = \frac{5}{10} + 1 = 1,5.$$

6. Следовательно,  $F = d/n = 10$  см.

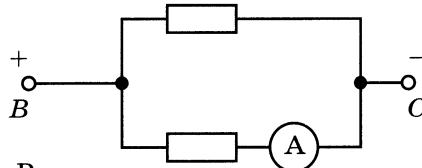
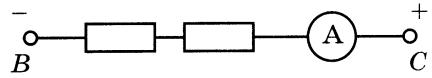
**Ответ:**  $F = 10$  см.

**Вариант 7**

27

**Возможное решение**

1. Сила тока через амперметр после смены полярности подключения аккумулятора будет равна 1 А. Эквивалентные электрические схемы для двух случаев подключения аккумулятора даны на рис. *а* и *б*.

Рис. *а*Рис. *б*

2. В первом случае все три диода включены в прямом направлении, обладают нулевым сопротивлением и пропускают электрический ток. Эквивалентная электрическая схема для первого случая имеет вид, представленный на рис. *а*. Получается, что два резистора соединены параллельно друг другу, а левый резистор закорочен, и ток через него не протекает. Согласно закону Ома сила тока, протекающего через амперметр, в первом случае  $I_1 = \frac{\epsilon}{R}$ , где  $R$  — сопротивление резистора.

3. При смене полярности подключения аккумулятора оба верхних диода окажутся включёнными в обратном направлении, будут обладать бесконечно большим сопротивлением и ток пропускать не будут. Эквивалентная электрическая схема для второго случая примет вид, представленный на рис. *б*. Общее сопротивление схемы во втором случае:  $R_2 = R + R = 2R$ . Во втором случае сила тока равна  $I_2 = \frac{\epsilon}{R_2} = \frac{\epsilon}{2R}$ .

4. Таким образом, отношение  $\frac{I_1}{I_2} = 2$ , а значит,  $I_2 = \frac{I_1}{2} = \frac{2}{2} = 1$  А.

**Ответ:**  $I_2 = 1$  А.

28

**Возможное решение**

Запишем формулу перемещения при равноускоренном движении:  $S = \frac{v^2 - v_0^2}{2a}$ .

Учтём, что  $v = 3v_0$ , тогда  $a = \frac{v^2 - v_0^2}{2S} = \frac{9v_0^2 - v_0^2}{2S} = \frac{8v_0^2}{2S} = \frac{8 \cdot 5^2}{2 \cdot 20} = 5 \text{ м/с}^2$ .

Для нахождения времени воспользуемся формулой:

$$t = \frac{v - v_0}{a} = \frac{3v_0 - v_0}{a} = \frac{2v_0}{a} = \frac{2 \cdot 5}{5} = 2 \text{ с.}$$

**Ответ:**  $t = 2 \text{ с.}$

29

**Возможное решение**

1. Высота конца палочки относительно дна стакана  $H = \sqrt{l^2 - 4R^2} = \sqrt{0,1^2 - 4 \cdot 0,04^2} = 0,06 \text{ м}$ , где  $l$  — длина палочки,  $R$  — радиус стакана.

2. Сила Архимеда

$$F_{\text{apx}} = \rho_{\text{ж}} \left( \frac{h}{H} V \right) g = \frac{\rho_{\text{ж}}}{\rho} \frac{h}{H} mg,$$

где  $V$  — объём палочки,  $\rho$  — её плотность,  $\rho_{\text{ж}}$  — плотность жидкости.

3. Поскольку палочка поконится, сумма приложенных к ней сил равна нулю. Поэтому можно записать правило моментов так, чтобы исключить из него упоминание неизвестных сил  $\vec{F}_1$  и  $\vec{F}_2$ , т. е. записать это правило относительно оси, проходящей перпендикулярно рисунку через нижний конец палочки:

$$mgR - F_{\text{apx}} \left( \frac{h}{2H} \operatorname{ctg} \alpha \right) - NH = 0, \text{ где } \operatorname{ctg} \alpha = \frac{2R}{H}.$$

4. Отсюда:

$$\begin{aligned} N &= mg \frac{R}{H} - F_{\text{apx}} \left( \frac{h}{2H} \operatorname{ctg} \alpha \right) = mg \frac{R}{H} \left( 1 - \frac{\rho_{\text{ж}}}{\rho} \left( \frac{h}{H} \right)^2 \right) = \\ &= 9 \cdot 10^{-4} \cdot 10 \cdot \frac{0,04}{0,06} \left( 1 - 0,75 \cdot \frac{0,04^2}{0,06^2} \right) = 4 \cdot 10^{-3} \text{ Н.} \end{aligned}$$

По третьему закону Ньютона,  $N = F$ , поэтому  $F = 4 \cdot 10^{-3} \text{ Н.}$

**Ответ:**  $F = 4 \cdot 10^{-3} \text{ Н.}$

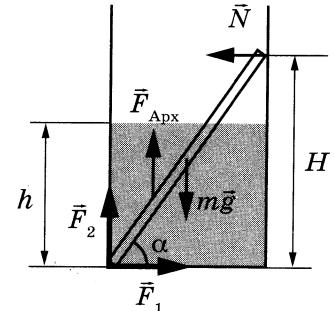
30

**Возможное решение**

1. Давление  $p_1$  на глубине  $H$  равно сумме атмосферного и гидростатического давлений:  $p_1 = p_0 + \rho g H$ , где  $\rho$  — плотность воды,  $g$  — ускорение свободного падения,  $p_0$  — нормальное атмосферное давление.

2. Аналогичное соотношение запишем для давления на глубине  $h$ :  $p_2 = p_0 + \rho g h$ .

3. Воздух, находящийся в пузырьке, считаем идеальным газом, температура которого не изменяется в процессе подъёма. В соответствии с законом Бойля — Мариотта для изотермического процесса  $p_1 V_1 = p_2 V_2$ .



Поставляя первое и второе соотношения в третье, получаем искомое выражение для объёма пузырька на расстоянии  $h$  от поверхности воды:

$$V_1 = \frac{p_0 + \rho gh}{p_0 + \rho gH} V_2.$$

Подставляя численные значения физических величин, заданные в условии задачи, а также табличные значения  $g$  и  $p_0$ , получаем:

$$V_1 = \frac{10^5 + 10^3 \cdot 10 \cdot 5}{10^5 + 10^3 \cdot 10 \cdot 25} \cdot 7 \cdot 10^{-9} = 3 \cdot 10^{-9} \text{ м}^3 = 3 \text{ мм}^3.$$

**Ответ:**  $V_1 = 3 \text{ мм}^3$ .

**31**

### Возможное решение

1. Систему отсчёта, связанную с Землёй, будем считать инерциальной. На шарик действуют вертикальная сила тяжести  $m\bar{g}$ , горизонтальная сила со стороны электрического поля  $q\vec{E}$  и вдоль нити сила её натяжения  $\vec{T}$  (см. рисунок).

2. По теореме об изменении кинетической энергии материальной точки в ИСО,  $\Delta E_{\text{кин}} = A_{\text{всех сил}}$ . Работа силы  $\vec{T}$  равна нулю, так как эта сила в любой момент времени перпендикулярна скорости шарика. Силы  $m\bar{g}$  и  $q\vec{E}$  потенциальны, поэтому их работа при переходе из начальной точки в конечную не зависит от выбора траектории.

3. Выберем траекторию перехода в виде двух последовательных шагов: сначала из исходного положения вверх на расстояние  $h$ , затем по горизонтали на расстояние  $b$  в конечное положение. На этой траектории сумма работ силы тяжести и силы со стороны электростатического поля  $A = -mgh + qEb$ , где  $h = l(1 - \cos\alpha)$ ,  $b = ls\sin\alpha$ .

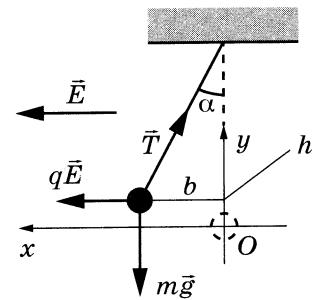
4. В результате получаем:

$$\Delta E_{\text{кин}} = \frac{mv^2}{2} - 0 = A_{\text{всех сил}} = -mgl(1 - \cos\alpha) + qEl\sin\alpha.$$

Отсюда:

$$m = \frac{2qEl\sin\alpha}{v^2 + 2gl(1 - \cos\alpha)} = \frac{2 \cdot 5 \cdot 10^{-9} \cdot 6 \cdot 10^5 \cdot 0,8 \cdot 0,5}{0,81 + 2 \cdot 10 \cdot 0,8 \left(1 - \frac{\sqrt{3}}{2}\right)} \approx 8,1 \cdot 10^{-4} \text{ кг.}$$

**Ответ:**  $m \approx 8,1 \cdot 10^{-4} \text{ кг.}$

**32**

### Возможное решение

Законы сохранения энергии и импульса для  $\alpha$ -распада ядра покоящегося нейтрального атома:

$$\begin{cases} \frac{m_\alpha v^2}{2} + \frac{Mu^2}{2} = \Delta E, \\ m_\alpha \vec{v} + M\vec{u} = 0, \end{cases}$$

где  $\vec{v}$  – скорость  $\alpha$ -частицы,  $\vec{u}$  – скорость иона.

Второй закон Ньютона для  $\alpha$ -частицы в магнитном поле:  $\frac{m_\alpha v^2}{r} = 2evB$ .

Решая систему трёх уравнений, получаем:  $\Delta E = \frac{(2eBr)^2}{2m_\alpha} \cdot \left(1 + \frac{m_\alpha}{M}\right)$ , откуда:

$$B = \frac{1}{2er} \cdot \sqrt{\frac{2m_\alpha \Delta E}{1 + \frac{m_\alpha}{M}}}.$$

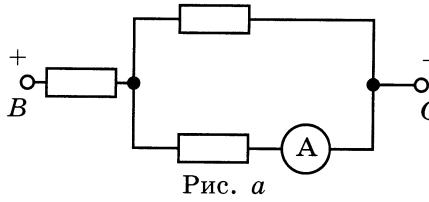
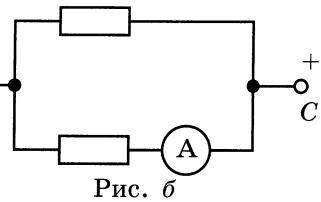
**Ответ:**  $B = \frac{1}{2er} \cdot \sqrt{\frac{2m_\alpha \Delta E}{1 + \frac{m_\alpha}{M}}}$ .

### Вариант 8

27

#### Возможное решение

1. Сила тока через амперметр после смены полярности подключения аккумулятора будет равна 6 А. Эквивалентные электрические схемы для двух случаев подключения аккумулятора даны на рис. *а* и *б*.

Рис. *а*Рис. *б*

2. В первом случае верхний диод включён в обратном направлении, обладает бесконечно большим сопротивлением, и ток через него не течёт. Диод, расположенный в центре схемы, включён в прямом направлении, обладает нулевым сопротивлением и пропускает электрический ток. Эквивалентная электрическая схема для первого случая имеет вид, представленный на рис. *а*. Получается, что первый резистор соединён последовательно с двумя другими, соединёнными параллельно друг другу. Используя формулы для вычисления сопротивления последовательно и параллельно подключённых резисторов, получим общее сопротивление схемы в первом случае:  $R_1 = R + \frac{R}{2} = \frac{3}{2}R$ , где  $R$  — сопротивление каждого из резисторов.

3. При смене полярности подключения аккумулятора оба диода окажутся включёнными в прямом направлении, и ток через левый резистор протекать не будет. Эквивалентная электрическая схема для второго случая примет вид, представленный на рис. *б*. Используя формулу для вычисления сопротивления параллельно подключённых резисторов, получим общее сопротивление схемы во втором случае:  $R_2 = \frac{R}{2}$ .

4. Таким образом, сопротивление участка цепи уменьшилось в 3 раза. Используя закон Ома для полной цепи  $I = \frac{\epsilon}{R_{\text{общ}}}$ , получим, что сила тока через источник увеличилась в 3 раза. Сила тока, текущего через амперметр, также увеличилась в 3 раза и стала равна 6 А, так как сила тока в каждой из ветвей разветвлённой части цепи в 2 раза меньше силы тока через источник.

**Ответ:**  $I_A = 6$  А.

28

**Возможное решение**

Запишем формулу ускорения при равноускоренном движении и учтём, что  $v = 4v_0$ .

$$\text{Тогда } a = \frac{v - v_0}{t} = \frac{4v_0 - v_0}{t} = \frac{3v_0}{t} = \frac{3 \cdot 4}{3} = 4 \text{ м/с}^2.$$

Для нахождения перемещения воспользуемся формулой:

$$S = v_0 t + \frac{at^2}{2} = 4 \cdot 3 + \frac{4 \cdot 3^2}{2} = 30 \text{ м.}$$

**Ответ:**  $S = 30$  м.

29

**Возможное решение**

1. Высота конца палочки относительно дна стакана  $H = \sqrt{l^2 - 4R^2} = \sqrt{0,1^2 - 4 \cdot 0,04^2} = 0,06$  м, где  $l$  — длина палочки,  $R$  — радиус стакана.

2. Сила Архимеда  $F_{\text{апx}} = \rho_{\text{ж}} \left( \frac{h}{H} V \right) g = \frac{\rho_{\text{ж}}}{\rho} \frac{h}{H} mg$ , где  $V$  — объём палочки,  $\rho$  — плотность аллюминия,  $\rho_{\text{ж}}$  — плотность воды.

3. Поскольку палочка покоятся, сумма приложенных к ней сил равна нулю. Поэтому можно записать правило моментов так, чтобы исключить из него упоминание неизвестных сил  $\vec{F}_1$  и  $\vec{F}_2$ , т. е. записать это правило относительно оси, проходящей перпендикулярно рисунку через нижний конец палочки:

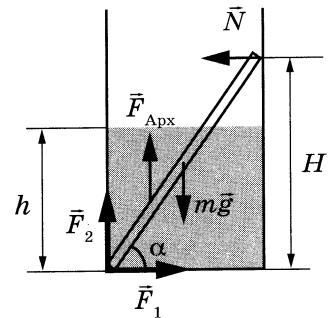
$$mgR - F_{\text{апx}} \left( \frac{h}{2} \operatorname{ctg} \alpha \right) - NH = 0, \text{ где } \operatorname{ctg} \alpha = \frac{2R}{H}.$$

4. Отсюда:

$$\begin{aligned} N &= mg \frac{R}{H} - F_{\text{апx}} \left( \frac{h}{2H} \operatorname{ctg} \alpha \right) = mg \frac{R}{H} \left( 1 - \frac{\rho_{\text{ж}}}{\rho} \left( \frac{h}{H} \right)^2 \right) = \\ &= 9 \cdot 10^{-4} \cdot 10 \cdot \frac{0,04}{0,06} \left( 1 - \frac{1000}{2700} \cdot \frac{0,04^2}{0,06^2} \right) \approx 5 \cdot 10^{-3} \text{ Н.} \end{aligned}$$

По третьему закону Ньютона,  $N = F$ , поэтому  $F \approx 5 \cdot 10^{-3}$  Н.

**Ответ:**  $F \approx 5 \cdot 10^{-3}$  Н.



30

**Возможное решение**

1. Давление  $p_1$  на глубине  $H$  равно сумме атмосферного и гидростатического давлений:  $p_1 = p_0 + \rho g H$ , где  $\rho$  — плотность воды,  $g$  — ускорение свободного падения,  $p_0$  — нормальное атмосферное давление.

2. Аналогичное соотношение запишем для давления на глубине  $h$ :  $p_2 = p_0 + \rho g h$ .

3. Воздух, находящийся в пузырьке, считаем идеальным газом, температура которого не изменяется в процессе подъёма. В соответствии с законом Бойля — Мариотта для изотермического процесса  $p_1 V_1 = p_2 V_2$ .

Подставляя первое и второе соотношения в третье, получаем искомое выражение для объёма пузырька на расстоянии  $h$  от поверхности воды:

$$V_2 = \frac{p_0 + \rho g H}{p_0 + \rho gh} V_1.$$

Подставляя численные значения физических величин, приведённые в условии задачи, а также табличные значения  $g$  и  $p_0$ , получаем:

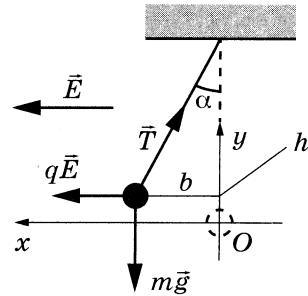
$$V_2 = \frac{10^5 + 10^3 \cdot 10 \cdot 20}{10^5 + 10^3 \cdot 10 \cdot 1} \cdot 10^{-9} \approx 2,7 \text{ мм}^3.$$

**Ответ:**  $V_2 \approx 2,7 \text{ мм}^3$ .

**31**

### Возможное решение

1. Систему отсчёта, связанную с Землёй, будем считать инерциальной. На шарик действуют вертикальная сила тяжести  $m\bar{g}$ , горизонтальная сила со стороны электрического поля  $q\vec{E}$  и вдоль нити сила её натяжения  $\vec{T}$  (см. рисунок).



2. По теореме об изменении кинетической энергии материальной точки в ИСО,  $\Delta E_{\text{кин}} = A_{\text{всех сил}}$ . Работа силы  $\vec{T}$  равна нулю, так как эта сила в любой момент времени перпендикулярна скорости шарика. Силы  $m\bar{g}$  и  $q\vec{E}$  потенциальны, поэтому их работа при переходе из начальной точки в конечную не зависит от выбора траектории.

3. Выберем траекторию перехода в виде двух последовательных шагов: сначала из исходного положения вверх на расстояние  $h$ , затем по горизонтали на расстояние  $b$  в конечное положение. На этой траектории сумма работ силы тяжести и силы со стороны электрического поля  $A = -mgh + qEb$ , где  $h = l(1 - \cos\alpha)$ ,  $b = l\sin\alpha$ .

4. В результате получаем:

$$\Delta E_{\text{кин}} = \frac{mv^2}{2} - 0 = A_{\text{всех сил}} = -mgl(1 - \cos\alpha) + qEl\sin\alpha.$$

Отсюда:

$$q = \frac{m(v^2 + 2gl(1 - \cos\alpha))}{2El\sin\alpha} = \frac{5 \cdot 10^{-4} \cdot (0,81 + 2 \cdot 10 \cdot 0,8(1 - 0,866))}{2 \cdot 6 \cdot 10^5 \cdot 0,8 \cdot 0,5} \approx 3,1 \cdot 10^{-9} \text{ Кл.}$$

**Ответ:**  $q \approx 3,1 \cdot 10^{-9} \text{ Кл.}$

**32**

### Возможное решение

Законы сохранения энергии и импульса для  $\alpha$ -распада ядра покоящегося нейтрального атома:

$$\begin{cases} \frac{m_\alpha v^2}{2} + \frac{Mu^2}{2} = \Delta E, \\ m_\alpha \vec{v} + M\vec{u} = 0, \end{cases}$$

где  $\vec{v}$  — скорость  $\alpha$ -частицы,  $\vec{u}$  — скорость иона.

Второй закон Ньютона для  $\alpha$ -частицы в магнитном поле:  $\frac{m_\alpha v^2}{r} = 2evB$ .

Решая систему трёх уравнений, получаем:  $\Delta E = \frac{(2eBr)^2}{2m_\alpha} \cdot \left(1 + \frac{m_\alpha}{M}\right)$ , откуда:

$$r = \frac{1}{2eB} \cdot \sqrt{\frac{2m_\alpha \Delta E}{1 + \frac{m_\alpha}{M}}}.$$

**Ответ:**  $r = \frac{1}{2eB} \cdot \sqrt{\frac{2m_\alpha \Delta E}{1 + \frac{m_\alpha}{M}}}$ .

## Вариант 9

27

### Возможное решение

- Согласно закону Джоуля — Ленца  $(Q = \frac{U^2 t}{R})$  при протекании электрического тока через нагревательный элемент выделяется теплота, которая расходуется на нагревание воды и доводит её до кипения:  $Q = cm(t_{\text{кип}} - t_0)$ .
- В первом опыте к источнику подключены два нагревательных элемента, соединённых последовательно. Их общее сопротивление  $R = R_1 + R_2$ . Во втором опыте при переключении ключа К в положение 2 нагревательный элемент сопротивлением  $R_2$  отключается от источника, при этом общее сопротивление уменьшается:  $R = R_1$ .
- Уменьшение общего сопротивления нагревательных элементов  $R$  приведёт к увеличению выделяемой тепловой мощности:  $N = \frac{U^2}{R}$ . Следовательно, во втором опыте для доведения воды до кипения потребуется меньше времени:  $Q = Nt$ .
- Вода закипит быстрее во втором опыте.

**Ответ:** Вода закипит быстрее во втором опыте.

28

### Возможное решение

Запишем формулу для ускорения при равноускоренном движении и учтём, что  $v = \frac{v_0}{3}$ . Тогда  $a = \frac{v - v_0}{t} = \frac{\frac{v_0}{3} - v_0}{t} = -\frac{2v_0}{3t}$ . Поскольку скорость тела уменьшается, значит проекция ускорения на ось, направленную вдоль начальной скорости, отрицательна, и  $v_0 = -\frac{3at}{2} = \frac{3 \cdot 5 \cdot 2}{2} = 15$  м/с.

Для нахождения перемещения воспользуемся формулой:

$$S = v_0 t + \frac{at^2}{2} = 15 \cdot 2 - \frac{5 \cdot 2^2}{2} = 20 \text{ м.}$$

**Ответ:**  $S = 20$  м.

29

**Возможное решение**

1. В процессе абсолютно неупругого столкновения сохраняется суммарный импульс системы тел:  $mv = (m + M)v_1$ , где  $v_1$  — скорость тел после столкновения.
2. Так как поверхность гладкая, то трения нет, и движение тел от момента удара до момента касания свободного конца пружины будет равномерным:  $L = v_1 t_1$ , где  $t_1$  — время движения на этом участке.
3. После касания пружины и до отрыва от неё тела будут двигаться, совершая гармоническое колебание. До отрыва пройдёт время  $t_2 = \frac{T}{2}$ , где  $T$  — период колебаний груза на пружине:  $T = 2\pi\sqrt{\frac{m+M}{k}}$ .
4. Отрыв тел от пружины произойдёт в точке касания пружины. По закону сохранения механической энергии при гармонических колебаниях скорость тел в точке отрыва равна  $v_1$ . Дальнейшее движение тел будет равномерным. Поэтому полное время движения тел до точки столкновения

$$t = 2t_1 + t_2 = \frac{2L}{v_1} + \frac{T}{2} = \frac{2L(m+M)}{mv} + \pi\sqrt{\frac{m+M}{k}}.$$

Учитывая, что  $M = 3m$ , получим  $t = \frac{8L}{v} + \pi\sqrt{\frac{4m}{k}}$ . Таким образом,

$$v = \frac{8L}{t - \pi\sqrt{\frac{4m}{k}}} = \frac{8 \cdot 0,25}{1,7 - 3,14\sqrt{\frac{4 \cdot 0,1}{40}}} \approx 1,4 \text{ м/с.}$$

**Ответ:**  $v \approx 1,4$  м/с.

30

**Возможное решение**

1. Поскольку в указанном процессе газ не совершает работы и система является теплоизолированной, то в соответствии с первым законом термодинамики суммарная внутренняя энергия газов сохраняется:

$$\frac{3}{2}v_1RT_1 + \frac{3}{2}v_2RT_2 = \frac{3}{2}(v_1 + v_2)RT,$$

где  $T$  — температура в объединённом сосуде в равновесном состоянии после открытия крана.

2. В соответствии с уравнением Менделеева — Клапейрона для конечного состояния можно записать:  $p(2V) = (v_1 + v_2)RT$ .

Исключая из двух записанных уравнений конечную температуру  $T$ , получаем искомое выражение для объёма:

$$V = \frac{(v_1T_1 + v_2T_2)R}{2p} = \frac{(2 \cdot 400 + 3 \cdot 300) \cdot 8,31}{2 \cdot 5400} \approx 1,3 \text{ м}^3.$$

**Ответ:**  $V \approx 1,3$  м<sup>3</sup>.

31

**Возможное решение**

1. Когда ключ К находится в положении 1, эквивалентная схема электрической цепи выглядит, как показано на рис. а. Когда заряд на конденсаторе уже установился, ток через конденсатор равен нулю. Напряжение на конденсаторе равно напряжению на резисторе  $R_1$ :  $U_{1C} = IR_1$ , где  $I = \frac{\mathcal{E}}{r + R_1 + R_2}$ .

$$\text{Заряд конденсатора } q_1 = CU_{1C} = \frac{C\mathcal{E}R_1}{r + R_1 + R_2}.$$

Правая обкладка конденсатора соединена с положительным полюсом источника и заряжена положительно. Поэтому её заряд равен  $q_1$ .

