

ПОСОБИЕ ПРОШЛО  
НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКУЮ  
ОЦЕНКУ ФГБНУ

ФИПИ  
ШКОЛЕ

2024

ПРОЕКТ С УЧАСТИЕМ РАЗРАБОТЧИКОВ КИМ ЕГЭ

ЕГЭ

ЕДИНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭКЗАМЕН

# — ФИЗИКА —

ТИПОВЫЕ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВАРИАНТЫ

ПОД РЕДАКЦИЕЙ М. Ю. ДЕМИДОВОЙ

30  
ВАРИАНТОВ



Онлайн  
поддержка  
[ege.plus](#)



ПОСОБИЕ ПРОШЛО  
НАУЧНО-МЕТОДИСКУЮ  
ОЦЕНКУ ФГБНУ

ФИПИ  
ШКОЛЕ

2024

ПРОЕКТ С УЧАСТИЕМ РАЗРАБОТЧИКОВ КИМ ЕГЭ



ЕДИНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭКЗАМЕН

# ФИЗИКА

ТИПОВЫЕ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВАРИАНТЫ

ПОД РЕДАКЦИЕЙ М. Ю. ДЕМИДОВОЙ



ИЗДАТЕЛЬСТВО  
НАЦИОНАЛЬНОЕ  
ОБРАЗОВАНИЕ

Москва  
2024

УДК 373.167.1:53  
ББК 22.3я721  
Е31

**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 :  
Е31 30 вариантов / под ред. М.Ю. Демидовой.** — Москва : Издательство  
«Национальное образование», 2024. — 336 с. : ил. — (ЕГЭ. ФИПИ —  
школе).

ISBN 978-5-4454-1711-8.

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  
**2024 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 978-5-4454-1711-8

© ООО «Издательство «Национальное  
образование», 2024

## **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 . . . . .	20
Вариант 3 . . . . .	27
Вариант 4 . . . . .	34
Вариант 5 . . . . .	41
Вариант 6 . . . . .	49
Вариант 7 . . . . .	57
Вариант 8 . . . . .	65
Вариант 9 . . . . .	73
Вариант 10 . . . . .	80
Вариант 11 . . . . .	87
Вариант 12 . . . . .	94
Вариант 13 . . . . .	101
Вариант 14 . . . . .	109
Вариант 15 . . . . .	116
Вариант 16 . . . . .	123
Вариант 17 . . . . .	129
Вариант 18 . . . . .	136
Вариант 19 . . . . .	143
Вариант 20 . . . . .	151
Вариант 21 . . . . .	159
Вариант 22 . . . . .	167
Вариант 23 . . . . .	175
Вариант 24 . . . . .	182
Вариант 25 . . . . .	189
Вариант 26 . . . . .	196
Вариант 27 . . . . .	203
Вариант 28 . . . . .	210
Вариант 29 . . . . .	217
Вариант 30 . . . . .	224
Ответы и критерии оценивания . . . . .	231

## **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 результативности 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 овладение всеми основными предметными результатами и освоение элементов содержания из всех разделов школьного курса физики, при этом предлагаются задания трёх уровней сложности.

Каждый вариант экзаменационной работы состоит из 2 частей и включает в себя 26 заданий, различающихся формой и уровнем сложности. Часть 1 содержит 20 заданий с кратким ответом. Из них 11 заданий с записью ответа в виде числа или двух чисел, 9 заданий на установление соответствия и множественный выбор, в которых ответы необходимо записать в виде последовательности цифр.

Задания 1–17 группируются исходя из тематической принадлежности: механика — 6 заданий, молекулярная физика — 4 задания, электродинамика — 5 заданий, квантовая физика — 2 задания. 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 — задание на изменение физических величин в различных процессах или на установление соответствия между физическими величинами и графиками.

На позиции 18 — интегрированное задание, проверяющее понятийный аппарат не менее чем по трём разделам курса физики. В конце части 1 предлагаются два задания, проверяющие различные методологические умения и относящиеся к разным разделам физики. В задании 19 нужно записать показания прибора с учётом абсолютной погрешности измерений, а в задании 20 выбрать две экспериментальные установки, которые можно использовать для проверки заданной гипотезы.

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 6 заданий с развёрнутым ответом: одна качественная и 2 расчётные задачи повышенного уровня сложности и 3 расчётные задачи высокого уровня сложности. По содержанию задачи распределяются по разделам следующим образом: 2 задачи по механике, 2 задачи по молекулярной физике и термодинамике, 2 задачи по электродинамике.

### Система оценивания заданий

Правильное выполнение каждого из заданий 1–4, 7, 8, 11–13, 16, 19 и 20 оценивается 1 баллом. Задание считается выполненным верно, если ответ записан в той форме, которая указана в инструкции по выполнению задания, и полностью совпадает с эталоном ответа. В ответе на задание 20 порядок записи символов значения не имеет.

Правильное выполнение каждого из заданий 6, 10, 15 и 17 оценивается 2 баллами. Задание считается выполненным верно, если ответ записан в той форме, которая указана в инструкции по выполнению задания, и полностью совпадает с эталоном ответа: каждый символ в ответе стоит на своём месте, лишние символы в ответе отсутствуют. 1 балл выставляется, если на любой одной позиции ответа записан не тот символ, который представлен в эталоне ответа. Во всех других случаях выставляется 0 баллов. Если количество символов в ответе больше требуемого, выставляется 0 баллов вне зависимости от того, были ли указаны все необходимые символы.

Правильное выполнение каждого из заданий 5, 9, 14 и 18 оценивается 2 баллами. Задание считается выполненным верно, если ответ записан в той форме, которая указана в инструкции по выполнению задания, каждый символ присутствует в ответе, отсутствуют лишние символы. Порядок записи символов в ответе значения не имеет. 1 балл выставляется, если только один из символов, указанных в ответе, не соответствует эталону (в том числе есть один лишний символ наряду с остальными верными) или только один символ отсутствует; во всех других случаях выставляется 0 баллов.

Развёрнутые ответы проверяются экспертами. Максимальный первичный балл за выполнение каждого из заданий с развёрнутым ответом 22 и 23 составляет 2 балла, заданий 21, 24 и 25 составляет 3 балла, задания 26 — 4 балла. В критериях оценивания выполнения развёрнутых ответов к каждому заданию приводится подробная инструкция для экспертов, в которой указывается, за что выставляется каждый балл, — от нуля до максимального балла. В экзаменационном варианте перед каждым типом задания предлагается инструкция, в которой приведены общие требования к оформлению ответов.

Максимальный первичный балл за выполнение всей работы — 45.

## **КАРТА ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ДОСТИЖЕНИЙ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ**

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

Задание \ Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
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															
<b>Сумма баллов</b>															

© 2024. ООО «Издательство «Национальное образование»

Копирование, распространение и использование в коммерческих целях без письменного разрешения правообладателя не допускается

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															
Сумма баллов															

## 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 26 заданий.

В заданиях 1–4, 7, 8, 11–13 и 16 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, 6, 9, 10, 14, 15, 17, 18 и 20 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 19 являются два числа. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите по приведённому ниже образцу, не разделяя числа пробелом, в бланк ответов № 1.

КИМ Ответ: (1,4 ± 0,2) Н.

1 , 4 0 , 2

Бланк

Ответ к заданиям 21–26 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 ручки.

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.

*Желаем успеха!*



ЕДИНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭКЗАМЕН - 2024  
**БЛАНК ОТВЕТОВ № 1**

Код  
региона

Код  
предмета

## Название предмета

1000

Резерв - 4

Подпись участника ЕГЭ строго внутри окошка

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

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

## Результаты выполнения заданий с КРАТКИМ ОТВЕТОМ

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	
33	
34	
35	
36	
37	
38	
39	
40	

## Замена ошибочных ответов на задания с КРАТКИМ ОТВЕТОМ

A 3x10 grid of 30 small squares arranged in three rows and ten columns. The first square in each row contains a small black dash.

**ЗАПОЛНЯЕТСЯ ОТВЕТСТВЕННЫМ ОРГАНИЗАТОРОМ В АУДИТОРИИ:**

## Количество заполненных полей «Замена ошибочных ответов»

200

Печать, ответственного организатора строго внутри оконч.

Подпись ответственного организатора строго внутри окошка



■ ЕДИНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭКЗАМЕН - 2024 ■  
**БЛАНК ОТВЕТОВ № 2**

лист 1

Код региона	Код предмета	Название предмета	Резерв - 5

Бланк ответов № 2  
(лист 2)

Лист

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 отвечаете, 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

Наименование	Обозначение	Множитель	Наименование	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	$10^{-9}$
деци	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  
электрический заряд)

$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

постоянная Планка

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

### Соотношения 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

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

### 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

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

<b>Плотность</b>			
воды	1000 кг/м <sup>3</sup>	подсолнечного масла	900 кг/м <sup>3</sup>
древесины (сосны)	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 теплота</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  $0^\circ\text{C}$

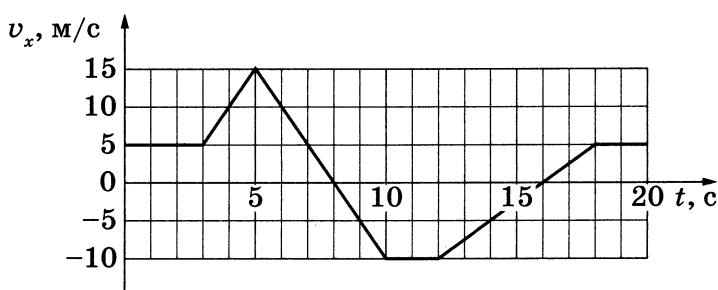
<b>Молярная масса</b>			
азота	$28 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	кислорода	$32 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
аргона	$40 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	лития	$6 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
водорода	$2 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	молибдена	$96 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
воздуха	$29 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	неона	$20 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
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 1–20 являются число или последовательность цифр. 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 этого тела в интервале времени от 5 до 10 с.

Ответ: \_\_\_\_\_ м.

- 2** У поверхности Луны на космонавта действует сила тяготения 120 Н. Какая сила тяготения действует со стороны Луны на того же космонавта в космическом корабле, движущемся по круговой орбите вокруг Луны на расстоянии двух лунных радиусов от её центра?

Ответ: \_\_\_\_\_ Н.

- 3** Телу массой 400 г, брошенному вертикально вверх с поверхности Земли, в момент броска сообщили кинетическую энергию, равную 10 Дж. На какую максимальную высоту поднялось тело? Сопротивлением воздуха пренебречь.

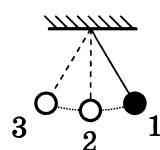
Ответ: \_\_\_\_\_ м.

- 4** Кирпич массой 4,5 кг положили на горизонтальную кладку стены. Площадь грани, на которой лежит кирпич, равна 300 см<sup>2</sup>. Определите давление, которое кирпич оказывает на кладку.

Ответ: \_\_\_\_\_ Па.

**5**

Математический маятник с частотой свободных колебаний 0,5 Гц отклонили на небольшой угол от положения равновесия в положение 1 и отпустили из состояния покоя (см. рисунок). Сопротивлением воздуха пренебречь. Потенциальная энергия маятника отсчитывается от положения равновесия. Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения, описывающие процесс колебаний маятника.



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) Потенциальная энергия маятника в первый раз достигнет своего максимума через 1 с после начала движения.
- 2) Через 2 с маятник первый раз вернётся в положение 1.
- 3) При движении из положения 2 в положение 3 полная механическая энергия маятника уменьшается.
- 4) Кинетическая энергия маятника в первый раз достигнет своего минимума через 0,5 с после начала движения.
- 5) При движении из положения 3 в положение 2 модуль силы натяжения нити увеличивается.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**6**

Грузовик, движущийся по прямой горизонтальной дороге со скоростью  $v$ , затормозил так, что колёса перестали вращаться. Масса грузовика равна  $m$ , коэффициент трения колёс о дорогу равен  $\mu$ . Формулы А и Б позволяют рассчитать значения физических величин, характеризующих движение грузовика.

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)  $\mu g$   
Б)  $mg$

Ответ: 

A	B

#### ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) модуль ускорения
- 2) модуль силы трения
- 3) тормозной путь
- 4) модуль нормальной составляющей силы давления колёс на дорогу

**7**

Одноатомный идеальный газ в цилиндре переводится из состояния  $A$  в состояние  $B$  так, что его масса при этом не изменяется. Параметры, определяющие состояния газа, приведены в таблице.

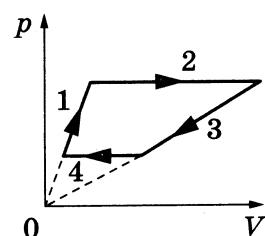
	$p, 10^5 \text{ Па}$	$V, 10^{-3} \text{ м}^3$	$T, \text{ К}$
состояние $A$	2		300
состояние $B$	2,5	2	500

Какое число следует внести в пустую клетку таблицы?

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 8** На рисунке показаны различные процессы изменения состояния идеального газа. В каком из процессов (1, 2, 3 или 4) газ совершают наибольшую по модулю работу?

Ответ: \_\_\_\_\_.



- 9** В понедельник и вторник температура воздуха была одинаковой. Парциальное давление водяного пара в атмосфере в понедельник было больше, чем во вторник.

Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения.

- 1) Относительная влажность воздуха в понедельник была больше, чем во вторник.
- 2) Плотность водяных паров, содержащихся в воздухе, в понедельник была больше, чем во вторник.
- 3) Давление насыщенных водяных паров в понедельник было меньше, чем во вторник.
- 4) Масса водяных паров, содержащихся в 1 м<sup>3</sup> воздуха, в понедельник была больше, чем во вторник.
- 5) Концентрация молекул водяного пара в воздухе в понедельник и во вторник была одинаковой.

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 10** При исследовании изопроцессов использовался закрытый сосуд переменного объёма, заполненный неоном и соединённый с манометром. Объём сосуда медленно увеличивают, сохраняя давление неона в нём постоянным. Как изменяются при этом внутренняя энергия и плотность неона в сосуде?

Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:

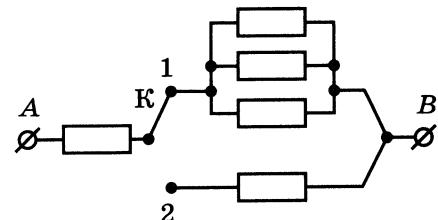
- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

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

Внутренняя энергия неона в сосуде	Плотность неона
_____	_____

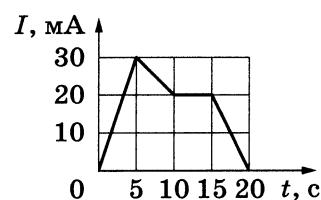
- 11** В схеме участка цепи *AB* (см. рисунок) каждый из резисторов имеет сопротивление 60 Ом. Во сколько раз увеличится сопротивление этого участка цепи, если перевести ключ *K* из положения 1 в положение 2?

Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).



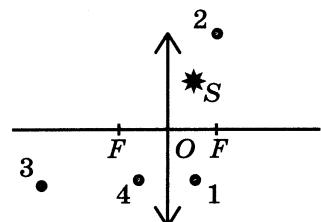
- 12** На рисунке приведён график зависимости силы тока  $I$  от времени  $t$  в электрической цепи, содержащей катушку, индуктивность которой равна 1 мГн. Определите модуль ЭДС самоиндукции в катушке в интервале времени от 15 до 20 с.

Ответ: \_\_\_\_\_ мкВ.



- 13** Какая из точек (1, 2, 3 или 4) является изображением точечного источника  $S$ , создаваемым тонкой собирающей линзой с фокусным расстоянием  $F$  (см. рисунок)?

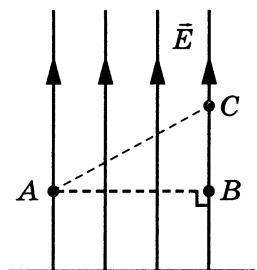
Ответ: точка \_\_\_\_\_.



- 14** На рисунке изображены линии напряжённости однородного электростатического поля, созданного равномерно заряженной протяжённой горизонтальной пластиной.

Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения относительно ситуации, показанной на рисунке.

- 1) Работа электростатического поля по перемещению точечного положительного заряда из точки  $A$  в точку  $B$  положительна.
- 2) Если в точку  $B$  поместить точечный отрицательный заряд, то на него со стороны пластины будет действовать сила, направленная вертикально вверх.
- 3) Напряжённость электростатического поля в точке  $A$  меньше, чем в точке  $C$ .
- 4) Потенциал электростатического поля в точке  $B$  выше, чем в точке  $C$ .
- 5) Заряд пластины положительный.



Ответ: \_\_\_\_\_.

- 15** Ион калия движется по окружности в однородном магнитном поле. Как изменятся скорость движения иона в магнитном поле и период его обращения, если увеличится модуль вектора индукции магнитного поля, а радиус окружности, по которой движется ион, останется неизменным?

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.

Скорость движения иона в магнитном поле	Период обращения иона

16

Сколько протонов содержится в ядре изотопа висмута  $^{208}_{83}\text{Bi}$ ?

Ответ: \_\_\_\_\_.

17

Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать ( $\lambda$  — длина волны фотона;  $c$  — скорость света в вакууме;  $h$  — постоянная Планка).

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

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- А) энергия фотона  
Б) частота фотона

**ФОРМУЛЫ**

- 1)  $\frac{h}{\lambda c}$   
2)  $\frac{hc}{\lambda}$   
3)  $\frac{c}{\lambda}$   
4)  $\frac{h}{\lambda}$

Ответ: 

A	B

18

Выберите все верные утверждения о физических явлениях, величинах и закономерностях. Запишите цифры, под которыми они указаны.

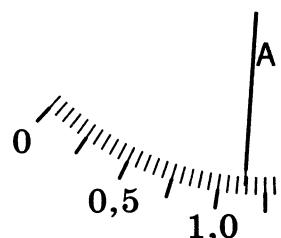
- 1) При вынужденных механических колебаниях в колебательной системе резонанс возникает в том случае, если собственная частота колебаний системы совпадает с частотой изменения внешней силы.
- 2) В процессе изохорного нагревания постоянной массы газа давление газа уменьшается.
- 3) Поверхность проводника, находящегося в электростатическом поле, является эквипотенциальной.
- 4) При преломлении света при переходе из одной среды в другую изменяются скорость волны и длина волны, а её частота остаётся неизменной.
- 5) Энергия связи ядра равна той энергии, которая выделяется при реакции синтеза ядра из ядер более лёгких изотопов.

Ответ: \_\_\_\_\_.

19

Определите показания амперметра (см. рисунок), если абсолютная 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.***

- 20** Необходимо на опыте обнаружить зависимость объёма газа, находящегося в сосуде под подвижным поршнем, от внешнего давления. Имеются пять различных сосудов с манометрами. Сосуды наполнены одним и тем же газом при различных температурах и давлениях (см. таблицу). Какие *два* сосуда необходимо взять ученику, чтобы провести данное исследование?

№ сосуда	Давление, кПа	Температура газа в сосуде, °C	Масса газа, г
1	60	80	10
2	100	100	10
3	80	60	5
4	90	80	15
5	100	60	5

Запишите в таблицу номера выбранных сосудов.

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.*

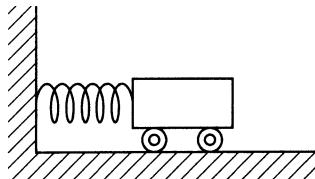
## Часть 2

*Для записи ответов на задания 21–26 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (21, 22 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.*

- 21** Плоский воздушный конденсатор подключили к источнику постоянного напряжения и зарядили, а затем отключили от источника. После этого уменьшили расстояние между его пластинами в 1,5 раза. Во сколько раз при этом изменилась энергия электрического поля, накопленная конденсатором? Ответ поясните, указав, какие физические закономерности Вы использовали для объяснения.

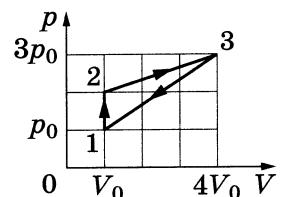
*Полное правильное решение каждой из задач 22–26 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.*

- 22** Тележка массой 0,5 кг, прикреплённая к горизонтальной пружине жёсткостью 200 Н/м, совершает свободные гармонические колебания (см. рисунок). Максимальная скорость тележки равна 3 м/с. Какова амплитуда колебаний тележки? Массой колёс можно пренебречь.

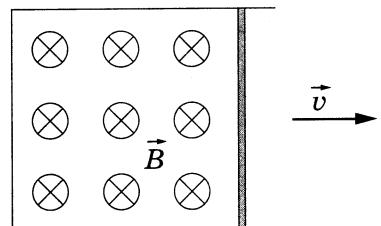


- 23** В стакан калориметра, содержащий 400 г воды при температуре 55 °С, опустили кусок льда, имевшего температуру 0 °С. Когда наступило тепловое равновесие, весь лёд уже растаял, а температура воды стала равной 0 °С. Определите массу куска льда. Теплоёмкостью калориметра и теплообменом с окружающей средой пренебречь.

- 24** В цикле, показанном на  $pV$ -диаграмме,  $v = 4$  моль разреженного гелия получает от нагревателя количество теплоты  $Q_{\text{нагр}} = 120$  кДж. Найдите температуру  $T_2$  гелия в состоянии 2.

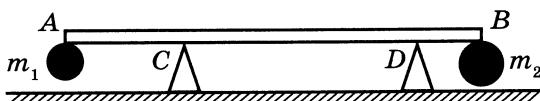


- 25** Металлический стержень, согнутый в виде буквы П, закреплён в горизонтальном положении (см. рисунок). На параллельные стороны стержня опирается концами перпендикулярная перемычка прямоугольного поперечного сечения массой 300 г и длиной 1 м. Вся система находится в однородном вертикальном магнитном поле с индукцией 0,2 Тл. Под действием постоянной горизонтальной силы  $F = 1,6$  Н перемычка движется с постоянной скоростью 1,5 м/с. Определите сопротивление перемычки. Коэффициент трения между стержнем и перемычкой равен 0,2. Сопротивлением стержня пренебречь. Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на перемычку.



- 26** Два небольших массивных шара массами  $m_1 = 0,2$  кг и  $m_2 = 0,3$  кг закреплены на концах невесомого стержня  $AB$ , лежащего горизонтально на опорах  $C$  и  $D$ . Длина стержня  $AB$   $L = 1$  м, а расстояние  $AC$  равно 0,2 м. Сила давления стержня на опору  $D$  в 2 раза больше, чем на опору  $C$ . Каково расстояние между опорами  $CD$ ? Сделайте рисунок с указанием внешних сил, действующих на систему тел «стержень и шары».

Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.



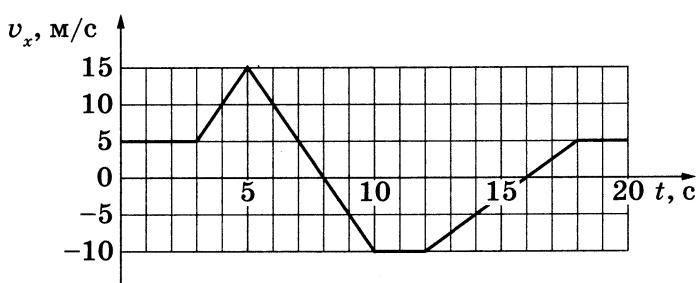
*Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с номером соответствующего задания.*

## ВАРИАНТ 2

### Часть 1

**Ответами к заданиям 1–20 являются число или последовательность цифр. 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 интервале времени от 8 до 10 с.

Ответ: \_\_\_\_\_ м/с<sup>2</sup>.

- 2 У поверхности Марса на космонавта действует сила тяготения 370 Н. Какая сила тяготения действует со стороны Марса на того же космонавта в космическом корабле, движущемся по круговой орбите вокруг Марса на расстоянии одного марсианского радиуса от его поверхности?

Ответ: \_\_\_\_\_ Н.

- 3 Тело массой 600 г, брошенное вертикально вверх с поверхности Земли, поднялось на максимальную высоту, равную 8 м. Какой кинетической энергией обладало тело в момент броска? Сопротивлением воздуха пренебречь.

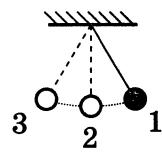
Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

- 4 Бруск массой 1,5 кг положили на горизонтальный стол. Какова площадь грани, на которой лежит бруск, если он оказывает на стол давление 1,2 кПа?

Ответ: \_\_\_\_\_ см<sup>2</sup>.

5

Математический маятник с частотой свободных колебаний 0,5 Гц отклонили на небольшой угол от положения равновесия в положение 1 и отпустили из состояния покоя (см. рисунок). Сопротивлением воздуха пренебречь. Потенциальная энергия маятника отсчитывается от положения равновесия. Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения, описывающие процесс колебаний маятника.



- 1) Потенциальная энергия маятника в первый раз достигнет своего максимума через 2 с после начала движения.
- 2) Через 0,5 с маятник первый раз вернётся в положение 1.
- 3) При движении из положения 2 в положение 3 полная механическая энергия маятника остаётся неизменной.
- 4) Кинетическая энергия маятника в первый раз достигнет своего максимума через 0,5 с после начала движения.
- 5) При движении из положения 3 в положение 2 модуль силы натяжения нити уменьшается.

Ответ: \_\_\_\_\_.