2. Когда ключ К находится в положении 2, эквивалентная схема электрической цепи выглядит, как показано на рис. б. Когда заряд на конденсаторе уже установился, ток через конденсатор равен нулю. Напряжение на конденсаторе равно напряжению на резисторе  $R_2$ :  $U_{2C} = IR_2$ , где по-прежнему  $I = \frac{\mathcal{E}}{r + R_1 + R_2}$ .

$$\text{Заряд конденсатора } q_2 = CU_{2C} = \frac{C\mathcal{E}R_2}{r + R_1 + R_2}.$$

Правая обкладка конденсатора соединена теперь с отрицательным полюсом источника и заряжена отрицательно. Поэтому её заряд равен  $-q_2$ .

3. Изменение заряда на правой обкладке конденсатора

$$\Delta q = -q_2 - q_1 = -\frac{C\mathcal{E}(R_1 + R_2)}{r + R_1 + R_2},$$

откуда:

$$C = \frac{(-\Delta q) \cdot (r + R_1 + R_2)}{\mathcal{E}(R_1 + R_2)} = \frac{0,55 \cdot 10^{-6} \cdot (1 + 4 + 7)}{6 \cdot (4 + 7)} = 0,1 \cdot 10^{-6} \Phi = 0,1 \text{ мкФ.}$$

**Ответ:**  $C = 0,1 \text{ мкФ.}$

32

**Возможное решение**

Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта связывает длину световой волны  $\lambda$  с работой выхода фотоэлектрона  $A_{\text{вых}}$  и его максимальной кинетической энергией  $W_{\text{кин.}}$ :

$$\frac{hc}{\lambda} = A_{\text{вых.}} + W_{\text{кин..}} \quad (1)$$

Фотоэлектроны останавливаются, если  $W_{\text{кин.}} = eU$ . (2)

Связь разности потенциалов  $U$  с напряжённостью  $E$  однородного электростатического поля:  $U = Ed$ . (3)

Объединяя (1)–(3), получаем:

$$E = \frac{\frac{hc}{\lambda} - A_{\text{вых.}}}{ed} = \frac{\frac{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{0,3 \cdot 10^{-6}} - 3,75 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 2,5 \cdot 10^{-3}} = 150 \text{ В/м.}$$

**Ответ:**  $E = 150 \text{ В/м.}$

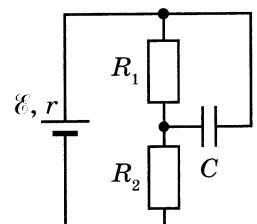


Рис. а

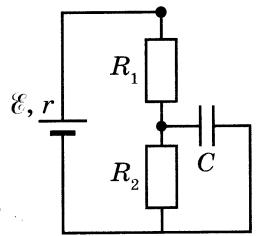


Рис. б

## Вариант 10

**27**
**Возможное решение**

1. Согласно закону Джоуля — Ленца  $(Q = \frac{U^2 t}{R})$  при протекании электрического тока через нагревательный элемент выделяется теплота, которая расходуется на нагревание воды и доводит её до кипения:  $Q = cm(t_{\text{кип}} - t_0)$ .
2. В первом опыте к источнику подключён только нагревательный элемент с сопротивлением  $R_1 = R$ . Во втором опыте, при переключении ключа К в положение 2, два нагревательных элемента будут соединены последовательно. Их общее сопротивление  $R = R_1 + R_2$ .
3. Увеличение общего сопротивления нагревательных элементов  $R$  приведёт к уменьшению выделяемой тепловой мощности:  $N = \frac{U^2}{R}$ . Следовательно, во втором опыте для доведения воды до кипения потребуется больше времени:  $Q = Nt$ .
4. Вода закипит быстрее в первом опыте.

**Ответ:** вода закипит быстрее в первом опыте.

**28**
**Возможное решение**

- Запишем формулу для перемещения при равноускоренном движении:  $S = \frac{v^2 - v_0^2}{2a}$ .
- Учтём, что  $v = \frac{v_0}{4}$ , тогда  $S = \frac{\frac{v_0^2}{16} - v_0^2}{2a} = -\frac{15v_0^2}{32a}$ . Поскольку скорость тела уменьшается, значит, проекция ускорения на ось, направленную вдоль начальной скорости, отрицательна, и  $v_0 = \sqrt{-\frac{32aS}{15}} = \sqrt{\frac{32 \cdot 4 \cdot 30}{15}} = 16$  м/с.

Для нахождения времени воспользуемся формулой:

$$t = \frac{v - v_0}{a} = \frac{\frac{v_0}{4} - v_0}{a} = -\frac{3v_0}{4a} = \frac{3 \cdot 16}{4 \cdot 4} = 3 \text{ с.}$$

**Ответ:**  $t = 3$  с.

**29**
**Возможное решение**

1. В процессе абсолютно неупругого столкновения сохраняется суммарный импульс системы тел:  $mv = (m + M)v_1$ , где  $v_1$  — скорость тел после столкновения.
2. Так как поверхность гладкая, то трения нет, и движение тел от момента удара до момента касания свободного конца пружины будет равномерным:  $L = v_1 t_1$ , где  $t_1$  — время движения на этом участке.
3. После касания пружины и до отрыва от неё тела будут двигаться, совершая гармоническое колебание. До отрыва пройдёт время  $t_2 = \frac{T}{2}$ , где  $T$  — период колебаний груза на пружине:  $T = 2\pi\sqrt{\frac{m+M}{k}}$ .

4. Отрыв тел от пружины произойдёт в точке касания пружины. По закону сохранения механической энергии при гармонических колебаниях, скорость тел в точке отрыва равна  $v_1$ . Дальнейшее движение тел будет равномерным. Поэтому полное время движения тел до точки столкновения

$$t = 2t_1 + t_2 = \frac{2L}{v_1} + \frac{T}{2} = \frac{2L(m+M)}{mv} + \pi\sqrt{\frac{m+M}{k}}.$$

Учитывая, что  $M = 2m$ , получим

$$t = \frac{6L}{v} + \pi\sqrt{\frac{3m}{k}} = \frac{6 \cdot 0,1}{2} + 3,14 \cdot \sqrt{\frac{3 \cdot 0,1}{30}} = 0,614 \text{ с.}$$

Ответ:  $t = 0,614$  с.

**30**

### Возможное решение

1. Поскольку в указанном процессе газ не совершает работы и система является теплоизолированной, то в соответствии с первым законом термодинамики суммарная внутренняя энергия газов сохраняется:

$$\frac{3}{2}v_1RT_1 + \frac{3}{2}v_2RT_2 = \frac{3}{2}(v_1 + v_2)RT,$$

где  $T$  — температура в объединённом сосуде в равновесном состоянии после открытия крана.

2. В соответствии с уравнением Менделеева — Клапейрона для конечного состояния можно записать:  $p(2V) = (v_1 + v_2)RT$ .

Исключая из двух записанных уравнений конечную температуру  $T$ , получаем искомое выражение для объёма:

$$p = \frac{(v_1T_1 + v_2T_2)R}{2V} = \frac{(2 \cdot 400 + 3 \cdot 300) \cdot 8,31}{2 \cdot 50 \cdot 10^{-3}} \approx 141 \cdot 10^3 \text{ Па} = 141 \text{ кПа.}$$

Ответ:  $p \approx 141$  кПа.

**31**

### Возможное решение

1. Когда ключ К находится в положении 1, эквивалентная схема электрической цепи выглядит, как показано на рис. а. Когда заряд на конденсаторе уже установился, ток через конденсатор равен нулю. Напряжение на конденсаторе равно напряжению на резисторе  $R_1$ :  $U_{1C} = IR_1$ , где  $I = \frac{\epsilon}{r + R_1 + R_2}$ .

$$\text{Заряд конденсатора } q_1 = CU_{1C} = \frac{C\epsilon R_1}{r + R_1 + R_2}.$$

Правая обкладка конденсатора соединена с положительным полюсом источника и заряжена положительно. Поэтому её заряд равен  $q_1$ .

2. Когда ключ К находится в положении 2, эквивалентная схема электрической цепи выглядит, как показано на рис. б. Когда заряд на конденсаторе уже установился, ток через конденсатор равен нулю. Напряжение на конденсаторе равно напряжению на резисторе  $R_2$ :  $U_{2C} = IR_2$ , где по-прежнему  $I = \frac{\epsilon}{r + R_1 + R_2}$ .

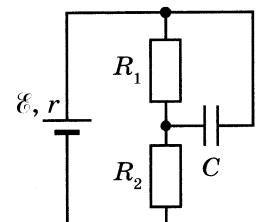


Рис. а

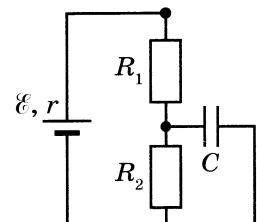


Рис. б

Заряд конденсатора  $q_2 = CU_{2C} = \frac{C\varepsilon R_2}{r + R_1 + R_2}$ .

Правая обкладка конденсатора соединена теперь с отрицательным полюсом источника и заряжена отрицательно. Поэтому её заряд равен  $-q_2$ .

3. Изменение заряда на правой обкладке конденсатора  $\Delta q = -q_2 - q_1 = -\frac{C\varepsilon(R_1 + R_2)}{r + R_1 + R_2}$ ,

$$\text{откуда: } \varepsilon = \frac{(-\Delta q) \cdot (r + R_1 + R_2)}{C(R_1 + R_2)} = \frac{0,55 \cdot 10^{-6} \cdot (1 + 4 + 7)}{0,2 \cdot 10^{-6} \cdot (4 + 7)} = 3 \text{ В.}$$

**Ответ:**  $\varepsilon = 3$  В.

32

### Возможное решение

Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта связывает частоту световой волны  $v$  с работой выхода фотоэлектрона  $A_{\text{вых}}$  и его максимальной кинетической энергией  $W_{\text{кин.}}$ :

$$hv = A_{\text{вых.}} + W_{\text{кин.}} \quad (1)$$

Фотоэлектроны останавливаются, если

$$W_{\text{кин.}} = eU. \quad (2)$$

Связь разности потенциалов  $U$  с напряжённостью  $E$  однородного электростатического поля:

$$U = Ed. \quad (3)$$

Объединяя (1)–(3), получаем:

$$d = \frac{hv - A_{\text{вых.}}}{eE} = \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 1,2 \cdot 10^{15} - 3,75 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 200} = 0,006 \text{ м} = 6 \text{ мм.}$$

**Ответ:**  $d = 6$  мм.

## Вариант 11

27

### Возможное решение

1. Кольцо оттолкнётся от катушки.

2. При смещении движка реостата вверх его сопротивление уменьшается до нуля, а сила тока в катушке согласно закону Ома для полной цепи увеличивается ( $I = \frac{\varepsilon}{R + r}$ ). При этом увеличивается поток вектора магнитной индукции через кольцо. По закону электромагнитной индукции в кольце возникает ЭДС индукции, появляется индукционный ток. В соответствии с правилом Ленца вектор магнитной индукции поля индукционного тока будет направлен против вектора магнитной индукции поля катушки. Взаимодействие токов в кольце и катушке приводит к тому, что кольцо отталкивается от катушки влево — в область, где магнитное поле катушки слабее, чем у торца катушки.

**Ответ:** кольцо отталкивается от катушки влево.

**Примечание для экспертов.**

Магнитные свойства выражены у меди слабо, индукционный ток в неподвижном кольце вблизи катушки с постоянным током равен нулю, поэтому сначала, пока движок реостата находится посередине, катушка практически не действует на медное кольцо, и оно остаётся неподвижным.

В состоянии максимального отклонения влево кольцо не находится в равновесии, поэтому оно начинает возвращаться в исходное положение. При этом движении в кольце снова возникает индукционный ток, который замедляет движение и препятствует возможным колебаниям кольца на нитях.

В результате кольцо возвращается в исходное положение равновесия и остаётся в нём неподвижным.

(Эти рассуждения для полного верного ответа не требуются.)

**28****Возможное решение**

Запишем второй закон Ньютона в проекциях на вертикальную ось:  $0 = N - mg + F \sin \alpha$ . Выражение для силы трения скольжения имеет вид  $F_{Tp} = \mu N$ . Выполняя преобразования, получим  $F_{Tp} = \mu(mg - F \sin \alpha)$ . В итоге, искомая сила равна

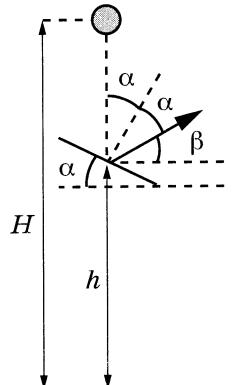
$$F = \frac{\mu mg - F_{Tp}}{\mu \sin \alpha} = \frac{0,2 \cdot 2 \cdot 10 - 2,8}{0,2 \cdot 0,5} = 12 \text{ Н.}$$

**Ответ:**  $F = 12$  Н.

**29****Возможное решение**

1. Модуль скорости шарика  $v_0$  непосредственно перед ударом о доску можно найти из закона сохранения механической энергии:  $mg(H - h) = \frac{mv_0^2}{2}$ .

2. После абсолютно упругого удара о доску модуль скорости шарика не изменится, а направление изменится. При таком ударе угол падения равен углу отражения, и скорость шарика после удара направлена под углом  $\beta = 90^\circ - 2\alpha$  к горизонту (см. рисунок). Максимальная высота подъёма шарика относительно точки удара о доску  $\Delta h = \frac{0 - v_{0y}^2}{-2g} = \frac{v_0^2 \sin^2 \beta}{2g}$ .



3. Относительно поверхности Земли шарик поднимется на высоту

$$h_1 = h + \frac{v_0^2 \sin^2 \beta}{2g} = h + (H - h) \sin^2(90^\circ - 2\alpha) = h + (H - h) \cos^2 2\alpha.$$

Подставляя, получим:  $h_1 = 2 + (3 - 2) \cos^2(2 \cdot 30^\circ) = 2,25$  м.

**Ответ:**  $h_1 = 2,25$  м.

**30****Возможное решение**

1. Запишем уравнение теплового баланса для системы «стакан с водой + первый шарик»:  $C_{\text{в}}(t_3 - t_1) + C_{\text{ш}}(t_3 - t_2) = 0$ .

Здесь  $C_{\text{в}}$  — теплоёмкость стакана с водой,  $C_{\text{ш}}$  — теплоёмкость шарика.

2. Запишем уравнение теплового баланса для системы «стакан с водой + первый шарик + второй шарик»:  $C_{\text{в}}(t_4 - t_3) + C_{\text{ш}}(t_4 - t_3) + C_{\text{ш}}(t_4 - t_2) = 0$ .

Решая записанную систему уравнений относительно  $t_4$ , получаем:

$$t_4 = \frac{t_1 t_2 - 2 t_2 t_3 + t_1 t_3}{2 t_1 - t_2 - t_3} = \frac{50 \cdot 10 - 2 \cdot 10 \cdot 40 + 50 \cdot 40}{2 \cdot 50 - 10 - 40} = 34 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

**Ответ:**  $t_4 = 34 \text{ }^{\circ}\text{C}$ .

**31****Возможное решение**

Мощность, выделяемая на резисторе  $R_1$  до размыкания ключа К, равна

$$P_1 = \frac{\varepsilon^2}{R_1}, \quad (1)$$

где  $\varepsilon$  — ЭДС источника.

После размыкания ключа через резистор  $R_2$  начнёт протекать ток. Значит, ток в цепи после размыкания ключа К

$$I = \frac{\varepsilon}{R_1 + R_2}, \quad (2)$$

Мощность, выделяемая соответственно на резисторах  $R_1$  и  $R_2$  после размыкания ключа,

$$P_1' = I^2 R_1, \quad (3)$$

$$P_2' = I^2 R_2. \quad (4)$$

Объединяя (1)–(4), получаем:

$$P_2' = P_1' \left( \sqrt{\frac{P_1}{P_1'}} - 1 \right) = 3 \cdot \left( \sqrt{\frac{27}{3}} - 1 \right) = 6 \text{ Вт.}$$

**Ответ:**  $P_2' = 6 \text{ Вт.}$

**32****Возможное решение**

Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта:  $h\nu = A_{\text{вых.}} + \frac{mv_{\text{max}}^2}{2}$ . (1)

Фотоэлектроны, влетевшие в электрическое поле  $\vec{E}$ , будут тормозиться им и, пройдя тормозной путь  $d$ , остановятся, затем начнут двигаться обратно.

Закон сохранения энергии для вылетевшего фотоэлектрона:  $\frac{mv_{\text{max}}^2}{2} - e\varphi_1 = -e\varphi_2$ ,

откуда с учётом  $\varphi_2 - \varphi_1 = -U < 0$  получаем:  $\frac{mv_{\text{max}}^2}{2} = eU = eEd$ , (2)

где  $e$  — модуль заряда электрона.

Объединяя (1) и (2), имеем:

$$\nu = \frac{A_{\text{вых.}} + eEd}{h} = \frac{1,89 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} + 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 100 \cdot 8,7 \cdot 10^{-3}}{6,6 \cdot 10^{-34}} \approx 6,7 \cdot 10^{14} \text{ Гц.}$$

**Ответ:**  $\nu \approx 6,7 \cdot 10^{14} \text{ Гц.}$

**Вариант 12****27****Возможное решение**

1. Кольцо притягивается к катушке.

2. При смещении движка реостата вниз его сопротивление увеличивается до максимума, а сила тока в катушке согласно закону Ома для полной цепи уменьшается ( $I = \frac{\mathcal{E}}{R + r}$ ). При этом уменьшается поток вектора магнитной индукции через кольцо. По закону электромагнитной индукции в кольце возникает ЭДС индукции, появляется индукционный ток. В соответствии с правилом Ленца вектор магнитной индукции поля индукционного тока будет сонаправлен с вектором магнитной индукции поля катушки и направлен влево. Взаимодействие токов в кольце и катушке приводит к тому, что кольцо притягивается к катушке и начнёт двигаться вправо к торцу катушки.

**Ответ:** кольцо притягивается к катушке.

*Примечание для экспертов.*

Магнитные свойства выражены у меди слабо, индукционный ток в неподвижном кольце вблизи катушки с постоянным током равен нулю, поэтому сначала, пока движок реостата находится посередине, катушка практически не воздействует на медное кольцо, и оно остаётся неподвижным.

В состоянии максимального отклонения вправо кольцо не находится в равновесии, поэтому оно начинает возвращаться в исходное положение. При этом движении в кольце снова возникает индукционный ток, который замедляет движение и препятствует возможным колебаниям кольца на нитях.

В результате кольцо возвращается в исходное положение равновесия и остаётся в нём неподвижным.

(Эти рассуждения для полного верного ответа не требуются.)

**28****Возможное решение**

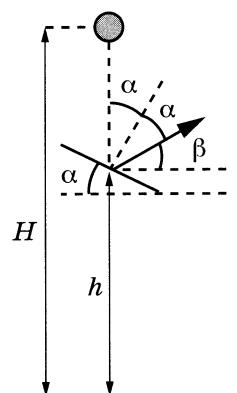
Запишем второй закон Ньютона в проекциях на вертикальную ось:  $0 = N - mg + F \sin \alpha$ . Выражение для силы трения скольжения имеет вид  $F_{Tp} = \mu N$ . Выполняя преобразования, получим  $F_{Tp} = \mu(mg - F \sin \alpha)$ . В итоге, коэффициент трения между бруском и плоскостью равен  $\mu = \frac{F_{Tp}}{mg - F \sin \alpha} = \frac{1,2}{2 \cdot 10 - 25 \cdot 0,5} = 0,16$ .

**Ответ:**  $\mu = 0,16$ .

**29****Возможное решение**

1. Модуль скорости шарика  $v_0$  непосредственно перед ударом о доску можно найти из закона сохранения механической энергии:  $mg(H - h) = \frac{mv_0^2}{2}$ .

2. После абсолютно упругого удара о доску модуль скорости шарика не изменится, а направление изменится. При таком ударе угол падения равен углу отражения, и скорость шарика после удара направлена под углом  $\beta = 90^\circ - 2\alpha$  к горизонту (см. рисунок). Максимальная высота подъёма шарика относительно точки удара о доску  $\Delta h = \frac{0 - v_{0y}^2}{-2g} = \frac{v_0^2 \sin^2 \beta}{2g}$ .



3. Относительно поверхности Земли шарик поднимется на высоту

$$h_1 = h + \frac{v_0^2 \sin^2 \beta}{2g} = h + (H - h) \sin^2(90^\circ - 2\alpha) = h + (H - h) \cos^2 2\alpha.$$

Отсюда получим:  $\cos 2\alpha = \sqrt{\frac{h_1 - h}{H - h}} = \sqrt{\frac{0,25}{1}} = 0,5$ . Значит,  $2\alpha = 60^\circ$ , а  $\alpha = 30^\circ$ .

**Ответ:**  $\alpha = 30^\circ$ .

30

### Возможное решение

1. Запишем уравнение теплового баланса для системы «стакан с водой + первый шарик»:  $C_{\text{в}}(t_3 - t_1) + C_{\text{ш}}(t_3 - t_2) = 0$ .

Здесь  $C_{\text{в}}$  — теплоёмкость стакана с водой,  $C_{\text{ш}}$  — теплоёмкость шарика.

2. Запишем уравнение теплового баланса для системы «стакан с водой + первый шарик + второй шарик»:  $C_{\text{в}}(t_4 - t_3) + C_{\text{ш}}(t_4 - t_3) + C_{\text{ш}}(t_4 - t_2) = 0$ .

Решая записанную систему уравнений относительно  $t_1$ , получаем:

$$t_1 = \frac{t_2 t_4 + t_3 t_4 - 2t_2 t_3}{2t_4 - t_2 - t_3} = \frac{10 \cdot 34 + 34 \cdot 40 - 2 \cdot 10 \cdot 40}{2 \cdot 34 - 10 - 40} = 50 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

**Ответ:**  $t_1 = 50 \text{ } ^\circ\text{C}$ .

31

### Возможное решение

Ток в цепи до замыкания ключа K

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R_1 + R_2}, \quad (1)$$

где  $\mathcal{E}$  — ЭДС источника.

Мощность, выделяемая соответственно на резисторах  $R_1$  и  $R_2$ ,

$$P_1 = I^2 R_1, \quad (2)$$

$$P_2 = I^2 R_2. \quad (3)$$

После замыкания ключа ток через резистор  $R_2$  течь не будет. Значит, мощность, выделяемая на резисторе  $R_1$  после замыкания ключа K,

$$P'_1 = \frac{\mathcal{E}^2}{R_1}. \quad (4)$$

Объединяя (1)–(4), получаем:  $P'_1 = P_1 \left(1 + \frac{P_2}{P_1}\right)^2 = 3 \left(1 + \frac{6}{3}\right)^2 = 27 \text{ Вт}$ .

**Ответ:**  $P'_1 = 27 \text{ Вт}$ .

32

### Возможное решение

Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта:  $h\nu = A_{\text{вых.}} + \frac{mv_{\text{max}}^2}{2}$ . (1)

Фотоэлектроны, влетевшие в электрическое поле  $\vec{E}$ , будут тормозиться им и, пройдя тормозной путь  $d$ , остановятся, затем начнут двигаться обратно.

Закон сохранения энергии для вылетевшего фотоэлектрона:  $\frac{mv_{\max}^2}{2} - e\varphi_1 = -e\varphi_2$ ,

откуда с учётом  $\varphi_2 - \varphi_1 = -U < 0$  получаем:  $\frac{mv_{\max}^2}{2} = eU = eEd$ , (2)

где  $e$  — модуль заряда электрона.

Объединяя (1) и (2), имеем:

$$d = \frac{hv - A_{\text{вых.}}}{eE} = \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 7,4 \cdot 10^{14} - 2,4 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 250} \approx 2,6 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 2,6 \text{ мм.}$$

**Ответ:**  $d \approx 2,6$  мм.

### Вариант 13

**27**

#### Возможное решение

$$1. \frac{A_{23}}{|A_{41}|} = 3.$$

2. Перестроим график цикла в координатах  $p$ - $V$ .

Процесс 1–2 является изохорным, в нём абсолютная температура газа увеличилась в 3 раза, а значит, согласно закону Шарля  $\left(\frac{p}{T} = \text{const}\right)$  и давление газа увеличилось в 3 раза.

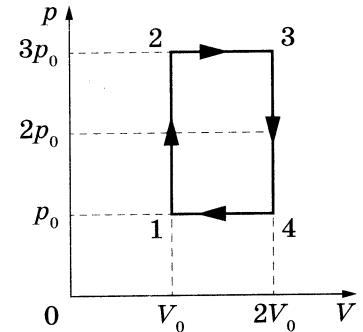
Процесс 2–3 является изобарным, поскольку его график в координатах  $V$ - $T$  проходит через начало координат  $\left(\frac{V}{T} = \text{const}\right)$ . В этом процессе и объём, и абсолютная температура газа увеличились в 2 раза.

В процессе 3–4 газ изохорно уменьшил свою абсолютную температуру и давление в 3 раза, а в процессе 4–1 изобарно вернулся в исходное состояние (см. рисунок).

3. Из графика видно, что работа газа в процессе 2–3  $A_{23} = 3p_0(2V_0 - V_0) = 3p_0V_0$ , а модуль работы внешних сил в процессе 4–1  $|A_{41}| = p_0(2V_0 - V_0) = p_0V_0$ .

Таким образом, искомое отношение  $\frac{A_{23}}{|A_{41}|} = 3$ .

**Ответ:**  $\frac{A_{23}}{|A_{41}|} = 3$ .

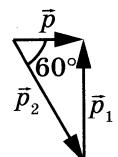
**28**

#### Возможное решение

Согласно закону сохранения импульса  $\vec{p} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2$  векторы импульсов снаряда до взрыва и осколков после взрыва образуют прямоугольный треугольник (см. рисунок). Из геометрических соображений следует, что  $p = p_2 \cdot \cos \alpha$ . Следовательно,  $Mv = m_2 v_2 \cdot \cos \alpha$ . В итоге, получим:

$$M = \frac{m_2 v_2 \cdot \cos \alpha}{v} = \frac{1 \cdot 400 \cdot 0,5}{100} = 2 \text{ кг.}$$

**Ответ:**  $M = 2$  кг.



29

**Возможное решение**

Шарик и жидкости неподвижны в ИСО, связанной с Землёй. В этом случае, как следует из второго закона Ньютона, сила Архимеда, действующая на шарик, уравновешивает действующую на него силу тяжести:  $\rho_1 V_1 g + \rho_2 V_2 g = \rho(V_1 + V_2)g$  (здесь  $V_1$  и  $V_2$  — соответственно объёмы шарика, находящиеся выше и ниже границы раздела). Отсюда:

$$\rho_1 \frac{V_1}{V_1 + V_2} + \rho_2 \frac{V_2}{V_1 + V_2} = \rho. \quad (1)$$

Доли объёма шарика, находящиеся выше и ниже границы раздела жидкостей, связаны соотношением

$$\frac{V_1}{V_1 + V_2} + \frac{V_2}{V_1 + V_2} = 1. \quad (2)$$

Решая систему уравнений (1)–(2), получаем:  $\frac{V_1}{V_1 + V_2} = \frac{\rho_2 - \rho}{\rho_2 - \rho_1}$ .

По условию задачи  $\frac{V_1}{V_1 + V_2} = \frac{1}{4}$ , так что  $\frac{\rho_2 - \rho}{\rho_2 - \rho_1} = \frac{1}{4}$ , откуда

$$\rho = \frac{1}{4}(\rho_1 + 3\rho_2) = \frac{7}{4}\rho_1 = 700 \text{ кг/м}^3.$$

**Ответ:**  $\rho = 700 \text{ кг/м}^3$ .

30

**Возможное решение**

Относительная влажность определяется парциальным давлением водяного пара  $p$  и давлением насыщенного водяного пара  $p_{\text{нас}}$  при той же температуре:  $\phi = \frac{p}{p_{\text{нас}}}$ .

За время  $\tau$  работы увлажнителя с производительностью  $I$  испаряется масса воды  $m = I\tau$ .

В результате исходная влажность в комнате  $\phi_1 = \frac{p_1}{p_{\text{нас}}}$  возрастает до значения

$$\phi_2 = \frac{p_2}{p_{\text{нас}}} = \frac{p_1 + \Delta p}{p_{\text{нас}}} = \phi_1 + \frac{\Delta p}{p_{\text{нас}}}.$$

Водяной пар в комнате объёмом  $V$  является разреженным газом, который подчиняется уравнению Менделеева — Клапейрона:

$$pV = \frac{M}{\mu}RT,$$

где  $M$  — масса водяного пара,  $p$  — его парциальное давление,  $\mu$  — его молярная масса. Увеличение массы пара в комнате на  $m$  (от  $m_1$  до  $m_2 = m_1 + m$ ) приводит к увеличению парциального давления на величину, пропорциональную испарившейся массе:  $\Delta p = \frac{m}{\mu} \frac{RT}{V} = \frac{I\tau}{\mu} \frac{RT}{V}$ .

Отсюда:  $\phi_2 = \phi_1 + \frac{\Delta p}{p_{\text{нас}}} = \phi_1 + \frac{I\tau}{\mu} \cdot \frac{RT}{p_{\text{нас}}V}$ .

Подставляя значения физических величин, получим:

$$\tau = \frac{(\phi_2 - \phi_1)\mu V p_{\text{нас}}}{RTI} = \frac{(0,75 - 0,25) \cdot 0,018 \cdot 5 \cdot 5 \cdot 3 \cdot 3,17 \cdot 10^3}{8,31 \cdot 298 \cdot 0,36} \approx 2,4 \text{ ч.}$$

**Ответ:**  $\tau \approx 2,4 \text{ ч.}$

31

**Возможное решение**

1. На шарик действуют три силы: сила тяжести, сила натяжения нити и сила Лоренца (см. рисунок).

2. Запишем второй закон Ньютона в проекциях на оси координат инерциальной системы отсчёта, связанной с Землёй:

$$\begin{cases} N \sin \alpha + qvB = \frac{mv^2}{R}, \\ N \cos \alpha - mg = 0. \end{cases}$$

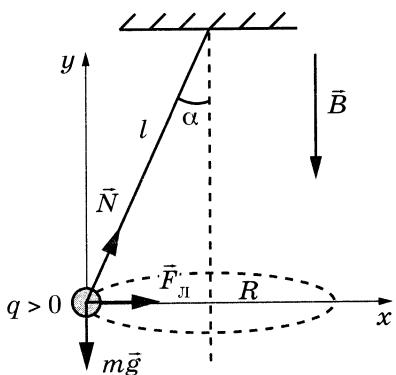
3. Решим полученную систему:

$$mg \cdot \tan \alpha = \frac{mv^2}{R} - qvB.$$

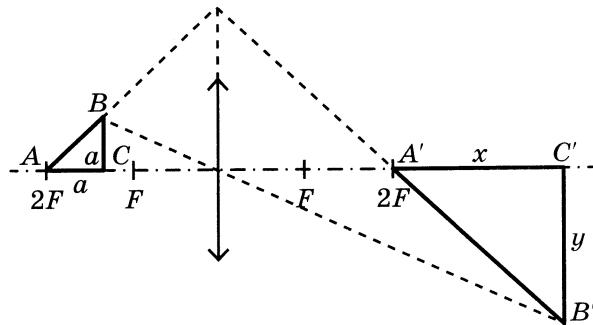
4. Учитывая, что  $R = l \sin \alpha$ , получим выражение для удельного заряда:

$$\frac{q}{m} = \frac{1}{B} \left( \frac{v}{l \sin \alpha} - \frac{g}{v} \tan \alpha \right).$$

**Ответ:**  $\frac{q}{m} = \frac{1}{B} \left( \frac{v}{l \sin \alpha} - \frac{g}{v} \tan \alpha \right)$ .



32

**Возможное решение**

Длину  $x$  горизонтального катета  $A'C'$  изображения находим по формуле линзы:

$$\frac{1}{2F-a} + \frac{1}{2F+x} = \frac{1}{F}, \text{ откуда } x = \frac{aF}{F-a} = \frac{a}{1-aD}.$$

Длину  $y$  вертикального катета  $B'C'$  изображения находим из подобия:

$$y = a \cdot \frac{2F+x}{2F-a} = \frac{aF}{F-a} = \frac{a}{1-aD} = x.$$

Площадь изображения  $S_1 = \frac{1}{2} A'C' \cdot B'C' = \frac{a^2}{2(1-aD)^2} \approx 9,9 \text{ см}^2$ .

**Ответ:**  $S_1 \approx 9,9 \text{ см}^2$ .

### Вариант 14

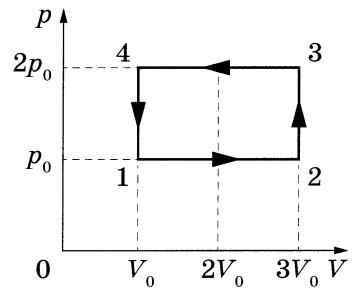
27

#### Возможное решение

$$1. \frac{A_{23}}{|A_{41}|} = 2.$$

2. Перестроим график цикла в координатах  $p-V$ .

Процесс 1–2 является изобарным, в нём абсолютная температура газа увеличилась в 3 раза, а значит, согласно закону Гей-Люссака  $\left(\frac{V}{T} = \text{const}\right)$  и объём газа увеличился в 3 раза.



Процесс 2–3 является изохорным, поскольку его график в координатах  $p-T$  проходит через начало координат  $\left(\frac{p}{T} = \text{const}\right)$ . В этом процессе и давление, и абсолютная температура газа увеличились в 2 раза.

В процессе 3–4 газ изобарно уменьшил свою абсолютную температуру и объём в 3 раза, а в процессе 4–1 изохорно вернулся в исходное состояние (см. рисунок).

3. Из графика видно, что работа газа в процессе 1–2  $A_{12} = p_0(3V_0 - V_0) = 2p_0V_0$ , а модуль работы внешних сил в процессе 3–4  $|A_{34}| = 2p_0(3V_0 - V_0) = 4p_0V_0$ .

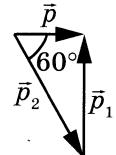
Таким образом, искомое отношение  $\frac{|A_{34}|}{A_{12}} = 2$ .

**Ответ:**  $\frac{|A_{34}|}{A_{12}} = 2$ .

28

#### Возможное решение

Согласно закону сохранения импульса  $\vec{p} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2$  векторы импульсов снаряда до взрыва и осколков после взрыва образуют прямоугольный треугольник (см. рисунок). Из геометрических соображений следует, что  $p = p_2 \cdot \cos\alpha$ . Следовательно,  $Mv = m_2 v_2 \cdot \cos\alpha$ . В итоге, получим:



$$v_2 = \frac{Mv}{m_2 \cdot \cos\alpha} = \frac{Mv}{(M - m_1) \cdot \cos\alpha} = \frac{5 \cdot 100}{(5 - 4) \cdot 0,5} = 1000 \text{ м/с.}$$

**Ответ:**  $v_2 = 1000 \text{ м/с.}$

29

#### Возможное решение

Шарик и жидкости неподвижны в ИСО, связанной с Землёй. В этом случае, как следует из второго закона Ньютона, сила Архимеда, действующая на шарик, уравновешивает действующую на него силу тяжести:  $\rho_1 V_1 g + \rho_2 V_2 g = \rho(V_1 + V_2)g$  (здесь  $V_1$  и  $V_2$  — соответственно объёмы шарика, находящиеся выше и ниже границы раздела). Отсюда:

$$\rho_1 \frac{V_1}{V_1 + V_2} + \rho_2 \frac{V_2}{V_1 + V_2} = \rho. \quad (1)$$

Доли объёма шарика, находящиеся выше и ниже границы раздела жидкостей, связаны соотношением

$$\frac{V_1}{V_1 + V_2} + \frac{V_2}{V_1 + V_2} = 1. \quad (2)$$

Решая систему уравнений (1)–(2), получаем:  $\frac{V_1}{V_1 + V_2} = \frac{\rho_2 - \rho}{\rho_2 - \rho_1}$ .

По условию задачи  $\frac{V_1}{V_1 + V_2} = \frac{1}{3}$ , так что  $\frac{\rho_2 - \rho}{\rho_2 - \rho_1} = \frac{1}{3}$ , откуда

$$\rho = \frac{1}{3}(\rho_1 + 2\rho_2) = \frac{7}{3}\rho_1 = 2100 \text{ кг/м}^3.$$

**Ответ:**  $\rho = 2100 \text{ кг/м}^3$ .

**30**

### Возможное решение

Относительная влажность определяется парциальным давлением водяного пара  $p$  и давлением насыщенного водяного пара  $p_{\text{нас}}$  при той же температуре:  $\varphi = \frac{p}{p_{\text{нас}}}$ .

За время  $\tau$  работы увлажнителя с производительностью  $I$  испаряется масса воды  $m = I\tau$ .

В результате исходная влажность в комнате  $\varphi_1 = \frac{p_1}{p_{\text{нас}}}$  возрастает до значения

$$\varphi_2 = \frac{p_2}{p_{\text{нас}}} = \frac{p_1 + \Delta p}{p_{\text{нас}}} = \varphi_1 + \frac{\Delta p}{p_{\text{нас}}}.$$

Водяной пар в комнате объёмом  $V$  является разреженным газом, который подчиняется уравнению Менделеева — Клапейрона:

$$pV = \frac{M}{\mu}RT,$$

где  $M$  — масса водяного пара,  $p$  — его парциальное давление,  $\mu$  — его молярная масса. Увеличение массы пара в комнате на  $m$  (от  $m_1$  до  $m_2 = m_1 + m$ ) приводит к увеличению парциального давления на величину, пропорциональную испарившейся массе:  $\Delta p = \frac{m}{\mu} \frac{RT}{V} = \frac{I\tau}{\mu} \frac{RT}{V}$ .

Отсюда:  $\varphi_2 = \varphi_1 + \frac{\Delta p}{p_{\text{нас}}} = \varphi_1 + \frac{I\tau}{\mu} \cdot \frac{RT}{p_{\text{нас}}V}$ .

Подставляя значения физических величин, получим:

$$\tau = \frac{(\varphi_2 - \varphi_1)\mu V p_{\text{нас}}}{RTI} = \frac{(0,7 - 0,35) \cdot 0,018 \cdot 4 \cdot 5 \cdot 3 \cdot 2,33 \cdot 10^3}{8,31 \cdot 293 \cdot 0,36} \approx 1 \text{ ч.}$$

**Ответ:**  $\tau \approx 1 \text{ ч.}$

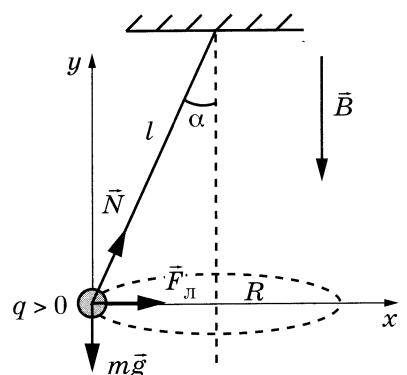
**31**

### Возможное решение

1. На шарик действуют три силы: сила тяжести, сила натяжения нити и сила Лоренца (см. рисунок).

2. Запишем второй закон Ньютона в проекциях на оси координат инерциальной системы отсчёта, связанной с Землёй:

$$\begin{cases} N \sin \alpha + qvB = \frac{mv^2}{R}, \\ N \cos \alpha - mg = 0. \end{cases}$$



3. Решим полученную систему:

$$mg \cdot \operatorname{tg} \alpha = \frac{mv^2}{R} - qvB.$$

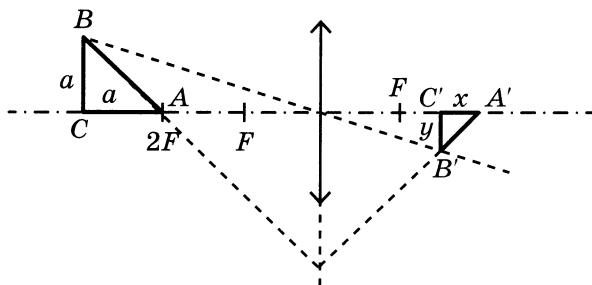
4. Учитывая, что  $R = l \sin \alpha$ , получим выражение для заряда шарика:

$$q = \frac{m}{B} \left( \frac{v}{l \sin \alpha} - \frac{g}{v} \operatorname{tg} \alpha \right).$$

Ответ:  $q = \frac{m}{B} \left( \frac{v}{l \sin \alpha} - \frac{g}{v} \operatorname{tg} \alpha \right)$ .

32

### Возможное решение



Длину  $x$  горизонтального катета  $A'C'$  изображения находим по формуле линзы:

$$\frac{1}{2F+a} + \frac{1}{2F-x} = \frac{1}{F}, \text{ откуда } x = \frac{aF}{F+a} = \frac{a}{1+aD}.$$

Длину  $y$  вертикального катета  $B'C'$  изображения находим из подобия:

$$y = a \cdot \frac{2F-x}{2F+a} = \frac{aF}{F+a} = \frac{a}{1+aD} = x.$$

Площадь изображения  $S_1 = \frac{1}{2} A'C' \cdot B'C' = \frac{a^2}{2(1+aD)^2} \approx 6,6 \text{ см}^2$ .

Ответ:  $S_1 \approx 6,6 \text{ см}^2$ .

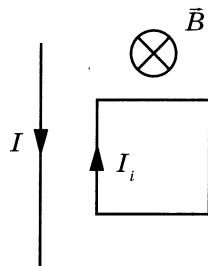
## Вариант 15

27

### Возможное решение

1. При изменении магнитного потока через поверхность, ограниченную проводящим контуром, в контуре возникает индукционный ток  $I_i$ , направление которого определяется правилом Ленца (см. рисунок).

2. В однородном магнитном поле на каждую сторону рамки действует сила Ампера. Её направление находится по правилу левой руки, а величина — по формуле  $F_A = I_i B l \sin \alpha$ , где  $\alpha$  — угол между направлением проводника и вектором  $\vec{B}$ . Так как рамка прямоугольная, а угол  $\alpha$  во всех случаях равен  $90^\circ$ , то силы, приложенные к противолежащим сторонам рамки, равны по модулю и направлены взаимно противоположно. Результирующая сила, действующая на рамку со стороны однородного магнитного поля, равна нулю.



3. Прямолинейный проводник с током создаёт неоднородное магнитное поле, которое вблизи проводника сильнее, чем на отдалении от него. Направление линий индукции этого поля в каждой точке рамки одинаково, оно определяется по правилу буравчика. В проводнике протекает постоянный ток, поэтому поле проводника постоянно и не влияет на индукционный ток в рамке.

4. В магнитном поле проводника на каждую сторону рамки действует сила Ампера. Стороны рамки, перпендикулярные проводнику, расположены на одинаковом расстоянии от проводника. На них действуют силы, равные по модулю и направленные противоположно друг другу. Их сумма равна нулю. Силы, действующие на параллельные проводнику стороны рамки, направлены тоже противоположно друг другу. Из-за неоднородности поля проводник с током отталкивает ближнюю сторону рамки сильнее, чем притягивает более удалённую от него сторону. Результирующая этих сил отталкивает рамку от проводника.

5. Согласно принципу суперпозиции, однородное магнитное поле и поле проводника с током действуют на рамку независимо друг от друга. Поэтому результирующая сил, приложенных к рамке, направлена вправо от проводника с током.

**28****Возможное решение**

Грузы связаны нерастяжимой и невесомой нитью, следовательно, силы натяжения нити одинаковы и грузы движутся с одинаковыми ускорениями. Поверхность гладкая, значит, силой трения можно пренебречь. Запишем для каждого груза второй закон Ньютона в проекциях на горизонтальную ось, направленную по направлению движения грузов:  $M_1 a = F - T$ ;  $M_2 a = T$ .

Из второго уравнения найдём ускорение:  $a = \frac{T}{M_2}$ .

Следовательно, масса второго груза  $M_2 = \frac{M_1 T}{F - T} = \frac{2 \cdot 4}{12 - 4} = 1$  кг.

**Ответ:**  $M_2 = 1$  кг.

**29****Возможное решение**

Систему отсчёта, связанную с Землёй, считаем инерциальной. Блок идеален, нить невесома — поэтому на груз и тележку нить действует равными по модулю силами натяжения. Отсюда при равномерном движении тележки вправо ( $a_t = 0$ , см. рис. 1) получаем с учётом второго закона Ньютона систему уравнений

$$\begin{cases} T_1 = T_2 = T_0, \\ T_1 - F_{\text{сопр}} = 0, \\ mg - T_2 = 0. \end{cases}$$

Из неё получаем, что  $F_{\text{сопр}} = mg$ , где  $F_{\text{сопр}}$  — модуль силы сопротивления. После толчка влево скорость тележки направлена влево (см. рис. 2),

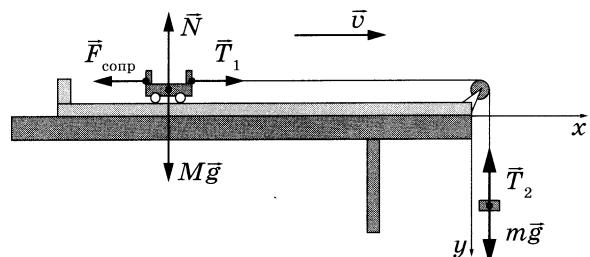


Рис. 1

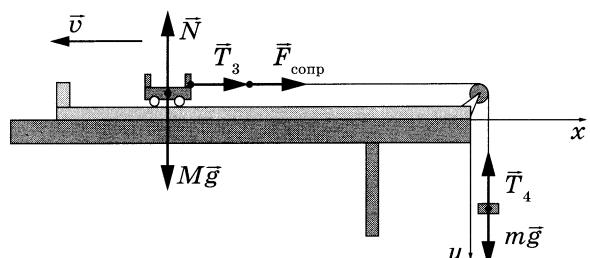


Рис. 2

а её ускорение направлено вправо. Ускорение груза направлено вниз. С учётом второго закона Ньютона получаем систему уравнений

$$\begin{cases} T_3 = T_4 = T, \\ T_3 + F_{\text{сопр}} = Ma_{\text{T}}, \\ mg - T_4 = ma_{\text{r}}. \end{cases}$$

Отсюда получим  $a_{\text{T}} = \frac{T + F_{\text{сопр}}}{M}$  и  $a_{\text{r}} = \frac{mg - T}{m}$ , где  $T$  — модуль силы натяжения нити.

Нить нерастяжима, и поэтому  $a_{\text{r}} = a_{\text{T}}$  и  $\frac{T + F_{\text{сопр}}}{M} = \frac{mg - T}{m}$ , откуда  $T = \frac{mMg - mF_{\text{сопр}}}{m + M}$ .

Учитывая, что  $F_{\text{сопр}} = mg$ , получаем:  $T = \frac{M - m}{M + m} \cdot mg = 0,8mg$ .

Тогда  $a_{\text{T}} = \frac{T + F_{\text{сопр}}}{M} = \frac{0,8mg + mg}{9m} = 0,2g = 2 \text{ м/с}^2$ .

**Ответ:**  $a_{\text{T}} = 2 \text{ м/с}^2$ .

**30**

### Возможное решение

1. Запишем первый закон термодинамики  $Q = \Delta U + A$  для изохорного нагревания 2–3:  $Q_{23} = \Delta U_{23}$ , учитывая, что  $A_{23} = 0$ .

Поскольку  $\Delta U_{23} = \frac{3}{2}vR\Delta T_{23} = \frac{3}{2}vR(T_3 - T_2)$ , то  $Q_{23} = \frac{3}{2}vR(T_3 - T_2)$ .

2. Закон Шарля для состояний 2 и 3:  $\frac{p_3}{T_3} = \frac{p_2}{T_2}$ ,  $\frac{p_3}{p_2} = \frac{T_3}{T_2}$ , откуда  $T_3 = 3T_2$ .