6

Грузовик, движущийся по прямой горизонтальной дороге со скоростью  $v$ , затормозил так, что колёса перестали вращаться. Масса грузовика равна  $m$ , коэффициент трения колёс о дорогу равен  $\mu$ . Формулы А и Б позволяют рассчитать значения физических величин, характеризующих движение грузовика.

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)  $\frac{v^2}{2\mu g}$

Б)  $m \frac{v^2}{2}$

#### ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

1) модуль ускорения

2) модуль работы силы трения

3) тормозной путь

4) модуль нормальной составляющей силы давления колёс на дорогу

Ответ: 

A	B

7

Одноатомный идеальный газ в цилиндре переводится из состояния  $A$  в состояние  $B$  так, что его масса при этом не изменяется. Параметры, определяющие состояния газа, приведены в таблице.

	$p, 10^5$ Па	$V, 10^{-3}$ м <sup>3</sup>	$T, К$
состояние $A$		4	300
состояние $B$	4	2	600

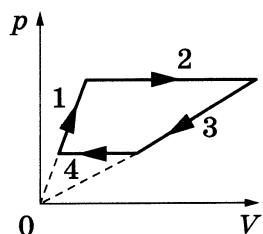
Какое число следует внести в пустую клетку таблицы?

Ответ: \_\_\_\_\_.

**8**

- На рисунке показаны различные процессы изменения состояния идеального газа. В каком из процессов (1, 2, 3 или 4) внешние силы совершают над газом наименьшую положительную работу?

Ответ: \_\_\_\_\_.

**9**

- В среду и четверг температура воздуха была одинаковой. Парциальное давление водяного пара в атмосфере в среду было больше, чем в четверг.

Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения.

- 1) Относительная влажность воздуха в среду была меньше, чем в четверг.
- 2) Плотность водяных паров, содержащихся в воздухе, в среду была меньше, чем в четверг.
- 3) Давление насыщенных водяных паров в среду и четверг было одинаковым.
- 4) Масса водяных паров, содержащихся в 1 м<sup>3</sup> воздуха, в среду была меньше, чем в четверг.
- 5) Концентрация молекул водяного пара в воздухе в среду была больше, чем в четверг.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**10**

- При исследовании изопроцессов использовался закрытый сосуд переменного объёма, заполненный аргоном и соединённый с манометром. Объём сосуда медленно уменьшают, сохраняя давление аргона в нём постоянным. Как изменяются при этом внутренняя энергия аргона и концентрация его молекул в сосуде?

Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:

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

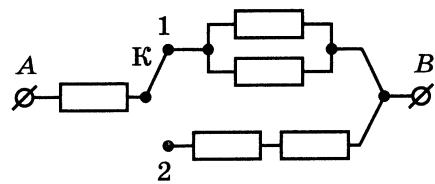
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждого ответа. Цифры в ответе могут повторяться.

Внутренняя энергия аргона в сосуде	Концентрация молекул аргона в сосуде

**11**

- В схеме участка цепи *AB* (см. рисунок) каждый из резисторов имеет сопротивление 40 Ом. Определите сопротивление этого участка цепи в случае, когда ключ *K* переведён из положения 1 в положение 2.

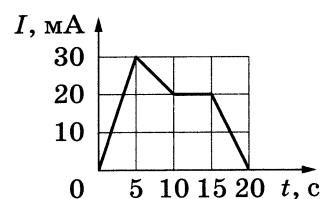
Ответ: \_\_\_\_\_ Ом.



**12**

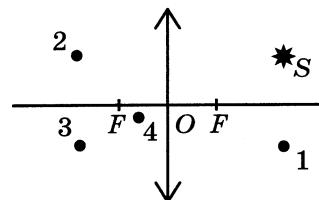
- На рисунке приведён график зависимости силы тока  $I$  от времени  $t$  в электрической цепи, содержащей катушку, индуктивность которой равна 4 мГн. Определите модуль ЭДС самоиндукции в катушке в интервале времени от 5 до 10 с.

Ответ: \_\_\_\_\_ мкВ.

**13**

- Какая из точек (1, 2, 3 или 4) является изображением точечного источника  $S$ , создаваемым тонкой собирающей линзой с фокусным расстоянием  $F$  (см. рисунок)?

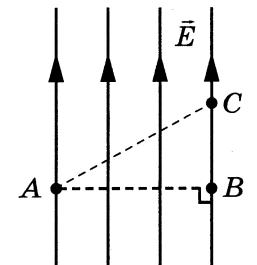
Ответ: точка \_\_\_\_\_.

**14**

- На рисунке изображены линии напряжённости однородного электростатического поля, созданного равномерно заряженной протяжённой горизонтальной пластиной.

Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения относительно ситуации, показанной на рисунке.

- 1) Работа электростатического поля по перемещению точечного отрицательного заряда из точки  $A$  в точку  $B$  равна нулю.
- 2) Если в точку  $B$  поместить точечный положительный заряд, то на него со стороны пластины будет действовать сила, направленная вертикально вверх.
- 3) Напряжённость электростатического поля в точках  $A$ ,  $B$  и  $C$  одинакова.
- 4) Потенциал электростатического поля в точке  $B$  ниже, чем в точке  $C$ .
- 5) Заряд пластины отрицательный.



Ответ: \_\_\_\_\_.

**15**

- Ион натрия движется по окружности в однородном магнитном поле. Как изменятся сила, действующая на ион в магнитном поле, и частота его обращения, если, не меняя скорости иона, уменьшить модуль вектора индукции магнитного поля?

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, действующая на ион в магнитном поле	Частота обращения иона

**16** Сколько нейтронов содержится в ядре изотопа висмута  $^{208}_{83}\text{Bi}$ ?

Ответ: \_\_\_\_\_.

**17** Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать ( $\lambda$  — длина волны фотона;  $c$  — скорость света в вакууме;  $h$  — постоянная Планка).

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

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- А) частота фотона  
Б) импульс фотона

**ФОРМУЛЫ**

- 1)  $\frac{c}{\lambda}$
- 2)  $\frac{h\lambda}{c}$
- 3)  $c\lambda$
- 4)  $\frac{h}{\lambda}$

Ответ: 

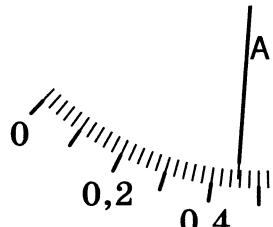
A	B

**18** Выберите все верные утверждения о физических явлениях, величинах и закономерностях. Запишите цифры, под которыми они указаны.

- 1) При вынужденных механических колебаниях в колебательной системе резонанс возникает в том случае, если собственная частота колебаний системы превышает частоту изменения внешней силы.
- 2) В процессе изохорного нагревания постоянной массы газа давление газа увеличивается.
- 3) Поверхность проводника, находящегося в электростатическом поле, не является эквипотенциальной.
- 4) При преломлении света при переходе из одной среды в другую изменяются скорость волны и частота, а длина её волны остаётся неизменной.
- 5) Энергия связи ядра равна той энергии, которую необходимо затратить, для того чтобы разделить это ядро на отдельные протоны и нейтроны.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**19** Определите показания амперметра (см. рисунок), если абсолютная 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.***

**20**

Необходимо на опыте обнаружить зависимость объёма газа, находящегося в сосуде под подвижным поршнем, от температуры. Имеются пять различных сосудов с манометрами. Сосуды наполнены одним и тем же газом при различных температурах и давлениях (см. таблицу). Какие *два* сосуда необходимо взять ученику, чтобы провести данное исследование?

№ сосуда	Давление, кПа	Температура газа в сосуде, °С	Масса газа, г
1	60	80	10
2	60	100	10
3	80	60	5
4	90	80	15
5	100	60	5

Запишите в таблицу номера выбранных сосудов.

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

**Для записи ответов на задания 21–26 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (21, 22 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.**

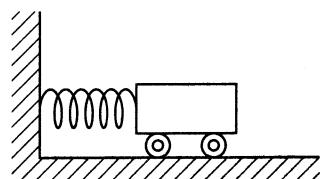
**21**

Плоский воздушный конденсатор подключили к источнику постоянного напряжения и зарядили. Не отключая конденсатор от источника, увеличили расстояние между его пластинами в 2 раза. Во сколько раз при этом изменилась энергия электрического поля, накопленная конденсатором? Ответ поясните, указав, какие физические закономерности Вы использовали для объяснения.

**Полное правильное решение каждой из задач 22–26 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.**

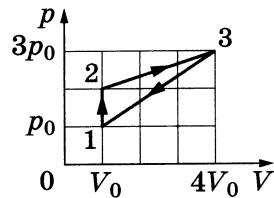
**22**

Тележка массой 2 кг, прикреплённая к горизонтальной пружине жёсткостью 200 Н/м, совершает свободные гармонические колебания (см. рисунок). Амплитуда колебаний тележки равна 0,1 м. Какова максимальная скорость тележки? Массой колёс можно пренебречь.

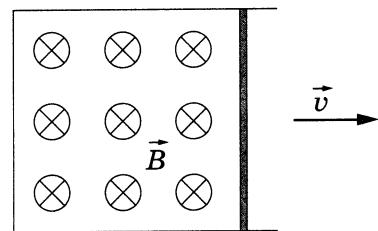


- 23** В стакан калориметра, содержащий 250 г воды, опустили кусок льда массой 140 г, имевшего температуру 0 °С. Когда наступило тепловое равновесие, весь лёд уже растаял, а температура воды стала равной 0 °С. Определите начальную температуру воды. Теплоёмкостью калориметра и теплообменом с окружающей средой пренебречь.

- 24** В цикле, показанном на  $pV$ -диаграмме, участвует разреженный аргон в количестве  $v = 2$  моль. Какое количество теплоты  $Q_{\text{нагр}}$  газ получает от нагревателя, если в состоянии 2 температура аргона  $T_2 = 250$  К?

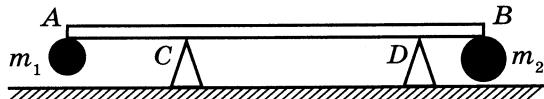


- 25** Металлический стержень, согнутый в виде буквы П, закреплён в горизонтальном положении (см. рисунок). На параллельные стороны стержня опирается концами перпендикулярная перемычка прямоугольного поперечного сечения массой 370 г и длиной 1 м. Сопротивление перемычки равно 0,025 Ом. Вся система находится в однородном вертикальном магнитном поле с индукцией 0,1 Тл. Какую горизонтальную силу нужно приложить к перемычке, чтобы двигать её с постоянной скоростью 2 м/с, если коэффициент трения между стержнем и перемычкой равен 0,2? Сопротивлением стержня пренебречь. Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на перемычку.



- 26** Два небольших массивных шара массами  $m_1$  и  $m_2$  закреплены на концах невесомого стержня  $AB$ , лежащего горизонтально на опорах  $C$  и  $D$ . Длина стержня  $AB$   $L = 1,8$  м, расстояние  $AC$  равно 0,8 м, а расстояние между опорами  $CD$  равно 0,6 м. Сила давления стержня на опору  $D$  в 2 раза больше, чем на опору  $C$ . Какова масса шара  $m_2$ , если масса шара  $m_1 = 5$  кг? Сделайте рисунок с указанием внешних сил, действующих на систему тел «стержень и шары».

Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.



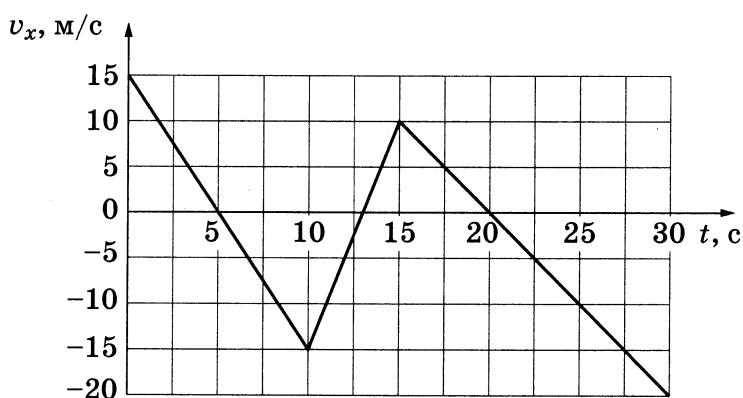
*Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с номером соответствующего задания.*

## ВАРИАНТ 3

### Часть 1

*Ответами к заданиям 1–20 являются число или последовательность цифр. 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  $t$ .

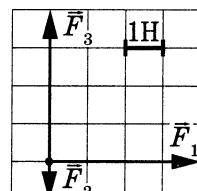


Определите проекцию  $a_x$  ускорения этого тела в интервале времени от 0 до 5 с.

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 сил.

Ответ: \_\_\_\_\_ Н.



- 3 В инерциальной системе отсчёта тело движется по прямой под действием постоянной силы величиной 25 Н, не меняя направления. Начальный импульс тела равен 40 кг · м/с. За какое время импульс тела увеличится до 100 кг · м/с?

Ответ: \_\_\_\_\_ с.

- 4 Определите давление керосина в открытой цистерне на глубине 1,5 м. Атмосферное давление не учитывать.

Ответ: \_\_\_\_\_ кПа.

- 5** В таблице представлены данные о положении шарика, прикреплённого к пружине и совершающего незатухающие колебания 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 все верные утверждения относительно этих колебаний.

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

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 6** Ученик исследовал движение бруска по наклонной плоскости. Он определил, что бруск, начиная движение из состояния покоя, проходит 20 см с ускорением 1,6 м/с<sup>2</sup>. Установите соответствие между зависимостями, полученными при исследовании движения бруска, и уравнениями, выражающими эти зависимости.

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

#### ЗАВИСИМОСТИ

- A) зависимость пути  $l$ , пройденного бруском, от времени  $t$
- B) зависимость модуля скорости бруска от пройденного пути  $l$

#### УРАВНЕНИЯ

- 1)  $l = At^2$ , где  $A = 0,8 \text{ м/с}^2$
- 2)  $l = Bt^2$ , где  $B = 1,6 \text{ м/с}^2$
- 3)  $v = Dl$ , где  $D = 1,8 \text{ с}^{-1}$
- 4)  $v = C\sqrt{l}$ , где  $C \approx 1,8 \sqrt{\text{м/с}}$

Ответ: 

A	B

- 7** Во сколько раз должна увеличиться абсолютная температура одноатомного идеального газа, чтобы среднеквадратичная скорость теплового движения его молекул увеличилась в 1,5 раза?

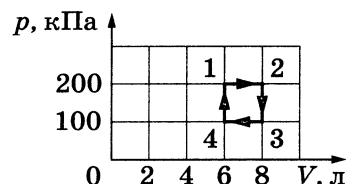
Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

- 8** В сосуде с подвижным поршнем находятся вода и её насыщенный пар. Объём пара медленно увеличили в 1,5 раза при постоянной температуре так, что в сосуде ещё осталась вода. Определите отношение числа молекул пара в сосуде в конце процесса к числу молекул пара в сосуде в начале процесса.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**9**

С одноатомным идеальным газом происходит циклический процесс 1–2–3–4–1,  $pV$ -диаграмма которого представлена на рисунке. Максимальная температура, достигаемая газом в этом процессе, составляет 400 К. Масса газа постоянна. На основании анализа этого циклического процесса выберите все верные утверждения.

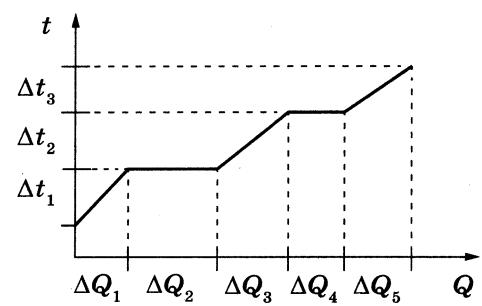


- 1) Минимальная температура в циклическом процессе равна 150 К.
- 2) Количество теплоты, переданное газу при изохорном нагревании, равно 1500 Дж.
- 3) В процессе 2–3 газ отдаёт положительное количество теплоты.
- 4) Работа, совершённая над газом при его изобарном сжатии, равна 200 Дж.
- 5) Работа газа за цикл равна 400 Дж.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**10**

В цилиндре под поршнем находилось твёрдое вещество массой  $m$ . Цилиндр поместили в печь. На рисунке схематично показан график изменения температуры  $t$  вещества по мере поглощения им количества теплоты  $Q$ . Формулы А и Б позволяют рассчитать значения физических величин, характеризующих происходящие с веществом тепловые процессы. 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)  $\frac{\Delta Q_3}{m \Delta t_2}$

Б)  $\frac{\Delta Q_4}{m}$

Ответ: 

A	B

#### ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) удельная теплоёмкость твёрдого вещества
- 2) удельная теплоёмкость жидкости
- 3) удельная теплота плавления
- 4) удельная теплота парообразования

**11**

Сила тока, текущего по проводнику, равна 6 А. За какое время по проводнику пройдёт заряд 180 Кл?

Ответ: \_\_\_\_\_ с.

**12**

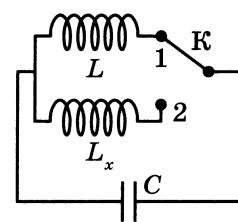
Проволочная рамка площадью  $10^{-3} \text{ м}^2$  вращается в однородном магнитном поле. Ось вращения, лежащая в плоскости рамки, перпендикулярна вектору магнитной индукции. Магнитный поток, пронизывающий площадь рамки, изменяется по закону  $\Phi = 2 \cdot 10^{-7} \cos 20\pi t$ , где все величины выражены в СИ. Определите модуль магнитной индукции.

Ответ: \_\_\_\_\_ мТл.

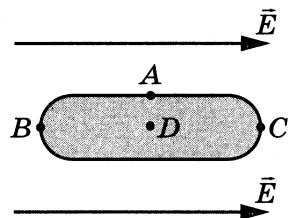
**13**

Индуктивность катушки идеального колебательного контура  $L = 0,1$  Гн. Какой должна быть индуктивность  $L_x$  катушки в контуре (см. рисунок), чтобы при переводе ключа К из положения 1 в положение 2 период свободных электромагнитных колебаний в контуре увеличился в 4 раза?

Ответ: \_\_\_\_\_ Гн.

**14**

Незаряженное металлическое тело, продольное сечение которого показано на рисунке, поместили в однородное электрическое поле напряжённостью  $\bar{E}$ . Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения, описывающие результаты воздействия этого поля на металлическое тело.

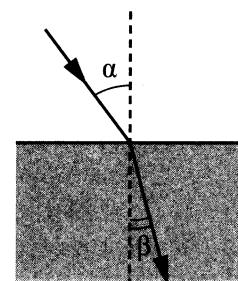


- 1) Потенциалы в точках  $A$  и  $C$  равны.
- 2) В точке  $A$  индуцируется положительный заряд.
- 3) Напряжённость электрического поля в точке  $D$  не равна нулю.
- 4) В точке  $D$  индуцируется отрицательный заряд.
- 5) Концентрация свободных электронов в точке  $B$  наибольшая.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**15**

Плоская световая волна переходит из воздуха в стекло (см. рисунок). Что происходит при этом переходе с периодом электромагнитных колебаний в световой волне и её длиной волны? 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.

Период электромагнитных колебаний	Длина волны электромагнитных колебаний

**16**

При перестройке работы лазера мощность испускаемого им светового пучка уменьшилась в 3 раза, а энергия каждого испускаемого фотона возросла в 2 раза. Во сколько раз увеличилась при этом частота испускаемого лазером света?

Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

**17**

Как изменятся при  $\alpha$ -распаде массовое число ядра и число протонов в ядре?

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.

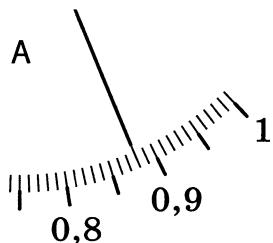
Массовое число ядра	Число протонов в ядре

**18** Выберите все верные утверждения о физических явлениях, величинах и закономерностях. Запишите цифры, под которыми они указаны.

- 1) Громкость звука определяется частотой колебаний.
- 2) Температура плавления кристаллических тел зависит от их массы.
- 3) В цепи постоянного тока на всех параллельно соединённых резисторах напряжение одинаково.
- 4) Скорость распространения радиоволны в вакууме равна скорости света в вакууме.
- 5) При  $\beta$ -распаде ядра образуется ион нового элемента и ядро атома гелия.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**19** Определите показания амперметра (см. рисунок), если абсолютная 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.**

**20** Ученнику необходимо на опыте выяснить, зависит ли частота свободных колебаний пружинного маятника от объема груза. У него имеется пять пружинных маятников, характеристики которых приведены в таблице. Какие **два** маятника необходимо взять ученнику, чтобы провести данное исследование?

№ маятника	Жёсткость пружины, Н/м	Объём груза, см <sup>3</sup>	Масса груза, г
1	60	80	10
2	60	100	10
3	80	60	5
4	90	80	15
5	100	60	5

Запишите в таблицу номера выбранных маятников.

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.**

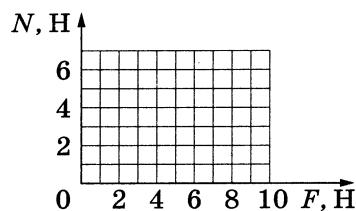
## Часть 2

**Для записи ответов на задания 21–26 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (21, 22 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.**

21

Лёгкая нить, привязанная к грузу массой  $m = 0,6$  кг, перекинута через идеальный неподвижный блок. К правому концу нити приложена постоянная сила  $\bar{F}$ . Левая часть нити вертикальна, а правая наклонена под углом  $\alpha = 45^\circ$  к горизонту (см. рисунок).

Постройте график зависимости модуля силы реакции стола  $N$  от  $F$  на отрезке  $0 \leq F \leq 10$  Н. Ответ поясните, указав, какие физические явления и закономерности Вы использовали для объяснения.



**Полное правильное решение каждой из задач 21–26 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.**

22

Кусок льда опустили в термос с водой. Начальная температура льда равна  $0^\circ\text{C}$ , начальная температура воды равна  $15^\circ\text{C}$ . Исходная масса воды  $1100$  г. Теплоёмкостью термоса можно пренебречь. При достижении теплового равновесия в воде остаётся плавать кусочек льда. Какая масса льда растаяла в процессе перехода к тепловому равновесию?

23

В таблице показано, как менялось напряжение на обкладках 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
$U, \text{ В}$	40	28,3	0	-28,3	-40	-28,3	0	28,3	40	28,3

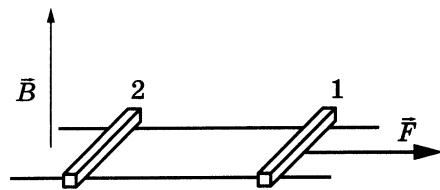
Вычислите по этим данным максимальную энергию конденсатора, если индуктивность катушки равна  $4,3$  мГн.

24

В вертикальном цилиндрическом сосуде с площадью поперечного сечения  $S = 5 \text{ см}^2$  под подвижным поршнем массой  $M = 1$  кг с лежащим на нём грузом массой  $m$  находится воздух при комнатной температуре. Первоначально поршень находился на высоте  $h_1 = 15$  см от дна сосуда. Если груз снять с поршня, то поршень поднимется на  $\Delta h = 2$  см. Какова масса груза  $m$ ? Воздух считать идеальным газом, а его температуру — неизменной. Атмосферное давление равно  $10^5$  Па. Трение между стенками и поршнем не учитывать.

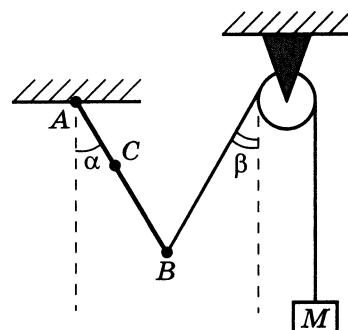
25

По горизонтальным шероховатым рельсам с пренебрежимо малым электрическим сопротивлением могут скользить два одинаковых стержня сопротивлением  $R = 0,1$  Ом каждый. Расстояние между рельсами  $l = 10$  см. Рельсы со стержнями находятся в однородном вертикальном магнитном поле с индукцией  $B = 1$  Тл (см. рисунок). Если на первый стержень действует горизонтальная сила величиной  $F = 0,1$  Н, направленная вдоль рельсов, то оба стержня движутся поступательно равномерно с разными скоростями. Какова скорость движения первого стержня относительно второго? Самоиндукцией контура пренебречь.



26

Невесомый стержень  $AB$  длиной  $l = 40$  см с двумя малыми грузиками массами  $m_1$  и  $m_2$ , расположенные в точках  $C$  и  $B$  соответственно, шарнирно закреплён в точке  $A$ . Груз массой  $M = 250$  г подвешен к идеальному блоку за невесомую и нерастяжимую нить, другой конец которой соединён с нижним концом стержня, как показано на рисунке. Вся система находится в равновесии, если стержень отклонён от вертикали на угол  $\alpha = 45^\circ$ , а нить составляет угол с вертикалью, равный  $\beta = 15^\circ$ . Расстояние  $AC = b = 25$  см. Какова масса  $m_1$  первого грузика, если масса второго равна  $m_2 = 200$  г? Трением в шарнире пренебречь.



Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на груз  $M$  и стержень. Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.