3. Так как по условию  $T_2 = T_1$ , то  $Q_{23} = \frac{3}{2}vR(3T_2 - T_2) = \frac{3}{2}vR \cdot 2T_2 = 3vRT_1$ ;

$Q_{23} = 3 \cdot 1 \cdot 8,31 \cdot 300 = 7479 \text{ Дж.}$

**Ответ:**  $Q_{23} \approx 7,5 \text{ кДж.}$

**31**

### Возможное решение

В батарее конденсаторы  $C_1$  и  $C_3$ ,  $C_2$  и  $C_4$  соединены в пары параллельно, а образовавшиеся пары — последовательно. Значит, общая емкость системы равна

$$C_0 = \frac{C_{13} \cdot C_{24}}{C_{13} + C_{24}} = \frac{(C_1 + C_3) \cdot (C_2 + C_4)}{C_1 + C_3 + C_2 + C_4} = \frac{(2C + 4C) \cdot (C + 2C)}{2C + 4C + C + 2C} = 2C.$$

Общий заряд батареи, а также заряд на парах  $C_1$  и  $C_3$ ,  $C_2$  и  $C_4$  равен  $q_0 = q_{13} = q_{24} = C_0\varepsilon = 2C\varepsilon$ , т. к. пары соединены последовательно.

Следовательно, напряжение на паре  $C_2$  и  $C_4$  равно  $U_{24} = \frac{q_0}{C_{24}} = \frac{2C\varepsilon}{3C} = \frac{2\varepsilon}{3}$ .

Таким образом, энергия конденсатора  $C_2$  равна  $W_2 = \frac{C_2 U_{24}^2}{2} = \frac{C \cdot 4\varepsilon^2}{2 \cdot 9} = \frac{2C\varepsilon^2}{9}$ .

**Ответ:**  $W_2 = \frac{2C\varepsilon^2}{9}$ .

32

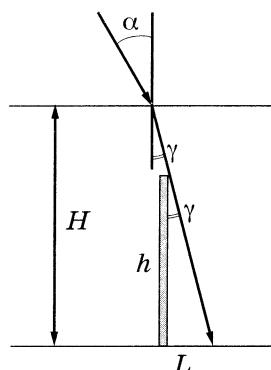
**Возможное решение**

Согласно рисунку длина тени  $L$  определяется высотой сваи  $h$  и углом  $\gamma$  между сваей и скользящим по её вершине лучом света:  $L = h \cdot \operatorname{tg} \gamma$ . Этот угол  $\gamma$  является и углом преломления солнечных лучей на поверхности воды.

Согласно закону преломления  $\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = n$ ,  $\sin \gamma = \frac{\sin \alpha}{n} = \frac{1}{2n}$ ,  
 $\operatorname{tg} \gamma = \frac{\sin \gamma}{\sqrt{1 - \sin^2 \gamma}} = \frac{1}{\sqrt{4n^2 - 1}}$ .

$$\text{Следовательно, } h = L \sqrt{4n^2 - 1} = 0,75 \sqrt{4 \frac{16}{9} - 1} \approx 1,85 \text{ м.}$$

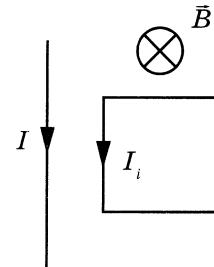
**Ответ:**  $h \approx 1,85$  м.

**Вариант 16**

27

**Возможное решение**

1. При изменении магнитного потока через поверхность, ограниченную проводящим контуром, в контуре возникает индукционный ток  $I_i$ , направление которого определяется правилом Ленца (см. рис.).



2. В однородном магнитном поле на каждую сторону рамки действует сила Ампера. Её направление находится по правилу левой руки, а величина — по формуле  $F_A = I_i B l \sin \alpha$ , где  $\alpha$  — угол между направлением проводника и вектором  $\vec{B}$ . Так как рамка прямоугольная, а угол во всех случаях равен  $90^\circ$ , то силы, приложенные к противолежащим сторонам рамки, равны по модулю и направлены взаимно противоположно. Результирующая сила, действующая на рамку со стороны однородного магнитного поля, равна нулю.

3. Прямолинейный проводник с током создаёт неоднородное магнитное поле, которое вблизи проводника сильнее, чем на отдалении от него. Направление линий индукции этого поля в каждой точке рамки одинаково, оно определяется по правилу буравчика. В проводнике протекает постоянный ток, поэтому поле проводника постоянно и не влияет на индукционный ток в рамке.

4. В магнитном поле проводника на каждую сторону рамки действует сила Ампера. Стороны рамки, перпендикулярные проводнику, расположены на одинаковом расстоянии от проводника. На них действуют силы, равные по модулю и направленные противоположно друг другу. Их сумма равна нулю. Силы, действующие на параллельные проводнику стороны рамки, направлены тоже противоположно друг другу. Из-за неоднородности поля проводник с током притягивает ближнюю сторону рамки сильнее, чем отталкивает более удалённую от него сторону. Результирующая этих сил притягивает рамку к проводнику.

5. Согласно принципу суперпозиции однородное магнитное поле и поле проводника с током действуют на рамку независимо друг от друга. Поэтому результирующая сил, приложенных к рамке, направлена влево к проводнику с током.

28

**Возможное решение**

Грузы связаны нерастяжимой и невесомой нитью, следовательно, силы натяжения нити одинаковы и грузы движутся с одинаковыми ускорениями. Поверхность гладкая, значит, силой трения можно пренебречь. Запишем для каждого груза второй закон Ньютона в проекциях на горизонтальную ось, направленную в сторону движения грузов:  $M_1 a = F - T$ ;  $M_2 a = T$ .

Из второго уравнения найдём ускорение:  $a = \frac{T}{M_2}$ .

Следовательно, масса первого груза  $M_1 = \frac{M_2(F - T)}{T} = \frac{2(10 - 4)}{4} = 3$  кг.

**Ответ:**  $M_1 = 3$  кг.

29

**Возможное решение**

Систему отсчёта, связанную с Землёй, считаем инерциальной. Блок идеален, нить невесома — поэтому на груз и тележку нить действует равными по модулю силами натяжения. Отсюда при равномерном движении тележки вправо ( $a_t = 0$ , см. рис. 1) получаем с учётом второго закона Ньютона систему уравнений

$$\begin{cases} T_1 = T_2 = T_0, \\ T_1 - F_{\text{сопр}} = 0, \\ mg - T_2 = 0. \end{cases}$$

Из неё получаем, что  $F_{\text{сопр}} = mg$ , где  $F_{\text{сопр}}$  — модуль силы сопротивления.

После толчка влево скорость тележки

направлена влево (см. рис. 2), а её ускорение направлено вправо. Ускорение груза направлено вниз. С учётом второго закона Ньютона получаем систему уравнений

$$\begin{cases} T_3 = T_4 = T, \\ T_3 + F_{\text{сопр}} = Ma_t, \\ mg - T_4 = ma_r. \end{cases}$$

Отсюда получим  $a_t = \frac{T + F_{\text{сопр}}}{M}$  и  $a_r = \frac{mg - T}{m}$ , где  $T$  — модуль силы натяжения нити.

Нить нерастяжима, и поэтому  $a_r = a_t$  и  $\frac{T + F_{\text{сопр}}}{M} = \frac{mg - T}{m}$ , откуда  $T = \frac{mMg - mF_{\text{сопр}}}{m + M}$ .

Учитывая, что  $F_{\text{сопр}} = mg$ , получаем:  $T = \frac{M - m}{M + m} \cdot mg = 0,8mg$ .

Тогда  $Ma_t = 1,8mg$ ; а отношение масс грузика и тележки  $\frac{m}{M} = \frac{a_t}{1,8g} = \frac{2}{1,8 \cdot 10} = \frac{1}{9}$ .

**Ответ:**  $\frac{m}{M} = \frac{1}{9}$ .

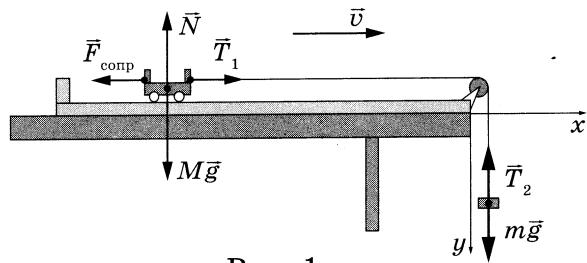


Рис. 1

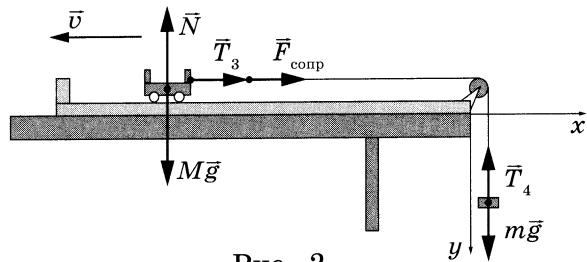


Рис. 2

30

**Возможное решение**

1. Запишем первый закон термодинамики  $Q = \Delta U + A$  для изобарного нагревания 2–3. Работа газа в этом процессе (с учётом уравнения Менделеева — Клапейрона  $pV = vRT$ )  $A_{23} = p_2(V_3 - V_2) = vR(T_3 - T_2)$ .

Поскольку  $\Delta U_{23} = \frac{3}{2}vR\Delta T_{23} = \frac{3}{2}vR(T_3 - T_2)$ , то  $Q_{23} = \frac{5}{2}vR(T_3 - T_2)$ .

2. Закон Гей-Люссака для состояний 2 и 3:  $\frac{V_3}{T_3} = \frac{V_2}{T_2}$ ,  $\frac{V_3}{V_2} = \frac{T_3}{T_2} = 3$ , откуда  $T_3 = 3T_2$ .

3. Так как по условию  $T_2 = T_1$ , то  $Q_{23} = \frac{5}{2}vR(3T_2 - T_2) = \frac{5}{2}vR \cdot 2T_2 = 5vRT_1$ ;

$$Q_{23} = 5 \cdot 1 \cdot 8,31 \cdot 300 = 12465 \text{ Дж} \approx 12,5 \text{ кДж.}$$

**Ответ:**  $Q_{23} \approx 12,5 \text{ кДж.}$

31

**Возможное решение**

В батарее конденсаторы  $C_1$  и  $C_3$ ,  $C_2$  и  $C_4$  соединены в пары параллельно, образовавшиеся пары — последовательно. Значит, общая электроёмкость системы

$$\text{равна } C_0 = \frac{C_{13} \cdot C_{24}}{C_{13} + C_{24}} = \frac{(C_1 + C_3) \cdot (C_2 + C_4)}{C_1 + C_3 + C_2 + C_4} = \frac{(2C + 4C) \cdot (C + 2C)}{2C + 4C + C + 2C} = 2C.$$

Общий заряд батареи, а также заряд на парах  $C_1$  и  $C_3$ ,  $C_2$  и  $C_4$  равен  $q_0 = q_{13} = q_{24} = C_0\varepsilon = 2C\varepsilon$ , т. к. пары соединены последовательно.

Следовательно, напряжение на паре  $C_1$  и  $C_3$  равно  $U_{13} = \frac{q_0}{C_{13}} = \frac{2C\varepsilon}{6C} = \frac{\varepsilon}{3}$ .

Таким образом, энергия конденсатора  $C_1$  равна  $W_1 = \frac{C_1 U_{13}^2}{2} = \frac{2C\varepsilon^2}{2 \cdot 9} = \frac{C\varepsilon^2}{9}$ .

**Ответ:**  $W_1 = \frac{C\varepsilon^2}{9}$ .

32

**Возможное решение**

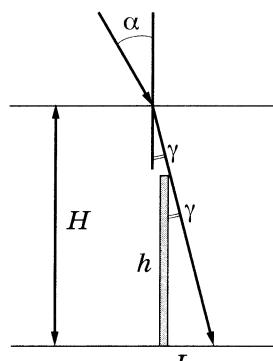
Согласно рисунку длина тени  $L$  определяется высотой свай  $h$  и углом  $\gamma$  между сваей и скользящим по её вершине лучом света:  $L = h \cdot \operatorname{tg}\gamma$ . Этот угол  $\gamma$  является и углом преломления солнечных лучей на поверхности воды.

Согласно закону преломления  $\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = n$ ,  $\sin \gamma = \frac{\sin \alpha}{n} = \frac{1}{2n}$ ,

$$\operatorname{tg}\gamma = \frac{\sin \gamma}{\sqrt{1 - \sin^2 \gamma}} = \frac{1}{\sqrt{4n^2 - 1}}.$$

Следовательно,  $L = \frac{h}{\sqrt{4n^2 - 1}} = \frac{2,5}{\sqrt{4 \cdot \left(\frac{4}{3}\right)^2 - 1}} \approx 1 \text{ м.}$

**Ответ:**  $L \approx 1 \text{ м.}$

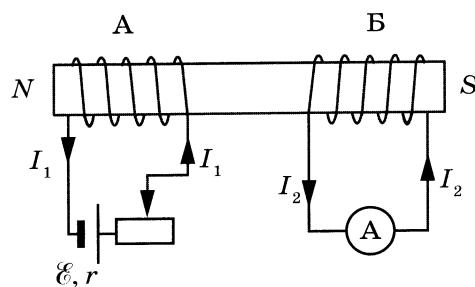


## Вариант 17

27

### Возможное решение

1. При протекании электрического тока по катушке А в пространстве возникает магнитное поле, которое пронизывает сердечник из железа, создавая в нём магнитный поток  $\Phi_1$ . Сердечник с намотанной на него катушкой А образует электромагнит. При этом, исходя из обозначений полюсов источника и правила буравчика, у левого торца катушки А находится северный полюс этого магнита (см. рисунок).



2. При движении ползунка влево число витков реостата, включённых в цепь, уменьшается, следовательно  $(R_0 = \rho \frac{l}{S})$ , уменьшается сопротивление внешнего участка цепи источника  $R$ , а сила тока в катушке А по закону Ома  $I = \frac{\epsilon}{r + R}$  — возрастает.

3. Возрастание силы тока в катушке А приводит к возрастанию создаваемого им магнитного потока, который также пронизывает и катушку Б.

4. Возрастание магнитного потока сквозь катушку Б, замкнутую на амперметр, приводит по закону электромагнитной индукции  $(\epsilon_{\text{инд}} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t})$  к возбуждению в ней индукционного тока, который, по правилу Ленца, возникает такого направления (через амперметр — слева направо), чтобы своим магнитным потоком компенсировать увеличение магнитного потока сквозь катушку Б.

**Ответ:** при перемещении ползунка реостата влево через амперметр протекает ток, направленный вправо.

28

### Возможное решение

Грузы связаны нерастяжимой и лёгкой нитью, следовательно, силы натяжения нити одинаковы и грузы движутся с одинаковыми ускорениями. Запишем для каждого груза второй закон Ньютона в проекциях на горизонтальную и вертикальную оси, направленные в сторону движения грузов:

$$M_1 a = F - T - F_{\text{тр}}; M_2 a = T - M_2 g.$$

Для силы трения справедливо соотношение:  $F_{\text{тр}} = \mu M_1 g$ .

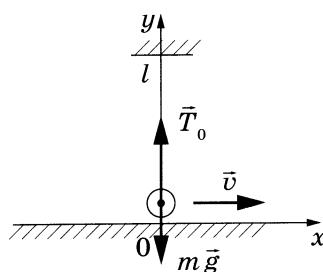
Следовательно, сила  $F = a(M_1 + M_2) + g(\mu M_1 + M_2) = 2(1 + 0,5) + 10(0,2 \cdot 1 + 0,5) = 10$  Н.

**Ответ:**  $F = 10$  Н.

29

### Возможное решение

1. Непосредственно перед обрывом нити в момент прохождения положения равновесия шарик движется по окружности радиусом  $l$  со скоростью  $\vec{v}$ . В этот момент действующие на шарик сила тяжести  $m\vec{g}$  и сила натяжения нити  $\vec{T}_0$  направлены по вертикали и вызывают центростремительное ускорение шарика



(см. рисунок). Запишем второй закон Ньютона в проекциях на ось  $Oy$  инерциальной системы отсчёта  $Oxy$ , связанной с Землёй:

$$\frac{mv^2}{l} = T_0 - mg, \text{ откуда: } T_0 = mg + \frac{mv^2}{l}.$$

2. При прохождении положения равновесия нить обрывается, и шарик, движущийся горизонтально со скоростью  $\vec{v}$ , абсолютно неупруго сталкивается с покоящимся бруском. При столкновении сохраняется импульс системы «шарик + бруск». В проекциях на ось  $Ox$  получаем:  $mv = (M+m)u$ , где  $u$  — проекция скорости

брюска с шариком после удара на ось  $Ox$ . Отсюда:  $v = \frac{(M+m)u}{m}$

$$\text{и } T_0 = mg + \frac{(M+m)^2 u^2}{ml} = 0,25 \cdot 10 + \frac{(2,75 + 0,25)^2 \cdot 0,4^2}{0,25 \cdot 0,8} = 9,7 \text{ Н.}$$

**Ответ:**  $T_0 = 9,7$  Н.

**30**

### Возможное решение

Количество теплоты, необходимое для нагревания льда, находящегося в калориметре, до температуры  $t$ :

$$Q = c_1 m_1 (t - t_1). \quad (1)$$

Количество теплоты, выделяющееся при охлаждении воды до  $t_0 = 0$  °С:

$$Q_1 = c_2 m_2 (t_2 - t_0). \quad (2)$$

Количество теплоты, выделяющееся при отвердевании воды при 0 °С:

$$Q_2 = \lambda m_2. \quad (3)$$

Количество теплоты, выделяющееся при охлаждении льда, полученного из воды, до температуры  $t$ :

$$Q_3 = c_1 m_2 (t_0 - t). \quad (4)$$

Уравнение теплового баланса:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3. \quad (5)$$

Объединяя (1)–(5), получаем:

$$m_2 = \frac{c_1 m_1 (t - t_1)}{c_2 (t_2 - t_0) + \lambda + c_1 (t_0 - t)} = \frac{2,1 \cdot 10^3 \cdot 1 \cdot (-2 - (-5))}{4,2 \cdot 10^3 \cdot (20 - 0) + 3,3 \cdot 10^5 + 2,1 \cdot 10^3 \cdot (0 - (-2))} \approx 15 \text{ г.}$$

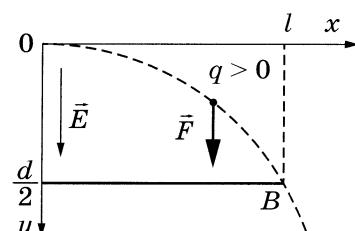
**Ответ:**  $m_2 \approx 15$  г.

**31**

### Возможное решение

1. На заряженную частицу в однородном поле конденсатора действует сила  $\vec{F} = q\vec{E}$ , пропорциональная напряжённости поля и заряду частицы  $q$ .

2. В инерциальной системе отсчёта  $Oxy$ , связанной с Землёй, ось которой  $Ox$  направлена по начальной скорости частицы (см. рисунок), под действием поля частица приобретает постоянное ускорение, определяемое вторым законом Ньютона:  $m\vec{a} = \vec{F} = q\vec{E}$ . Отсюда: ускорение частицы вдоль оси  $Oy$   $a = \frac{q}{m} E$  получается постоянным, а движение — равноускоренным.



3. Закон движения частицы в поле конденсатора:  $x = vt$ ;  $y = \frac{at^2}{2}$ . При минимальной скорости траектория проходит через точку  $B$  с координатами  $\left(l, \frac{d}{2}\right)$ , удовлетворяющими уравнениям  $l = vt$ ,  $d = at^2$ . В итоге получаем:

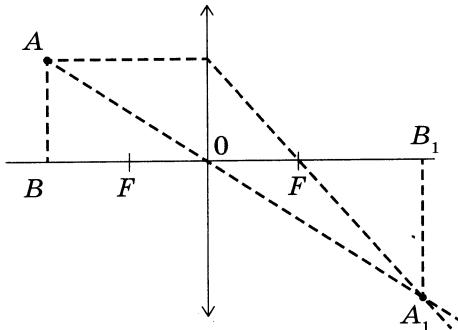
$$d \cdot m = qE \left(\frac{l}{v}\right)^2 \Rightarrow E = \frac{md}{q} \left(\frac{v}{l}\right)^2 = \frac{2 \cdot 10^{-6} \cdot 0,01 \cdot 5^2}{10^{-9} \cdot 0,05^2} = 200 \text{ кВ/м.}$$

Ответ:  $E = 200 \text{ кВ/м.}$

32

### Возможное решение

1. Построим изображение источника света в линзе. Изображением светящейся точки  $A$  в некоторый момент времени будет точка  $A_1$ . Введём обозначения: радиус окружности, по которой движется источник света,  $r = AB$ ; радиус окружности, по которой движется изображение источника света,  $R = A_1B_1$ ; расстояние  $OB = d$ ; расстояние  $OB_1 = f$ ; фокусное расстояние линзы  $OF = F$ .



2. Из формулы тонкой линзы  $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$  при  $d = \frac{3F}{2}$  получим:  $f = 3F$ .

3. Из подобия треугольников  $AOB$  и  $A_1OB_1$  следует, что:  $\frac{d}{f} = \frac{r}{R} = \frac{1}{2}$ .

4. Угловая скорость источника света равна угловой скорости его изображения:  $\omega = \frac{v}{r}$ , т. к. в любой момент времени источник света и его изображение лежат в одной плоскости с главной оптической осью линзы.

5. Тогда скорость движения изображения точечного источника света:

$$v' = \omega R = \frac{vR}{r} = 2v = 2 \cdot 5 = 10 \text{ м/с.}$$

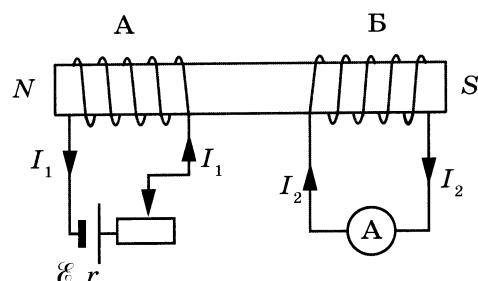
Ответ:  $v' = 10 \text{ м/с.}$

## Вариант 18

27

### Возможное решение

1. При протекании электрического тока по катушке А в пространстве возникает магнитное поле, которое пронизывает сердечник из железа, создавая в нём магнитный поток  $\Phi_1$ . Сердечник с намотанной на него катушкой А образует электромагнит. При этом, исходя из обозначений полюсов источника и правила буравчика, у левого торца катушки А находится северный полюс этого магнита (см. рисунок).



2. При движении ползунка вправо число витков реостата, включённых в цепь, увеличивается, следовательно  $\left(R_0 = \rho \frac{l}{S}\right)$  увеличивается сопротивление внешнего участка цепи источника  $R$ , а сила тока по закону Ома  $I = \frac{\epsilon}{r + R}$  — уменьшается.

3. Уменьшение силы тока в катушке А приводит к убыванию создаваемого им магнитного потока, который также пронизывает и катушку Б.

4. Убывание магнитного потока сквозь катушку Б, замкнутую на амперметр, приводит по закону электромагнитной индукции  $(\xi_{\text{инд}} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t})$  к возбуждению в ней индукционного тока, который, по правилу Ленца, возникает такого направления (через амперметр — справо налево), чтобы своим магнитным потоком компенсировать уменьшение магнитного потока сквозь катушку Б.

**Ответ:** при перемещении ползунка реостата влево через амперметр протекает ток, направленный влево.

28

### Возможное решение

Грузы связаны нерастяжимой и лёгкой нитью, а блок идеальный, следовательно, силы натяжения нити одинаковы и грузы движутся с одинаковыми ускорениями. Запишем для каждого груза второй закон Ньютона в проекциях на горизонтальную и вертикальную оси, направленные в сторону движения грузов:

$$M_1 a = F - T - F_{\text{тр}}; M_2 a = T - M_2 g.$$

Для силы трения справедливо соотношение:  $F_{\text{тр}} = \mu M_1 g$ .

Следовательно, масса второго груза

$$M_2 = \frac{F - M_1(\mu g + a)}{g + a} = \frac{10 - 1(0,2 \cdot 10 + 2)}{10 + 2} = 0,5 \text{ кг.}$$

**Ответ:**  $M_2 = 0,5$  кг.

29

### Возможное решение

1. Непосредственно перед обрывом нити в момент прохождения положения равновесия шарик движется по окружности радиусом  $l$  со скоростью  $\vec{v}$ . В этот момент действующие на шарик сила тяжести  $m\vec{g}$  и сила натяжения нити  $\vec{T}_0$  направлены по вертикали и вызывают центростремительное ускорение шарика (см. рисунок). Запишем второй закон Ньютона в проекциях на ось  $Oy$  инерциальной системы отсчёта  $Oxy$ , связанной с Землёй:

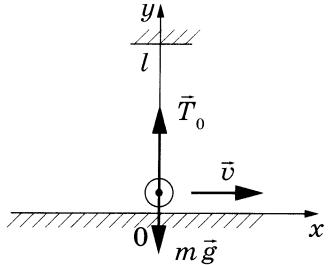
$$\frac{mv^2}{l} = T_0 - mg, \text{ откуда: } v = \sqrt{\left(\frac{T_0}{m} - g\right)l}.$$

2. При прохождении положения равновесия нить обрывается, и шарик, движущийся горизонтально со скоростью  $\vec{v}$ , абсолютно неупруго сталкивается с покоящимся бруском. При столкновении сохраняется импульс системы «шарик + бруск». В проекциях на ось  $Ox$  получаем:  $mv = (M+m)u$ , где  $u$  — проекция скорости бруска с шариком после удара на ось  $Ox$ . Отсюда:

$$u = \frac{m}{M+m}v = \frac{m}{M+m}\sqrt{\left(\frac{T_0}{m} - g\right)l}$$

$$\text{и } M = \frac{\sqrt{ml(T_0 - mg)}}{u} - m = \frac{\sqrt{0,5 \cdot 0,8(8,6 - 0,5 \cdot 10)}}{0,4} - 0,5 = \frac{1,2}{0,4} - 0,5 = 2,5 \text{ кг.}$$

**Ответ:**  $M = 2,5$  кг.



30

**Возможное решение**

Определим конечное состояние смеси лёд-вода, для чего сравним количество теплоты  $Q_1$ , необходимое для нагревания льда до температуры плавления, и количество теплоты  $Q_2$ , которое может отдать вода при остывании до начала процесса кристаллизации:

$$Q_1 = c_1 m_1 (0 - t_1) = 2100 \cdot 1 \cdot (0 - (-20)) = 42000 \text{ Дж};$$

$$Q_2 = c_2 m_2 t_2 = 4200 \cdot 0,2 \cdot 10 = 8400 \text{ Дж}.$$

$Q_1 > Q_2$ , следовательно, вода остынет до 0 °С и начнёт кристаллизоваться.

Для того чтобы полностью превратиться в лёд, воде при 0 °С необходимо отдать количество теплоты  $Q_3 = \lambda m_2 = 330000 \cdot 0,2 = 66000 \text{ Дж}$ .

Так как  $Q_1 < Q_2 + Q_3$ ,  $42000 < 8400 + 66000 = 74400$ , можно сделать вывод, что только часть воды массой  $m_3$  превратится в лёд и в сосуде установится конечная температура  $t_k = 0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Запишем уравнение теплового баланса:  $c_1 m_1 (0 - t_1) + c_2 m_2 (0 - t_2) - \lambda m_3 = 0$ .

Таким образом, масса кристаллизовавшейся воды:

$$m_3 = -\frac{c_1 m_1 t_1 + c_2 m_2 t_2}{\lambda} = -\frac{2100 \cdot 1 \cdot (-20) + 4200 \cdot 0,2 \cdot 10}{330000} \approx 0,1 \text{ кг}.$$

В итоге получаем, что после установления теплового равновесия в сосуде будет находиться  $M = m_1 + m_3 \approx 1 + 0,1 = 1,1 \text{ кг}$  льда.

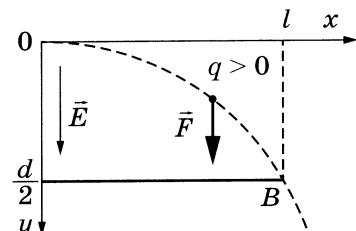
**Ответ:**  $M \approx 1,1 \text{ кг}$ .

31

**Возможное решение**

1. На заряженную частицу в однородном поле конденсатора действует сила  $\vec{F} = q\vec{E}$ , пропорциональная напряжённости поля  $\vec{E}$  и заряду частицы  $q$ .

2. В инерциальной системе отсчёта  $Oxy$ , связанной с Землёй, ось которой  $Ox$  направлена по начальной скорости частицы (см. рисунок), под действием поля частица приобретает постоянное ускорение, определяемое вторым законом Ньютона:  $m\vec{a} = \vec{F} = q\vec{E}$ . Отсюда: ускорение частицы вдоль оси  $Oy$   $a = \frac{q}{m}E_y$  получается постоянным, а движение — равноускоренным.



3. Закон движения частицы в поле конденсатора:  $x = vt$ ;  $y = \frac{at^2}{2}$ . При минимальной скорости траектория проходит через точку  $B$  с координатами  $\left(l, \frac{d}{2}\right)$ , удовлетворяющими уравнениям  $l = vt$ ,  $d = at^2$ . Эти условия определяют массу частицы.

$$d \cdot m = qE_y \left(\frac{l}{v}\right)^2 \Rightarrow m = \frac{qE_y}{d} \left(\frac{l}{v}\right)^2 = \frac{5 \cdot 10^{-9} \cdot 5 \cdot 10^5 \cdot 0,05^2}{0,01 \cdot 25^2} = 10^{-6} \text{ кг}.$$

**Ответ:**  $m = 10^{-6} \text{ кг}$ .

32

**Возможное решение**

1. Построим изображение источника света в линзе. Изображением светящейся точки  $A$  в некоторый момент времени будет точка  $A_1$ . Введём обозначения: радиус окружности, по которой движется источник света,  $r = AB$ ; радиус окружности, по которой движется изображение источника света,  $R = A_1B_1$ ; расстояние  $OB = d$ ; расстояние  $OB_1 = f$ , фокусное расстояние линзы  $OF = F$ .

2. Из формулы тонкой линзы

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$$

при  $d = \frac{3F}{2}$  получим:  $f = 3F$ .

3. Из подобия треугольников  $AOB$  и  $A_1OB_1$  следует, что:  $\frac{d}{f} = \frac{r}{R} = \frac{1}{2} \Rightarrow R = 2r$ .

4. Угловая скорость источника света равна угловой скорости его изображения:

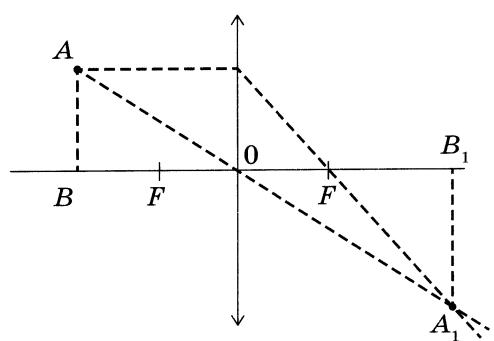
$$\omega = 2\pi\nu,$$

т. к. в любой момент времени источник света и его изображение лежат в одной плоскости с главной оптической осью линзы.

5. Тогда скорость движения изображения точечного источника света:

$$v' = \omega R = 2\pi\nu \cdot 2r = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,5 \cdot 2 \cdot 0,08 \approx 0,5 \text{ м/с.}$$

**Ответ:**  $v' = 0,5$  м/с.



27

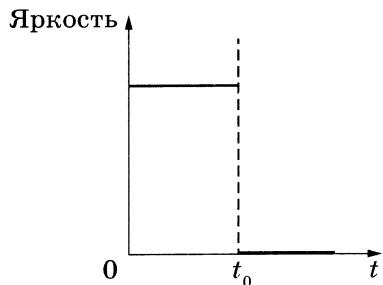
**Возможное решение**

1. Катушка и лампочка соединены параллельно, поэтому напряжение на лампочке равно напряжению на катушке.

2. При  $t < t_0$  сила тока в катушке изменяется по линейному закону. ЭДС самоиндукции катушки  $\mathcal{E}_{si} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t} = \text{const}$ . Напряжение на лампочке равно ЭДС самоиндукции катушки, а значит постоянно, и яркость свечения лампочки на этом интервале времени также постоянна.

3. При  $t > t_0$  сила тока в катушке постоянна,  $\frac{\Delta I}{\Delta t} = 0$  и, следовательно, ЭДС самоиндукции катушки и напряжение на лампочке равны нулю. На этом интервале времени лампочка не светит.

4. График зависимости яркости свечения лампочки от времени приведён на рисунке.



28

**Возможное решение**

На груз действуют сила тяжести, сила Архимеда и сила натяжения нити. Запишем второй закон Ньютона в проекциях на вертикальную ось, учитя, что груз находится в равновесии:  $mg = F_{\text{апx}} + T$ .

Для силы Архимеда справедливо соотношение:  $F_{\text{апx}} = \rho g V$ .

Следовательно, для плотности жидкости получим:  $\rho = \frac{mg - T}{gV} = \frac{2 \cdot 10 - 12}{10 \cdot 10^{-3}} = 800 \text{ кг/м}^3$ .

**Ответ:**  $\rho = 800 \text{ кг/м}^3$ .

29

**Возможное решение**

Закон сохранения импульса связывает скорость пули  $v_0$  перед ударом со скоростью  $v_1$  составного тела массой  $m + M$  сразу после удара:  $mv_0 = (m + M)v_1$ ,

а закон сохранения механической энергии — скорость составного тела сразу после удара с его скоростью  $v_2$  в верхней точке:

$$\frac{(m + M)v_1^2}{2} = \frac{(m + M)v_2^2}{2} + (m + M)g \cdot 2l.$$

Условие максимальности  $M$  означает, что шар совершает полный оборот по окружности в вертикальной плоскости, но при этом натяжение нити в верхней точке (и только в ней!) обращается в нуль. Второй закон Ньютона в проекциях на радиальное направление  $x$  в этот момент принимает вид:

$$(m + M)g = (m + M)a_{\text{н}} = \frac{(m + M)v_2^2}{l}.$$

Выразив отсюда  $v_2^2$  и подставив этот результат в закон сохранения энергии, получим:  $v_1 = \sqrt{5gl}$ .

Подставив выражение для  $v_1$  в закон сохранения импульса, получим:

$$M = m \left( \frac{v_0}{\sqrt{5gl}} - 1 \right) = 0,01 \left( \frac{300}{\sqrt{5 \cdot 10 \cdot 0,5}} - 1 \right) = 0,59 \text{ кг} = 590 \text{ г.}$$

**Ответ:**  $M = 590 \text{ г.}$

30

**Возможное решение**

Для определения количества теплоты  $Q_{123}$  необходимо сложить количества теплоты, сообщённые газу на участках 1–2 и 2–3:  $Q_{123} = Q_{12} + Q_{23}$ .

Исходя из приведённого графика, можно сделать вывод, что процесс 1–2 является изотермическим с температурой  $T_1 = T_2 = \text{const}$ . Согласно первому закону термодинамики, получаем:  $Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12}$ , где  $\Delta U_{12} = \frac{3}{2}vR(T_2 - T_1) = 0$  — изменение внутренней энергии одноатомного идеального газа. Таким образом,  $Q_{12} = A_{12} = 2,5 \text{ кДж}$ .

Из уравнения Клапейрона — Менделеева  $pV = vRT$  следует, во-первых, что процесс 2–3 является изобарным:  $p = \text{const}$ . Во-вторых, на изобаре 2–3  $\frac{V_2}{T_2} = \frac{V_3}{T_3}$ , откуда  $\frac{V_3}{V_2} = \frac{T_3}{T_2} = 3$ .

Следовательно,  $T_3 = T_2 \frac{V_3}{V_2} = 3T_2 = 3T_1 = 3 \cdot 300 = 900 \text{ К.}$

В-третьих,

$$\begin{aligned} Q_{23} &= \Delta U_{23} + A_{23} = \frac{3}{2}vR(T_3 - T_2) + p(V_3 - V_2) = \frac{3}{2}vR(T_3 - T_2) + vR(T_3 - T_2) = \\ &= \frac{5}{2}vR(T_3 - T_2) = \frac{5}{2}vR(3T_1 - T_1) = \frac{5}{2}vR \cdot 2T_1 = 5vRT_1 = 5 \cdot 1 \cdot 8,31 \cdot 300 \approx 12,5 \text{ кДж}. \end{aligned}$$

В результате  $Q_{123} = Q_{12} + Q_{23} \approx 2,5 + 12,5 = 15 \text{ кДж}$ .

**Ответ:**  $Q_{123} \approx 15 \text{ кДж}$ .

31

### Возможное решение

До размыкания ключа электрический ток протекает через параллельно соединённые лампу и резистор. Общее сопротивление внешней цепи равно

$R_0 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{10 \cdot 15}{10 + 15} = 6 \text{ Ом}$ , где  $R_1$  — сопротивление лампы,  $R_2$  — сопротивление резистора. Согласно закону Ома для полной цепи  $I = \frac{\mathcal{E}}{R_0 + r} = \frac{40}{6 + 2} = 5 \text{ А}$ . При этом

напряжение на конденсаторе равно  $U = IR_0 = 5 \cdot 6 = 30 \text{ В}$ . Таким образом, до размыкания ключа в конденсаторе была накоплена энергия

$$W = \frac{CU^2}{2} = \frac{2 \cdot 10^{-4} \cdot 900}{2} = 90 \cdot 10^{-3} \text{ Дж} = 90 \text{ мДж}.$$

После размыкания ключа вся энергия, накопленная в конденсаторе, будет выделяться на параллельно включённых лампе и резисторе. Согласно закону Джоуля — Ленца количество теплоты, выделяющееся в промежуток времени  $\Delta t$ , обратно пропорционально сопротивлению, поскольку напряжение  $u$  на лампе и резисторе в любой момент времени одно и то же:  $Q_1 = \frac{u^2}{R_1} \Delta t$ ,  $Q_2 = \frac{u^2}{R_2} t \Rightarrow \frac{Q_2}{Q_1} = \frac{R_1}{R_2}$  и  $W = Q_1 + Q_2$ .  
Окончательно получим для количества теплоты, выделившегося на резисторе:

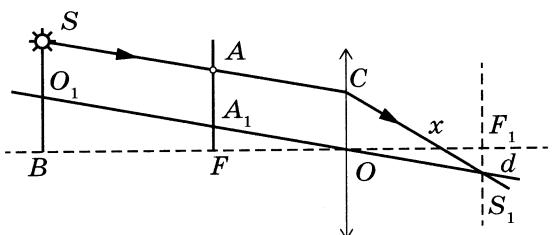
$$Q_2 = \frac{WR_1}{R_1 + R_2} = \frac{90 \cdot 10^{-3} \cdot 10}{10 + 15} = 36 \cdot 10^{-3} = 36 \text{ мДж}.$$

**Ответ:**  $Q_2 = 36 \text{ мДж}$ .

32

### Возможное решение

1. Построим ход луча  $SACS_1$ , прошедшего через экран и собирающую линзу, используя основные свойства тонкой линзы: параллельный пучок лучей, падающих на линзу, собирается в её фокальной плоскости; луч  $O_1OS_1$ , прошедший через оптический центр линзы (точку  $O$ ), не преломляется.



2. Луч  $SAC$ , принадлежащий параллельному пучку лучей  $SA$  и  $O_1A_1$ , после преломления пересечёт луч  $O_1OS_1$  в фокальной плоскости линзы в точке  $S_1$  на расстоянии  $d$  от главной оптической оси  $BO$ . Так как расстояние от фокальных плоскостей  $AF$  и  $S_1F_1$  до плоскости линзы одинаково, то  $A_1F = F_1S_1 = d$ ,  $OC = AA_1 = O_1S = h - d$ ,  $O_1B = H - (h - d)$ .

3. Луч  $CS_1$  пересечёт главную оптическую ось на расстоянии  $x$  от линзы, которое определяется из подобия треугольников  $\Delta OCx$  и  $\Delta xF_1S_1$ . Из пропорции  $\frac{x}{h-d} = \frac{F-x}{d}$  получаем:  $x = F\left(1 - \frac{d}{h}\right)$ .

Для определения  $d$  воспользуемся подобием треугольников  $\Delta O_1BO$  и  $\Delta A_1FO$  и составим пропорцию  $\frac{H-(h-d)}{b} = \frac{d}{F}$ , откуда:  $d = \frac{H-h}{b-F}F$ . После подстановки получаем:

$$x = \frac{F}{h} \frac{bh - FH}{b - F} = \frac{20}{4} \cdot 3,6 = 18 \text{ см.}$$

**Ответ:**  $x = 18$  см.

## Вариант 20

27

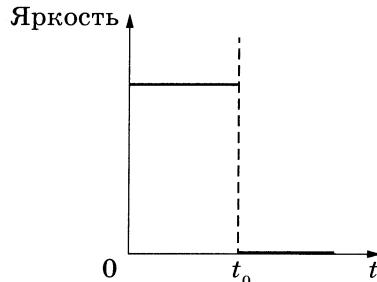
### Возможное решение

1. Катушка и лампочка соединены параллельно, поэтому напряжение на лампочке равно напряжению на катушке.

2. При  $t < t_0$  сила тока в катушке изменяется по линейному закону. ЭДС самоиндукции катушки  $\epsilon_{si} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t} = \text{const}$ . Напряжение на лампочке равно по модулю ЭДС самоиндукции катушки, а значит, постоянно, и яркость свечения лампочки на этом интервале времени также постоянна.

3. При  $t > t_0$  сила тока в катушке постоянна,  $\frac{\Delta I}{\Delta t} = 0$  и, следовательно, ЭДС самоиндукции катушки и напряжение на лампочке равны нулю. На этом интервале времени лампочка не светит.

4. График зависимости яркости свечения лампочки от времени приведён на рисунке.



28

### Возможное решение

На груз действуют сила тяжести, сила Архимеда и сила натяжения нити. Запишем второй закон Ньютона в проекциях на вертикальную ось, учтя, что груз находится в равновесии:  $mg = F_{\text{апx}} + T$ .

Для силы Архимеда справедливо соотношение:  $F_{\text{апx}} = \rho g V$ .

Следовательно, для силы натяжения нити получим:

$$T = mg - \rho g V = 1,5 \cdot 10 - 800 \cdot 10 \cdot 10^{-3} = 7 \text{ Н.}$$

**Ответ:**  $T = 7$  Н.

29

**Возможное решение**

Закон сохранения импульса связывает скорость пули  $v_0$  перед ударом со скоростью  $v_1$  составного тела массой  $m + M$  сразу после удара:  $mv_0 = (m + M)v_1$ ,

а закон сохранения механической энергии — скорость составного тела сразу после удара с его скоростью  $v_2$  в верхней точке:

$$\frac{(m + M)v_1^2}{2} = \frac{(m + M)v_2^2}{2} + (m + M)g \cdot 2l.$$

Условие минимальности  $v_0$  означает, что шар совершает полный оборот по окружности в вертикальной плоскости, но при этом натяжение нити в верхней точке (и только в ней!) обращается в нуль. Второй закон Ньютона в проекциях на радиальное направление  $x$  в этот момент принимает вид:

$$(m + M)g = (m + M)a_{\text{н}} = \frac{(m + M)v_2^2}{l}.$$

Выразив отсюда  $v_2^2$  и подставив этот результат в закон сохранения энергии, получим:  $v_1 = \sqrt{5gl}$ .

Подставив выражение для  $v_1$  в закон сохранения импульса, получим:

$$v_0 = \left(1 + \frac{M}{m}\right)\sqrt{5gl} = \left(1 + \frac{0,25}{0,01}\right)\sqrt{5 \cdot 10 \cdot 0,5} = 130 \text{ м/с.}$$

**Ответ:**  $v_0 = 130$  м/с.

30

**Возможное решение**

Для определения количества теплоты  $Q_{123}$  необходимо сложить количества теплоты, сообщённые газу на участках 1–2 и 2–3:  $Q_{123} = Q_{12} + Q_{23}$ .

Исходя из приведённого графика, можно сделать вывод, что процесс 1–2 является изотермическим с температурой  $T_1 = T_2 = \text{const}$ . Согласно первому закону термодинамики, получаем:  $Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12}$ , где  $\Delta U_{12} = \frac{3}{2}vR(T_2 - T_1) = 0$  — изменение внутренней энергии одноатомного идеального газа. Таким образом,  $Q_{12} = A_{12} = 3 \text{ кДж}$ .

Из уравнения Менделеева — Клапейрона  $pV = vRT$  следует, во-первых, что процесс 2–3 является изобарным:  $p = \text{const}$ . Во-вторых, на изобаре 2–3  $\frac{V_2}{T_2} = \frac{V_3}{T_3}$ , откуда

$$\frac{V_3}{V_2} = \frac{T_3}{T_2} = 2.$$

Следовательно,  $T_2 = T_3 \frac{V_2}{V_3} = \frac{T_3}{2} = \frac{600}{2} = 300 \text{ К}$ .

В-третьих,

$$\begin{aligned} Q_{23} &= \Delta U_{23} + A_{23} = \frac{3}{2}vR(T_3 - T_2) + p(V_3 - V_2) = \frac{3}{2}vR(T_3 - T_2) + vR(T_3 - T_2) = \\ &= \frac{5}{2}vR(T_3 - T_2) = \frac{5}{2} \cdot 1 \cdot 8,31 \cdot (600 - 300) \approx 6,23 \text{ кДж.} \end{aligned}$$

В результате  $Q_{123} = Q_{12} + Q_{23} \approx 3 + 6,23 = 9,23 \text{ кДж}$ .

**Ответ:**  $Q_{123} \approx 9,23 \text{ кДж}$ .

31

**Возможное решение**

До размыкания ключа электрический ток протекает через параллельно соединённые лампу и резистор. Общее сопротивление внешней цепи равно  $R_0 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{10 \cdot 15}{10 + 15} = 6$  Ом, где  $R_1$  — сопротивление лампы,  $R_2$  — сопротивление резистора. Согласно закону Ома для полной цепи  $I = \frac{\varepsilon}{R_0 + r} = \frac{50}{6 + 4} = 5$  А. При этом напряжение на конденсаторе равно  $U = IR_0 = 5 \cdot 6 = 30$  В. Таким образом, до размыкания ключа в конденсаторе была накоплена энергия

$$W = \frac{CU^2}{2} = \frac{10^{-4} \cdot 900}{2} = 45 \cdot 10^{-3} \text{ Дж} = 45 \text{ мДж.}$$

После размыкания ключа вся энергия, накопленная в конденсаторе, будет выделяться на параллельно включённых лампе и резисторе. Согласно закону Джоуля — Ленца, количество теплоты, выделяющееся в промежуток времени  $\Delta t$ , обратно пропорционально сопротивлению, поскольку напряжение  $u$  на лампе и резисторе в любой момент времени одно и то же:  $Q_1 = \frac{u^2}{R_1} \Delta t$ ,  $Q_2 = \frac{u^2}{R_2} t \Rightarrow \frac{Q_2}{Q_1} = \frac{R_1}{R_2}$  и  $W = Q_1 + Q_2$ .

Окончательно получим для количества теплоты, выделившегося на лампе:

$$Q_1 = \frac{WR_2}{R_1 + R_2} = \frac{45 \cdot 10^{-3} \cdot 15}{10 + 15} = 27 \cdot 10^{-3} = 27 \text{ мДж.}$$

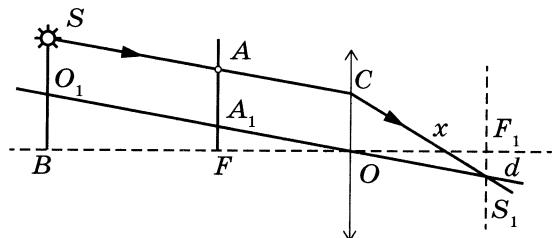
Ответ:  $Q_1 = 27$  мДж.

32

**Возможное решение**

1. Известно, что оптическая сила линзы  $D$  связана с её фокусным расстоянием  $F$ :  $F = \frac{1}{D} = \frac{1}{5} = 0,2$  м = 20 см.

2. Построим ход луча  $SACS_1$ , прошедшего через экран и собирающую линзу, используя основные свойства тонкой линзы: параллельный пучок лучей, падающих на линзу, собирается в её фокальной плоскости; луч  $O_1OS_1$ , прошедший через оптический центр линзы (точку  $O$ ), не преломляется.



3. Луч  $SAC$ , принадлежащий параллельному пучку лучей  $SA$  и  $O_1A_1$ , после преломления пересечёт луч  $O_1OS_1$  в фокальной плоскости линзы в точке  $S_1$  на расстоянии  $d$  от главной оптической оси  $BO$ . Так как расстояние от фокальных плоскостей  $AF$  и  $S_1F_1$  до плоскости линзы одинаково, то  $A_1F = F_1S_1 = d$ ,  $OC = AA_1 = O_1S = h - d$ ,  $O_1B = H - (h - d)$ .

4. Луч  $CS_1$  пересечёт главную оптическую ось на расстоянии  $x$  от линзы, которое определяется из подобия треугольников  $\Delta OCx$  и  $\Delta xF_1S_1$ . Из пропорции  $\frac{x}{h-d} = \frac{F-x}{d}$  получаем:  $x = F\left(1 - \frac{d}{h}\right)$ .