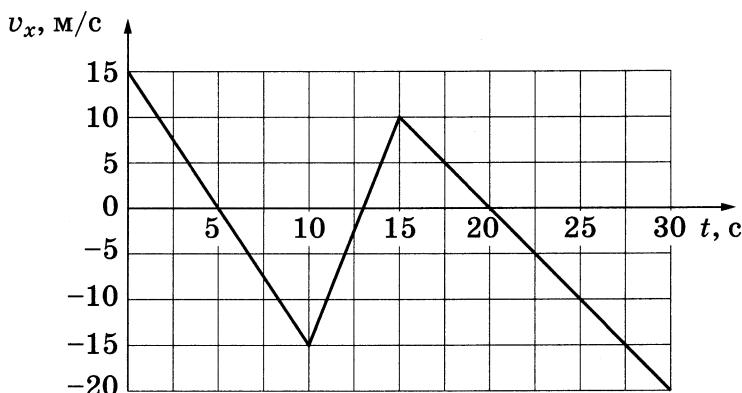
*Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с номером соответствующего задания.*

## ВАРИАНТ 4

### Часть 1

**Ответами к заданиям 1–20 являются число или последовательность цифр. 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  $t$ .

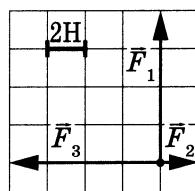


Определите проекцию  $a_x$  ускорения этого тела в интервале времени от 20 до 30 с.

Ответ: \_\_\_\_\_ м/с<sup>2</sup>.

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

Ответ: \_\_\_\_\_ Н.



- 3** В инерциальной системе отсчёта тело движется по прямой под действием постоянной силы величиной 22 Н, не меняя направления. Начальный импульс тела равен 40 кг · м/с. Каким станет импульс тела через 3 с?

Ответ: \_\_\_\_\_ кг · м/с.

- 4** На какой глубине давление керосина в открытой цистерне равно 16 кПа? Атмосферное давление не учитывать.

Ответ: \_\_\_\_\_ м.

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

$t, \text{ с}$	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
$x, \text{ мм}$	0	5	9	12	14	15	14	12	9	5	0	-5	-9	-12	-14	-15	-14

Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения относительно этих колебаний.

- 1) Частота колебаний шарика равна 0,25 Гц.
- 2) Полная механическая энергия маятника, состоящего из шарика и пружины, за первую секунду колебаний монотонно увеличивается.
- 3) Кинетическая энергия шарика в момент времени 2,0 с максимальна.
- 4) Амплитуда колебаний шарика равна 30 мм.
- 5) Потенциальная энергия пружины в момент времени 4,0 с минимальна.

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 6** Ученник исследовал движение бруска по наклонной плоскости. Он определил, что бруск, начиная движение из состояния покоя, проходит 20 см с ускорением  $1,6 \text{ м/с}^2$ . Установите соответствие между зависимостями, полученными при исследовании движения бруска, и уравнениями, выражающими эти зависимости.

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

### ЗАВИСИМОСТИ

- A) зависимость пути  $l$ , пройденного бруском, от скорости  $v$
- B) зависимость модуля скорости бруска от времени  $t$

### УРАВНЕНИЯ

- 1)  $l = Av$ , где  $A = 0,5 \text{ с}$
- 2)  $l = Bv^2$ , где  $B = 0,3125 \text{ с}^2/\text{м}$
- 3)  $v = Ct$ , где  $C = 1,6 \text{ м/с}^2$
- 4)  $v = Dt$ , где  $D = 0,8 \text{ м/с}^2$

Ответ: 

A	Б

- 7** Во сколько раз должна уменьшиться абсолютная температура одноатомного идеального газа, чтобы среднеквадратичная скорость теплового движения его молекул уменьшилась в 3 раза?

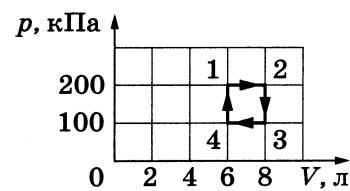
Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

- 8** В сосуде с подвижным поршнем находятся вода и её насыщенный пар. Объём пара медленно уменьшили в 2 раза при постоянной температуре. Определите отношение числа молекул пара в сосуде в конце процесса к числу молекул пара в сосуде в начале процесса.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**9**

С одноатомным идеальным газом происходит циклический процесс 1–2–3–4–1,  $pV$ -диаграмма которого представлена на рисунке. Максимальная температура, достигаемая газом в этом процессе, составляет 400 К. Масса газа постоянна. На основании анализа этого циклического процесса выберите все верные утверждения.

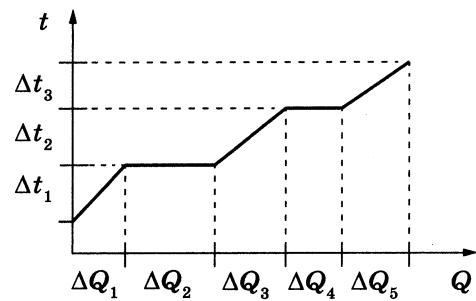


- 1) Минимальная температура в циклическом процессе равна 200 К.
- 2) Количество теплоты, переданное газу при изохорном нагревании, равно 900 Дж.
- 3) В процессе 2–3 газ получает положительное количество теплоты.
- 4) Работа, совершенная над газом при его изобарном сжатии, равна 100 Дж.
- 5) Работа газа за цикл равна 200 Дж.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**10**

В цилиндре под поршнем находилось твёрдое вещество массой  $m$ . Цилиндр поместили в печь. На рисунке схематично показан график изменения температуры  $t$  вещества по мере поглощения им количества теплоты  $Q$ . Формулы А и Б позволяют рассчитать значения физических величин, характеризующих происходящие с веществом тепловые процессы. 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)  $\frac{\Delta Q_1}{m\Delta t_1}$

B)  $\frac{\Delta Q_2}{m}$

Ответ: 

A	B

#### ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) удельная теплоёмкость твёрдого вещества
- 2) удельная теплоёмкость жидкости
- 3) удельная теплота плавления
- 4) удельная теплота парообразования

**11**

Сила тока, текущего по проводнику, равна 6 А. Какой заряд пройдёт по проводнику за 30 с?

Ответ: \_\_\_\_\_ Кл.

**12**

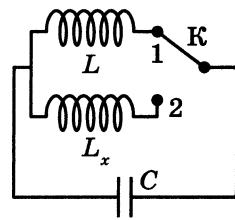
Проволочная рамка площадью  $10^{-3} \text{ м}^2$  вращается в однородном магнитном поле. Ось вращения, лежащая в плоскости рамки, перпендикулярна вектору магнитной индукции. Магнитный поток, пронизывающий площадь рамки, изменяется по закону  $\Phi = 2 \cdot 10^{-7} \cos 20\pi t$ , где все величины выражены в СИ. За какое время рамка совершает один полный оборот?

Ответ: \_\_\_\_\_ с.

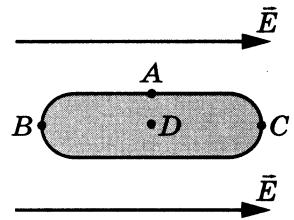
**13**

Индуктивность катушки идеального колебательного контура  $L = 0,1$  Гн. Какой должна быть индуктивность  $L_x$  катушки в контуре (см. рисунок), чтобы при переводе ключа К из положения 1 в положение 2 частота собственных электромагнитных колебаний в контуре уменьшилась в 3 раза?

Ответ: \_\_\_\_\_ Гн.

**14**

Незаряженное металлическое тело, продольное сечение которого показано на рисунке, поместили в однородное электрическое поле напряжённостью  $\bar{E}$ . Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения, описывающие результаты воздействия этого поля на металлическое тело.

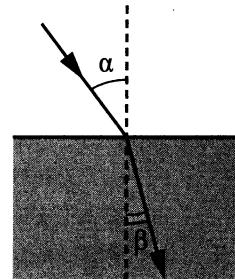


- 1) Потенциал в точке А больше потенциала в точке С.
- 2) В точке С индуцируется положительный заряд.
- 3) Напряжённость электрического поля в точке D равна нулю.
- 4) В точке B индуцируется отрицательный заряд.
- 5) Концентрация свободных электронов в точке B наименьшая.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**15**

Плоская световая волна переходит из воздуха в глицерин (см. рисунок). Что происходит при этом переходе с частотой электромагнитных колебаний в световой волне и скоростью их распространения? 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.

Частота электромагнитных колебаний	Скорость распространения электромагнитных колебаний

**16**

При перестройке работы лазера мощность испускаемого им светового пучка уменьшилась в 3 раза, а энергия каждого испускаемого фотона уменьшилась в 2 раза. Во сколько раз увеличилась при этом длина волны испускаемого лазером света?

Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

**17**

Как изменятся при электронном  $\beta$ -распаде массовое число ядра и число протонов в ядре?

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.

Массовое число ядра	Число протонов в ядре

**18**

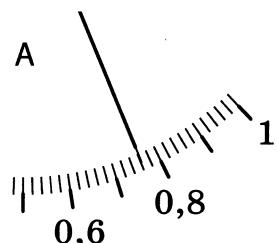
Выберите все верные утверждения о физических явлениях, величинах и закономерностях. Запишите цифры, под которыми они указаны.

- 1) Громкость звука определяется амплитудой звуковых колебаний.
- 2) Температура плавления кристаллических тел не зависит от их массы.
- 3) В цепи постоянного тока на всех последовательно соединенных резисторах напряжение одинаково.
- 4) Скорость распространения радиоволн в воде больше скорости света в вакууме.
- 5) При  $\alpha$ -распаде ядра образуется ядро нового элемента и ядро атома гелия.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**19**

Определите показания амперметра (см. рисунок), если абсолютная 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.***

**20**

Ученнику необходимо на опыте выяснить, зависит ли частота свободных колебаний пружинного маятника от жёсткости пружины. У него имеется пять пружинных маятников, характеристики которых приведены в таблице. Какие *два* маятника необходимо взять ученику, чтобы провести данное исследование?

№ маятника	Жёсткость пружины, Н/м	Объём груза, см <sup>3</sup>	Масса груза, г
1	40	30	100
2	60	60	200
3	60	30	100
4	80	60	100
5	60	80	200

Запишите в таблицу номера выбранных маятников.

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.***

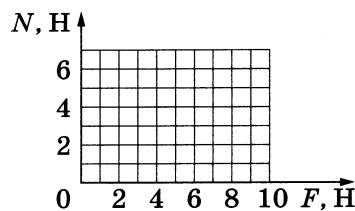
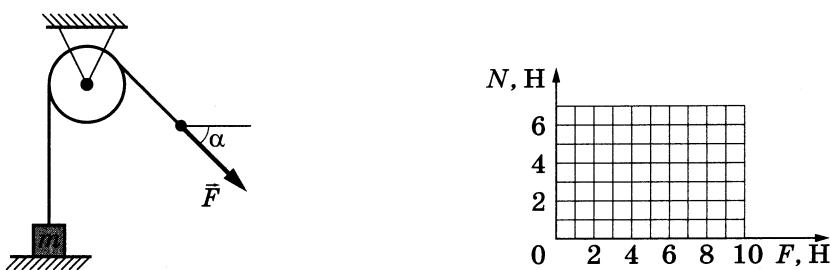
## Часть 2

**Для записи ответов на задания 21–26 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2.**  
**Запишите сначала номер задания (21, 22 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.**

**21**

Лёгкая нить, привязанная к грузу массой  $m = 0,3$  кг, перекинута через идеальный неподвижный блок. К правому концу нити приложена постоянная сила  $\bar{F}$ . Левая часть нити вертикальна, а правая наклонена под углом  $\alpha = 30^\circ$  к горизонту (см. рисунок).

Постройте график зависимости модуля силы реакции стола  $N$  от  $F$  на отрезке  $0 \leq F \leq 10$  Н. Ответ поясните, указав, какие физические явления и закономерности Вы использовали для объяснения.



**Полное правильное решение каждой из задач 21–26 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.**

**22**

Кусок льда опустили в термос с водой. Начальная температура льда равна  $0$   $^{\circ}\text{C}$ , начальная температура воды равна  $15$   $^{\circ}\text{C}$ . Теплоёмкостью термоса можно пренебречь. При достижении теплового равновесия в воде остаётся плавать кусочек льда. Какова исходная масса воды, если в процессе перехода к тепловому равновесию растаяло  $120$  г льда?

**23**

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

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

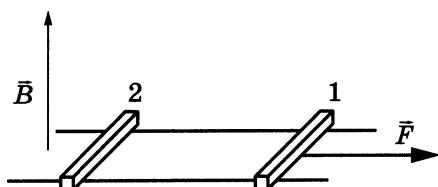
Вычислите по этим данным максимальную энергию катушки, если ёмкость конденсатора равна  $405$  пФ.

**24**

В вертикальном цилиндрическом сосуде с площадью поперечного сечения  $S = 5$  см<sup>2</sup>, под подвижным поршнем массой  $M = 1$  кг с лежащим на нём грузом массой  $m = 0,5$  кг находится воздух при комнатной температуре. Первоначально поршень находился на высоте  $h_1 = 13$  см от дна сосуда. На какую величину  $\Delta h$  изменится эта высота, если груз снять с поршня? Воздух считать идеальным газом, а его температуру — неизменной. Атмосферное давление равно  $10^5$  Па. Трение между стенками и поршнем не учитывать.

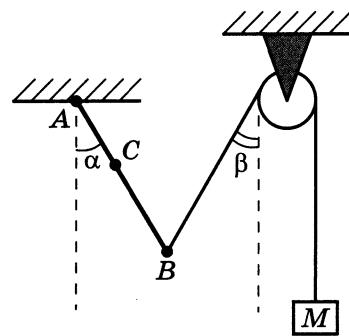
25

По горизонтальным шероховатым рельсам с пренебрежимо малым электрическим сопротивлением могут скользить два одинаковых стержня сопротивлением  $R$ . Расстояние между рельсами  $l = 10$  см. Рельсы со стержнями находятся в однородном вертикальном магнитном поле с индукцией  $B = 2$  Тл (см. рисунок). Если на первый стержень действует горизонтальная сила  $F = 0,5$  Н, направленная вдоль рельсов, оба стержня движутся поступательно равномерно с разными скоростями. При этом скорость движения первого стержня относительно второго равна  $v_{\text{отн}} = 0,75$  м/с. Определите сопротивление  $R$  одного стержня. Самоиндукцией контура пренебречь.



26

Невесомый стержень  $AB$  с двумя малыми грузиками массами  $m_1 = 100$  г и  $m_2 = 200$  г, расположеннымными в точках  $C$  и  $B$  соответственно, шарнирно закреплён в точке  $A$ . Груз массой  $M = 200$  г подвешен к идеальному блоку за невесомую и нерастяжимую нить, другой конец которой соединён с нижним концом стержня, как показано на рисунке. Вся система находится в равновесии, если стержень отклонён от вертикали на угол  $\alpha = 45^\circ$ , а нить составляет угол с вертикалью, равный  $\beta = 15^\circ$ . Расстояние  $AC = b = 25$  см. Определите длину  $l$  стержня  $AB$ , пренебрегая трением в шарнире.



Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на груз  $M$  и стержень. Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.



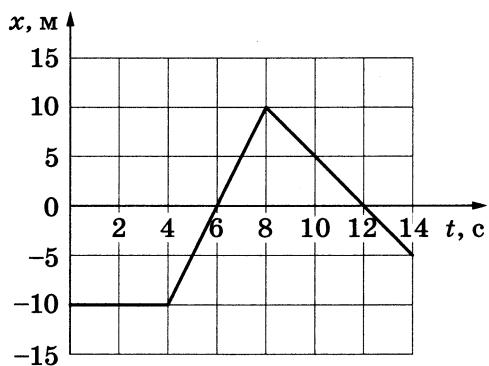
*Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с номером соответствующего задания.*

## ВАРИАНТ 5

### Часть 1

**Ответами к заданиям 1–20 являются число или последовательность цифр. 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.**

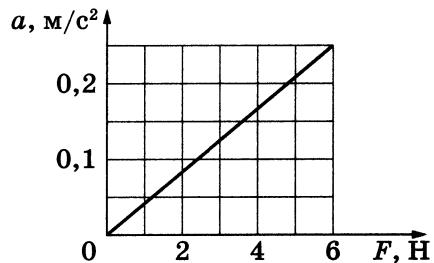
- 1 На рисунке приведён график зависимости координаты тела  $x$  от времени  $t$  при прямолинейном движении тела вдоль оси  $Ox$ . Определите проекцию перемещения этого тела на ось  $Ox$  в промежутке времени от 0 до 14 с.



Ответ: \_\_\_\_\_ м.

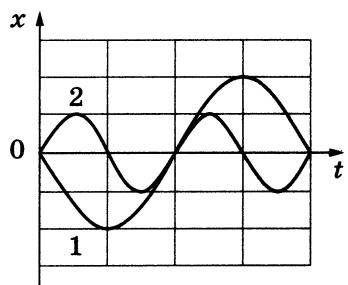
- 2 На графике приведена зависимость ускорения  $a$  бруска, скользящего без трения по горизонтальной поверхности, от величины приложенной к нему горизонтальной силы  $F$ . Систему отсчёта считать инерциальной. Чему равна масса бруска?

Ответ: \_\_\_\_\_ кг.



- 3 На рисунке представлены графики зависимости координаты  $x$  от времени  $t$  для двух тел. Чему равно отношение амплитуд колебаний этих тел  $\frac{A_2}{A_1}$ ?

Ответ: \_\_\_\_\_.



- 4** Шарик массой 0,2 кг падает с некоторой высоты с начальной скоростью, равной нулю. Его кинетическая энергия при падении на землю равна 24 Дж. С какой высоты упал шарик? Сопротивлением воздуха пренебречь.

Ответ: \_\_\_\_\_ м.

- 5** Искусственный спутник обращается вокруг Земли по вытянутой эллиптической орбите. В некоторый момент времени спутник проходит положение **максимального** удаления от Земли. Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения.

- 1) Скорость спутника при прохождении этого положения максимальна.
- 2) Полная механическая энергия спутника при прохождении этого положения максимальна.
- 3) Импульс спутника при прохождении этого положения минимален.
- 4) Ускорение спутника при прохождении этого положения минимально.
- 5) Сила притяжения спутника к Земле при прохождении этого положения максимальна.

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 6** Деревянный шарик плавает в воде. Как изменятся глубина погружения шарика и масса вытесненной шариком жидкости, если он будет плавать в керосине?

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 шарика	Масса вытесненной жидкости

- 7** Горизонтальный цилиндрический сосуд с гладкими стенками разделён подвижным поршнем на две части. В одной части сосуда находится неон, в другой — аргон. Определите отношение средних кинетических энергий теплового движения молекул неона и аргона  $\frac{E_n}{E_a}$ , если поршень покойится, а отношение концентраций газов  $\frac{n_n}{n_a} = \frac{1}{3}$ .

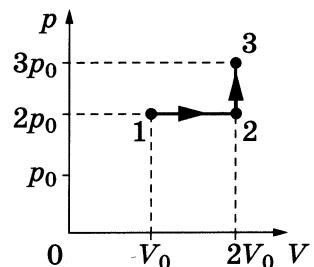
Ответ: \_\_\_\_\_.

- 8** Относительная влажность воздуха в сосуде равна 80 %. Во сколько раз плотность насыщенных водяных паров при той же температуре больше плотности водяного пара в сосуде?

Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

**9**

- Одноатомный идеальный газ переводят из состояния 1 в состояние 3 так, как показано на графике зависимости давления  $p$  газа от объёма  $V$ . Масса газа в процессе не изменяется. Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения относительно процессов, показанных на графике.



- 1) В процессе 1–2 абсолютная температура газа изобарно увеличилась в 2 раза.
- 2) В ходе процесса 1–2–3 среднеквадратичная скорость теплового движения молекул газа увеличилась в 6 раз.
- 3) В процессе 2–3 абсолютная температура газа изохорно увеличилась в 1,5 раза.
- 4) Абсолютная температура газа максимальна в состоянии 1.
- 5) Плотность газа минимальна в состоянии 1.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**10**

- Тепловая машина работает по циклу Карно. Температуру нагревателя тепловой машины повысили, оставив температуру холодильника прежней. Количество теплоты, отданное газом холодильнику за цикл, не изменилось. Как изменились при этом КПД тепловой машины и количество теплоты, переданное газу от нагревателя?

Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:

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

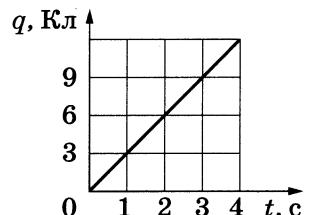
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

КПД тепловой машины	Количество теплоты, переданное газу от нагревателя

**11**

- По проводнику течёт постоянный электрический ток. Заряд, прошедший по проводнику, растёт с течением времени согласно представленному графику (см. рисунок). Определите силу тока в проводнике.

Ответ: \_\_\_\_\_ А.

**12**

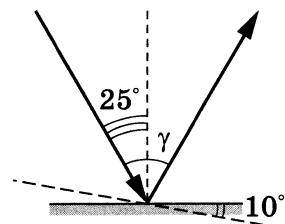
- Какова сила тока в катушке индуктивностью 0,8 Гн, если энергия магнитного поля в ней равна 0,9 Дж?

Ответ: \_\_\_\_\_ А.

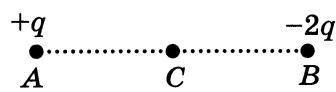
**13**

Угол падения луча света на горизонтальное плоское зеркало равен  $25^\circ$ . Каким будет угол  $\gamma$ , образованный падающим и отражённым лучами, если повернуть зеркало на  $10^\circ$  так, как показано на рисунке?

Ответ: \_\_\_\_\_ градусов.

**14**

Две маленькие закреплённые бусинки, расположенные в точках  $A$  и  $B$ , несут на себе заряды  $+q > 0$  и  $-2q$  соответственно (см. рисунок).



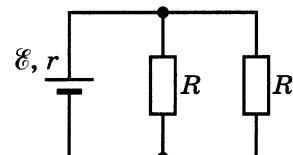
Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения относительно этой ситуации.

- 1) Модуль силы Кулона, действующей на бусинку  $A$ , в 2 раза меньше модуля силы Кулона, действующей на бусинку  $B$ .
- 2) Если бусинки соединить незаряженной стеклянной палочкой, их заряды не изменятся.
- 3) Напряжённость результирующего электростатического поля в точке  $C$  направлена горизонтально влево.
- 4) Если бусинки соединить медной проволокой, они будут отталкивать друг друга.
- 5) На бусинку  $A$  со стороны бусинки  $B$  действует сила Кулона, направленная горизонтально вправо.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**15**

Электрическая цепь на рисунке состоит из источника постоянного напряжения с ЭДС  $\mathcal{E}$  и внутренним сопротивлением  $r$  и внешней цепи из двух одинаковых резисторов сопротивлением  $R$ , включённых параллельно. 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) мощность тока, выделяющаяся во внешней цепи из двух резисторов  $R$   
 Б) мощность тока, выделяющаяся на внутреннем сопротивлении источника тока

#### ФОРМУЛЫ

1)  $\frac{\mathcal{E}^2 r}{\left(r + \frac{R}{2}\right)^2}$

2)  $\frac{\mathcal{E}^2}{r + \frac{R}{2}}$

3)  $\frac{\mathcal{E}^2 R}{4\left(r + \frac{R}{2}\right)^2}$

4)  $\frac{\mathcal{E}^2 R}{2\left(r + \frac{R}{2}\right)^2}$

Ответ: 

A	B

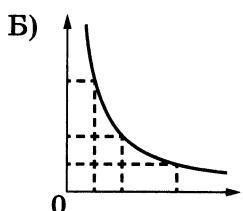
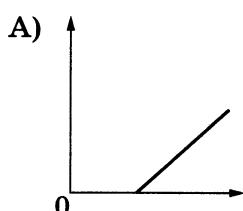
- 16** При замене одного лазера на другой мощность испускаемого светового пучка уменьшилась в 2 раза, а энергия каждого испускаемого фотона увеличилась в 4 раза. Во сколько раз уменьшилась при этом длина волны испускаемого света?

Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

- 17** Установите соответствие между графиками, представленными на рисунках, и зависимостями, которые они могут выражать.

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

### ГРАФИКИ



### ЗАВИСИМОСТИ

- 1) зависимость энергии фотона от длины волны
- 2) зависимость максимальной энергии фотоэлектронов от частоты света
- 3) зависимость энергии фотона от частоты света
- 4) зависимость силы фототока от напряжения между электродами при неизменной освещённости

Ответ: 

A	B

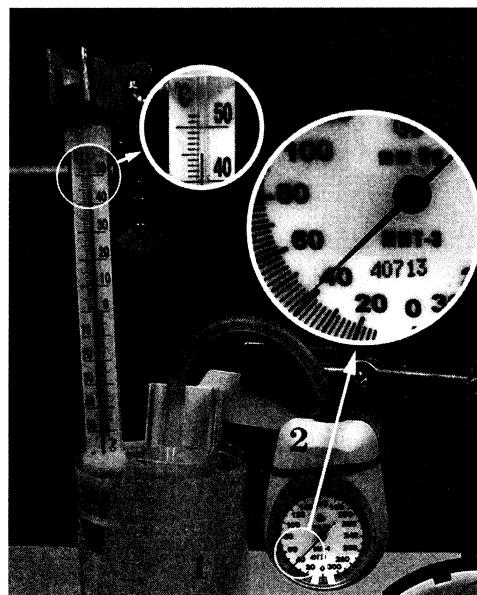
- 18** Выберите все верные утверждения о физических явлениях, величинах и закономерностях. Запишите цифры, под которыми они указаны.