Для определения  $d$  воспользуемся подобием треугольников  $\Delta O_1BO$  и  $\Delta A_1FO$  и составим пропорцию  $\frac{H - (h - d)}{b} = \frac{d}{F}$ , откуда:  $d = \frac{H - h}{b - F} F$ . После подстановки получаем:

$$h = \frac{F^2 H}{F(b + x) - bx} = \frac{20^2 \cdot 10}{20 \cdot (70 + 18) - 70 \cdot 18} = 8 \text{ см.}$$

**Ответ:**  $h = 8$  см.

## Вариант 21

27

### Возможное решение

- Количество вещества в первой порции газа больше, чем во второй.
- Для описания изобарного сжатия идеального газа используем уравнение Менделеева — Клапейрона:

$$V = \frac{vRT}{p},$$

где  $v$  — число молей газа. Отсюда следует, что при одинаковых температуре и давлении  $\frac{V_1}{V_2} = \frac{v_1}{v_2}$ .

- Как следует из рисунка,  $V_1 > V_2$  (при одинаковых температуре и давлении). Поэтому  $v_1 > v_2$ .

28

### Возможное решение

Для движения шарика после отрыва можно записать закон сохранения механической энергии  $\frac{k(\Delta x)^2}{2} = \frac{mv^2}{2}$ . Следовательно, для скорости шарика получим:

$$v = \Delta x \sqrt{\frac{k}{m}} = 0,01 \sqrt{\frac{1000}{0,004}} = 5 \text{ м/с.}$$

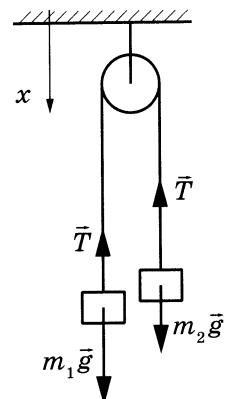
**Ответ:**  $v = 5$  м/с.

29

### Возможное решение

- Систему отсчёта, связанную с Землёй, считаем инерциальной. Направим ось  $x$  декартовой системы координат, как показано на рисунке.
- Запишем в первом случае второй закон Ньютона для грузов в проекциях на ось  $x$ , а также уравнение кинематической связи:

$$\begin{cases} m_1 a_1 = m_1 g - T \\ m_2 a_2 = m_2 g - T \\ a_1 = -a_2 \end{cases} \quad (1)$$



Решая полученную систему уравнений с учётом того, что по условию задачи  $a_1 = a$ , определим массу второго тела:

$$m_2 = \frac{m_1(g - a)}{g + a}. \quad (2)$$

3. Во втором случае система находится в равновесии за счёт появления силы Архимеда, следовательно:

$$\begin{cases} m_2 g - T' = 0 \\ m_1 g - T' - F_{\text{апx}} = 0, \end{cases} \quad (3)$$

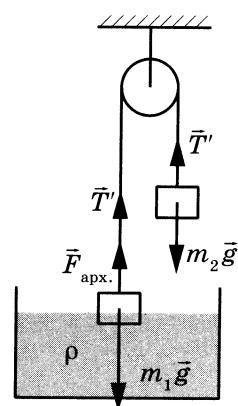
где

$$F_{\text{апx}} = \rho g V. \quad (4)$$

Решая систему уравнений (3) с учётом (2) и (4), получим:

$$a = \frac{\rho g V}{2m_1 - \rho V} = \frac{1000 \cdot 10 \cdot 1,5 \cdot 10^{-4}}{2 \cdot 0,5 - 1000 \cdot 1,5 \cdot 10^{-4}} \approx 1,8 \text{ м/с}^2.$$

Ответ:  $a \approx 1,8 \text{ м/с}^2$ .



**30**

### Возможное решение

1. Работа внешних сил над газом при переходе из состояния 2 в состояние 3 определяется как площадь фигуры в  $pV$ -координатах.

$$A_{23 \text{ внеш}} = 0,5(p_0 + 2p_0) \cdot 2V_0 = 3p_0V_0.$$

2. Количество теплоты, переданное за цикл холодильнику, согласно первому закону термодинамики равно:

$$|Q_x| = |Q_{23}| = (U_2 - U_3) + A_{32} = \frac{3}{2}(vRT_2 - vRT_3) + 3p_0V_0.$$

3. Согласно уравнению Менделеева — Клапейрона  $vRT_2 = p_2V_2 = 2p_0 \cdot 3V_0$ ,  $vRT_3 = p_3V_3 = p_0V_0$ .

4. Тогда  $|Q_x| = \frac{3}{2}(2p_0 \cdot 3V_0 - p_0V_0) + 3p_0V_0 = \frac{21}{2}p_0V_0 = \frac{7}{2}A_{23 \text{ внеш}}$ .

Ответ:  $|Q_x| = 8,4 \text{ кДж}$ .

**31**

### Возможное решение

Пока ключ замкнут, через катушку  $L$  течёт ток  $I$ , определяемый внутренним сопротивлением источника и сопротивлением лампочки:  $I = \frac{\epsilon}{r + R}$ , конденсатор заряжен до напряжения  $U = IR = \frac{\epsilon R}{r + R}$ .

Энергия электромагнитного поля в катушке  $L$ :  $\frac{LI^2}{2} = \frac{L\epsilon^2}{2(r + R)^2}$ .

Энергия электрического поля в конденсаторе:  $\frac{C\left(\frac{\epsilon R}{r + R}\right)^2}{2}$ .

После размыкания ключа начинаются затухающие электромагнитные колебания, и вся запасённая в конденсаторе и катушке, выделится на лампе:

$$E = \frac{CU^2}{2} + \frac{LI^2}{2} = \frac{C(\epsilon R)^2}{2(r + R)^2} + \frac{\epsilon^2}{2(R + r)^2}L = 0,172 \text{ Дж.}$$

Ответ:  $E = 0,172 \text{ Дж.}$

32

**Возможное решение**

При изменении магнитного поля поток вектора магнитной индукции  $\Phi(t) = B(t)S$  через рамку площадью  $S = l^2$  изменяется, что создаёт в ней ЭДС индукции  $\mathcal{E}$ . В соответствии с законом индукции Фарадея

$$\mathcal{E} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -\frac{\Delta B_n}{\Delta t} S.$$

Эта ЭДС вызывает в рамке ток, сила которого определяется законом Ома для замкнутой цепи:

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R} = -\frac{\Delta B_n}{\Delta t} \frac{S}{R}.$$

Согласно закону Джоуля — Ленца за время  $\Delta t$  в рамке выделится количество теплоты:

$$Q = I^2 R \Delta t = \frac{S^2}{R} \frac{(\Delta B_n)^2}{\Delta t} = \frac{l^4}{R} \frac{(\Delta B_n)^2}{\Delta t}.$$

За время  $\Delta t_1 = t_1 = 4$  с на первом участке графика  $\Delta B_1 = B_1 - B_0 = -0,4 - 0,6 = -1,0$  Тл, а на втором участке  $\Delta t_2 = t_2 - t_1 = 6$  с и  $\Delta B_2 = B_2 - B_1 = 0,6$  Тл, поэтому суммарное количество выделившейся теплоты

$$Q = Q_1 + Q_2 = \frac{l^4}{R} \left[ \frac{(\Delta B_1)^2}{\Delta t_1} + \frac{(\Delta B_2)^2}{\Delta t_2} \right].$$

Отсюда сопротивление рамки:

$$R = \frac{l^4}{Q} \left[ \frac{(\Delta B_1)^2}{\Delta t_1} + \frac{(\Delta B_2)^2}{\Delta t_2} \right].$$

Подставив значения величин, получим  $R \approx 0,2$  Ом.

**Ответ:**  $R \approx 0,2$  Ом.

**Вариант 22**

27

**Возможное решение**

- Количество вещества в первой порции газа больше, чем во второй.
- Для описания изохорного нагревания идеального газа используем уравнение Менделеева — Клапейрона:  $p = \frac{vRT}{V}$ , где  $v$  — число молей газа. Отсюда следует, что при одинаковых температуре и объёме  $\frac{p_1}{p_2} = \frac{v_1}{v_2}$ .
- Как следует из рисунка,  $p_1 > p_2$  (при одинаковых температуре и объёме). Поэтому  $v_1 > v_2$ .

28

**Возможное решение**

Для движения шарика после отрыва можно записать закон сохранения механической энергии  $\frac{k(\Delta x)^2}{2} = \frac{mv^2}{2}$ . Следовательно, для массы шарика получим:

$$m = k \left( \frac{\Delta x}{v} \right)^2 = 2000 \cdot \frac{0,01^2}{10^2} = 2 \text{ г.}$$

**Ответ:**  $m = 2$  г.

29

**Возможное решение**

- Систему отсчёта, связанную с Землёй, считаем инерциальной. Направим ось  $x$  декартовой системы координат, как показано на рисунке.
- Запишем в первом случае второй закон Ньютона для грузов в проекциях на ось  $x$ , а также уравнение кинематической связи:

$$\begin{cases} m_1 a_1 = m_1 g - T \\ m_2 a_2 = m_2 g - T \\ a_1 = -a_2 \end{cases} \quad (1)$$

Решая полученную систему уравнений с учётом того, что по условию задачи  $a_1 = a$ , определим массу второго тела:

$$m_2 = \frac{m_1(g-a)}{g+a}. \quad (2)$$

- Во втором случае система находится в равновесии за счёт появления силы Архимеда, следовательно:

$$\begin{cases} m_2 g - T' = 0 \\ m_1 g - T' - F_{\text{апx}} = 0, \end{cases} \quad (3)$$

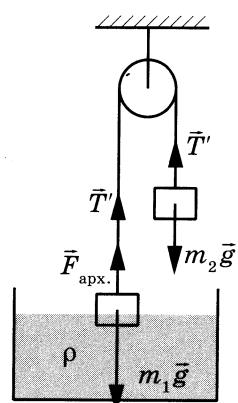
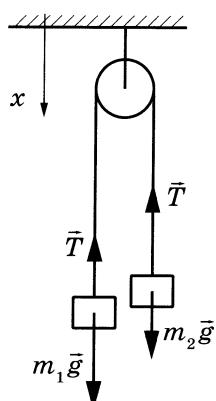
где

$$F_{\text{апx}} = \rho g V. \quad (4)$$

Решая систему уравнений (3) с учётом (2) и (4), получим:

$$m_1 = \frac{\rho V(g+a)}{2a} = \frac{1000 \cdot 1,5 \cdot 10^{-4} \cdot (10+2)}{2 \cdot 2} = 450 \text{ г.}$$

**Ответ:**  $m_1 = 450$  г.



30

**Возможное решение**

- Работа внешних сил над газом при переходе из состояния 2 в состояние 3 определяется как площадь фигуры в  $pV$ -координатах.

$$A_{23 \text{ внеш}} = 0,5(p_0 + 2p_0) \cdot 2V_0 = 3p_0 V_0.$$

- Количество теплоты, переданное за цикл холодильнику, согласно первому закону термодинамики равно:  $|Q_x| = |Q_{23}| = (U_2 - U_3) + A_{32} = \frac{3}{2}(vRT_2 - vRT_3) + 3p_0 V_0$ .

- Согласно уравнению Менделеева — Клапейрона  $vRT_2 = p_2 V_2 = 2p_0 \cdot 3V_0$ ,  $vRT_3 = p_3 V_3 = p_0 V_0$ .

- Тогда  $|Q_x| = \frac{3}{2}(2p_0 \cdot 3V_0 - p_0 V_0) + 3p_0 V_0 = \frac{21}{2}p_0 V_0 = \frac{7}{2}A_{23 \text{ внеш}}$ .

- $A_{23 \text{ внеш}} = \frac{2}{7}|Q_x| = \frac{2}{7} \cdot 8 \approx 2,3 \text{ кДж.}$

**Ответ:**  $A_{23 \text{ внеш}} \approx 2,3$  кДж.

31

**Возможное решение**

Пока ключ замкнут, через катушку  $L$  течёт ток  $I$ , определяемый внутренним сопротивлением источника и сопротивлением лампочки:  $I = \frac{\mathcal{E}}{r + R}$ , конденсатор заряжен до напряжения  $U = IR = \frac{\mathcal{E}R}{r + R}$ .

Энергия электромагнитного поля в катушке  $L$ :  $\frac{LI^2}{2} = \frac{L\mathcal{E}^2}{2(r + R)^2}$ .

Энергия электрического поля в конденсаторе:  $\frac{C\left(\frac{\mathcal{E}R}{r + R}\right)^2}{2}$ .

После размыкания ключа начинаются затухающие электромагнитные колебания, и вся энергия, запасённая в конденсаторе и катушке, выделится на лампе:

$$W = \frac{CU^2}{2} + \frac{LI^2}{2} = \frac{\mathcal{E}^2}{2(r + R)^2} (CR^2 + L),$$

$$\text{откуда } \mathcal{E} = (r + R) \sqrt{\frac{2W}{CR^2 + L}} = (1 + 5) \sqrt{\frac{2 \cdot 0,172}{2 \cdot 10^{-3} \cdot 5^2 + 36 \cdot 10^{-3}}} = 12 \text{ В.}$$

**Ответ:**  $\mathcal{E} = 12$  В.

32

**Возможное решение**

При изменении магнитного поля поток вектора магнитной индукции  $\Phi(t) = B(t)S$  через рамку площадью  $S = l^2$  изменяется, что создаёт в ней ЭДС индукции  $\mathcal{E}$ .

В соответствии с законом индукции Фарадея  $\mathcal{E} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -\frac{\Delta B_n}{\Delta t} S$ .

Эта ЭДС вызывает в рамке ток, сила которого определяется законом Ома для замкнутой цепи:  $I = \frac{\mathcal{E}}{R} = -\frac{\Delta B_n}{\Delta t} \frac{S}{R}$ .

Согласно закону Джоуля — Ленца за время  $\Delta t$  в рамке выделится количество теплоты:

$$Q = I^2 R \Delta t = \frac{S^2}{R} \frac{(\Delta B_n)^2}{\Delta t} = \frac{l^4}{R} \frac{(\Delta B_n)^2}{\Delta t}.$$

За время  $\Delta t_1 = t_1 = 4$  с на первом участке графика  $\Delta B_1 = B_1 - B_0 = -1$  Тл, а на втором участке  $\Delta t_2 = t_2 - t_1 = 6$  с и  $\Delta B_2 = B_2 - B_1 = 0,6$  Тл, поэтому суммарное количество выделившейся теплоты

$$Q = Q_1 + Q_2 = \frac{l^4}{R} \left[ \frac{(\Delta B_1)^2}{\Delta t_1} + \frac{(\Delta B_2)^2}{\Delta t_2} \right].$$

Подставляя сюда значения физических величин, получим:

$$Q = \frac{(0,1)^4}{0,2} \left[ \frac{1}{4} + \frac{0,36}{6} \right] = \frac{10^{-3}}{2} (0,25 + 0,06) = 0,155 \cdot 10^{-3} \text{ Дж.}$$

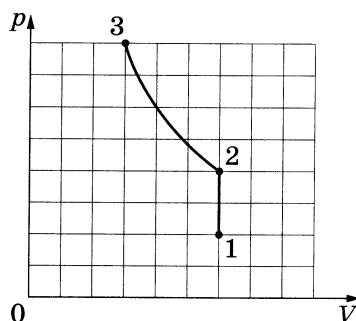
**Ответ:**  $Q = 0,155$  мДж.

### Вариант 23

27

#### Возможное решение

1.



2. Внутренняя энергия идеального одноатомного газа пропорциональна его абсолютной температуре:  $U = \frac{3}{2}vRT$ . Значит, на участке 1–2 температура пропорциональна давлению, процесс при постоянном количестве вещества, согласно уравнению Менделеева — Клапейрона ( $pV = vRT$ ), является изохорным нагреванием, объём газа не изменяется, а давление увеличивается в 2 раза. В координатах  $p$ – $V$  график является отрезком вертикальной прямой.
3. На участке 2–3  $U = \text{const}$ , температура газа не меняется, происходит изотермическое сжатие, давление в этом процессе также возрастает в 2 раза. При этом  $pV = \text{const}$ , поэтому объём газа уменьшился в 2 раза. В координатах  $p$ – $V$  график является гиперболой.

28

#### Возможное решение

Правило для моментов сил относительно оси, походящей через шарнир  $FL = Mg b + mg \frac{L}{2}$ .

Проведя преобразования, получим  $F = \frac{Mgb}{L} + \frac{mg}{2} = \frac{80 \cdot 10 \cdot 1}{4} + \frac{20 \cdot 10}{2} = 300$  Н.

Ответ:  $F = 300$  Н.

29

#### Возможное решение

1. Найдём скорость  $v_1$ , которую брускок приобрёл, пройдя путь  $x$ . Используем закон сохранения энергии:

$$Mgx \sin \alpha = \frac{Mv_1^2}{2}, v_1 = \sqrt{2gx \sin \alpha}. \quad (1)$$

2. Учитывая абсолютно неупругий удар пули и бруска, запишем закон сохранения импульса для этих тел:

$$mv - Mv_1 = (M + m)v_2, \quad (2)$$

где  $v$  — скорость пули,  $v_2$  — скорость, которую приобретут тела после неупругого удара. Подставляя (1) в (2) получим:

$$v_2 = \frac{mv - M\sqrt{2gx \sin \alpha}}{M + m}.$$

3. По закону сохранения энергии бруска, поднявшегося по наклонной плоскости на расстояние  $S$ :

$$\frac{(M + m)v_2^2}{2} = (M + m)gS \sin \alpha. \quad (3)$$

4. Тогда

$$S = \frac{(mv - M\sqrt{2gx \sin \alpha})^2}{2(M+m)^2 g \sin \alpha}; \quad S = \frac{(0,005 \cdot 500 - 0,3\sqrt{2 \cdot 10 \cdot 3,6 \cdot 0,5})^2}{2 \cdot 0,305^2 \cdot 10 \cdot 0,5} \approx 0,53 \text{ м.}$$

Ответ:  $S \approx 0,53$  м.

**30****Возможное решение**

1. Количество теплоты  $Q_{12}$ , полученное газом в изобарном процессе 1–2 от нагревателя, согласно первому началу термодинамики

$$\begin{aligned} Q_{12} &= A_{12} + (U_2 - U_1) = p_1(V_2 - V_1) + \frac{3}{2}vR(T_2 - T_1) = \\ &= p_1(V_2 - V_1) + \frac{3}{2}p_1(V_2 - V_1) = \frac{5}{2}p_1(V_2 - V_1) = \frac{5}{2}A_{12}. \end{aligned}$$

(С учётом уравнения Менделеева — Клапейрона  $pV = vRT$ .)

2. В адиабатном процессе  $Q_{13} = 0$ . Тогда модуль изменения внутренней энергии газа в процессе 1–3  $|U_3 - U_1| = A_{13}$ .

$$3. В результате x = \frac{Q_{12}}{|U_3 - U_1|} = \frac{5}{2} \frac{A_{12}}{A_{13}} = \frac{5}{2}k = 5.$$

Ответ:  $x = 5$ .

**31****Возможное решение**

До размыкания ключа электрический ток протекает через последовательно соединённые резисторы  $R_1$ ,  $R_2$  и катушку  $L$ . Согласно закону Ома для полной цепи

$$I = \frac{\epsilon}{R_1 + R_2 + r} = \frac{12}{7 + 4 + 1} = 1 \text{ А.} \quad \text{При этом напряжение на конденсаторе равно } U = IR_2 = 1 \cdot 4 = 4 \text{ В. Таким образом, до размыкания ключа в конденсаторе было накоплена энергия } W_C = \frac{CU^2}{2} = \frac{3 \cdot 10^{-6} \cdot 16}{2} = 24 \cdot 10^{-6} \text{ Дж} = 24 \text{ мкДж, а в катушке индуктивности — } W_L = \frac{LI^2}{2}.$$

После размыкания ключа вся накопленная в элементах цепи энергия выделится в виде тепла на резисторе  $R_2$ :  $Q = W_C + W_L = 40$  мкДж.

$$\text{Следовательно, } L = \frac{2(Q - W_C)}{I^2} = \frac{2(40 - 24) \cdot 10^{-6}}{1} = 32 \text{ мкГн.}$$

Ответ:  $L = 32$  мкГн.

**32****Возможное решение**

Согласно закону сохранения энергии в колебательном контуре:  $\frac{q^2}{2C} + \frac{LI^2}{2} = \frac{LI_m^2}{2}$ .

Период свободных электромагнитных колебаний в контуре определяется формулой Томсона:  $T = 2\pi\sqrt{LC}$ .

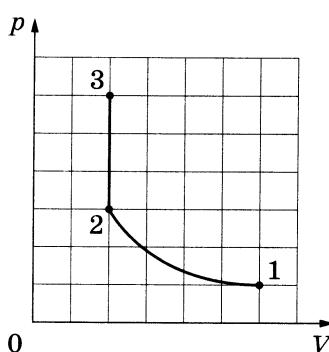
Из закона сохранения энергии определяем:  $q^2 = LC(I_m^2 - I^2)$ , откуда получаем:

$$q = \frac{T}{2\pi} \sqrt{I_m^2 - I^2} = \frac{6,3 \cdot 10^{-6}}{2 \cdot 3,14} \cdot \sqrt{(5 \cdot 10^{-3})^2 - (3 \cdot 10^{-3})^2} \approx 4 \cdot 10^{-9} \text{ Кл} = 4 \text{ нКл.}$$

Ответ:  $q \approx 4$  нКл.

**Вариант 24****27****Возможное решение**

1.



2. Внутренняя энергия идеального одноатомного газа пропорциональна его абсолютной температуре:  $U = \frac{3}{2}vRT$ . На участке 1–2  $U = \text{const}$ , температура газа не меняется, происходит изотермическое сжатие, давление в этом процессе возрастает в 3 раза. При этом  $pV = \text{const}$ , поэтому объём газа уменьшился в 3 раза. В координатах  $p$ – $V$  график является гиперболой.

3. На участке 2–3 температура пропорциональна давлению, процесс при постоянном количестве вещества, согласно уравнению Менделеева — Клапейрона ( $pV = vRT$ ), является изохорным нагреванием, объём газа не изменяется, а давление увеличивается в 2 раза. В координатах  $p$ – $V$  график является отрезком вертикальной прямой.

**28****Возможное решение**

Правило для моментов сил относительно оси, проходящей через шарнир:

$$FL = Mgb + mg\frac{L}{2}.$$

Проведя преобразования, получим

$$L = \frac{Mgb}{F - \frac{mg}{2}} = \frac{75 \cdot 10 \cdot 1}{350 - \frac{20 \cdot 10}{2}} = 3 \text{ м.}$$

**Ответ:**  $L = 3$  м.

**29****Возможное решение**

1. Найдём скорость  $v_1$ , которую брусок приобрёл, пройдя путь  $x$ . Используем закон сохранения энергии:

$$Mgx \sin \alpha = \frac{Mv_1^2}{2}, \quad v_1 = \sqrt{2gx \sin \alpha}. \quad (1)$$

2. Учитывая абсолютно неупругий удар пули и бруска, запишем закон сохранения импульса для этих тел:

$$mv - Mv_1 = (M + m)v_2, \quad (2)$$

где  $v$  — скорость пули,  $v_2$  — скорость, которую приобретут тела после неупругого удара.

3. По закону сохранения энергии бруска, поднявшегося по наклонной плоскости на расстояние  $S$ :

$$\frac{(M+m)v_2^2}{2} = (M+m)gS\sin\alpha, v_2 = \sqrt{2gS\sin\alpha}. \quad (3)$$

4. Тогда

$$v = \frac{M}{m}\sqrt{2gx\sin\alpha} + \left(\frac{M}{m} + 1\right)\sqrt{2gS\sin\alpha},$$

$$v = 50\sqrt{2 \cdot 10 \cdot 3,6 \cdot 0,5} + 51 \cdot \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 2,5 \cdot 0,5} = 555 \text{ м/с.}$$

**Ответ:**  $v = 555$  м/с.

**30**

### Возможное решение

1. Количество теплоты  $Q_{12}$ , полученное газом в изобарном процессе 1–2 от нагревателя, согласно первому началу термодинамики

$$\begin{aligned} Q_{12} &= A_{12} + (U_2 - U_1) = p_1(V_2 - V_1) + \frac{3}{2}vR(T_2 - T_1) = \\ &= p_1(V_2 - V_1) + \frac{3}{2}p_1(V_2 - V_1) = \frac{5}{2}p_1(V_2 - V_1) = \frac{5}{2}A_{12}. \end{aligned}$$

(С учётом уравнения Менделеева — Клапейрона  $pV = vRT$ .)