- 1) Давление столба жидкости на дно сосуда обратно пропорционально её плотности.
- 2) Удельная теплота плавления вещества показывает, какое количество теплоты необходимо сообщить 1 кг вещества, находящемуся при любой температуре, чтобы его расплавить.
- 3) В процессе электризации трением два первоначально незаряженных тела приобретают разноимённые и одинаковые по модулю заряды.
- 4) При переходе света из оптически более плотной среды в оптически менее плотную среду угол падения меньше угла преломления.
- 5) При  $\alpha$ -распаде ядра выполняется закон сохранения электрического заряда, но не выполняется закон сохранения импульса.

Ответ: \_\_\_\_\_.

19

При исследовании зависимости давления газа от температуры ученик измерял давление в сосуде с газом (1) с помощью манометра (2). Шкала манометра проградуирована в мм рт. ст. Абсолютная погрешность измерений давления равна цене деления шкалы манометра. Каково показание манометра с учётом погрешности измерений?



Ответ: (        ±        ) мм рт. ст.

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

20

Для лабораторной работы по обнаружению зависимости сопротивления проводника от материала, из которого изготовлен проводник, ученику выдали пять проводников, характеристики которых указаны в таблице. Какие *два* из предложенных ниже проводников необходимо взять ученику, чтобы провести данное исследование?

№ проводника	Длина проводника, см	Диаметр проводника, мм	Материал
1	200	1,0	алюминий
2	100	0,5	сталь
3	100	1,0	медь
4	200	0,5	алюминий
5	200	1,0	медь

Запишите в таблицу номера выбранных проводников.

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

**Для записи ответов на задания 21–26 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2.**  
**Запишите сначала номер задания (21, 22 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.**

- 21** Плоский воздушный конденсатор подключили к источнику постоянного напряжения и зарядили, а затем отключили от источника. После этого пространство между пластинами изолированного конденсатора полностью заполнили диэлектриком с относительной диэлектрической проницаемостью  $\epsilon = 2,5$ . Во сколько раз при этом изменилась энергия электрического поля, накопленная конденсатором? Ответ поясните, указав, какие физические закономерности Вы использовали для объяснения.

**Полное правильное решение каждой из задач 22–26 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.**

- 22** Два пластилиновых шарика с массами  $3m$  и  $m$ , летящие навстречу друг другу с одинаковыми по модулю скоростями, при столкновении слипаются. Каким был модуль скорости каждого из шариков перед столкновением, если сразу после столкновения скорость шариков стала равной  $0,5 \text{ м/с}$ ? Временем взаимодействия шариков пренебречь.
- 23** В стакан калориметра, содержащего некоторое количество воды, опустили кусок льда массой 300 г при температуре  $0^\circ\text{C}$ . Начальная температура калориметра с водой  $55^\circ\text{C}$ . Когда наступило тепловое равновесие, температура калориметра с водой стала равной  $5^\circ\text{C}$ . Определите первоначальную массу воды в калориметре. Теплоёмкостью калориметра и теплообменом с окружающей средой пренебречь.

- 24** В вертикальном цилиндре с гладкими стенками, открытом сверху, под поршнем массой  $M$  и конечной площадью основания находится одноатомный идеальный газ. В первоначальном состоянии поршень покоялся на высоте  $h$ , опираясь на выступы на внутренней стороне стенок цилиндра (см. рис. а). Давление газа  $p_0$  равно внешнему атмосферному. Газу сообщили количество теплоты  $Q$ , и в результате медленного расширения газа нижняя сторона поршня оказалась на высоте  $H$  (см. рис. б). Чему равна площадь основания поршня  $S$ ? Тепловыми потерями пренебречь.

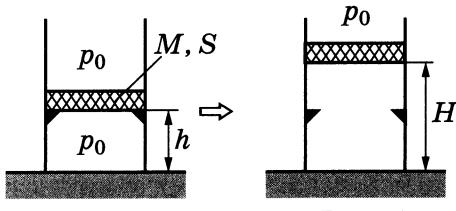
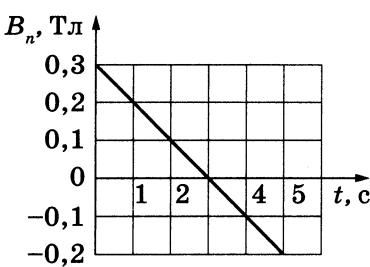


Рис. а

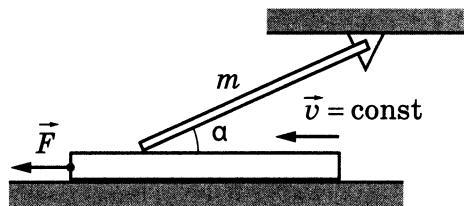
Рис. б

**25**

Квадратная рамка из медного провода с площадью поперечного сечения  $S_0 = 0,1 \text{ мм}^2$  помещена в однородное поле электромагнита. На рисунке приведён график зависимости от времени  $t$  для проекции  $B_n$  вектора индукции этого поля на перпендикуляр к плоскости рамки. Какое количество теплоты выделяется в рамке за время  $\tau = 4 \text{ с}$ ? Длина стороны рамки  $l = 10 \text{ см}$ . Удельное сопротивление меди  $\rho = 1,7 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$ .

**26**

Однородный тонкий стержень массой  $m$  одним концом шарнирно прикреплён к потолку, а другим концом опирается на массивную горизонтальную доску, образуя с ней угол  $\alpha = 30^\circ$ . Под действием горизонтальной силы  $\vec{F}$  доска движется поступательно влево с постоянной скоростью (см. рисунок). Стержень при этом неподвижен. Найдите  $m$ , если  $F = 2 \text{ Н}$ , а коэффициент трения стержня по доске  $\mu = 0,2$ . Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на стержень и доску. Трением доски по опоре и трением в шарнире пренебречь.



Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.



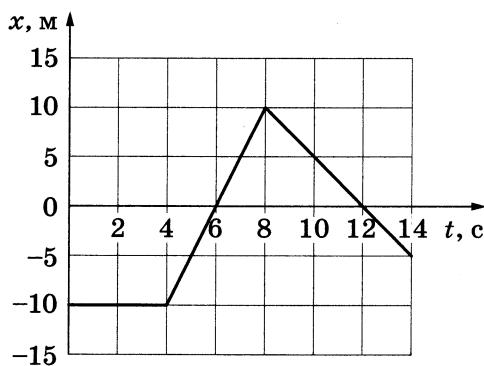
*Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с номером соответствующего задания.*

## ВАРИАНТ 6

### Часть 1

**Ответами к заданиям 1–20 являются число или последовательность цифр. 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.**

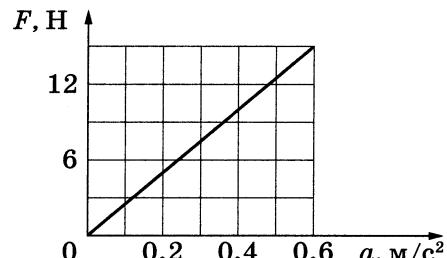
- 1** На рисунке приведён график зависимости координаты тела  $x$  от времени  $t$  при прямолинейном движении тела вдоль оси  $Ox$ . Определите проекцию скорости этого тела на ось  $Ox$  в промежутке времени от 8 до 12 с.



Ответ: \_\_\_\_\_ м/с.

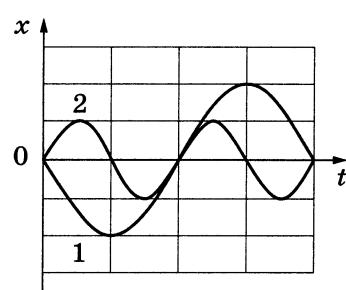
- 2** На графике приведена зависимость горизонтальной силы  $F$ , приложенной к брускам, скользящим без трения по горизонтальной поверхности, от величины его ускорения  $a$ . Систему отсчёта считать инерциальной. Чему равна масса бруска?

Ответ: \_\_\_\_\_ кг.



- 3** На рисунке представлены графики зависимости координаты  $x$  от времени  $t$  для двух тел. Чему равно отношение частот колебаний этих тел  $\frac{v_2}{v_1}$ ?

Ответ: \_\_\_\_\_.



- 4** Шарик массой 0,2 кг падает с высоты 3,5 м с начальной скоростью, равной нулю. Какова кинетическая энергия шарика при падении на землю? Сопротивлением воздуха пренебречь.

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

- 5** Искусственный спутник обращается вокруг Земли по вытянутой эллиптической орбите. В некоторый момент времени спутник проходит положение **минимального** удаления от Земли. Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения.

- 1) Скорость спутника при прохождении этого положения максимальна.
- 2) Полная механическая энергия спутника при движении по орбите остаётся постоянной.
- 3) Импульс спутника при прохождении этого положения минимален.
- 4) Ускорение спутника при прохождении этого положения минимально.
- 5) Сила притяжения спутника к Земле при прохождении этого положения максимальна.

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 6** Деревянный шарик плавает в керосине. Как изменятся сила тяжести и сила Архимеда, действующие на шарик, 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 тяжести, действующая на шарик	Сила Архимеда, действующая на шарик

- 7** Горизонтальный цилиндрический сосуд с гладкими стенками разделён подвижным поршнем на две части. В одной части сосуда находится неон, в другой — аргон. Определите отношение среднеквадратичных скоростей теплового движения молекул неона и аргона  $\frac{v_n}{v_a}$ , если поршень покойится, а отношение концентраций газов  $\frac{n_n}{n_a} = 2$ .

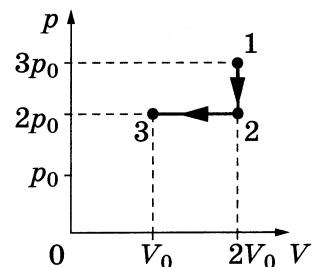
Ответ: \_\_\_\_\_.

- 8** Парциальное давление водяного пара в комнате в 2,5 раза меньше давления насыщенного водяного пара при той же температуре. Какова относительная влажность воздуха в комнате?

Ответ: \_\_\_\_ %.

**9**

Одноатомный идеальный газ переводят из состояния 1 в состояние 3 так, как показано на графике зависимости давления  $p$  газа от объёма  $V$ . Масса газа в процессе не изменяется. Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения относительно процессов, показанных на графике.



- 1) В процессе 1–2 абсолютная температура газа изобарно увеличилась в 2 раза.
- 2) В ходе процесса 1–2–3 средняя кинетическая энергия теплового движения молекул газа уменьшилась в 3 раза.
- 3) В процессе 2–3 абсолютная температура газа изохорно увеличилась в 1,5 раза.
- 4) Абсолютная температура газа максимальна в состоянии 1.
- 5) Плотность газа максимальна в состоянии 3.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**10**

Тепловая машина работает по циклу Карно. Температуру нагревателя тепловой машины 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:

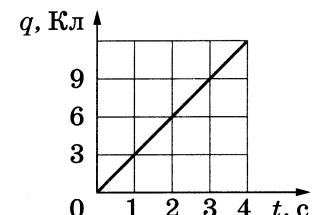
- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

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

КПД тепловой машины	Работа газа за цикл
_____	_____

**11**

По проводнику течёт постоянный электрический ток. Заряд, прошедший по проводнику, растёт с течением времени согласно представленному графику (см. рисунок). За какое время по проводнику протечёт заряд 45 Кл?



Ответ: \_\_\_\_\_ с.

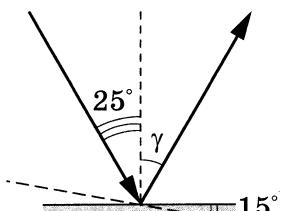
**12**

Какова энергия магнитного поля катушки индуктивностью 0,4 Гн, если сила тока в катушке равна 6 А?

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

**13**

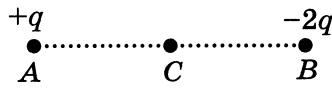
Угол падения луча света на горизонтальное плоское зеркало равен  $25^\circ$ . Каким будет угол отражения  $\gamma$ , если повернуть зеркало на  $15^\circ$  так, как показано на рисунке?



Ответ: \_\_\_\_\_ градусов.

**14**

- Две маленькие закреплённые бусинки, расположенные в точках  $A$  и  $B$ , несут на себе заряды  $+q > 0$  и  $-2q$  соответственно (см. рисунок).



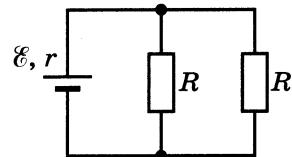
Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения относительно этой ситуации.

- 1) Модули сил Кулона, действующих на бусинки, одинаковы.
- 2) Если бусинки соединить незаряженной стеклянной палочкой, их заряды станут равными.
- 3) Напряжённость результирующего электростатического поля в точке С направлена горизонтально вправо.
- 4) Если бусинки соединить медной проволокой, они будут притягивать друг друга.
- 5) На бусинку  $A$  со стороны бусинки  $B$  действует сила Кулона, направленная горизонтально влево.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**15**

- Электрическая цепь на рисунке состоит из источника постоянного напряжения с ЭДС  $\mathcal{E}$  и внутренним сопротивлением  $r$  и внешней цепи из двух одинаковых резисторов сопротивлением  $R$ , включённых параллельно. 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) мощность тока, выделяющаяся на одном резисторе  $R$   
B) напряжение на клеммах источника тока

#### ФОРМУЛЫ

- 1)  $\frac{\mathcal{E}r}{r + \frac{R}{2}}$
- 2)  $\frac{\mathcal{E}R}{2r + R}$
- 3)  $\frac{\mathcal{E}^2 R}{4\left(r + \frac{R}{2}\right)^2}$
- 4)  $\frac{\mathcal{E}^2 R}{2\left(r + \frac{R}{2}\right)^2}$

Ответ: 

A	B

**16**

- При замене одного лазера на другой мощность испускаемого светового пучка увеличилась в 1,5 раза, а энергия каждого испускаемого фотона уменьшилась в 2,5 раза. Во сколько раз уменьшилась при этом частота испускаемого света?

Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

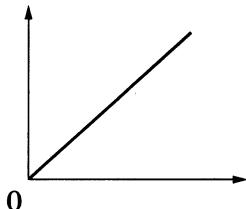
17

Установите соответствие между графиками, представленными на рисунках, и зависимостями, которые они могут выражать.

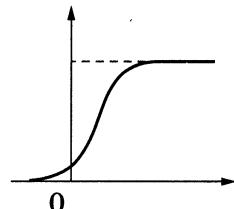
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

## ГРАФИКИ

А)



Б)



## ЗАВИСИМОСТИ

- 1) зависимость энергии фотона от его длины волны
- 2) зависимость максимальной энергии фотоэлектронов от частоты света
- 3) зависимость энергии фотона от частоты света
- 4) зависимость силы фототока от напряжения между электродами при неизменной освещенности

Ответ: 

A	B

18

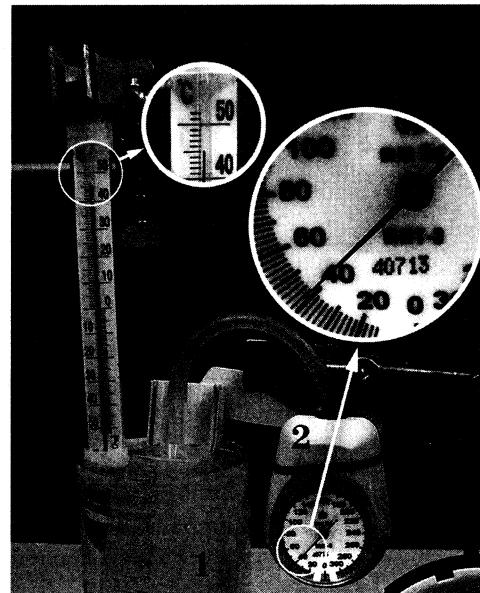
Выберите все верные утверждения о физических явлениях, величинах и закономерностях. Запишите цифры, под которыми они указаны.

- 1) Давление столба жидкости на дно сосуда прямо пропорционально её плотности.
- 2) Удельная теплота плавления вещества показывает, какое количество теплоты необходимо сообщить 1 кг вещества, находящемуся при температуре плавления, чтобы его расплавить.
- 3) В процессе электризации трением два первоначально незаряженных тела приобретают разноименные и различные по модулю заряды.
- 4) При переходе света из оптически более плотной среды в оптически менее плотную среду угол падения больше угла преломления.
- 5) При  $\alpha$ -распаде ядра выполняются закон сохранения электрического заряда, закон сохранения импульса.

Ответ: \_\_\_\_\_.

19

При исследовании зависимости давления газа от температуры ученик измерял температуру в сосуде с газом с помощью термометра. Шкала термометра проградуирована в  $^{\circ}\text{C}$ . Абсолютная погрешность измерений температуры равна цене деления шкалы термометра. Каково показание термометра с учётом погрешности измерений?



Ответ: (         $\pm$         )  $^{\circ}\text{C}$ .

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

20

Для лабораторной работы по обнаружению зависимости сопротивления проводника от его длины ученику выдали пять проводников, характеристики которых указаны в таблице. Какие *два* из предложенных ниже проводников необходимо взять ученику, чтобы провести данное исследование?

№ проводника	Длина проводника, см	Диаметр проводника, мм	Материал
1	200	1,0	алюминий
2	100	0,5	медь
3	100	1,0	медь
4	100	0,5	алюминий
5	200	1,0	медь

Запишите в ответе номера выбранных проводников.

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

**Для записи ответов на задания 21–26 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2.**  
**Запишите сначала номер задания (21, 22 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.**

**21**

Плоский воздушный конденсатор подключили к источнику постоянного напряжения и зарядили. Не отключая конденсатор от источника, пространство между его пластинами полностью заполнили диэлектриком с относительной диэлектрической проницаемостью  $\epsilon = 2,5$ . Во сколько раз при этом изменилась энергия электрического поля, накопленная конденсатором? Ответ поясните, указав, какие физические закономерности Вы использовали для объяснения.

**Полное правильное решение каждой из задач 22–26 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.**

**22**

Два пластилиновых шарика массами  $3m$  и  $m$ , летящие навстречу друг другу с одинаковыми по модулю скоростями, при столкновении слипаются. Каким станет модуль скорости шариков сразу после столкновения, если перед столкновением модуль скорости каждого из шариков был равен  $4 \text{ м/с}$ ? Временем взаимодействия шариков пренебречь.

**23**

В стакан калориметра, содержащего  $450 \text{ г}$  воды, опустили кусок льда при температуре  $0 \text{ }^{\circ}\text{С}$ . Начальная температура калориметра с водой  $45 \text{ }^{\circ}\text{С}$ . Когда наступило тепловое равновесие, температура калориметра с водой стала равной  $5 \text{ }^{\circ}\text{С}$ . Определите массу куска льда. Теплоёмкостью калориметра и теплообменом с окружающей средой пренебречь.

**24**

В вертикальном цилиндре с гладкими стенками, открытом сверху, под тяжёлым поршнем с площадью основания  $S$  находится одноатомный идеальный газ. В первоначальном состоянии поршень покоялся на высоте  $h$ , опираясь на выступы на внутренней стороне стенок цилиндра (см. рис. *а*). Давление газа  $p_0$  равно внешнему атмосферному. Газу сообщили количество теплоты  $Q$ , и в результате медленного расширения газа нижняя сторона поршня оказалась на высоте  $H$  (см. рис. *б*). Чему равна масса поршня  $M$ ? Тепловыми потерями пренебречь.

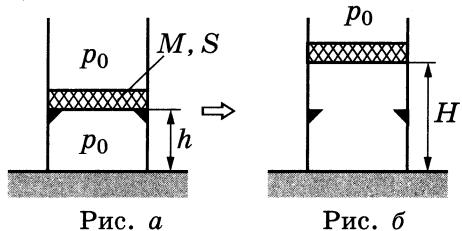
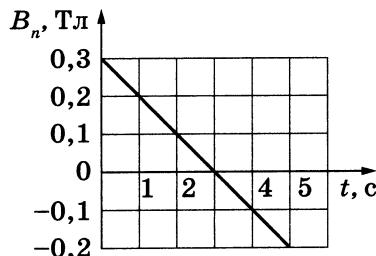


Рис. *а*

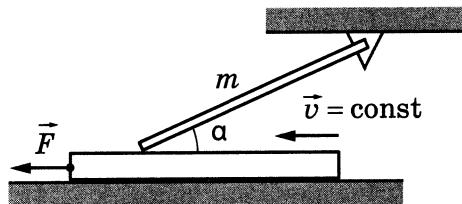
Рис. *б*

**25**

Квадратная рамка из медного провода помещена в однородное поле электромагнита. На рисунке приведён график зависимости от времени  $t$  для проекции  $B_n$  вектора индукции этого поля на перпендикуляр к плоскости рамки. За время  $\tau = 5$  с в рамке выделяется количество теплоты  $Q = 53$  мкДж. Длина стороны рамки  $l = 10$  см. Удельное сопротивление меди  $\rho = 1,7 \cdot 10^{-8}$  Ом · м. Определите площадь поперечного сечения провода  $S_0$ .

**26**

Однородный тонкий стержень массой  $m = 1,6$  кг одним концом шарнирно прикреплён к потолку, а другим концом опирается на массивную горизонтальную доску, образуя с ней угол  $\alpha = 30^\circ$ . Под действием горизонтальной силы  $\vec{F}$  доска движется поступательно влево с постоянной скоростью (см. рисунок). Стержень при этом неподвижен.



Найдите  $F$ , если коэффициент трения стержня по доске  $\mu = 0,3$ . Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на стержень и доску. Трением доски по опоре и трением в шарнире пренебречь.

Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.



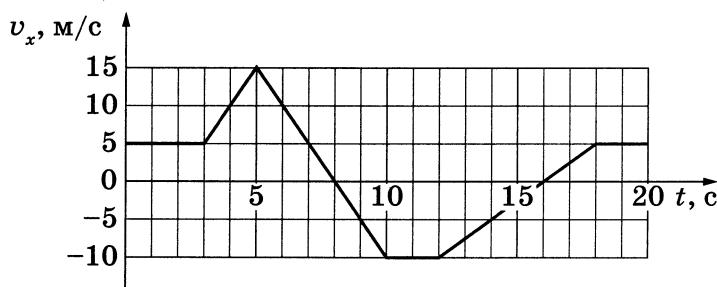
*Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с номером соответствующего задания.*

## ВАРИАНТ 7

### Часть 1

*Ответами к заданиям 1–20 являются число или последовательность цифр. 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 вдоль оси  $Ox$ . На рисунке приведён график зависимости проекции  $v_x$  скорости тела от времени  $t$ .

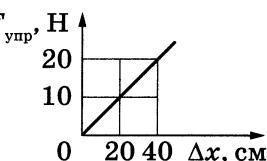


Определите путь, пройденный телом в интервале времени от 12 до 18 с.

Ответ: \_\_\_\_\_ м.

- 2 На рисунке представлен график зависимости модуля силы упругости  $F_{\text{упр}}$  пружины от величины её деформации  $\Delta x$ . Определите жёсткость этой пружины.

Ответ: \_\_\_\_\_ Н/м.



- 3 Отношение импульса легкового автомобиля к импульсу мотоцикла  $\frac{p_1}{p_2} = 5$ . Каково отношение их скоростей  $\frac{v_1}{v_2}$ , если отношение массы легкового автомобиля к массе мотоцикла  $\frac{m_1}{m_2} = 2,5$ ?

Ответ: \_\_\_\_\_.

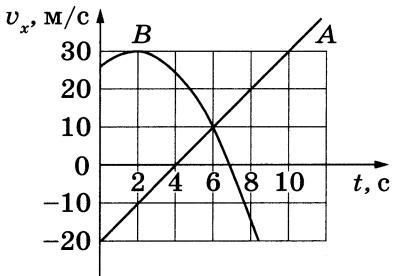
- 4 Какова частота звуковых волн в среде, если скорость звука в этой среде равна 1000 м/с, а период колебаний составляет 2 мс?

Ответ: \_\_\_\_\_ Гц.

**5**

На рисунке приведены графики зависимости проекции  $v_x$  скорости от времени  $t$  для двух тел  $A$  и  $B$ , движущихся вдоль оси  $Ox$ . Выберите все верные утверждения о характере движения тел.

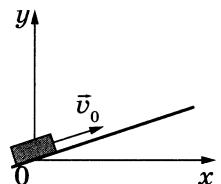
- 1) Тело  $A$  движется равноускоренно с ускорением  $5 \text{ м/с}^2$ .
- 2) Тело  $B$  за первые 2 секунды движения переместилось в положительном направлении оси  $Ox$  на расстояние не менее 50 м.
- 3) За промежуток времени от 0 до 8 с перемещение тела  $A$  равно 0.
- 4) В момент времени 2 с тело  $B$  изменило направление своего движения.
- 5) В момент времени 6 с тела  $A$  и  $B$  встретились.



Ответ: \_\_\_\_\_.

**6**

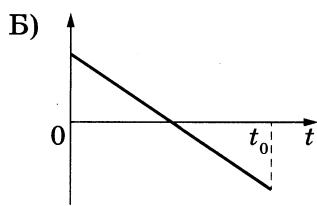
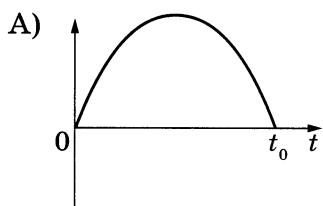
После удара в момент  $t = 0$  шайба начала скользить вверх по гладкой наклонной плоскости с начальной скоростью  $\bar{v}_0$ , как показано на рисунке, и в момент времени  $t = t_0$  вернулась в исходное положение. Графики А и Б отображают изменение с течением времени физических величин, характеризующих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



#### ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) кинетическая энергия  $E_k$
- 2) проекция скорости  $v_y$
- 3) координата  $x$
- 4) проекция силы тяжести на ось  $Ox$

Ответ: 


**7**

В результате изохорного перехода 1 моль идеального газа из начального состояния в конечное его давление увеличилось в 5 раз, а температура оказалась равной 1800 К. Какова начальная температура газа?

Ответ: \_\_\_\_\_ К.

**8**

Относительная влажность воздуха в цилиндре под поршнем равна 73 %. Воздух изотермически сжали, уменьшив его объём в два раза. Какова относительная влажность воздуха после сжатия?

Ответ: \_\_\_\_ %.

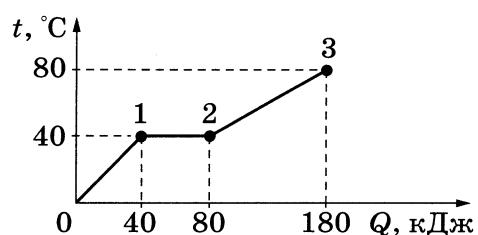
**9**

Твёрдый образец вещества нагревают в печи. На графике представлены результаты измерения поглощённого количества теплоты  $Q$  и температуры образца  $t$ .

Выберите из предложенного перечня все утверждения, которые соответствуют результатам проведённых экспериментальных наблюдений.

- 1) В состоянии 2 вещество расплавилось наполовину.
- 2) На участке 0–1 внутренняя энергия вещества возрастает.
- 3) Температура кипения вещества равна  $40^{\circ}\text{C}$ .
- 4) Удельная теплоёмкость вещества в жидком состоянии больше, чем в твёрдом.
- 5) Для того чтобы увеличить температуру этого образца вещества в жидком состоянии на  $40^{\circ}\text{C}$ , ему надо передать количество теплоты, равное 180 кДж.

Ответ: \_\_\_\_\_.

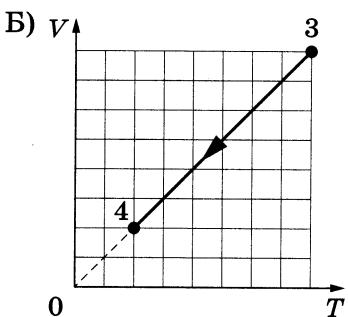
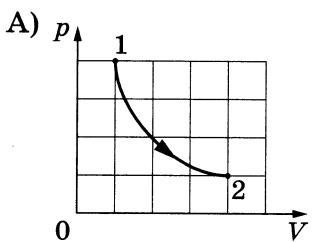
**10**

На рисунках А и Б приведены графики двух процессов: 1–2 (гипербола) и 3–4, в каждом из которых участвует 1 моль разреженного гелия. Графики построены в координатах  $p$ – $V$  и  $V$ – $T$ , 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) Над газом совершают положительную работу, при этом его внутренняя энергия увеличивается.
- 2) Над газом совершают положительную работу, при этом газ отдаёт положительное количество теплоты.
- 3) Газ получает положительное количество теплоты и совершает положительную работу.
- 4) Газ получает положительное количество теплоты, при этом его внутренняя энергия увеличивается.

Ответ: 

A	B

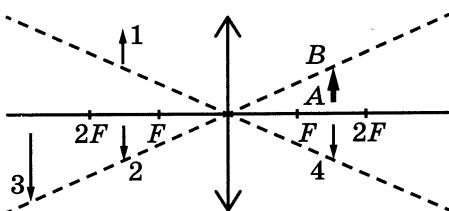
- 11** Во сколько раз уменьшатся силы электростатического взаимодействия двух точечных зарядов, если расстояние между ними увеличить в 4 раза, а каждый заряд уменьшить в 2 раза?

Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

- 12** Две частицы с одинаковыми массами и зарядами  $q$  и  $2q$  влетают в однородное магнитное поле перпендикулярно вектору магнитной индукции со скоростями  $v$  и  $2v$  соответственно. Определите отношение модулей сил  $\frac{F_1}{F_2}$ , действующих на них со стороны магнитного поля.

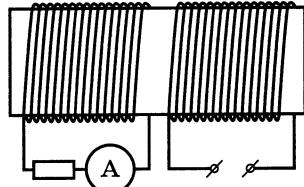
Ответ: \_\_\_\_\_.

- 13** Какому из предметов 1–4 соответствует изображение  $AB$  в тонкой собирающей линзе с фокусным расстоянием  $F$ ?

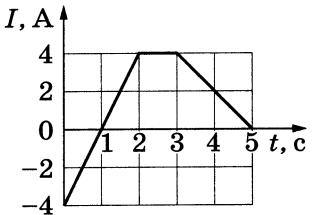


Ответ: предмету \_\_\_\_\_.

- 14** 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 все верные утверждения о процессах, происходящих в катушках и сердечнике.



- 1) В промежутках времени 0–1 и 3–5 с направления тока в левой катушке одинаковы.
- 2) В промежутке времени 2–3 с сила тока в левой катушке равна 0.
- 3) Модули силы тока в левой катушке в промежутках времени 1–2 и 3–5 с одинаковы.
- 4) В промежутке 0–2 с модуль индукции магнитного поля в сердечнике всё время равен 0.
- 5) В левой катушке сила тока в промежутке времени 0–1 с по модулю больше, чем в промежутке времени 3–5 с.



Ответ: \_\_\_\_\_.

**15** Конденсатор подсоединили к источнику тока, и он стал заряжаться. Как меняются в процессе зарядки конденсатора заряд конденсатора и модуль напряжённости электрического поля внутри конденсатора?

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.

Заряд конденсатора	Модуль напряжённости электрического поля внутри конденсатора

**16** 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 соответствующего изотопа в природе.

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

Определите число протонов в ядре наиболее распространённого изотопа цинка.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**17** При исследовании зависимости кинетической энергии фотоэлектронов от частоты падающего света фотоэлемент освещался через светофильтры. В первой серии опытов использовался светофильтр, пропускающий только зелёный свет, а во второй — пропускающий только синий. В каждом опыте наблюдали явление фотоэффекта.

Как изменились длина волны падающего на фотоэлемент света и «красная граница» фотоэффекта при переходе от первой серии опытов ко второй?

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.

Длина волны падающего на фотоэлемент света	«Красная граница» фотоэффекта

**18**

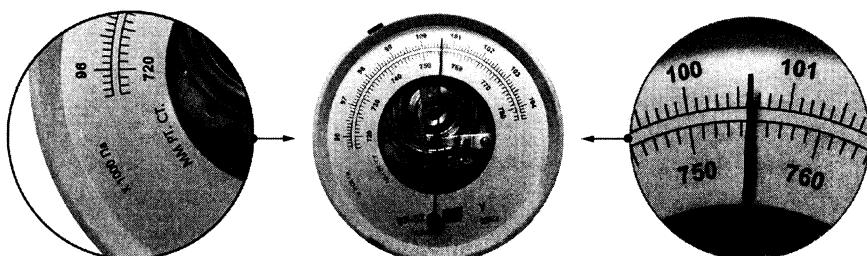
Выберите все верные утверждения о физических явлениях, величинах и закономерностях. Запишите цифры, под которыми они указаны.

- 1) При прохождении математическим маятником положения равновесия центростремительное ускорение его груза максимально.
- 2) Удельная теплоёмкость вещества показывает, какое количество теплоты необходимо сообщить 1 кг вещества для его плавления.
- 3) При помещении проводника в электростатическое поле наблюдается явление электростатической индукции.
- 4) При преломлении света, падающего из среды с меньшим показателем преломления в среду с большим показателем преломления, угол падения меньше угла преломления.
- 5) При  $\beta$ -распаде ядра выполняются законы сохранения энергии и электрического заряда, но не выполняется закон сохранения импульса.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**19**

В паспорте барометра (см. рисунок) указано, что абсолютная погрешность прямого измерения давления составляет 0,2 кПа.



Определите показания барометра с учётом абсолютной погрешности измерения.

Ответ: (      ±      ) кПа.

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

**20**

Необходимо собрать экспериментальную установку, с помощью которой можно определить плотность керосина. Для этого школьник взял пустую мензурку и металлический цилиндр с крючком. Какие *два* предмета из приведённого ниже перечня оборудования необходимо дополнительно использовать для проведения этого эксперимента?

- |                       |               |
|-----------------------|---------------|
| 1) стакан с бензином  | 4) динамометр |
| 2) линейка            | 5) термометр  |
| 3) стакан с керосином |               |

В ответе запишите номера выбранных предметов.

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.***

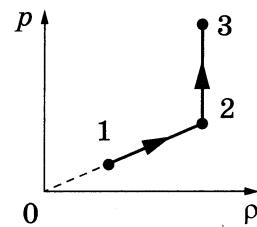


## Часть 2

**Для записи ответов на задания 21–26 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2.**  
**Запишите сначала номер задания (21, 22 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.**

**21**

Постоянное количество одноатомного идеального газа участвует в процессе, график которого изображён на рисунке в координатах  $p$  —  $\rho$ , где  $p$  — давление газа,  $\rho$  — плотность газа. Определите, получает газ теплоту или отдаёт в процессах 1–2 и 2–3. Ответ поясните, опираясь на законы молекулярной физики и термодинамики.



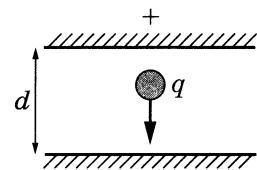
**Полное правильное решение каждой из задач 22–26 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.**

**22**

Груз массой 200 г подвешен на пружине жёсткостью 100 Н/м к потолку лифта. Лифт равноускоренно движется вниз, набирая скорость. Каково ускорение лифта, если удлинение пружины постоянно и равно 1,5 см?

**23**

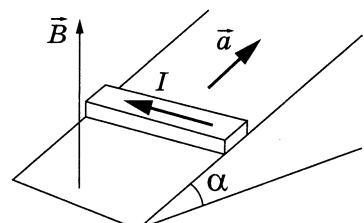
Пластины большого по размерам плоского конденсатора расположены горизонтально на расстоянии  $d = 2$  см друг от друга. Напряжение на пластинах конденсатора 10 кВ. В пространстве между пластинами падает капля жидкости. Масса капли  $m = 5$  мг. При каком значении заряда  $q$  капли её скорость будет постоянной? Влиянием воздуха на движение капли пренебречь.

**24**

В закрытом сосуде объёмом  $V = 10$  л находится влажный воздух массой  $m = 18$  г при температуре  $t = 80^\circ\text{C}$  и давлении  $p = 2 \cdot 10^5$  Па. Определите массу паров воды в сосуде.

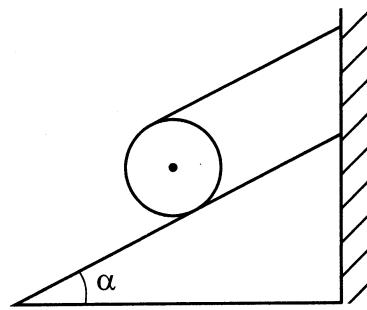
**25**

Горизонтальный проводящий стержень прямоугольного сечения поступательно движется с ускорением  $a = 1,5 \text{ м/с}^2$  вверх по гладкой диэлектрической наклонной плоскости в вертикальном однородном магнитном поле (см. рисунок). Угол наклона плоскости  $\alpha = 30^\circ$ . Отношение массы стержня к его длине  $\frac{m}{L} = 0,1 \text{ кг/м}$ . Модуль индукции магнитного поля  $B = 0,3 \text{ Тл}$ . Определите силу тока  $I$ , протекающего по стержню. Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на стержень.



**26**

Цилиндр массой  $m = 1$  кг и радиусом  $R = 4$  см, на который намотана нерастяжимая невесомая нить, положили на наклонную плоскость, а конец нити прикрепили к вертикальной стенке. Ось цилиндра горизонтальна. Нить не скользит по цилиндру, параллельна наклонной плоскости и перпендикулярна оси цилиндра (см. рисунок). Коэффициент трения между цилиндром и плоскостью  $\mu = 0,5$ . При каком максимальном угле наклона плоскости к горизонту цилиндр будет находиться в равновесии? Сделайте схематический рисунок с указанием сил, действующих на цилиндр.



Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.



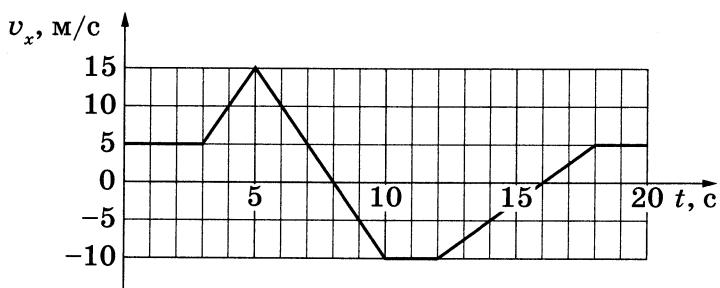
*Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с номером соответствующего задания.*

## ВАРИАНТ 8

### Часть 1

**Ответами к заданиям 1–20 являются число или последовательность цифр. 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 вдоль оси  $Ox$ . На рисунке приведён график зависимости проекции  $v_x$  скорости тела от времени  $t$ .

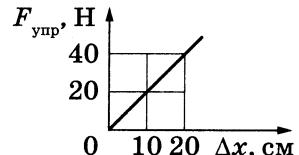


Определите проекцию перемещения тела  $s_x$  в интервале времени от 5 до 10 с.

Ответ: \_\_\_\_\_ м.

- 2** На рисунке представлен график зависимости модуля силы упругости  $F_{\text{упр}}$  пружины от величины её деформации  $\Delta x$ . Определите жёсткость этой пружины.

Ответ: \_\_\_\_\_ Н/м.



- 3** Отношение кинетической энергии легкового автомобиля к кинетической энергии мотоцикла  $\frac{E_1}{E_2} = 1,6$ . Каково отношение их скоростей  $\frac{v_1}{v_2}$ , если отношение массы легкового автомобиля к массе мотоцикла  $\frac{m_1}{m_2} = 2,5$ ?  
Ответ: \_\_\_\_\_.

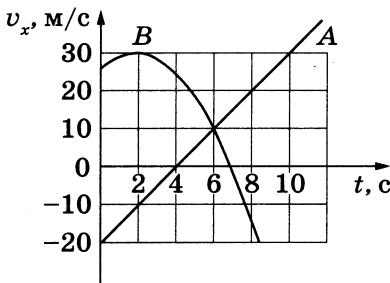
- 4** Каков период колебаний  $T$  звуковых волн в среде, если скорость звука в этой среде равна 1000 м/с, а длина волны  $\lambda = 5$  м?

Ответ: \_\_\_\_\_ с.

**5**

На рисунке приведены графики зависимости проекции  $v_x$  скорости от времени  $t$  для двух тел  $A$  и  $B$ , движущихся вдоль оси  $Ox$ . Выберите все верные утверждения о характере движения тел.

- 1) Тело  $A$  движется равномерно со скоростью 5 м/с.
- 2) Тело  $B$  за первые 4 секунды движения переместилось в положительном направлении оси  $Ox$  на расстояние более 120 м.
- 3) В промежутке времени от 0 до 8 с путь, пройденный телом  $A$ , равен 0.
- 4) В интервале времени от 6 до 8 с тело  $B$  изменило направление своего движения.
- 5) В момент времени 6 с тела  $A$  и  $B$  двигались с одинаковой скоростью в одном направлении.



Ответ: \_\_\_\_\_.

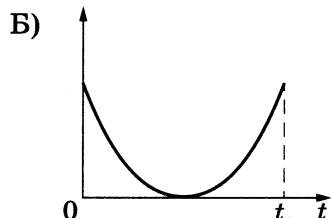
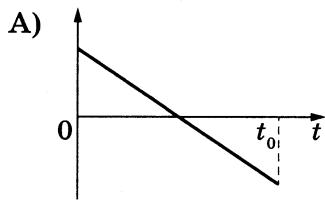
**6**

В момент времени  $t = 0$  мяч брошен вверх с поверхности Земли со скоростью  $\bar{v}_0$ , как показано на рисунке. Графики А и Б отображают изменение с течением времени физических величин, характеризующих движение мяча. Потенциальная энергия мяча отсчитывается от уровня  $y = 0$ . Установите соответствие между графиками и физическими величинами, изменение которых со временем эти графики могут отображать ( $t_0$  — время полёта мяча). Сопротивлением воздуха 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 импульса  $p_y$
- 2) кинетическая энергия  $E_k$
- 3) проекция ускорения  $a_y$
- 4) потенциальная энергия  $E_p$

Ответ: 

A	B

**7**

В результате изохорного перехода 1 моль идеального газа из начального состояния в конечное его давление уменьшилось в 3 раза, а температура оказалась равной 630 К. Какова начальная температура газа?

Ответ: \_\_\_\_\_ К.

**8**

Относительная влажность воздуха в цилиндре под поршнем равна 75 %. Объём воздуха изотермически увеличили в два раза. Какова относительная влажность воздуха после расширения?

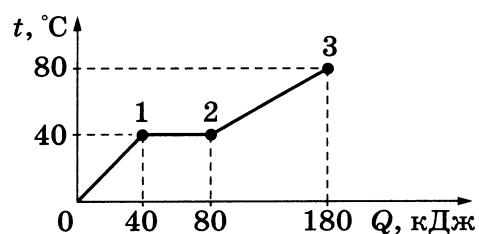
Ответ: \_\_\_\_\_ %.

**9**

Твёрдый образец вещества нагревают в печи. На графике представлены результаты измерения поглощённого количества теплоты  $Q$  и температуры образца  $t$ .

Выберите из предложенного перечня все утверждения, которые соответствуют результатам проведённых экспериментальных наблюдений.

- 1) В состоянии 2 вещество полностью расплавилось.
- 2) На участке 0–1 внутренняя энергия вещества не изменяется.
- 3) Температура плавления вещества равна  $40^{\circ}\text{C}$ .
- 4) Удельная теплоёмкость вещества в жидком состоянии меньше, чем в твёрдом.
- 5) Для того чтобы полностью расплавить образец вещества, уже находящийся при температуре плавления, ему надо передать количество теплоты, равное  $40 \text{ кДж}$ .



Ответ: \_\_\_\_\_.

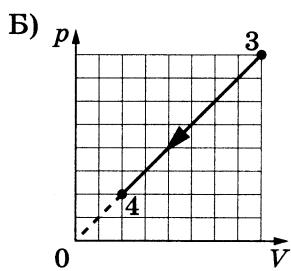
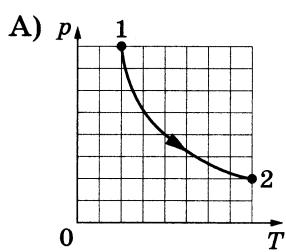
**10**

На рисунках А и Б приведены графики двух процессов: 1–2 (гипербола) и 3–4, в каждом из которых участвует 1 моль разреженного гелия. Графики построены в координатах  $p$ – $T$  и  $p$ – $V$  соответственно, 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) Над газом совершают положительную работу, при этом его внутренняя энергия уменьшается.
- 2) Над газом совершают положительную работу, при этом газ получает положительное количество теплоты.
- 3) Газ отдаёт положительное количество теплоты и совершает положительную работу.
- 4) Газ получает положительное количество теплоты, при этом его внутренняя энергия увеличивается.

Ответ: 

A	B

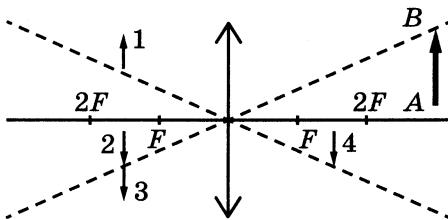
- 11** Во сколько раз увеличиваются силы электростатического взаимодействия двух точечных зарядов, если расстояние между ними увеличить в 2 раза, а каждый заряд увеличить в 4 раза?

Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

- 12** Две частицы с одинаковыми массами и зарядами  $3q$  и  $2q$  влетают в однородное магнитное поле перпендикулярно вектору магнитной индукции со скоростями  $2v$  и  $1,5v$  соответственно. Определите отношение модулей сил  $\frac{F_1}{F_2}$ , действующих на них со стороны магнитного поля.

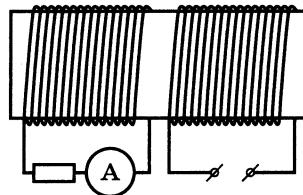
Ответ: \_\_\_\_\_.

- 13** Какому из предметов 1–4 соответствует изображение  $AB$  в тонкой собирающей линзе с фокусным расстоянием  $F$ ?

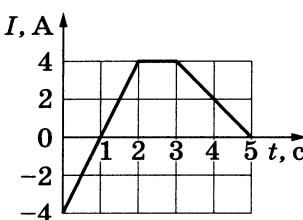


Ответ: предмету \_\_\_\_\_.

- 14** 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 все верные утверждения о процессах, происходящих в катушках и сердечнике.



- 1) В промежутках времени 0–1 и 3–5 с ток в левой катушке протекает в противоположных направлениях.
- 2) В промежутке времени 2–3 с сила тока в левой катушке равна 4 А.
- 3) Модуль силы тока в левой катушке в промежутке времени 1–2 с больше, чем в промежутке 3–5 с.
- 4) В промежутке от 2 до 4 с модуль индукции магнитного поля в сердечнике не равен 0.
- 5) Скорость изменения магнитного потока, пронизывающего левую катушку, в промежутке времени 0–1 с по модулю меньше, чем в промежутке 3–5 с.



Ответ: \_\_\_\_\_.

**15** Конденсатор подсоединили к источнику тока, и он стал заряжаться. Как меняются в процессе зарядки конденсатора электроёмкость конденсатора и энергия электрического поля конденсатора?

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.

Электроёмкость конденсатора	Энергия электрического поля конденсатора

**16** 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 соответствующего изотопа в природе.

2	II	<b>Li</b> 3 литий $7_{93}$ $6_{7,4}$	<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> 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 $69_{60} 71_{40}$

Определите число нейтронов в ядре наименее распространённого изотопа цинка.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**17** При исследовании зависимости кинетической энергии фотоэлектронов от частоты падающего света фотоэлемент освещался через светофильтры. В первой серии опытов использовался светофильтр, пропускающий только синий свет, а во второй — пропускающий только жёлтый. В каждом опыте наблюдали явление фотоэффекта. Как изменились частота света, падающего на фотоэлемент, и работа выхода электронов при переходе от первой серии опытов ко второй?

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.

Частота света, падающего на фотоэлемент	Работа выхода электронов

**18**

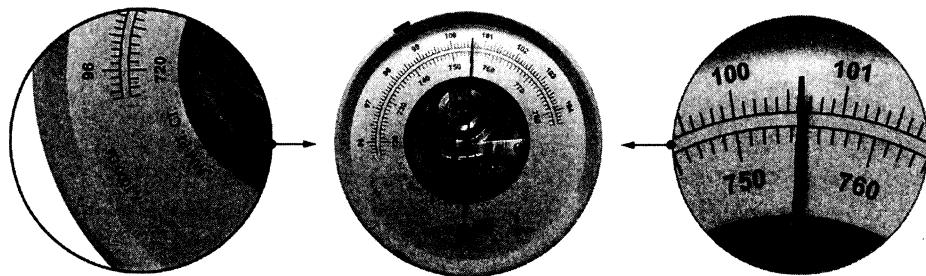
Выберите все верные утверждения о физических явлениях, величинах и закономерностях. Запишите цифры, под которыми они указаны.

- 1) При прохождении математическим маятником положения равновесия центростремительное ускорение его груза равно нулю.
- 2) Удельная теплоёмкость вещества показывает, какое количество теплоты необходимо сообщить 1 кг вещества для его нагревания на 1 К.
- 3) При помещении проводника в электростатическое поле наблюдается явление электромагнитной индукции.
- 4) При преломлении света, падающего из среды с меньшим показателем преломления в среду с большим показателем преломления, угол падения больше угла преломления.
- 5) При  $\beta$ -распаде ядра выполняются законы сохранения энергии и электрического заряда и закон сохранения импульса.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**19**

В паспорте барометра (см. рисунок) указано, что абсолютная погрешность прямого измерения давления составляет 3 мм рт. ст.



Определите показания барометра с учётом абсолютной погрешности измерения.

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

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

**20**

Необходимо собрать экспериментальную установку, с помощью которой можно определить плотность бензина. Для этого школьник взял динамометр и металлический цилиндр с крючком. Какие *два* предмета из приведённого ниже перечня оборудования необходимо дополнительно использовать для проведения этого эксперимента?

- |                      |                       |             |
|----------------------|-----------------------|-------------|
| 1) стакан с бензином | 3) стакан с керосином | 5) мензурка |
| 2) линейка           | 4) термометр          |             |

В ответе запишите номера выбранных предметов.