2. В адиабатном процессе  $Q_{13} = 0$ . Тогда модуль изменения внутренней энергии газа в процессе 1–3  $|U_3 - U_1| = A_{13}$ .

3. В результате  $\frac{A_{12}}{A_{13}} = \frac{2}{5} \cdot \frac{Q_{12}}{|U_3 - U_1|} = \frac{2}{5} \cdot 5 = 2$ .

**Ответ:**  $\frac{A_{12}}{A_{13}} = 2$ .

**31**

### Возможное решение

До размыкания ключа электрический ток протекает через последовательно соединённые резисторы  $R_1$ ,  $R_2$  и катушку  $L$ . Согласно закону Ома для полной цепи  $I = \frac{\epsilon}{R_1 + R_2 + r} = \frac{12}{7 + 4 + 1} = 1$  А. При этом напряжение на конденсаторе равно  $U = IR_2 = 1 \cdot 4 = 4$  В. Таким образом, до размыкания ключа в конденсаторе была накоплена энергия

$$W_C = \frac{CU^2}{2} = \frac{3 \cdot 10^{-6} \cdot 16}{2} = 24 \cdot 10^{-6} \text{ Дж} = 24 \text{ мкДж},$$

а в катушке индуктивности —

$$W_L = \frac{LI^2}{2} = \frac{32 \cdot 10^{-6} \cdot 1}{2} = 16 \cdot 10^{-6} \text{ Дж} = 16 \text{ мкДж}.$$

После размыкания ключа вся накопленная в элементах цепи энергия выделится в виде тепла на резисторе  $R_2$ :  $Q = W_C + W_L = 24 + 16 = 40$  мкДж.

**Ответ:**  $Q = 40$  мкДж.

**32****Возможное решение**

Согласно закону сохранения энергии в колебательном контуре:  $\frac{q^2}{2C} + \frac{LI^2}{2} = \frac{LI_m^2}{2}$ .

Период свободных электромагнитных колебаний в контуре определяется формулой Томсона:  $T = 2\pi\sqrt{LC}$ .

Из закона сохранения энергии определяем:  $I^2 = I_m^2 - \frac{q^2}{LC}$ , откуда получаем:

$$I^2 = I_m^2 - \frac{4\pi^2 q^2}{T^2} = 25 \cdot 10^{-6} - \frac{4 \cdot 3,14^2 \cdot 9 \cdot 10^{-18}}{6,3^2 \cdot 10^{-12}} \approx 16 \cdot 10^{-6} \text{ A}^2.$$

Ответ:  $I \approx 4 \text{ mA}$ .

**Вариант 25****27****Возможное решение**

- Электрометр 1 имеет положительный заряд, а электрометр 2 — отрицательный.
- Отрицательно заряженная палочка, поднесённая к шару электрометра 1, создаёт электрическое поле. В этом поле электроны с шара, стержня и стрелки электрометра 1 перемещаются по медному стержню на электрометр 2.
- Поскольку два соединённых медным стержнем электрометра образуют изолированную систему, то согласно закону сохранения заряда положительный заряд электрометра 1 в точности равен по модулю отрицательному заряду электрометра 2.
- После того как убрали стержень, заряды электрометров не изменились.

**28****Возможное решение**

Грузы связаны нерастяжимой и лёгкой нитью, а блок идеальный, следовательно, силы натяжения нити одинаковы и грузы движутся с одинаковыми ускорениями. Запишем для каждого груза второй закон Ньютона в проекциях на горизонтальную и вертикальную оси, направленные по направлению движения грузов:

$$M_1 a = T - F_{\text{тр}}; M_2 a = M_2 g - T.$$

Для силы трения справедливо соотношение  $F_{\text{тр}} = \mu M_1 g$ .

Следовательно, для коэффициента трения получим:

$$\mu = \frac{M_2 g - F - a(M_1 + M_2)}{M_1 g} = \frac{0,25 \cdot 10 - 1 - 0,8(1 + 0,25)}{1 \cdot 10} = 0,05.$$

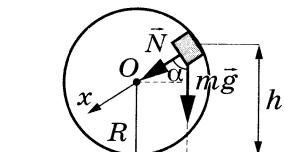
Ответ:  $\mu = 0,05$ .

**29****Возможное решение**

- Пусть скорость кубика на высоте  $h$  равна  $v$ , а в нижней точке петли потенциальная энергия кубика равна нулю.

Тогда по закону сохранения механической энергии

$$mgH = \frac{mv^2}{2} + mgh.$$



2. Когда кубик находится на высоте  $h$ , на него действуют две силы: сила тяжести  $m\vec{g}$  и сила реакции опоры  $\vec{N}$ . Запишем второй закон Ньютона в проекциях на радиальное направление ( $Ox$  на рисунке):  $mg \cos \alpha + N = \frac{mv^2}{R}$ , где  $\frac{v^2}{R} = a_n$  — центростремительное ускорение кубика в этой точке.

По третьему закону Ньютона  $N = F$ . Из рисунка видно, что  $\cos \alpha = \frac{h-R}{R}$ .

3. Из выражений п. 2 получим скорость кубика на высоте  $h$ :  $v^2 = g(h-R) + R \frac{F}{m}$ .

4. Подставив полученное значение 2 в формулу п. 1, найдём искомую высоту:

$$H = \frac{v^2}{2g} + h = \frac{3h - R}{2} + \frac{RF}{2mg} = \frac{3 \cdot 2 - 1,5}{2} + \frac{1,5 \cdot 4}{2 \cdot 1,5 \cdot 10} = 2,45 \text{ м.}$$

Ответ:  $H = 2,45$  м.

30

### Возможное решение

1. Коэффициент полезного действия теплового двигателя определяется формулой  $\eta = \frac{A}{Q_1}$ , где  $A$  — работа, совершённая газом за цикл,  $Q_1$  — количество теплоты, полученное за цикл газом от нагревателя.

2. Анализируя график цикла, можно прийти к выводу, что цикл состоит из двух изохор, 1–2 и 3–4, и двух изобар, 2–3 и 4–1 (см. рисунок цикла в координатах  $p$ – $V$ ).

Согласно закону Шарля  $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$ ; так как  $T_2 = 2T_1$ , то  $p_2 = p_3 = 2p_1$ .

3. Согласно закону Гей-Люссака  $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_4}{T_4}$ ; так как  $T_4 = T_2 = 2T_1$ , то  $V_3 = V_4 = 2V_1$ .

Работа, совершённая газом за цикл, численно равна площади фигуры, ограниченной графиком цикла:  $A = (p_2 - p_1)(V_3 - V_4) = p_1 V_1$ .

Газ получает положительное количество теплоты на изохоре 1–2 и изобаре 2–3; таким образом,  $Q_1 = Q_{1-2} + Q_{2-3}$ .

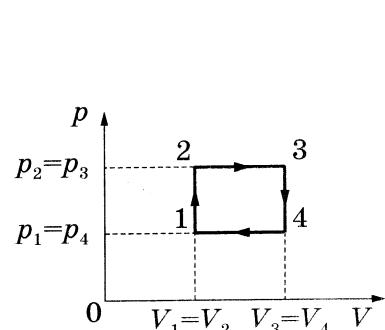
4. Согласно первому закону термодинамики для изохорного процесса 1–2 ( $V = \text{const}; A = 0$ )  $Q_{1-2} = \Delta U_{1-2} = \frac{3}{2}vR(T_2 - T_1) = \frac{3}{2}vRT_1$ . Для изобарного процесса 2–3:

$$Q_{2-3} = \Delta U_{2-3} + A_{2-3} = \frac{3}{2}vR(T_3 - T_2) + p_2(V_3 - V_2).$$

С учётом уравнения Менделеева — Клапейрона,  $pV = RT$ , получаем:  $Q_{1-2} = \frac{3}{2}p_1V_1$  и  $Q_{2-3} = \frac{5}{2}p_2(V_3 - V_2) = 5p_1V_1$ .

Таким образом,  $\eta = \frac{A}{Q_{1-2} + Q_{2-3}} = \frac{p_1V_1}{\frac{3}{2}p_1V_1 + 5p_1V_1} = \frac{p_1V_1}{\frac{13}{2}p_1V_1} = \frac{2}{13} \approx 0,154 = 15,4\%$ .

Ответ:  $\eta \approx 15,4\%$ .



**31****Возможное решение**

1. Потребляемая лампой мощность пропорциональна напряжению на ней и силе тока через нить накала в соответствии с законом Джоуля — Ленца:  $P = I \cdot U$ .
2. Как следует из графика, при напряжении  $U_1 = 12$  В сила тока, протекающего через лампу,  $I_1 = 2$  А.
3. Сопротивление лампы при этих параметрах определяется законом Ома для участка цепи:  $R_l = \frac{U_1}{I_1} = 6$  Ом.
4. Как следует из графика, лампа потребляет мощность  $P = 8,4$  Вт при напряжении  $U_2 = 6$  В и силе тока  $I_2 = 1,4$  А, а сопротивление нити накала при этом напряжении  $R_2 = \frac{U_2}{I_2} \approx 4,3$  Ом.
5. Так как сопротивление нити пропорционально температуре:  $R = \beta T$ , то  $\frac{T_2}{T_1} = \frac{R_2}{R_1}$ , откуда  $T_2 = T_1 \frac{R_2}{R_1} = 3500 \frac{6}{6 \cdot 1,4} = 2500$  К.

**Ответ:**  $T_2 = 2500$  К.

**32****Возможное решение**

1. По определению сила тока  $I = \frac{q}{t}$ , где  $q$  — заряд, прошедший через поперечное сечение проводника за время  $t$ .
2. Когда ток в цепи достигает насыщения, все фотоэлектроны, выбитые из катода, достигают анода. Тогда за время  $t$  через поперечное сечение проводника проходит заряд  $q = \frac{N_e e t}{\tau}$ , где  $e$  — модуль заряда электрона,  $N_e$  — количество фотоэлектронов, выбитых из катода за  $\tau = 1$  с.

Так как  $N_e = \frac{1}{30} N_\Phi$  (где  $N_\Phi$  — количество фотонов, падающих на катод за 1 с),

то  $I_{\max} = \frac{1}{30} \frac{N_\Phi e}{\tau}$ .

3. Так как энергия фотона  $E_\Phi = h\nu$ , то мощность света  $P = \frac{W}{t} = \frac{N_\Phi h\nu}{\tau}$ .

4. Окончательно получим:  $P = \frac{N_\Phi h\nu}{\tau} = \frac{30 I_{\max} h\nu}{e\tau}$ . Согласно приведённому графику сила тока насыщения  $I_{\max} = 2$  мА, тогда:  $P = \frac{30 \cdot 2 \cdot 10^{-3} \cdot 6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 5,2 \cdot 10^{14}}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 1} \approx 0,13$  Вт.

**Ответ:**  $P \approx 0,13$  Вт.

**Вариант 26****27****Возможное решение**

1. Электрометр 1 имеет отрицательный заряд, а электрометр 2 — положительный.
2. Положительно заряженная палочка, поднесённая к шару электрометра 1, создаёт электрическое поле. В этом поле электроны с шара, стержня и стрелки электрометра 2 перемещаются по алюминиевому стержню на электрометр 1.

3. Поскольку два соединённых алюминиевым стержнем электрометра образуют изолированную систему, то согласно закону сохранения заряда отрицательный заряд электрометра 1 в точности равен по модулю положительному заряду электрометра 2.

4. После того как убрали стержень, заряды электрометров не изменились.

28

### Возможное решение

Грузы связаны нерастяжимой и лёгкой нитью, а блок идеальный, следовательно, силы натяжения нити одинаковы и грузы движутся с одинаковыми ускорениями. Запишем для каждого груза второй закон Ньютона в проекциях на горизонтальную и вертикальную оси, направленные по направлению движения грузов:

$$M_1 a = T - F - F_{\text{тр}}; M_2 a = M_2 g - T.$$

Для силы трения справедливо соотношение  $F_{\text{тр}} = \mu M_1 g$ .

Следовательно, для коэффициента трения получим:

$$M_1 = \frac{M_2(g-a) - F}{a + \mu g} = \frac{0,5 \cdot (10-2) - 1}{2 + 0,1 \cdot 10} = 1 \text{ кг.}$$

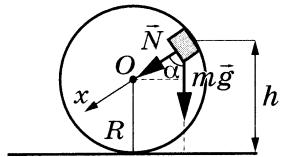
**Ответ:**  $M_1 = 1$  кг.

29

### Возможное решение

1. Пусть скорость кубика на высоте  $h$  равна  $v$ , а в нижней точке петли потенциальная энергия кубика равна нулю. Тогда по закону сохранения механической энергии

$$mgH = \frac{mv^2}{2} + mgh.$$



2. Когда кубик находится на высоте  $h$ , на него действуют две силы: сила тяжести  $m\bar{g}$  и сила реакции опоры  $\bar{N}$ . Запишем второй закон Ньютона в проекциях на радиальное направление ( $Ox$  на рисунке):

$$mg \cos \alpha + N = \frac{mv^2}{R},$$

где  $\frac{v^2}{R} = a_n$  — центростремительное ускорение кубика в этой точке.

По третьему закону Ньютона  $N = F$ .

Из рисунка видно, что  $\cos \alpha = \frac{h-R}{R}$ .

3. Из выражений п. 2 получим скорость кубика на высоте  $h$ :  $v^2 = g(h-R) + R \frac{F}{m}$ .

4. Подставив полученное значение  $v^2$  в формулу п. 1, найдём искомую высоту:

$$h = \frac{1}{3} \left( 2H + R - \frac{RF}{mg} \right) = \frac{1}{3} \left( 2 \cdot 2,45 + 1,5 - \frac{1,5 \cdot 4}{1,5 \cdot 10} \right) = 2 \text{ м.}$$

**Ответ:**  $h = 2$  м.

30

**Возможное решение**

1. Коэффициент полезного действия теплового двигателя определяется формулой  $\eta = \frac{A}{Q_1}$ , где  $A$  — работа, совершённая газом за цикл,  $Q_1$  — количество теплоты, полученное за цикл газом от нагревателя.

2. Анализируя график цикла, можно прийти к выводу, что цикл состоит из двух изохор, 1–2 и 3–4, и двух изобар, 2–3 и 4–1 (см. рисунок цикла в координатах  $p$ - $V$ ).

Согласно закону Шарля для двух изохор 1–2 и 3–4  $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$  и  $\frac{p_1}{T_4} = \frac{p_2}{T_3}$ . Следовательно,  $\frac{T_4}{T_1} = \frac{T_3}{T_2}$ . Так как  $T_3 = 4T_1$ , то  $T_4 T_2 = T_1 T_3 = 4T_1^2 \Rightarrow T_2 = 2T_1$  и  $p_2 = p_3 = 2p_1$ .

3. Согласно закону Гей-Люссака  $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_4}{T_4}$ ; так как  $T_4 = T_2 = 2T_1$ , то  $V_3 = V_4 = 2V_1$ .

Работа, совершённая газом за цикл, численно равна площади фигуры, ограниченной графиком цикла:  $A = (p_2 - p_1)(V_3 - V_4) = p_1 V_1$ .

Газ получает положительное количество теплоты на изохоре 1–2 и изобаре 2–3; таким образом,  $Q_1 = Q_{1-2} + Q_{2-3}$ .

4. Согласно первому закону термодинамики для изохорного процесса 1–2 ( $V = \text{const}$ ;  $A = 0$ )  $Q_{1-2} = \Delta U_{1-2} = \frac{3}{2} \nu R(T_2 - T_1) = \frac{3}{2} \nu R T_1$ . Для изобарного процесса 2–3:

$$Q_{2-3} = \Delta U_{2-3} + A_{2-3} = \frac{3}{2} \nu R(T_3 - T_2) + p_2(V_3 - V_2).$$

С учётом уравнения Менделеева — Клапейрона,  $pV = RT$ , получаем:  $Q_{1-2} = \frac{3}{2} p_1 V_1$  и  $Q_{2-3} = \frac{5}{2} p_2(V_3 - V_2) = 5p_1 V_1$ .

Таким образом,

$$\eta = \frac{A}{Q_{1-2} + Q_{2-3}} = \frac{p_1 V_1}{\frac{3}{2} p_1 V_1 + 5p_1 V_1} = \frac{p_1 V_1}{\frac{13}{2} p_1 V_1} = \frac{2}{13} \approx 0,154 = 15,4 \text{ \%}.$$

**Ответ:**  $\eta \approx 15,4 \text{ \%}$ .

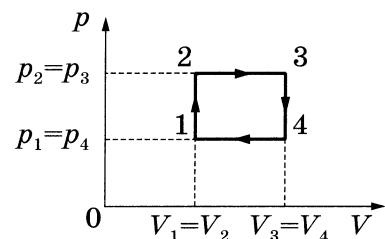
31

**Возможное решение**

1. Потребляемая лампой мощность пропорциональна напряжению на ней и силе тока через нить накала в соответствии с законом Джоуля — Ленца:  $P = I \cdot U$ .

2. Как следует из графика, при напряжении  $U_1 = 12$  В сила тока, протекающего через лампу  $I_1 = 2$  А, поэтому потребляемая мощность равна 24 Вт.

3. Сопротивление лампы при этих параметрах определяется законом Ома для участка цепи:  $R_1 = \frac{U_1}{I_1} = 6 \text{ Ом}$ .



4. Как следует из графика, при напряжении  $U_2 = 6$  Вт через лампу будет протекать ток силой  $I_2 = 1,4$  А, а сопротивление нити накала при этом напряжении  $R_2 = \frac{U_2}{I_2} \approx 4,3$  Ом.

5. Так как сопротивление нити пропорционально температуре:  $R = \beta T$ , то  $\frac{T_2}{T_1} = \frac{R_2}{R_1}$ , откуда  $T_2 = T_1 \frac{R_2}{R_1} = 4200 \frac{6}{6 \cdot 1,4} = 3000$  К.

Ответ:  $T_2 = 3000$  К.

32

### Возможное решение

1. По определению сила тока  $I = \frac{q}{t}$ , где  $q$  — заряд, прошедший через поперечное сечение проводника за время  $t$ .

2. Когда ток в цепи достигает насыщения, все фотоэлектроны, выбитые из катода, достигают анода. Тогда за время  $t$  через поперечное сечение проводника проходит заряд  $q = \frac{N_e e t}{\tau}$ , где  $e$  — модуль заряда электрона,  $N_e$  — количество фотоэлектронов, выбитых из катода за  $\tau = 1$  с.

Так как  $N_e = \frac{1}{30} N_\Phi$  (где  $N_\Phi$  — количество фотонов, падающих на катод за 1 с),

$$\text{то } I_{\max} = \frac{1}{30} \frac{N_\Phi e}{\tau}.$$

3. Так как энергия фотона  $E_\Phi = \frac{hc}{\lambda}$ , то мощность света  $P = \frac{W}{t} = \frac{N_\Phi}{\tau} \frac{hc}{\lambda}$ .

4. Окончательно получим:  $P = \frac{N_\Phi}{\tau} \frac{hc}{\lambda} = \frac{30 I_{\max} hc}{e \lambda \tau}$ . Согласно приведённому графику

сила тока насыщения  $I_{\max} = 2$  мА, тогда:

$$P = \frac{30 \cdot 2 \cdot 10^{-3} \cdot 6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 500 \cdot 10^{-9} \cdot 1} \approx 0,15 \text{ Вт.}$$

Ответ:  $P \approx 0,15$  Вт.

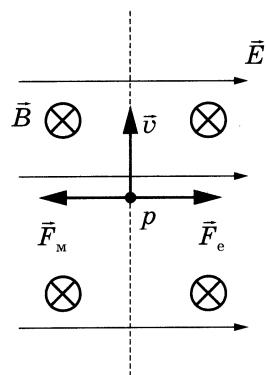
### Вариант 27

27

### Возможное решение

1. Траектория протона будет криволинейной, отклоняющейся от пунктирной прямой влево.

2. На протон действуют магнитное поле силой  $\vec{F}_m = qvB$  и электрическое поле силой  $\vec{F}_e = qE$ . Поскольку заряд протона положительный,  $\vec{F}_e$  сонаправлена с  $\vec{E}$ , а по правилу левой руки  $\vec{F}_m$  направлена противоположно силе  $\vec{F}_e$ . Поскольку первоначально протон двигался прямолинейно, то согласно второму закону Ньютона по модулю эти силы были равны.



3. Сила действия электрического поля с уменьшением напряжённости электрического поля уменьшится. Поскольку из-за этого равнодействующая сил  $\vec{F}_m$  и  $\vec{F}_e$ , а также вызываемое ею в этом случае ускорение направлены влево, траектория протона будет криволинейной, отклоняющейся от пунктирной прямой влево.

28

**Возможное решение**

При движении человека на санках по склону горы при отсутствии силы трения выполняется закон сохранения механической энергии  $mgh = \frac{mv^2}{2}$ .

При движении по горизонтальной поверхности работа силы трения равна изменению кинетической энергии, что приводит к равенству:  $\frac{mv^2}{2} = F_{tp}S$ .

Следовательно, для пройденного расстояния получим:  $S = \frac{mgh}{F_{tp}} = \frac{100 \cdot 10 \cdot 6}{160} = 37,5$  м.

**Ответ:**  $S = 37,5$  м.

29

**Возможное решение**

Систему отсчёта, связанную с Землёй, считаем инерциальной.

Запишем второй закон Ньютона:  $\vec{T} + m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_A = 0$ .

Поскольку трение шара о стенку отсутствует, линия действия силы натяжения нити будет проходить через центр шара.

В проекциях на оси  $Ox$  и  $Oy$  второй закон Ньютона запишем в виде:

$$Ox : N - T \sin \alpha = 0; \quad (1)$$

$$Oy : mg - T \cos \alpha - F_A = 0. \quad (2)$$

Объём шара  $V = \frac{m}{\rho}$ .

Величина выталкивающей силы  $F_A$  определяется по закону Архимеда:

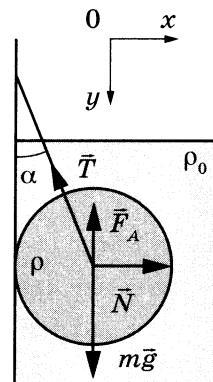
$$F_A = \rho_0 g V = mg \frac{\rho_0}{\rho}, \quad (3)$$

где  $\rho_0$  — плотность воды.

Выполняя математические преобразования с формулами (2) и (3), получим:

$$T = \frac{mg(\rho - \rho_0)}{\rho \cos \alpha} = \frac{4 \cdot 10 \cdot (11\ 300 - 1000)}{11\ 300 \cdot 0,866} \approx 42 \text{ Н.}$$

**Ответ:**  $T \approx 42$  Н.



30

**Возможное решение**

Относительная влажность определяется парциальным давлением водяного пара  $p$  и давлением  $p_{\text{нас}}$  насыщенного пара при той же температуре:  $\varphi = \frac{p}{p_{\text{нас}}}$ .

За время  $\tau$  работы увлажнителя с производительностью  $I$  испаряется масса воды  $m = \rho I \tau$  плотностью  $\rho$ .

В результате исходная влажность в комнате,  $\varphi_1 = \frac{p_1}{p_{\text{нас}}}$ , возрастает до значения

$$\varphi_2 = \frac{p_2}{p_{\text{нас}}} = \frac{p_1 + \Delta p}{p_{\text{нас}}} = \varphi_1 + \frac{\Delta p}{p_{\text{нас}}}.$$

Водяной пар в комнате объёмом  $V$  является разреженным газом, который подчиняется уравнению Менделеева — Клапейрона:

$$pV = \frac{M}{\mu} RT,$$

где  $M$  — масса водяного пара,  $p$  — его парциальное давление,  $\mu$  — его молярная масса. Увеличение массы пара в комнате на  $m$  (от  $m_1$  до  $m_2 = m_1 + m$ ) приводит к увеличению парциального давления на величину, пропорциональную испарившейся массе:  $\Delta p = \frac{m}{\mu} \frac{RT}{V} = \frac{\rho I \tau}{\mu} \frac{RT}{V}$ .

Отсюда:  $\varphi_2 = \varphi_1 + \frac{\Delta p}{p_{\text{нас}}} = \varphi_1 + \frac{\rho I \tau}{\mu} \cdot \frac{RT}{p_{\text{нас}} V}$ .