Ответ:



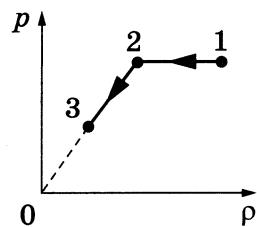
**Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы. Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.**

## Часть 2

**Для записи ответов на задания 21–26 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2.**  
**Запишите сначала номер задания (21, 22 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.**

**21**

Постоянное количество одноатомного идеального газа участвует в процессе, график которого изображён на рисунке в координатах  $p-\rho$ , где  $p$  — давление газа,  $\rho$  — плотность газа. Определите, получает газ теплоту или отдаёт в процессах 1–2 и 2–3. Ответ поясните, опираясь на законы молекулярной физики и термодинамики.



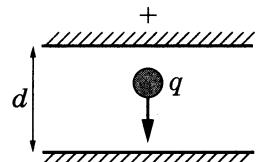
**Полное правильное решение каждой из задач 22–26 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.**

**22**

Груз массой 200 г подвешен на пружине к потолку лифта. Лифт равноускоренно движется вниз с ускорением  $2 \text{ м/с}^2$ , набирая скорость. Какова жёсткость пружины, если удлинение её постоянно и равно 1 см?

**23**

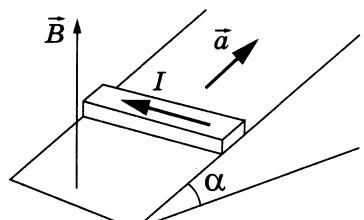
Пластины большого по размерам плоского конденсатора расположены горизонтально на расстоянии  $d = 2 \text{ см}$  друг от друга. Напряжение на пластинах конденсатора  $10 \text{ кВ}$ . В пространстве между пластинами падает капля жидкости. Заряд капли  $q = -8 \cdot 10^{-11} \text{ Кл}$ . При каком значении массы капли её скорость будет постоянной? Влиянием воздуха на движение капли пренебречь.

**24**

В закрытом сосуде объёмом  $V = 10 \text{ л}$  находится влажный воздух массой  $m = 18 \text{ г}$  при температуре  $t = 80^\circ\text{C}$ . Определите давление влажного воздуха, если масса паров воды в сосуде равна  $m_{\text{п}} = 1,5 \text{ г}$ .

**25**

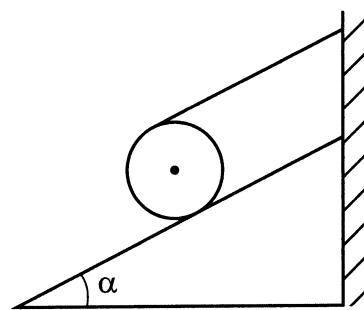
Горизонтальный проводящий стержень прямоугольного сечения поступательно движется с ускорением вверх по гладкой диэлектрической наклонной плоскости в вертикальном однородном магнитном поле (см. рисунок). По стержню протекает ток  $I = 4 \text{ А}$ . Угол наклона плоскости  $\alpha = 30^\circ$ . Отношение массы стержня к его длине  $\frac{m}{L} = 0,1 \text{ кг/м}$ . Модуль индукции магнитного поля  $B = 0,2 \text{ Тл}$ . Каково ускорение стержня? Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на стержень.



**26**

Цилиндр массой  $m = 2$  кг и радиусом  $R = 6$  см, на который намотана нерастяжимая невесомая нить, положили на наклонную плоскость с углом наклона к горизонту  $\alpha = 30^\circ$ , а конец нити прикрепили к вертикальной стенке. Ось цилиндра горизонтальна. Нить не скользит по цилиндру, параллельна наклонной плоскости и перпендикулярна оси цилиндра (см. рисунок). При каком минимальном коэффициенте трения между цилиндром и плоскостью цилиндр будет находиться в равновесии? Сделайте схематический рисунок с указанием сил, действующих на цилиндр.

Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.



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

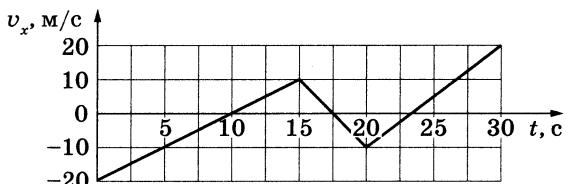
## ВАРИАНТ 9

### Часть 1

**Ответами к заданиям 1–20 являются число или последовательность цифр. 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 интервале времени от 0 до 10 с.



Ответ: \_\_\_\_\_ м/с<sup>2</sup>.

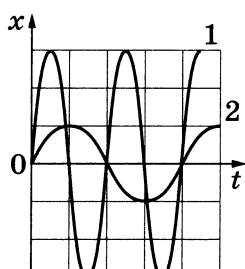
- 2** В инерциальной системе отсчёта сила  $\vec{F}$  сообщает телу массой  $m$  ускорение 1,5 м/с<sup>2</sup>. Какое ускорение получит тело массой  $\frac{m}{3}$  в этой системе отсчёта под действием силы  $2\vec{F}$ ?

Ответ: \_\_\_\_\_ м/с<sup>2</sup>.

- 3** Шарик массой 200 г падает с высоты 10 м с нулевой начальной скоростью. К моменту падения на землю потеря полной механической энергии за счёт сопротивления воздуха составила 10 %. Какова кинетическая энергия шарика в этот момент?

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

- 4** На рисунке представлены графики зависимости координат двух тел от времени. Чему равно отношение амплитуд  $\frac{A_1}{A_2}$  колебаний этих тел?



Ответ: \_\_\_\_\_.

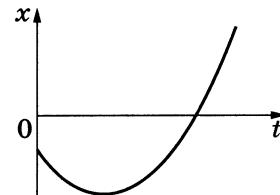
- 5** Небольшой груз, покоящийся на гладком горизонтальном столе, соединён лёгкой горизонтальной пружиной с вертикальной стенкой. Груз немного смещают от положения равновесия и отпускают из состояния покоя, после чего он начинает колебаться, двигаясь вдоль оси пружины, параллельно которой направлена ось  $Ox$ . В таблице приведены значения координаты груза  $x$  в различные моменты времени  $t$ . Выберите все верные утверждения о результатах этого опыта на основании данных, содержащихся в таблице. Погрешность измерения координаты равна 0,1 см, времени — 0,1 с.

$t, \text{ с}$	0,0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2
$x, \text{ см}$	4,0	2,8	0,0	-2,8	-4,0	-2,8	0,0

- 1) В момент времени 0,8 с ускорение груза максимально.
- 2) Модуль силы, с которой пружина действует на груз, в момент времени 0,8 с меньше, чем в момент времени 1,2 с.
- 3) Частота колебаний груза равна 1 Гц.
- 4) Период колебаний груза равен 1,6 с.
- 5) В момент времени 1,2 с потенциальная энергия пружины минимальна.

Ответ: \_\_\_\_\_.

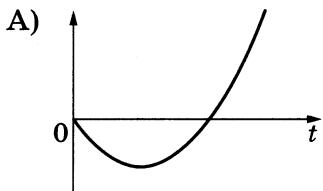
- 6** На рисунке показан график зависимости координаты  $x$  тела, движущегося вдоль оси  $Ox$ , от времени  $t$  (парабола). Графики А и Б представляют собой зависимости физических величин, характеризующих движение тела, от времени  $t$ .



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

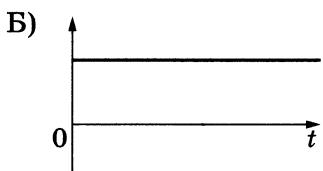
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

#### ГРАФИКИ



#### ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) модуль скорости тела
- 2) модуль ускорения тела
- 3) кинетическая энергия тела
- 4) проекция на ось  $Ox$  перемещения тела из начального положения



Ответ: 

A	B

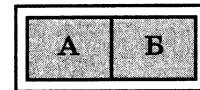
- 7** При температуре  $1,5T_0$  и давлении  $p_0$  2 моль идеального газа занимают объём  $4V_0$ . Сколько моль газа будут занимать объём  $2V_0$  при температуре  $3T_0$  и давлении  $4p_0$ ?

Ответ: \_\_\_\_\_ моль.

- 8** Тепловая машина с КПД 30 % за цикл работы получает от нагревателя количество теплоты, равное 5 кДж. Какое количество теплоты машина отдаёт за цикл холодильнику?

Ответ: \_\_\_\_\_ кДж.

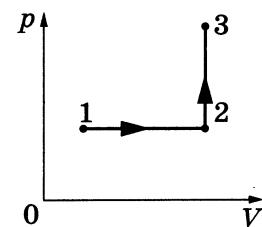
- 9** При изучении явления теплообмена герметичный теплоизолированный сосуд с одноатомным идеальным газом разделили неподвижной перегородкой, способной проводить тепло, на две одинаковые части (см. рисунок). После этого газ в разных частях сосуда нагрели до разных температур. Температура газа в части А равна 303 К, а в части Б равна 20 °С. Количество газа одинаково в обеих частях сосуда. Считая, что теплоёмкость сосуда пренебрежимо мала, выберите все утверждения, которые верно отражают изменения, происходящие с газом в дальнейшем после окончания нагревания.



- 1) При теплообмене газ в части Б отдавал положительное количество теплоты, а газ в части А его получал.
- 2) Через достаточно большой промежуток времени температура газа в обеих частях сосуда стала одинаковой и равной 298 К.
- 3) Внутренняя энергия газа в части А не изменилась.
- 4) В процессе теплообмена газ в сосуде А совершил работу.
- 5) Температура газа в части Б повысилась.

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 10** 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 концентрация молекул газа  $n$  в ходе процесса 2–3?

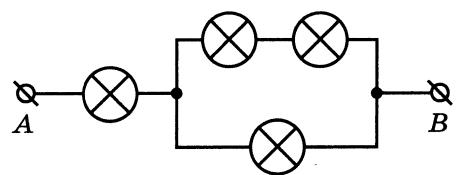
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Абсолютная температура газа в ходе процесса 1–2	Концентрация молекул газа в ходе процесса 2–3

- 11** Ученик соединил четыре лампочки накаливания так, как показано на рисунке. Определите сопротивление цепи между точками *A* и *B*, если сопротивление каждой лампочки равно 12 Ом.

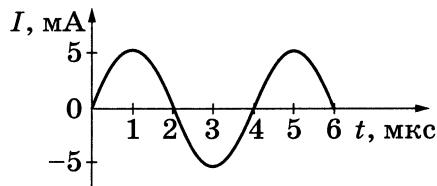


Ответ: **Ом.**

- 12** Определите энергию магнитного поля катушки индуктивностью 4 мГн, по которой протекает ток, если сила тока 5 А.

Ответ: Дж.

- 13** На рисунке приведён график зависимости силы тока  $I$  от времени  $t$  в колебательном контуре. Сколько раз в течение первых 6 мкс энергия конденсатора достигает минимального значения?



Ответ: раз(а).

- 14** От деревянного кольца № 1 отодвигают южный полюс полосового магнита, а от медного кольца № 2 — северный полюс такого же магнита (см. рисунок).

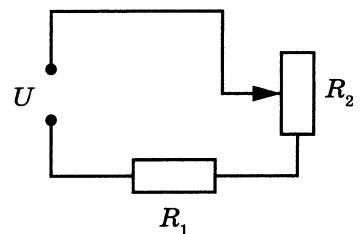


Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения относительно наблюдаемых явлений.

- 1) В кольце № 1 индукционный ток не возникает.
  - 2) В кольце № 2 возникает индукционный ток.
  - 3) Кольцо № 1 притягивается к магниту.
  - 4) Кольцо № 2 не взаимодействует с магнитом.
  - 5) В кольце № 2 возникает ЭДС электромагнитной индукции.

**Ответ:** \_\_\_\_\_.

- 15** Резистор  $R_1$  и реостат  $R_2$  подключены последовательно к источнику напряжения  $U$  (см. рисунок). Как изменятся сила тока в цепи и напряжение на реостате  $R_2$ , если увеличить сопротивление реостата? Считать, что напряжение на выводах источника остаётся при этом постоянным.



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 реостате $R_2$

- 16** Ядро платины  $^{174}_{78}\text{Pt}$  испытывает  $\alpha$ -распад, при этом образуются  $\alpha$ -частица и ядро химического элемента  $^A_Z\text{X}$ . Определите заряд  $Z$  (в единицах элементарного заряда) ядра  $\text{X}$ .

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 17** Монохроматический свет с длиной волны  $\lambda$  падает на поверхность металла, вызывая фотоэффект. После изменения энергии падающих фотонов модуль запирающего напряжения  $U_{\text{зап}}$  увеличился. Как изменились при этом длина волны  $\lambda$  падающего света и работа выхода фотоэлектронов с поверхности металла?

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.

Длина волны $\lambda$ падающего света	Работа выхода фотоэлектронов

- 18** Выберите все верные утверждения о физических явлениях, величинах и закономерностях. Запишите цифры, под которыми они указаны.

- 1) При равномерном прямолинейном движении за любые равные промежутки времени тело совершает одинаковые перемещения.
- 2) Средняя кинетическая энергия поступательного теплового движения молекул газа обратно пропорциональна абсолютной температуре газа.
- 3) В однородном электростатическом поле работа по перемещению заряда между двумя точками не зависит от траектории.
- 4) При переходе электромагнитной волны из оптически менее плотной в оптически более плотную среду частота волны уменьшается.
- 5) При электронном  $\beta$ -распаде массовое число ядра остается неизменным.

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 19** Чтобы узнать диаметр медной проволоки, ученик намотал её виток к витку на карандаш и измерил длину намотки из 20 витков. Длина оказалась равной  $(15 \pm 1)$  мм. Запишите в ответ диаметр проволоки с учётом погрешности измерений.

Ответ:  $(\underline{\hspace{1cm}} \pm \underline{\hspace{1cm}})$  мм.

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

- 20** Необходимо собрать экспериментальную установку, с помощью которой можно определить показатель преломления стекла. Для того чтобы создать узкий луч света, школьник взял лампочку и экран с маленьким круглым отверстием. Какие *два* предмета из приведённого ниже перечня оборудования необходимо дополнительно использовать для проведения этого эксперимента?

- 1) плоская стеклянная пластина с параллельными гранями
- 2) зеркало
- 3) динамометр
- 4) гальванометр
- 5) линейка

В ответе запишите номера выбранных предметов.

Ответ:

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

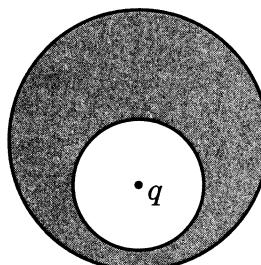
**Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.**



## Часть 2

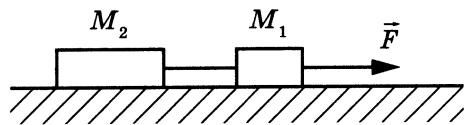
**Для записи ответов на задания 21–26 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (21, 22 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.**

- 21** В нижней половине незаряженного металлического шара располагается крупная шарообразная полость, заполненная воздухом. Шар находится в воздухе вдали от других предметов. В центр полости помещён положительный точечный заряд  $q > 0$  (см. рисунок). Нарисуйте картину линий напряжённости электростатического поля внутри полости, внутри проводника и снаружи шара. Если поле отсутствует, напишите в данной области:  $\vec{E} = 0$ . Если поле отлично от нуля, используя восемь линий напряжённости. Ответ поясните, указав, какие физические закономерности Вы использовали для объяснения.



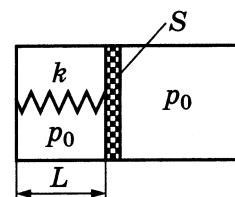
**Полное правильное решение каждой из задач 22–26 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.**

- 22** Два груза, связанных нерастяжимой и невесомой нитью, движутся по гладкой горизонтальной поверхности под действием горизонтальной силы  $\bar{F}$ , приложенной к грузу массой  $M_1$  (см. рисунок). Максимальная сила  $F$ , при которой нить не обрывается, равна 18 Н. Известно, что нить может выдержать нагрузку не более 10 Н. Чему равна масса  $M_1$  первого груза, если масса второго равна  $M_2 = 3$  кг?

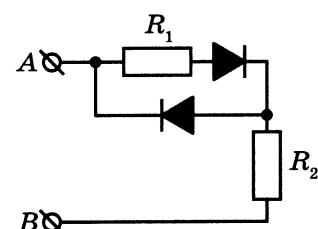


- 23** На дифракционную решётку, имеющую 300 штрихов на 1 мм, перпендикулярно её поверхности падает узкий луч монохроматического света частотой  $5,6 \cdot 10^{14}$  Гц. Каков максимальный порядок дифракционного максимума, доступного для наблюдения?

- 24** В горизонтальном цилиндре с гладкими стенками под массивным поршнем площадью  $S$  находится одноатомный идеальный газ. Поршень соединён с основанием цилиндра пружиной. В начальном состоянии расстояние между поршнем и основанием цилиндра было равно  $L$ , а давление газа в цилиндре было равно внешнему атмосферному давлению  $p_0$  (см. рисунок). Затем газу было передано количество теплоты  $Q$ , и в результате поршень медленно переместился вправо на расстояние  $b$ . Чему равна жёсткость пружины  $k$ ?



- 25** В цепи, изображённой на рисунке, сопротивление диода в прямом направлении пренебрежимо мало, а в обратном — многократно превышает сопротивление резисторов. При подключении к точке А положительного полюса, а к точке В отрицательного полюса батареи с ЭДС 12 В и пренебрежимо малым внутренним сопротивлением потребляемая в цепи мощность равна 4,8 Вт. При изменении полярности подключения батареи потребляемая в цепи мощность становится равной 7,2 Вт. Укажите, как течёт ток через диоды и резисторы в обоих случаях, и определите сопротивление резисторов  $R_1$  и  $R_2$ .



- 26** Снаряд массой 2 кг разорвался в полёте на две равные части, одна из которых продолжила движение в направлении движения снаряда, а другая — в противоположную сторону. В момент разрыва суммарная кинетическая энергия осколков увеличилась за счёт энергии взрыва на величину  $\Delta E$ . Модуль скорости осколка, летящего по направлению движения снаряда, равен 900 м/с, а модуль скорости второго осколка — 100 м/с. Найдите величину  $\Delta E$ . Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.



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

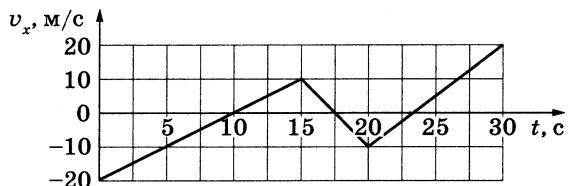
## ВАРИАНТ 10

### Часть 1

**Ответами к заданиям 1–20 являются число или последовательность цифр. 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 интервале времени от 15 до 20 с.



Ответ: \_\_\_\_\_ м/с<sup>2</sup>.

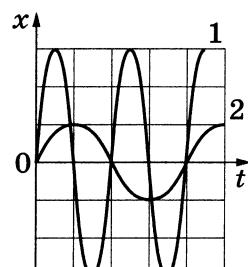
- 2 В инерциальной системе отсчёта сила, модуль которой равен 16 Н, сообщает телу массой  $m$  ускорение  $\ddot{a}$ . Каков модуль силы, которая сообщает телу массой  $4m$  в этой системе отсчёта ускорение  $\frac{\ddot{a}}{2}$ ?

Ответ: \_\_\_\_\_ Н.

- 3 Шарик массой 200 г бросили вертикально вверх со скоростью 6 м/с, и он поднялся на максимальную высоту, равную 1,5 м. Определите потерю полной механической энергии шарика за счёт сопротивления воздуха.

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

- 4 На рисунке представлены графики зависимости координат двух тел от времени. Чему равно отношение частот  $\frac{v_1}{v_2}$  колебаний этих тел?



Ответ: \_\_\_\_\_.

- 5** Небольшой груз, покоящийся на гладком горизонтальном столе, соединён лёгкой горизонтальной пружиной с вертикальной стенкой. Груз немного смещают от положения равновесия и отпускают из состояния покоя, после чего он начинает колебаться, двигаясь вдоль оси пружины, параллельно которой направлена ось  $Ox$ . В таблице приведены значения координаты груза  $x$  в различные моменты времени  $t$ . Выберите все верные утверждения о результатах этого опыта на основании данных, содержащихся в таблице. Погрешность измерения координаты равна 0,1 см, времени — 0,1 с.

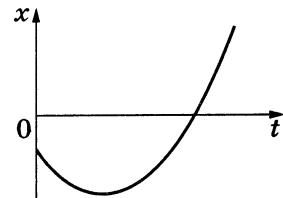
$t, \text{ с}$	0,0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2
$x, \text{ см}$	4,0	2,8	0,0	-2,8	-4,0	-2,8	0,0

- 1) В момент времени 0,8 с ускорение груза равно нулю.
- 2) Модуль силы, с которой пружина действует на груз, в момент времени 0,8 с больше, чем в момент времени 1,2 с.
- 3) Частота колебаний груза равна 0,625 Гц.
- 4) Период колебаний груза равен 0,8 с.
- 5) В момент времени 1,2 с кинетическая энергия груза минимальна.

Ответ: \_\_\_\_\_.

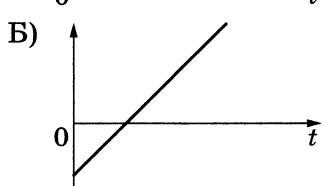
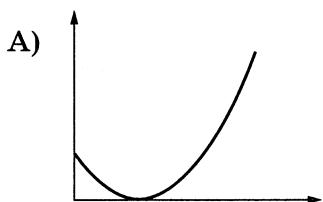
- 6** На рисунке показан график зависимости координаты  $x$  тела, движущегося вдоль оси  $Ox$ , от времени  $t$  (парабола). Графики А и Б представляют собой зависимости физических величин, характеризующих движение тела, от времени  $t$ .

Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимость 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 на ось  $Ox$  скорости тела
- 2) проекция на ось  $Ox$  ускорения тела
- 3) кинетическая энергия тела
- 4) проекция на ось  $Ox$  перемещения тела из начального положения

Ответ: 

A	B

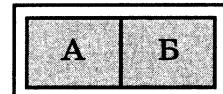
- 7** При температуре  $T_0$  и давлении  $p_0$  3 моль идеального газа занимают объём  $6V_0$ . Сколько моль газа будут занимать объём  $V_0$  при температуре  $2T_0$  и давлении  $2p_0$ ?

Ответ: \_\_\_\_\_ моль.

- 8** Тепловая машина с КПД 40 % за цикл работы отдаёт холодильнику количество теплоты, равное 60 Дж. Какое количество теплоты машина получает за цикл от нагревателя?

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

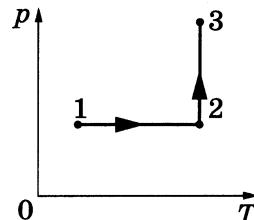
- 9** При изучении явления теплообмена герметичный теплоизолированный сосуд с одноатомным идеальным газом разделили неподвижной перегородкой, способной проводить тепло, на две одинаковые части (см. рисунок). После этого газ в разных частях сосуда нагрели до разных температур. Температура газа в части А равна 123 °С, а в части Б равна 303 К. Количество газа одинаково в обеих частях сосуда. Считая, что теплоёмкость сосуда пренебрежимо мала, выберите все утверждения, которые верно отражают изменения, происходящие с газом в дальнейшем после окончания нагревания.



- 1) При теплообмене газ в части А отдавал положительное количество теплоты, а газ в части Б его получал.
- 2) Через достаточно большой промежуток времени температура газа в обеих частях сосуда стала одинаковой и равной 213 °С.
- 3) Внутренняя энергия газа в части А уменьшилась.
- 4) В процессе теплообмена газ в сосуде Б не совершал работы.
- 5) Температура газа в части Б понизилась.

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 10** 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 в ходе процесса 2–3?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

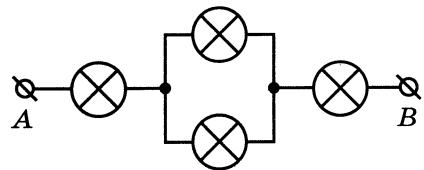
- 1) увеличивается      2) уменьшается      3) не изменяется

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

- 11** Ученик соединил четыре лампочки накаливания так, как показано на рисунке. Определите сопротивление цепи между точками *A* и *B*, если сопротивление каждой лампочки равно 20 Ом.

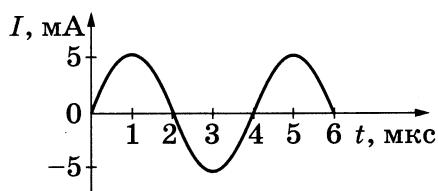
Ответ: \_\_\_\_\_ Ом.



- 12** Энергия магнитного поля катушки индуктивности при силе тока 6 А равна 0,54 Дж. Определите индуктивность катушки.

Ответ: \_\_\_\_\_ мГн.

- 13** На рисунке приведён график зависимости силы тока от времени в колебательном контуре. Сколько раз в течение первых 10 мкс энергия катушки достигает максимального значения?



Ответ: \_\_\_\_\_ раз(а).

- 14** От деревянного кольца № 1 отодвигают южный полюс полосового магнита, а от медного кольца № 2 — северный полюс такого же магнита (см. рисунок).



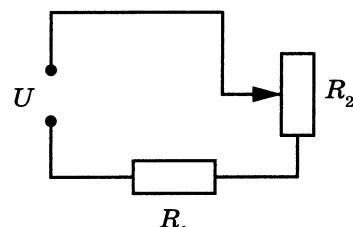
Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения относительно наблюдаемых явлений.

- 1) В кольце № 1 возникает индукционный ток.
- 2) В кольце № 2 индукционный ток не возникает.
- 3) Кольцо № 1 не взаимодействует с магнитом.
- 4) Кольцо № 2 притягивается к магниту.
- 5) В кольце № 1 не возникает ЭДС электромагнитной индукции.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**15**

Резистор  $R_1$  и реостат  $R_2$  подключены последовательно к источнику напряжения  $U$  (см. рисунок). Как изменятся сила тока в цепи и напряжение на реостате  $R_2$ , если уменьшить сопротивление реостата? Считать, что напряжение на выводах источника остаётся при этом постоянным.



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 реостате $R_2$

**16**

Ядро платины  ${}^{174}_{78}\text{Pt}$  испытывает  $\alpha$ -распад, при этом образуются  $\alpha$ -частица и ядро химического элемента  ${}^A_Z\text{X}$ . Чему равно массовое число А (в атомных единицах массы) ядра X?

Ответ: \_\_\_\_\_.

**17**

Монохроматический свет с длиной волн  $\lambda$  падает на поверхность металла, вызывая фотоэффект. После изменения энергии падающих фотонов модуль запирающего напряжения  $U_{\text{зап}}$  уменьшился. Как изменились при этом длина волны  $\lambda$  падающего света и максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов?

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.

Длина волны $\lambda$ падающего света	Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов

**18**

Выберите все верные утверждения о физических явлениях, величинах и закономерностях. Запишите цифры, под которыми они указаны.

- 1) При равномерном движении по окружности за любые равные промежутки времени тело совершает одинаковые перемещения.
- 2) Средняя кинетическая энергия поступательного теплового движения молекул газа прямо пропорциональна абсолютной температуре газа.
- 3) В неоднородном электростатическом поле работа по перемещению заряда между двумя точками зависит от траектории.
- 4) При переходе электромагнитной волны из оптически менее плотной в оптически более плотную среду частота волны не изменяется.
- 5) При электронном  $\beta$ -распаде массовое число ядра уменьшается.

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 19** Чтобы узнать диаметр никелиновой проволоки, ученик намотал её виток к витку на карандаш и измерил длину намотки из 50 витков. Длина оказалась равной  $(80 \pm 1)$  мм. Запишите в ответ диаметр проволоки с учётом погрешности измерений.

Ответ:  $(\underline{\hspace{1cm}} \pm \underline{\hspace{1cm}})$  мм.

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

- 20** Необходимо собрать экспериментальную установку, с помощью которой можно определить оптическую силу собирающей линзы. В качестве источника света школьник взял горящую свечу. Линза у него уже есть. Какие *два* предмета из приведённого ниже перечня оборудования необходимо дополнитель но использовать для проведения этого эксперимента?

- 1) зеркало
- 2) динамометр
- 3) экран
- 4) линейка
- 5) гальванометр

В ответе запишите номера выбранных предметов.

Ответ:

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

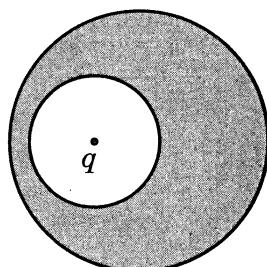
**Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.**



## Часть 2

**Для записи ответов на задания 21–26 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (21, 22 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.**

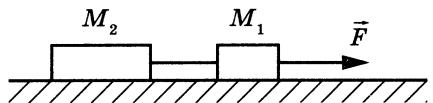
- 21** В левой половине незаряженного металлического шара располагается крупная шарообразная полость, заполненная воздухом. Шар находится в воздухе вдали от других предметов. В центр полости помещён отрицательный точечный заряд  $q < 0$  (см. рисунок). Нарисуйте картину линий напряжённости электростатического поля внутри полости, внутри проводника и снаружи шара. Если поле отсутствует, напишите в данной области:  $\vec{E} = 0$ . Если поле отлично от нуля, нарисуйте картину поля в данной области, используя восемь линий напряжённости. Ответ поясните, указав, какие физические закономерности Вы использовали для объяснения.



**Полное правильное решение каждой из задач 22–26 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.**

**22**

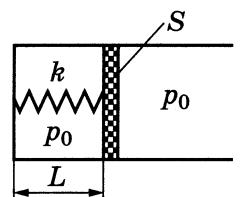
- Два груза, связанных нерастяжимой и невесомой нитью, движутся по гладкой горизонтальной поверхности под действием горизонтальной силы  $\vec{F}$ , приложенной к грузу массой  $M_1 = 2 \text{ кг}$  (см. рисунок). Максимальная сила  $F$ , при которой нить не обрывается, равна 18 Н. Известно, что нить может выдержать нагрузку не более 10 Н. Чему равна масса  $M_2$  второго груза?

**23**

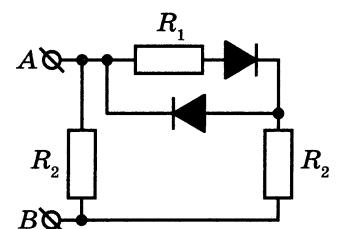
- На дифракционную решётку, имеющую 500 штрихов на 1 мм, перпендикулярно её поверхности падает узкий луч монохроматического света частотой  $5 \cdot 10^{14} \text{ Гц}$ . Каков максимальный порядок дифракционного максимума, доступного для наблюдения?

**24**

- В горизонтальном цилиндре с гладкими стенками под массивным поршнем находится одноатомный идеальный газ. Поршень соединён с основанием цилиндра пружиной с жёсткостью  $k$ . В начальном состоянии расстояние между поршнем и основанием цилиндра было равно  $L$ , а давление газа в цилиндре было равно внешнему атмосферному давлению  $p_0$  (см. рисунок). Затем газу было передано количество теплоты  $Q$ , и в результате поршень медленно переместился вправо на расстояние  $b$ . Чему равна площадь поршня  $S$ ?

**25**

- В цепи, изображённой на рисунке, сопротивление диода в прямом направлении пренебрежимо мало, а в обратном — многократно превышает сопротивление резисторов. При подключении к точке А положительного полюса, а к точке В отрицательного полюса батареи с ЭДС 12 В и пренебрежимо малым внутренним сопротивлением потребляемая в цепи мощность равна 6 Вт. При изменении полярности подключения батареи потребляемая в цепи мощность становится равной 7,2 Вт. Укажите, как течёт ток через диоды и резисторы в обоих случаях, и определите сопротивление резисторов  $R_1$  и  $R_2$ .

**26**

- Снаряд разорвался в полёте на две равные части, одна из которых продолжила движение в направлении движения снаряда, а другая — в противоположную сторону. В момент разрыва суммарная кинетическая энергия осколков увеличилась за счёт энергии взрыва на величину  $\Delta E = 600 \text{ кДж}$ . Модуль скорости осколка, летящего по направлению движения снаряда, равен 900 м/с, а модуль скорости второго осколка — 100 м/с. Найдите массу снаряда. Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.



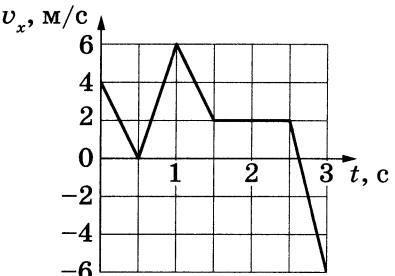
**Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с номером соответствующего задания.**

## ВАРИАНТ 11

### Часть 1

**Ответами к заданиям 1–20 являются число или последовательность цифр. 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 момент времени 2 с?



Ответ: \_\_\_\_\_ м/с<sup>2</sup>.

- 2 В инерциальной системе отсчёта тело массой 2 кг движется прямолинейно под действием постоянной силы, равной по модулю 15 Н. Чему равен модуль изменения импульса тела за 3 с?

Ответ: \_\_\_\_\_ кг · м/с.

- 3 У основания гладкой наклонной плоскости шайба массой 20 г обладает кинетической энергией 0,04 Дж. Определите максимальную высоту, на которую шайба может подняться по плоскости относительно основания. Сопротивлением воздуха пренебречь.

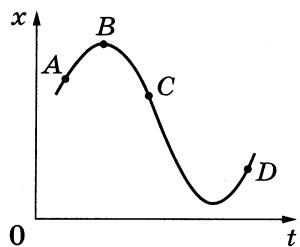
Ответ: \_\_\_\_\_ м.

- 4 Бруск массой 1,5 кг положили на горизонтальный стол. Какова площадь грани, на которой лежит бруск, если он оказывает на стол давление 1,2 кПа?

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 все верные утверждения.

- 1) В точке  $C$  проекция скорости тела на ось  $Ox$  отрицательна.
- 2) На участке  $BC$  модуль скорости тела уменьшается.
- 3) Проекция перемещения тела на ось  $Ox$  при переходе из точки  $C$  в точку  $D$  отрицательна.
- 4) В точке  $D$  проекция ускорения тела на ось  $Ox$  положительна.
- 5) В точке  $A$  ускорение тела и его скорость направлены в одну сторону.



Ответ: \_\_\_\_\_.

**6** Камень подбросили вверх. Как меняются по мере подъёма ускорение камня и его потенциальная энергия? Сопротивление воздуха не учитывать.

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.

Ускорение камня	Потенциальная энергия камня

**7** Цилиндрический сосуд разделён лёгким подвижным теплоизолирующим поршнем на две части. В одной части сосуда находится водород, в другой — кислород. Концентрация молекул газов одинакова. Определите отношение среднеквадратичной скорости теплового движения молекул кислорода к среднеквадратичной скорости теплового движения молекул водорода, когда поршень находится в равновесии.

Ответ: \_\_\_\_\_.

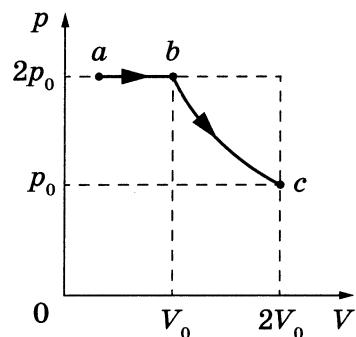
**8** Газ получил извне количество теплоты, равное 200 Дж, и при этом внешние силы совершили над ним работу, равную 80 Дж. Масса газа не менялась. На сколько увеличилась внутренняя энергия газа?

Ответ: на \_\_\_\_\_ Дж.

**9** В цилиндрическом сосуде, закрытом подвижным поршнем, находится водяной пар и капля воды. С паром в сосуде при постоянной температуре происходит процесс  $a \rightarrow b \rightarrow c$ ,  $pV$ -диаграмма которого представлена на рисунке. Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения относительно этого процесса.

- 1) В процессе  $a \rightarrow b$  внутренняя энергия пара постоянна.
- 2) В состоянии  $a$  водяной пар является ненасыщенным.
- 3) В процессе  $b \rightarrow c$  плотность пара уменьшается.
- 4) В процессе  $a \rightarrow b$  масса капли воды уменьшается.
- 5) В процессе  $b \rightarrow c$  от пара отводится положительное количество теплоты.

Ответ: \_\_\_\_\_.



**10** Тонкая, упругая и мягкая оболочка герметичного воздушного шара наполнена воздухом. Как изменяются с высотой при быстром подъёме внутренняя энергия воздуха в шаре и его объём? Теплопроводностью оболочки шара пренебречь.

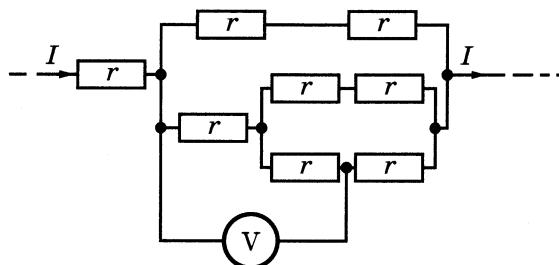
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Внутренняя энергия воздуха	Объём воздуха

**11** Восемь одинаковых резисторов с сопротивлением  $r = 1 \text{ Ом}$  соединены в электрическую цепь, по которой течёт ток  $I = 8 \text{ А}$  (см. рисунок). Какое напряжение показывает вольтметр? Вольтметр считать идеальным.



Ответ: \_\_\_\_\_ В.

**12** Прямолинейный проводник длиной  $L$ , по которому протекает ток  $I$ , помещён в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям индукции  $\vec{B}$ . Во сколько раз увеличится сила Ампера, действующая на проводник, если его длину уменьшить в 1,5 раза, силу тока в проводнике увеличить в 6 раз, а индукцию магнитного поля поддерживать прежней?

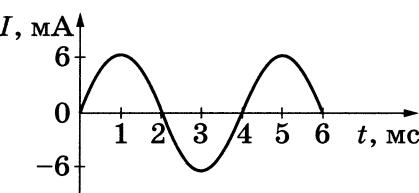
Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

**13** Конденсатор, заряженный до разности потенциалов  $U_0$ , в первый раз подключили к катушке с индуктивностью  $L_1 = L$ , а во второй — к катушке с индуктивностью  $L_2 = 5L$ . В обоих случаях в получившемся контуре возникли незатухающие электромагнитные колебания. Каково отношение максимальных значений энергии магнитного поля катушки  $\frac{W_{2\max}}{W_{1\max}}$  при этих колебаниях?

Ответ: \_\_\_\_\_.

14

На рисунке приведён график зависимости силы тока  $I$  от времени  $t$  в колебательном контуре, образованном конденсатором и катушкой, индуктивность которой равна 0,3 Гн. Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения.



- 1) Максимальное значение энергии электрического поля конденсатора равно 21,6 мкДж.
- 2) В момент времени 3 мс заряд конденсатора равен нулю.
- 3) Период электромагнитных колебаний в контуре равен 4 мс.
- 4) За первые 6 мс энергия магнитного поля катушки достигла своего максимума 2 раза.
- 5) В момент времени 2 мс энергия электрического поля конденсатора достигает своего минимума.

Ответ: \_\_\_\_\_.

15

Частица массой  $m$ , несущая заряд  $q$ , движется в однородном магнитном поле с индукцией  $B$  по окружности радиусом  $R$  со скоростью  $v$ . Что произойдёт с радиусом орбиты и периодом обращения частицы при увеличении скорости её движения?

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.

Радиус орбиты частицы	Период обращения частицы

16

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 соответствующего изотопа в природе.

Определите число протонов в ядре стабильного изотопа бериллия.

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

Ответ: \_\_\_\_\_.

**17**

На рисунке изображена упрощённая диаграмма нижних энергетических уровней атома. Нумерованными стрелками отмечены некоторые возможные переходы атома между этими уровнями. Какие из этих четырёх переходов связаны с поглощением света с наибольшей длиной волны и излучением света с наименьшей энергией?

Установите соответствие между процессами поглощения и излучения света и энергетическими переходами атома, указанными стрелками.

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

**ПРОЦЕССЫ**

- А) поглощение света с наибольшей длиной волны  
Б) излучение света с наименьшей энергией

Ответ: 

A	B

**ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПЕРЕХОДЫ**

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

**18**

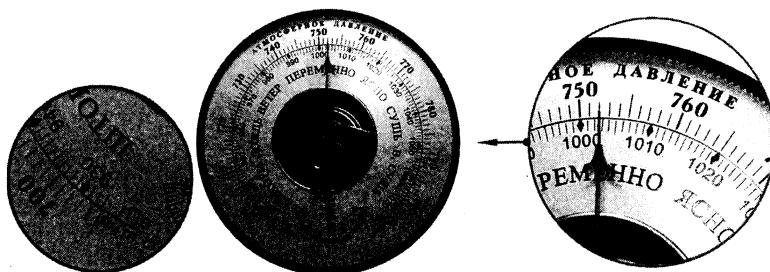
Выберите все верные утверждения о физических явлениях, величинах и закономерностях. Запишите цифры, под которыми они указаны.

- 1) Сила трения скольжения — сила электромагнитной природы.
- 2) При конденсации жидкость отдаёт положительное количество теплоты в окружающую среду.
- 3) Силой Лоренца называют силу, с которой магнитное поле действует на движущуюся заряженную частицу.
- 4) Линейчатый спектр дают вещества в твёрдом атомарном состоянии.
- 5) Количество фотоэлектронов, вылетающих с поверхности металла за единицу времени, обратно пропорционально интенсивности падающего на поверхность металла света.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**19**

В паспорте барометра указано, что абсолютная погрешность прямого измерения давления равна 3 гПа. Определите показания барометра.



**20**

Необходимо собрать экспериментальную установку, с помощью которой можно определить плотность меди. Для этого школьник взял электронные весы и медный шарик с крючком.

Какое дополнительное оборудование необходимо использовать для проведения этого эксперимента? Из приведённого ниже перечня оборудования выберите *две* позиции.

- |              |                   |
|--------------|-------------------|
| 1) линейка   | 4) секундомер     |
| 2) термометр | 5) стакан с водой |
| 3) мензурка  |                   |

В ответе запишите номера выбранных позиций.

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

**Для записи ответов на задания 21–26 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (21, 22 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.**

**21**

Воспользовавшись оборудованием, представленным на рисунке *а*, учитель собрал модель плоского конденсатора (рис. *б*), зарядил нижнюю пластину положительным зарядом, а корпус электрометра заземлил. Соединённая с корпусом электрометра верхняя пластина конденсатора приобрела отрицательный заряд, равный по модулю заряду нижней пластины. После этого учитель уменьшил расстояние между пластинами (рис. *в*). Как изменились при этом показания электрометра (увеличились, уменьшились, остались прежними)? Ответ поясните, указав, какие явления и закономерности Вы использовали для объяснения. Показания электрометра в данном опыте прямо пропорциональны разности потенциалов между пластинами конденсатора.

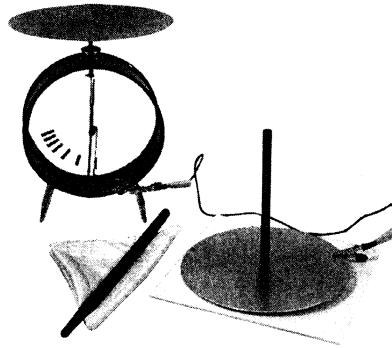


Рис. *а*

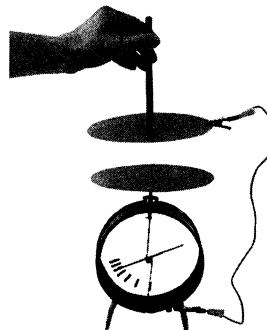


Рис. *б*

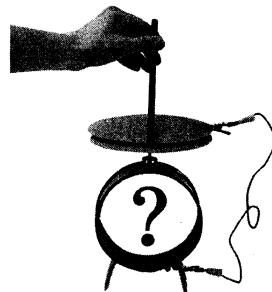
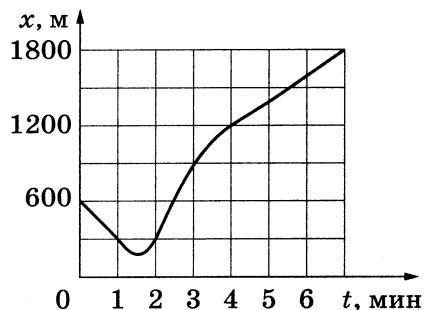


Рис. *в*

**Полное правильное решение каждой из задач 22–26 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.**

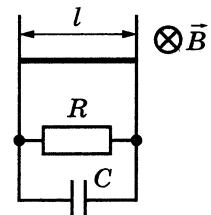
- 22** Автомобиль массой 2500 кг двигался по дороге. Его положение на дороге изменялось согласно графику зависимости координаты от времени (см. рисунок). Определите максимальную кинетическую энергию, которой автомобиль достиг при своём движении.



- 23** 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.

- 24** Закрытый сверху вертикальный цилиндрический сосуд, заполненный воздухом, разделён тяжёлым поршнем, способным скользить без трения, на две части. В начальном равновесном состоянии в верхней и нижней частях сосуда находилось по  $v = 1$  моль воздуха, а отношение объёмов верхней и нижней частей сосуда было равно 2. После того как из верхней части сосуда удалили некоторое количество воздуха  $\Delta v$ , через длительный промежуток времени установилось новое состояние равновесия с отношением объёмов верхней и нижней частей сосуда, равным 2:3. Температура воздуха  $T$  в обеих частях сосуда всё время поддерживалась одинаковой и постоянной. Определите, какое количество воздуха было удалено из сосуда.

- 25** Горизонтальный проводник длиной  $l = 10$  см и массой  $m = 25$  г равномерно скользит вниз (без трения и без потери контакта) по двум вертикальным шинам в однородном горизонтальном магнитном поле, перпендикулярном проводнику, с индукцией  $B = 0,5$  Тл. Внизу шины замкнуты резистором. Параллельно резистору подключён конденсатор ёмкостью  $C = 20$  мкФ (см. рисунок). Определите сопротивление резистора, если заряд конденсатора  $q = 1$  мКл. Сопротивлением проводника и шин пренебречь.



- 26** Небольшое тело массой  $M = 0,99$  кг лежит на вершине гладкой полусферы радиусом  $R = 1$  м. В тело попадает пуля массой  $m = 0,01$  кг, летящая горизонтально со скоростью  $v_0 = 200$  м/с, и застревает в нём. Пренебрегая смещением тела за время удара, определите высоту  $h$ , на которой это тело оторвётся от поверхности полусферы. Высота отсчитывается от основания полусферы. Сопротивлением воздуха пренебречь. Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.

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

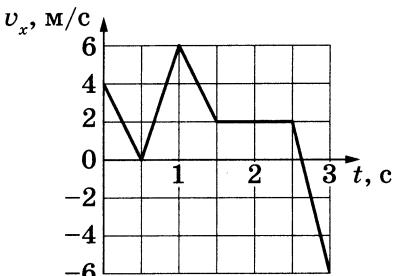
## ВАРИАНТ 12

### Часть 1

*Ответами к заданиям 1–20 являются число или последовательность цифр. 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 1 до 1,5 с?

Ответ: \_\_\_\_\_ м/с<sup>2</sup>.



- 2 В инерциальной системе отсчёта тело массой 2 кг движется прямолинейно под действием постоянной силы, при этом импульс тела за 5 с монотонно уменьшается на 20 кг·м/с. Чему равен модуль силы, действующей на тело?

Ответ: \_\_\_\_\_ Н.

- 3 У основания гладкой наклонной плоскости шайба обладает кинетической энергией 0,09 Дж. Определите массу тела, если оно может подняться по плоскости относительно основания на максимальную высоту, равную 0,3 м. Сопротивлением воздуха пренебречь.

Ответ: \_\_\_\_\_ г.

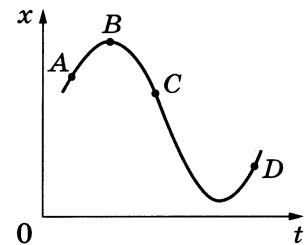
- 4 Кирпич массой 4,5 кг положили на горизонтальную кладку стены. Площадь грани, на которой лежит кирпич, равна 300 см<sup>2</sup>. Определите давление, которое кирпич оказывает на кладку.

Ответ: \_\_\_\_\_ Па.

- 5 На рисунке показан график зависимости координаты  $x$  тела, движущегося вдоль оси  $Ox$ , от времени  $t$ . Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения.

- 1) В точке С проекция скорости тела на ось  $Ox$  положительна.
- 2) На участке BC модуль скорости тела увеличивается.
- 3) Проекция перемещения тела на ось  $Ox$  при переходе из точки A в точку B отрицательна.
- 4) В точке D проекция ускорения тела на ось  $Ox$  отрицательна.
- 5) В точке A ускорение тела и его скорость направлены в разные стороны.

Ответ: \_\_\_\_\_.



**6** Камень подбросили вверх. Как меняются по мере подъёма ускорение камня и его кинетическая энергия? Сопротивление воздуха не учитывать.

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.

Ускорение камня	Кинетическая энергия камня

**7** Цилиндрический сосуд разделён лёгким подвижным теплоизолирующим поршнем на две части. В одной части сосуда находится аргон, в другой — неон. Концентрация молекул газов одинакова. Определите отношение средней кинетической энергии теплового движения молекул аргона к средней кинетической энергии теплового движения молекул неона, когда поршень находится в равновесии.

Ответ: \_\_\_\_\_.

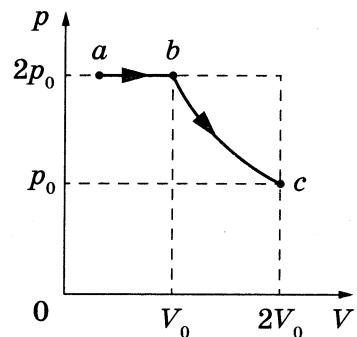
**8** Газ получил извне количество теплоты, равное 100 Дж, и совершил при этом работу, равную 80 Дж. Масса газа не менялась. На сколько увеличилась внутренняя энергия газа?

Ответ: на \_\_\_\_\_ Дж.