Окончательно получим:  $\tau = \frac{(\varphi_2 - \varphi_1) \mu p_{\text{нас}} V}{\rho I R T} = \frac{(0,65 - 0,3) \cdot 0,018 \cdot 2330 \cdot 4 \cdot 5 \cdot 3}{1000 \cdot 0,2 \cdot 10^{-3} \cdot 8,31 \cdot 293} \approx 1,8 \text{ ч.}$

**Ответ:**  $\tau = 1,8 \text{ ч.}$

31

### Возможное решение

При движении стержней с разными скоростями изменение потока вектора магнитной индукции, пронизывающего контур, за промежуток времени  $\Delta t$  определяется по формуле  $\Delta\Phi = Bl(v_1 - v_2)\Delta t = Blv_{\text{отн}}\Delta t$ , что приводит к возникновению в контуре ЭДС индукции. Согласно закону Фарадея  $\mathcal{E} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -Blv_{\text{отн}}$ .

Здесь мы пренебрегли самоиндукцией контура.

В соответствии с законом Ома для замкнутой цепи в контуре появился ток

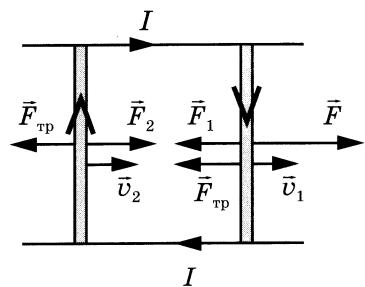
$$I = \frac{|\mathcal{E}|}{2R} = \frac{Blv_{\text{отн}}}{2R}.$$

На проводники с током в магнитном поле действуют силы Ампера  $\vec{F}_1$  и  $\vec{F}_2$ ,  $F_1 = F_2 = IBl$ , как показано на рисунке. Кроме этих сил, на каждый стержень действует тормозящая сила трения,  $F_{\text{тр}} = \mu mg$ .

Так как стержни движутся равномерно, сумма сил, приложенных к каждому стержню, равна нулю. На второй стержень действуют только сила Ампера  $F_2$  и сила трения, поэтому  $\frac{(Bl)^2 v_{\text{отн}}}{2R} = \mu mg$ . Отсюда относительная скорость:

$$v_{\text{отн}} = \frac{2\mu mgR}{(Bl)^2} = \frac{2 \cdot 0,15 \cdot 0,05 \cdot 10 \cdot 0,3}{(1 \cdot 0,15)^2} = 2 \text{ м/с.}$$

**Ответ:**  $v_{\text{отн}} = 2 \text{ м/с.}$



32

### Возможное решение

Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов, вылетевших из пластиинки,  $E_{\text{max}}$  определяется уравнением Эйнштейна для фотоэффекта:

$$\frac{hc}{\lambda} = A_{\text{вых}} + E_{\text{max}}.$$

Максимальное удаление от пластинки  $d$  для электрона с зарядом  $e$  в однородном электрическом поле  $E$  можно найти из закона сохранения энергии:

$$E_{\max} = eEd.$$

Из приведённых уравнений получим:

$$d = \frac{\frac{hc}{\lambda} - A_{\text{вых}}}{eE}.$$

Подставляя значения физических величин, получим:

$$d = \frac{\frac{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{0,2 \cdot 10^{-6}} - 4,7 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 10^2} \approx 0,015 \text{ м.}$$

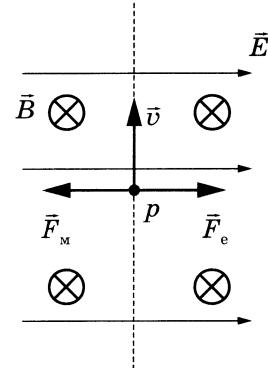
Ответ:  $d \approx 1,5$  см.

## Вариант 28

27

### Возможное решение

- Траектория протона будет криволинейной, отклоняющейся от пунктирной прямой влево.
- На протон действуют магнитное поле силой  $\vec{F}_m = qvB$  и электрическое поле силой  $\vec{F}_e = qE$ . Поскольку заряд протона положительный,  $\vec{F}_e$  сонаправлена с  $\vec{E}$ , а по правилу левой руки  $\vec{F}_m$  направлена противоположно силе  $\vec{F}_e$ . Поскольку первоначально протон двигался прямолинейно, то согласно второму закону Ньютона по модулю эти силы были равны.
- Сила действия магнитного поля с увеличением индукции магнитного поля увеличится. Поскольку из-за этого равнодействующая сил  $\vec{F}_m$  и  $\vec{F}_e$ , а также вызываемое ею в этом случае ускорение направлены влево, траектория протона будет криволинейной, отклоняющейся от пунктирной прямой влево.



28

### Возможное решение

При движении человека на санках по склону горы при отсутствии силы трения выполняется закон сохранения механической энергии

$$mgh = \frac{mv^2}{2}.$$

При движении по горизонтальной поверхности работа силы трения равна изменению кинетической энергии, что приводит к равенству:

$$\frac{mv^2}{2} = F_{\text{тр}}S.$$

Следовательно, для силы трения получим:

$$F_{\text{тр}} = \frac{mgh}{S} = \frac{80 \cdot 10 \cdot 5}{25} = 160 \text{ Н.}$$

Ответ:  $F_{\text{тр}} = 160$  Н.

29

**Возможное решение**

Систему отсчёта, связанную с Землёй, считаем инерциальной. Запишем второй закон Ньютона:  $\vec{T} + m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_A = 0$ .

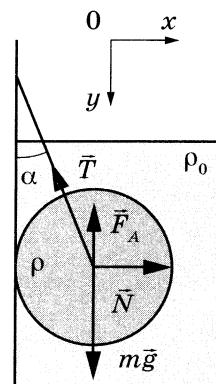
Поскольку трение шара о стенку отсутствует, линия действия силы натяжения нити будет проходить через центр шара.

В проекциях на оси  $Ox$  и  $Oy$  второй закон Ньютона запишем в виде:

$$Ox : N - T \sin \alpha = 0; \quad (1)$$

$$Oy : mg - T \cos \alpha - F_A = 0. \quad (2)$$

$$\text{Объём шара } V = \frac{m}{\rho}.$$



Величина выталкивающей силы  $F_A$  определяется по закону Архимеда:

$$F_A = \rho_0 g V = mg \frac{\rho_0}{\rho}, \quad (3)$$

где  $\rho_0$  — плотность воды.

Выполняя математические преобразования с формулами (2) и (3), получим:

$$m = \frac{\rho T \cos \alpha}{g(\rho - \rho_0)} \approx \frac{11300 \cdot 30 \cdot 0,866}{10 \cdot (11300 - 1000)} \approx 2,85 \text{ кг.}$$

**Ответ:**  $m \approx 2,85$  кг.

30

**Возможное решение**

Относительная влажность определяется парциальным давлением водяного пара  $p$  и давлением  $p_{\text{нас}}$  насыщенного пара при той же температуре:  $\varphi = \frac{p}{p_{\text{нас}}}$ .

За время  $\tau$  работы увлажнителя с производительностью  $I$  испаряется масса воды  $m = \rho I \tau$  плотностью  $\rho$ .

В результате исходная влажность в комнате,  $\varphi_1 = \frac{p_1}{p_{\text{нас}}}$ , возрастает до значения

$$\varphi_2 = \frac{p_2}{p_{\text{нас}}} = \frac{p_1 + \Delta p}{p_{\text{нас}}} = \varphi_1 + \frac{\Delta p}{p_{\text{нас}}}.$$

Водяной пар в комнате объёмом  $V$  является разрежённым газом, который подчиняется уравнению Менделеева — Клапейрона:

$$pV = \frac{M}{\mu} RT,$$

где  $M$  — масса водяного пара,  $p$  — его парциальное давление,  $\mu$  — его молярная масса. Увеличение массы пара в комнате на  $m$  (от  $m_1$  до  $m_2 = m_1 + m$ ) приводит к увеличению парциального давления на величину, пропорциональную испарившейся массе:  $\Delta p = \frac{m}{\mu} \frac{RT}{V} = \frac{\rho I \tau}{\mu} \frac{RT}{V}$ .

$$\text{Отсюда: } \varphi_2 = \varphi_1 + \frac{\Delta p}{p_{\text{нас}}} = \varphi_1 + \frac{\rho I \tau}{\mu} \cdot \frac{RT}{p_{\text{нас}} V}.$$

Окончательно получим:

$$\varphi_2 = 0,2 + \frac{10^3 \cdot 0,2 \cdot 10^{-3} \cdot 2}{18 \cdot 10^{-3}} \cdot \frac{8,31 \cdot 298}{3,17 \cdot 10^3 \cdot 6 \cdot 5 \cdot 3} \approx 0,39 = 39\%.$$

**Ответ:**  $\varphi_2 \approx 39\%$ .

31

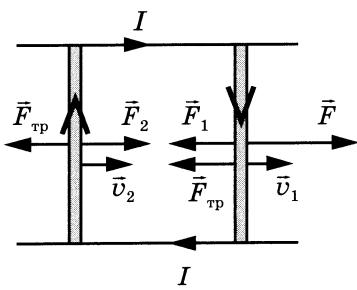
**Возможное решение**

При движении стержней с разными скоростями изменение потока вектора магнитной индукции, пронизывающего контур, за промежуток времени  $\Delta t$  определяется по формуле  $\Delta\Phi = Bl(v_1 - v_2)\Delta t = Blv_{\text{отн}}\Delta t$ , что приводит к возникновению в контуре ЭДС индукции. Согласно закону Фарадея  $\mathcal{E} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -Blv_{\text{отн}}$ .

Здесь мы пренебрегли самоиндукцией контура.

В соответствии с законом Ома для замкнутой цепи в контуре появился ток

$$I = \frac{|\mathcal{E}|}{2R} = \frac{Blv_{\text{отн}}}{2R}.$$



На проводники с током в магнитном поле действуют силы Ампера  $\vec{F}_1$  и  $\vec{F}_2$ ,  $F_1 = F_2 = IBl$ , как показано на рисунке. Кроме этих сил, на каждый стержень действует тормозящая сила трения,  $F_{\text{тр}} = \mu mg$ .

Так как стержни движутся равномерно, сумма сил, приложенных к каждому стержню, равна нулю. На второй стержень действуют только сила Ампера  $F_2$  и сила трения, поэтому  $\frac{(Bl)^2 v_{\text{отн}}}{2R} = \mu mg$ . Отсюда сопротивление проводников:

$$R = \frac{v_{\text{отн}}(Bl)^2}{2\mu mg} = \frac{1,5 \cdot (1 \cdot 0,2)^2}{2 \cdot 0,2 \cdot 0,05 \cdot 10} = 0,3 \text{ Ом.}$$

**Ответ:**  $R = 0,3 \text{ Ом.}$

32

**Возможное решение**

Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов, вылетевших из пластиинки,  $E_{\text{max}}$  определяется уравнением Эйнштейна для фотоэффекта:  $\frac{hc}{\lambda} = A_{\text{вых}} + E_{\text{max}}$ .

Максимальное удаление от пластиинки  $d$  для электрона с зарядом  $e$  в однородном электрическом поле  $E$  можно найти из закона сохранения энергии:  $E_{\text{max}} = eEd$ .

Из приведённых уравнений

$$\lambda = \frac{hc}{A_{\text{вых}} + eEd} = \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{4,2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} + 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 75 \cdot 0,01} = 2,5 \cdot 10^{-7} \text{ м.}$$

**Ответ:**  $\lambda = 2,5 \cdot 10^{-7} \text{ м.}$

**Вариант 29****27****Возможное решение**

1. Плотность газа  $\rho = \frac{m}{V}$ , где  $m$  — масса газа,  $V$  — его объём. В соответствии с уравнением Менделеева — Клапейрона  $p = \frac{m}{\mu V} RT = \frac{\rho}{\mu} RT$ . На участке 1–2 плотность газа уменьшается, что означает увеличение его объёма. Давление газа при этом не изменяется, следовательно, согласно уравнению Менделеева — Клапейрона температура газа увеличивается.
2. В процессе 2–3 давление изменяется пропорционально плотности газа:  $p \sim \rho$ . Следовательно, в этом процессе температура газа не изменяется. Поскольку плотность газа на этом участке уменьшается, объём газа увеличивается.

**Ответ:** в процессе 1–2  $V$  и  $T$  растут, в процессе 2–3  $V$  растёт,  $T = \text{const}$ .

**28****Возможное решение**

Поскольку сопротивление воздуха пренебрежимо мало, то при движении тела выполняется закон сохранения механической энергии

$$\frac{mv_1^2}{2} + E_{\text{пот}} = \frac{mv_2^2}{2}.$$

Следовательно, для начальной скорости получим:

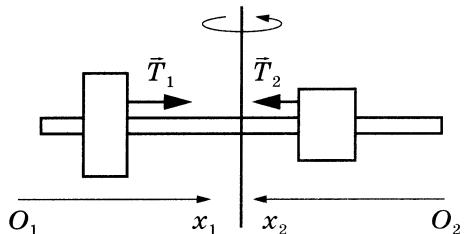
$$v_1 = \sqrt{v_2^2 - \frac{2E_{\text{пот}}}{m}} = \sqrt{36 - \frac{2 \cdot 20}{2}} = 4 \text{ м/с.}$$

**Ответ:**  $v_1 = 4$  м/с.

**29****Возможное решение**

Для каждого груза выберем инерциальную систему отсчёта, ось которой направлена вдоль штанги к оси вращения (см. рисунок), и запишем в проекциях второй закон Ньютона для грузов:

$$\begin{cases} m_1 a_1 = T_1; \\ m_2 a_2 = T_2, \end{cases}$$



где  $a_1 = \omega^2 R_1$ ,  $a_2 = \omega^2 R_2$  — центростремительные ускорения грузов,  $\omega = 2\pi\nu$  — угловая скорость вращения,  $R_1$  и  $R_2$  — радиусы окружностей.

Учитывая, что  $T_1 = T_2 = T$  и  $R_1 + R_2 = l$ , из записи второго закона Ньютона получим:

$$R_1 = \frac{m_2}{m_1 + m_2} l, \quad T_1 = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} (2\pi\nu)^2 l = T.$$

Подставляя значения физических величин, найдём длину нити:

$$l = \frac{T \cdot (m_1 + m_2)}{m_1 m_2 (2\pi\nu)^2} = \frac{150 \cdot (0,1 + 0,4)}{0,1 \cdot 0,4 \cdot (2 \cdot 3,14 \cdot 15)^2} \approx 0,21 \text{ м.}$$

**Ответ:**  $l \approx 0,21$  м.

**30****Возможное решение**

1. Когда трубка расположена горизонтально, объём воздуха и его давление равны, соответственно:  $V_1 = l_1 S$ , где  $S$  — площадь сечения трубки;  $p_1 = p_{\text{атм}}$ , что вытекает из условия равновесия столбика ртути.

2. Когда трубка расположена вертикально отверстием вверх, объём закрытой части трубы и давление воздуха в ней равны, соответственно:

$$V_2 = l_2 S; \quad p_2 = p_{\text{атм}} + \rho g l,$$

где  $\rho$  — плотность ртути.

3. Так как  $T = \text{const}$ , получаем:  $p_1 V_1 = p_2 V_2$ .

$p_{\text{атм}} l_1 S = (p_{\text{атм}} + \rho g l) l_2 S$ , откуда

$$l = \frac{p_{\text{атм}} (l_1 - l_2)}{\rho g l_2} = \frac{750 \cdot (30 - 25)}{250} = 15 \text{ см.}$$

Ответ:  $l = 15$  см.

**31****Возможное решение**

1. Согласно закону электромагнитной индукции ЭДС в контуре  $AEDC$  пропорциональна скорости изменения потока вектора магнитной индукции:

$$\left| \mathcal{E}_{\text{инд}} \right| = \left| \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \right| = \left| B \frac{\Delta S}{\Delta t} \right| = Bl(v_1 + v_2). \quad (1)$$

2. По закону Ома для полной цепи сила тока в этом контуре

$$I = \frac{\left| \mathcal{E}_{\text{инд}} \right|}{2R}. \quad (2)$$

3. Объединяя (1) и (2), получим:

$$R = \frac{Bl(v_1 + v_2)}{2I}.$$

Ответ:  $R = \frac{Bl(v_1 + v_2)}{2I}$ .

**32****Возможное решение**

1. Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов, вылетающих из пластины,  $W_{\text{max}}$  определяется уравнением Эйнштейна для фотоэффекта:

$$h \frac{c}{\lambda} = A_{\text{вых.}} + W_{\text{max}}. \quad (1)$$

2. Максимальное удаление от пластины  $d$  для электрона с зарядом  $e$  в электрическом поле  $E$  определяется законом сохранения энергии:

$$E_{\text{max}} = Eed. \quad (2)$$

3. Отсюда  $A_{\text{вых.}} = \frac{hc}{\lambda} - eEd$ .

4. Подставляя значения физических величин, получим:

$$A_{\text{вых.}} = \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{150 \cdot 10^{-9}} - 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 120 \cdot 4 \cdot 10^{-2} = 5,52 \cdot 10^{-19} \text{ Дж} = 3,45 \text{ эВ.}$$

Ответ:  $A_{\text{вых.}} = 5,52 \cdot 10^{-19} \text{ Дж} = 3,45 \text{ эВ.}$

**Вариант 30****27****Возможное решение**

1. Плотность газа  $\rho = \frac{m}{V}$ , где  $m$  — масса газа,  $V$  — его объём. В соответствии с уравнением Менделеева — Клапейрона  $p = \frac{m}{\mu V} RT = \frac{\rho}{\mu} RT$ . На участке 1–2 давление изменяется пропорционально плотности газа:  $p \sim \rho$ . Следовательно, в этом процессе температура газа не изменяется. Поскольку плотность газа на этом участке возрастает, объём газа уменьшается.

2. В процессе 2–3 плотность газа постоянна, следовательно, объём газа не меняется. Давление газа при этом уменьшается, следовательно, согласно уравнению Менделеева — Клапейрона температура газа также уменьшается.

**Ответ:** в процессе 1–2  $T = \text{const}$ ,  $V$  убывает. В процессе 2–3  $V = \text{const}$ ,  $T$  убывает.

**28****Возможное решение**

Поскольку сопротивление воздуха пренебрежимо мало, то при движении тела выполняется закон сохранения механической энергии

$$\frac{mv_0^2}{2} + E_{\text{пот}} = \frac{mv_1^2}{2}, \text{ где } v_1 = 2v_0.$$

Следовательно, для начальной скорости получим:

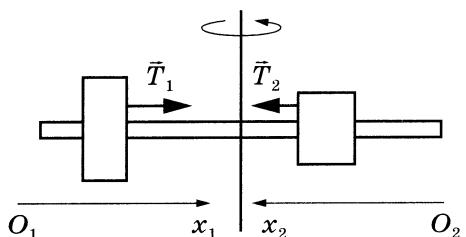
$$v_0 = \sqrt{\frac{2E_{\text{пот}}}{3m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 75}{3 \cdot 2}} = 5 \text{ м/с.}$$

**Ответ:**  $v_0 = 5$  м/с.

**29****Возможное решение**

Для каждого груза выберем инерциальную систему отсчёта, ось которой направлена вдоль штанги к оси вращения (см. рисунок), и запишем в проекциях второй закон Ньютона для грузов:

$$\begin{cases} m_1 a_1 = T_1; \\ m_2 a_2 = T_2, \end{cases}$$



где  $a_1 = \omega^2 R_1$ ,  $a_2 = \omega^2 R_2$  — центростремительные ускорения грузов,  $\omega = 2\pi\nu$  — угловая скорость вращения,  $R_1$  и  $R_2$  — радиусы окружностей.

Учитывая, что  $T_1 = T_2 = T$  и  $R_1 + R_2 = l$ , из записи второго закона Ньютона получим:

$$R_1 = \frac{m_2}{m_1 + m_2} l, \quad T_1 = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} (2\pi\nu)^2 l = T.$$

Подставляя значения физических величин, найдём частоту вращения штанги:

$$\nu = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{T(m_1 + m_2)}{m_1 m_2 l}} = \frac{1}{2 \cdot 3,14} \cdot \sqrt{\frac{95 \cdot (0,1 + 0,4)}{0,1 \cdot 0,4 \cdot 0,3}} \approx 10 \text{ об/с.}$$

**Ответ:**  $\nu \approx 10$  об/с.

30

**Возможное решение**

1. Когда трубка расположена горизонтально, объём воздуха и его давление равны, соответственно:  $V_1 = l_1 S$ , где  $S$  — площадь сечения трубки;  $p_1 = p_{\text{атм}}$ , что вытекает из условия равновесия столбика ртути.

2. Когда трубка расположена вертикально отверстием вверх, объём закрытой части трубы и давление воздуха в ней равны, соответственно:

$$V_2 = l_2 S; \quad p_2 = p_{\text{атм}} + \rho g l, \quad \text{где } \rho \text{ — плотность ртути.}$$

3. Так как  $T = \text{const}$ , получаем:  $p_1 V_1 = p_2 V_2$ .

$$p_{\text{атм}} l_1 S = (p_{\text{атм}} + \rho g l) l_2 S, \quad \text{откуда}$$

$$l_2 = \frac{p_{\text{атм}} l_1}{p_{\text{атм}} + \rho g l} = \frac{750 \cdot 36}{750 + 150} = 30 \text{ см.}$$

**Ответ:**  $l_2 = 30$  см.

31

**Возможное решение**

1. Согласно закону электромагнитной индукции ЭДС в контуре  $AEDC$  пропорциональна скорости изменения потока вектора магнитной индукции:

$$|\mathcal{E}_{\text{инд}}| = \left| \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \right| = \left| B \frac{\Delta S}{\Delta t} \right| = B l (v_1 + v_2). \quad (1)$$

2. По закону Ома для полной цепи сила тока в этом контуре

$$I = \frac{|\mathcal{E}_{\text{инд}}|}{2R}. \quad (2)$$

3. Объединяя (1) и (2), получим:

$$I = \frac{B l (v_1 + v_2)}{2R}.$$

$$\text{Ответ: } I = \frac{B l (v_1 + v_2)}{2R}.$$

32

**Возможное решение**

1. Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов, вылетающих из пластины,  $W_{\max}$  определяется уравнением Эйнштейна для фотоэффекта:

$$h \frac{c}{\lambda} = A_{\text{вых.}} + W_{\max}. \quad (1)$$

2. Максимальное удаление от пластины  $d$  для электрона с зарядом  $e$  в электрическом поле  $E$  определяется законом сохранения энергии:

$$W_{\max} = E e d. \quad (2)$$

$$3. \text{ Отсюда } \lambda = \frac{hc}{A_{\text{вых.}} + eEd}.$$

4. Подставляя значения физических величин, получим:

$$\lambda = \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{4,2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} + 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 120 \cdot 2 \cdot 10^{-2}} \approx 188 \text{ нм.}$$

**Ответ:**  $\lambda \approx 188$  нм.

Издание для дополнительного образования  
**ЕГЭ. ФИПИ — ШКОЛЕ**

**ЕГЭ. ФИЗИКА**  
ТИПОВЫЕ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВАРИАНТЫ  
30 ВАРИАНТОВ

Под редакцией *Марины Юрьевны Демидовой*

Главный редактор *И. Федосова*  
Ответственный редактор *О. Чеснокова*  
Редактор *П. Вяткина*  
Художественный редактор *А. Сауков*  
Компьютерная вёрстка *М. Дерендеева*  
Корректор *А. Полякова*

Подписано в печать 14.09.2020. Формат 60×90<sup>1/8</sup>.  
Усл. печ. л. 50,0. Печать офсетная. Бумага типографская.  
Тираж 55 000 экз. Заказ № 61648.

ООО «Издательство «Национальное образование»  
119021, Москва, ул. Россолимо, д. 17, стр. 1, тел.: +7 (495) 788-00-75(76)

Свои пожелания и предложения по качеству и содержанию книг  
Вы можете направлять по эл. адресу: [editorial@nобр.ru](mailto:editorial@nобр.ru)

Отпечатано в филиале «Смоленский полиграфический комбинат»  
АО «Издательство «Высшая школа». Российская Федерация,  
214020, г. Смоленск, ул. Смольянинова, 1.  
Тел.: +7(4812) 31-11-96. Факс: +7(4812) 31-31-70.  
E-mail: [spk@smolpk.ru](mailto:spk@smolpk.ru) <http://www.smolpk.ru>