**9** В цилиндрическом сосуде, закрытом подвижным поршнем, находится водяной пар и капля воды. С паром в сосуде при постоянной температуре происходит процесс  $a \rightarrow b \rightarrow c$ ,  $pV$ -диаграмма которого представлена на рисунке. Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения относительно этого процесса.

- 1) В процессе  $a \rightarrow b$  внутренняя энергия пара увеличивается.
- 2) В состоянии  $a$  водяной пар является насыщенным.
- 3) В процессе  $b \rightarrow c$  плотность пара увеличивается.
- 4) В процессе  $a \rightarrow b$  масса капли воды остаётся постоянной.
- 5) В процессе  $b \rightarrow c$  пару сообщают положительное количество теплоты.

Ответ: \_\_\_\_\_.



**10**

Тонкая, упругая и мягкая оболочка герметичного воздушного шара наполнена воздухом. Как изменяются с высотой при быстром подъёме температура воздуха и концентрация молекул в шаре? Теплопроводностью оболочки шара пренебречь. Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

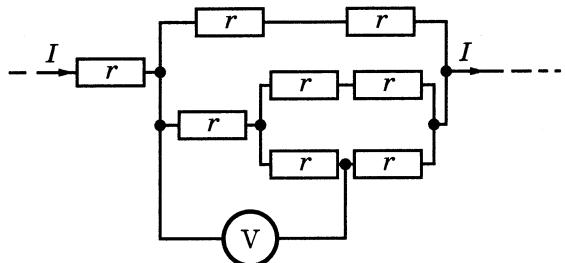
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Температура воздуха	Концентрация молекул

**11**

Восемь одинаковых резисторов с сопротивлением  $r = 5 \text{ Ом}$  соединены в электрическую цепь, по которой течёт ток  $I$  (см. рисунок). Какова сила тока  $I$ , если вольтметр показывает напряжение 30 В? Вольтметр считать идеальным.

Ответ: \_\_\_\_\_ А.

**12**

Прямолинейный проводник длиной  $L$ , по которому протекает ток  $I$ , помещён в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям индукции  $\vec{B}$ . Во сколько раз уменьшится сила Ампера, действующая на проводник, если его длину увеличить в 3 раза, индукцию магнитного поля уменьшить в 6 раз, а силу тока в проводнике поддерживать прежней?

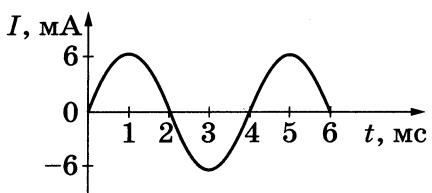
Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

**13**

Конденсатор, заряженный до разности потенциалов  $U_0$ , в первый раз подключили к катушке с индуктивностью  $L_1 = 4L$ , а во второй — к катушке с индуктивностью  $L_2 = L$ . В обоих случаях в получившемся контуре возникли незатухающие электромагнитные колебания. Каково отношение максимальных значений сил тока в катушке  $\frac{I_{2\max}}{I_{1\max}}$  при этих колебаниях?

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 14** На рисунке приведён график зависимости силы тока от времени в колебательном контуре, образованном конденсатором и катушкой, индуктивность которой равна 0,3 Гн. Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения.



- 1) Максимальное значение энергии электрического поля конденсатора равно 5,4 мкДж.
- 2) В момент времени 4 мс заряд конденсатора равен нулю.
- 3) Период электромагнитных колебаний в контуре равен 6 мс.
- 4) За первые 6 мс энергия магнитного поля катушки достигла своего максимума 3 раза.
- 5) В момент времени 2 мс энергия магнитного поля катушки достигает своего минимума.

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 15** Частица массой  $m$ , несущая заряд  $q$ , движется в однородном магнитном поле с индукцией  $B$  по окружности радиусом  $R$  со скоростью  $v$ . Что произойдёт с радиусом орбиты и частотой обращения частицы при уменьшении скорости её движения?

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.

Радиус орбиты частицы	Частота обращения частицы

- 16** 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 соответствующего изотопа в природе.

Определите число нейтронов в ядре наиболее распространённого изотопа галлия.

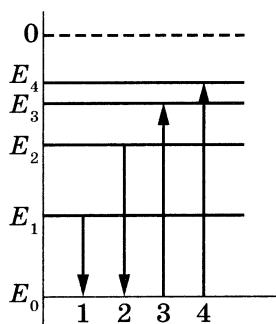
2	II	<b>Li</b> литий $7_{93}$ 6 <sub>7,4</sub>	<b>Be</b> БЕРИЛЛИЙ $9_{100}$	<b>B</b> БОР $11_{80}$ 10 <sub>20</sub>
3	III	<b>Na</b> НАТРИЙ $23_{100}$	<b>Mg</b> МАГНИЙ $24_{79} 26_{11} 25_{10}$	<b>Al</b> АЛЮМИНИЙ $27_{100}$
4	IV	<b>K</b> КАЛИЙ $39_{93} 41_{6,7}$	<b>Ca</b> КАЛЬЦИЙ $40_{97} 44_{2,1}$	<b>Sc</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 $69_{60} 71_{40}$

Ответ: \_\_\_\_\_.

17

На рисунке изображена упрощённая диаграмма низших энергетических уровней атома. Нумерованными стрелками отмечены некоторые возможные переходы атома между этими уровнями. Какие из этих четырёх переходов связаны с излучением света с наибольшей длиной волны и поглощением света с наименьшей энергией? Установите соответствие между процессами поглощения и излучения света и энергетическими переходами атома, указанными стрелками.

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



## ПРОЦЕССЫ

## ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПЕРЕХОДЫ

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

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

Ответ: 

A	B

18

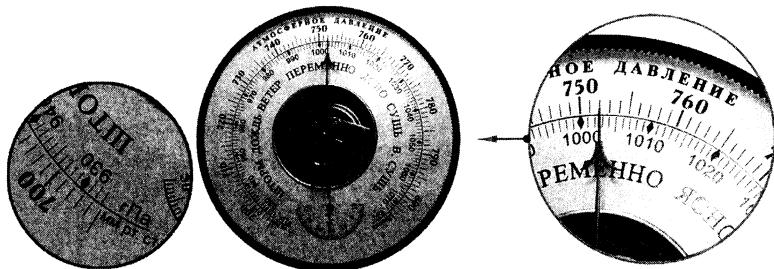
Выберите все верные утверждения о физических явлениях, величинах и закономерностях. Запишите цифры, под которыми они указаны.

- 1) Сила трения скольжения — сила гравитационной природы.
- 2) Для конденсации жидкости ей необходимо сообщить положительное количество теплоты.
- 3) Силой Лоренца называют силу, с которой однородное электрическое поле действует на постоянные магниты.
- 4) Линейчатый спектр дают вещества в газообразном атомарном состоянии.
- 5) Количество фотоэлектронов, вылетающих с поверхности металла за единицу времени, прямо пропорционально интенсивности падающего на поверхность металла света.

Ответ: \_\_\_\_\_.

19

В паспорте барометра указано, что абсолютная погрешность прямого измерения давления равна 2 мм рт. ст.



Определите показания барометра.

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

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

- 20** Необходимо собрать экспериментальную установку, с помощью которой можно определить плотность алюминия. Для этого школьник взял стакан с водой и алюминиевый шарик с крючком.

Какое дополнительное оборудование необходимо использовать для проведения этого эксперимента? Из приведённого ниже перечня оборудования выберите *две* позиции.

- |                     |               |
|---------------------|---------------|
| 1) мензурка         | 4) секундомер |
| 2) электронные весы | 5) термометр  |
| 3) пружина          |               |

В ответе запишите номера выбранных позиций.

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

**Для записи ответов на задания 21–26 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (21, 22 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.**

- 21** Воспользовавшись оборудованием, представленным на рисунке *a*, учитель собрал модель плоского конденсатора (рис. *б*), зарядил нижнюю пластину положительным зарядом, а корпус электрометра заземлил. Соединённая с корпусом электрометра верхняя пластина конденсатора приобрела отрицательный заряд, равный по модулю заряду нижней пластины. После этого учитель увеличил расстояние между пластинами (рис. *в*). Как изменились при этом показания электрометра (увеличились, уменьшились, остались прежними)? Ответ поясните, указав, какие явления и закономерности Вы использовали для объяснения. Показания электрометра в данном опыте прямо пропорциональны разности потенциалов между пластинами конденсатора.

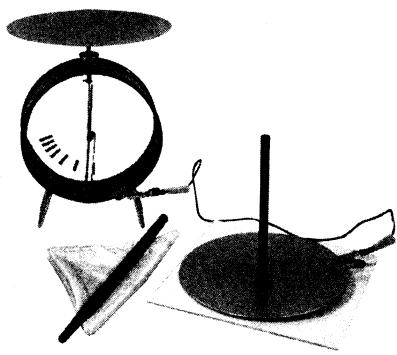


Рис. *а*

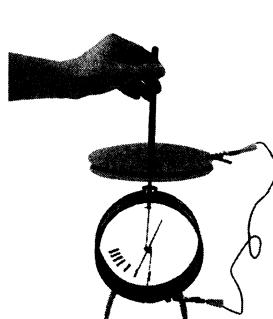


Рис. *б*

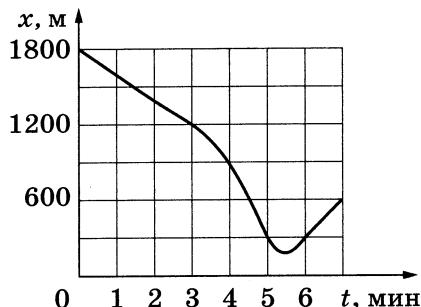


Рис. *в*

**Полное правильное решение каждой из задач 22–26 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.**

**22**

Автомобиль массой 1700 кг двигался по дороге. Его положение на дороге изменялось согласно графику зависимости координаты  $x$  от времени  $t$  (см. рисунок). Определите максимальную кинетическую энергию, которой автомобиль достиг при своём движении.

**23**

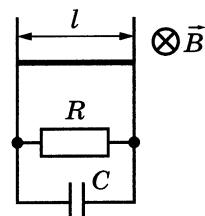
В тонкой рассеивающей линзе получено уменьшенное в 5 раз изображение предмета. Определите модуль фокусного расстояния линзы, если предмет находится на расстоянии  $d = 20$  см от линзы.

**24**

Закрытый сверху вертикальный цилиндрический сосуд, заполненный воздухом, разделён тяжёлым поршнем, способным скользить без трения, на две части. В начальном равновесном состоянии в верхней и нижней частях сосуда находилось по  $v = 1$  моль воздуха, а отношение объёмов верхней и нижней частей сосуда было равно 2. После того как из нижней части сосуда удалили некоторое количество воздуха  $\Delta v$ , через длительный промежуток времени установилось новое состояние равновесия с отношением объёмов верхней и нижней частей сосуда, равным 3. Температура воздуха  $T$  в обеих частях сосуда всё время поддерживалась одинаковой и постоянной. Определите, какое количество воздуха было удалено из сосуда.

**25**

Горизонтальный проводник длиной  $l = 10$  см и массой  $m = 25$  г равномерно скользит вниз (без трения и без потери контакта) по двум вертикальным шинам в однородном горизонтальном магнитном поле, перпендикулярном проводнику, с индукцией  $B = 0,5$  Тл. Внизу шины замкнуты резистором сопротивлением  $R = 0,02$  Ом. Параллельно резистору подключён конденсатор (см. рисунок). Определите электроёмкость конденсатора, если его заряд  $q = 1$  мКл. Сопротивлением проводника и шин пренебречь.

**26**

Небольшое тело массой  $M = 0,99$  кг лежит на вершине гладкой полусферы радиусом  $R$ . В тело попадает пуля массой  $m = 0,01$  кг, летящая горизонтально со скоростью  $v_0 = 200$  м/с, и застревает в нём. Пренебрегая смещением тела за время удара, определите радиус полусферы  $R$ , если известно, что высота, на которой это тело оторвётся от поверхности полусферы, составила  $h = 1$  м. Высота отсчитывается от основания полусферы. Сопротивлением воздуха пренебречь.

Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.



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

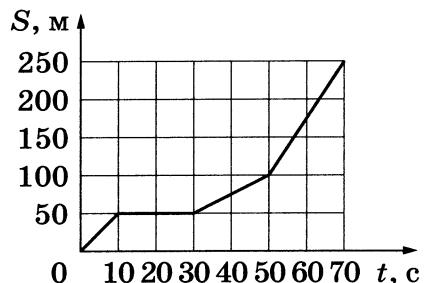
## ВАРИАНТ 13

### Часть 1

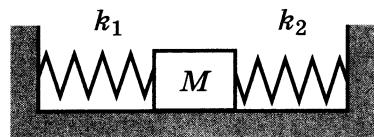
**Ответами к заданиям 1–20 являются число или последовательность цифр. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.**

- 1** На рисунке представлен график зависимости пути  $S$  велосипедиста от времени  $t$ . Определите скорость велосипедиста в интервале времени от 50 до 70 с.

Ответ: \_\_\_\_\_ м/с.



- 2** Кубик массой 1 кг покоятся на гладком горизонтальном столе, сжатый с боков пружинами (см. рисунок). Левая пружина жёсткостью  $k_1 = 400$  Н/м сжата на 4 см. С какой силой правая пружина действует на кубик?

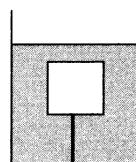


Ответ: \_\_\_\_\_ Н.

- 3** Легковой автомобиль и грузовик движутся со скоростями  $v_1 = 90$  км/ч и  $v_2 = 60$  км/ч соответственно. Масса легкового автомобиля  $m = 1500$  кг. Какова масса грузового автомобиля, если отношение модуля импульса грузовика к модулю импульса легкового автомобиля равно 2?

Ответ: \_\_\_\_\_ кг.

- 4** Водонепроницаемая коробка массой 0,2 кг привязана ниткой ко дну сосуда с водой (см. рисунок). На коробку действует сила Архимеда, равная 10 Н. Определите силу натяжения нити.



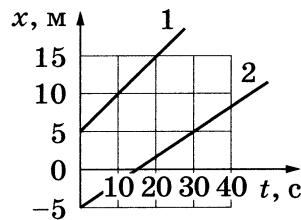
Ответ: \_\_\_\_\_ Н.

**5**

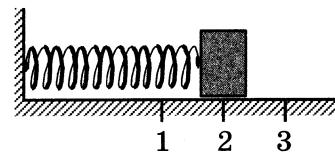
На рисунке приведены графики зависимости координат  $x$  двух тел, прямоолинейно движущихся по оси  $Ox$ , от времени  $t$ . На основании графиков выберите все верные утверждения о движении тел.

- 1) Проекция  $v_{1x}$  скорости тела 1 больше проекции  $v_{2x}$  скорости тела 2.
- 2) В момент времени 15 с тело 2 достигло начала отсчёта.
- 3) Проекция  $a_{1x}$  ускорения тела 1 больше проекции  $a_{2x}$  ускорения тела 2.
- 4) Проекция  $v_{2x}$  скорости тела 2 равна 3 м/с.
- 5) Проекция  $a_{1x}$  ускорения тела 1 равна 0,5 м/с<sup>2</sup>.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**6**

Груз изображённого на рисунке пружинного маятника совершает гармонические колебания между точками 1 и 3. Как меняются модуль скорости груза и потенциальная энергия пружины маятника при движении груза от точки 2 к точке 1?



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.

Модуль скорости груза	Потенциальная энергия пружины маятника
_____	_____

**7**

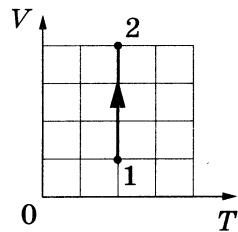
2 моль идеального газа при температуре  $3T_0$  и давлении  $2p_0$  занимают объём  $V_0$ . Сколько моль идеального газа будут занимать объём  $4V_0$  при температуре  $2T_0$  и давлении  $p_0$ ?

Ответ: \_\_\_\_\_ моль.

**8**

На  $VT$ -диаграмме показан процесс изменения состояния 1 моль одноатомного идеального газа. Газ в этом процессе совершил работу, равную 4 кДж. На сколько увеличилась внутренняя энергия газа?

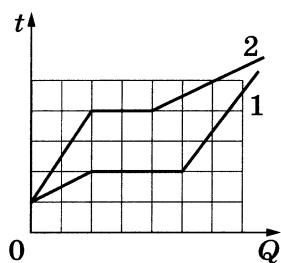
Ответ: на \_\_\_\_\_ кДж.



- 9** На рисунке представлены графики зависимости температуры  $t$  двух тел одинаковой массы от сообщённого им количества теплоты  $Q$ . Первоначально тела находились в твёрдом агрегатном состоянии.

Используя данные графиков, выберите из предложенного перечня все верные утверждения.

- 1) Удельная теплота плавления первого тела больше удельной теплоты плавления второго тела.
- 2) Оба тела имеют одинаковую удельную теплоёмкость в жидким агрегатном состоянии.
- 3) Тела имеют одинаковую удельную теплоёмкость в твёрдом агрегатном состоянии.
- 4) Удельная теплоёмкость второго тела в твёрдом агрегатном состоянии в 3 раза больше, чем первого.
- 5) Температура плавления второго тела в 2 раза выше, чем температура плавления первого тела.



Ответ: \_\_\_\_\_.

- 10** Детский тёмно-зелёный воздушный шарик надули на солнечном пляже, а затем внесли в тень под деревом. Как начали при этом изменяться объём воздуха в шарике и средняя кинетическая энергия молекул в шарике? Оболочка шарика тонкая, упругая и мягкая.

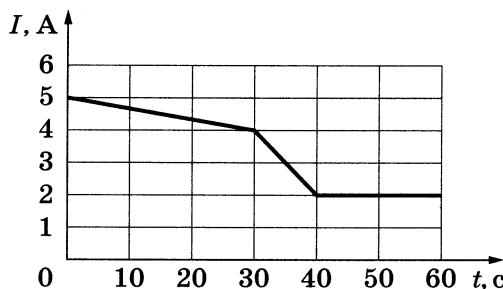
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Объём воздуха в шарике	Средняя кинетическая энергия молекул
_____	_____

- 11** На графике показана зависимость силы тока  $I$  в проводнике от времени  $t$ . Определите заряд, прошедший через поперечное сечение проводника за  $\Delta t = 60$  с.

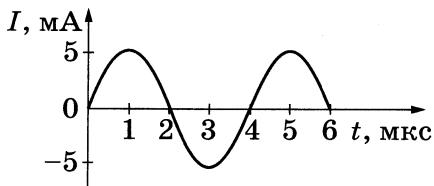


Ответ: \_\_\_\_\_ Кл.

- 12** Протон и  $\alpha$ -частица влетают в однородное магнитное поле перпендикулярно вектору магнитной индукции со скоростями  $v_1 = v$  и  $v_2 = 2v$  соответственно. Определите отношение модулей сил  $F_1 : F_2$ , действующих на них со стороны магнитного поля.

Ответ: \_\_\_\_\_.

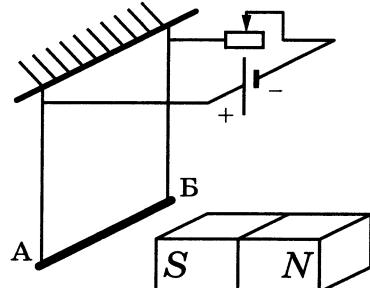
- 13** На рисунке приведён график зависимости силы тока  $I$  в идеальном колебательном контуре от времени  $t$  в процессе свободных электромагнитных колебаний. Каким станет период свободных электромагнитных колебаний в контуре, если конденсатор в этом контуре заменить на другой, ёмкость которого в 4 раза меньше?



Ответ: \_\_\_\_\_ мкс.

- 14** Проводник АБ подвешен на тонких проволочках и подключён к источнику постоянного напряжения так, как показано на рисунке. Справа от проводника находится южный полюс постоянного магнита. Ползунок реостата плавно перемещают *вправо*.

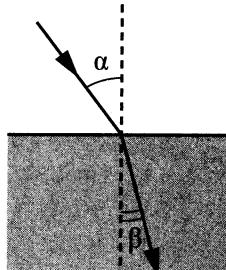
Из приведённого ниже списка выберите все правильные утверждения, характеризующие данный процесс.



- 1) Сопротивление реостата увеличивается.
- 2) Линии индукции магнитного поля, созданного магнитом вблизи проводника АБ, направлены влево.
- 3) Сила тока, протекающего через проводник АБ, увеличивается.
- 4) Сила Ампера, действующая на проводник АБ, увеличивается.
- 5) Силы натяжения проволочек, на которых подвешен проводник АБ, уменьшаются.

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 15** Световой пучок входит из воздуха в стекло (см. рисунок). Что происходит при этом с частотой электромагнитных колебаний в световой волне и длиной волны?



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

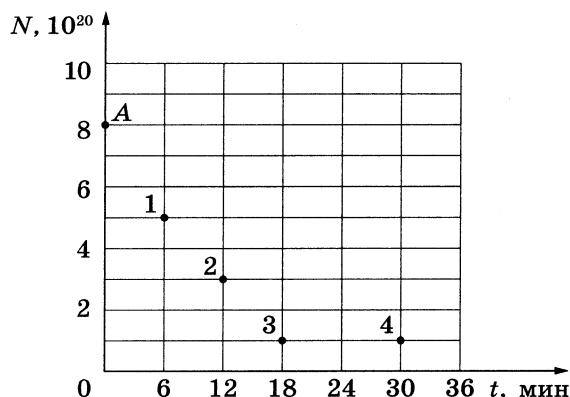
- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

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

Частота колебаний	Длина волны

- 16** Ядра хрома  $^{56}\text{Cr}$  испытывают  $\beta^-$ -распад с периодом полураспада 6 мин. В момент начала наблюдения в образце содержится  $8 \cdot 10^{20}$  ядер этого изотопа хрома. Через какую из точек (1, 2, 3 или 4), кроме точки A, пройдёт график зависимости от времени числа ещё не распавшихся ядер хрома?

Ответ: через точку \_\_\_\_\_.



- 17** Монокроматический свет с длиной волны  $\lambda$  падает на поверхность металла, вызывая фотоэффект. При изменении энергии падающих фотонов уменьшается модуль запирающего напряжения  $U_{\text{зап}}$ , при этом фотоэффект не прекращается.

Как изменяются при этом частота падающего на поверхность металла света и длина волны  $\lambda_{\text{кр}}$ , соответствующая «красной границе» фотоэффекта?

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.

Частота падающего на поверхность металла света	Длина волны $\lambda_{\text{кр}}$ , соответствующая «красной границе» фотоэффекта

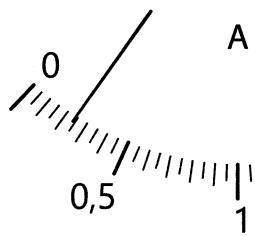
- 18** Выберите все верные утверждения о физических явлениях, величинах и закономерностях. Запишите цифры, под которыми они указаны.

- 1) При равноускоренном движении ускорение тела за любые равные промежутки времени изменяется на одну и ту же величину, не равную нулю.
- 2) В процессе кипения жидкости при постоянном внешнем давлении её температура не меняется.
- 3) Сила тока короткого замыкания определяется только внутренним сопротивлением источника.
- 4) В поперечной механической волне колебания частиц происходят в направлении, перпендикулярном направлению распространения волны.
- 5) В результате  $\alpha$ -распада элемент смещается в Периодической системе элементов Д. И. Менделеева на две клетки ближе к концу.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**19**

Определите показания амперметра (см. рисунок), если абсолютная 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.*

**20**

Ученику необходимо на опыте обнаружить зависимость давления газа, находящегося в сосуде, от температуры газа. У него имеются пять различных сосудов с манометрами. Сосуды наполнены различными газами при различной температуре (см. таблицу). Массы газов одинаковы. Какие *два* сосуда необходимо взять ученику, чтобы провести данное исследование?

№ сосуда	Объём сосуда, л	Температура газа в сосуде, К	Газ в сосуде
1	6	320	аргон
2	5	350	неон
3	4	320	аргон
4	4	270	аргон
5	4	300	неон

Запишите в ответе номера выбранных сосудов.

Ответ:

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

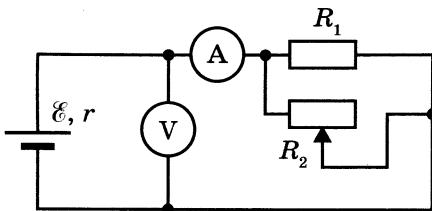
*Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.*



## Часть 2

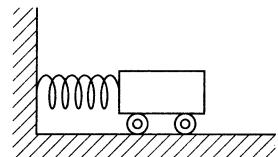
**Для записи ответов на задания 21–26 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2.**  
**Запишите сначала номер задания (21, 22 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.**

- 21** На рисунке показана принципиальная схема электрической цепи, состоящей из источника тока с отличным от нуля внутренним сопротивлением, резистора, реостата и измерительных приборов — идеального амперметра и идеального вольтметра. Как будут изменяться показания приборов при перемещении движка реостата *вправо*? Ответ поясните, указав, какие физические явления и закономерности Вы использовали для объяснения.



**Полное правильное решение каждой из задач 22–26 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.**

- 22** Тележка массой 0,5 кг, прикреплённая к горизонтальной пружине жёсткостью 200 Н/м, совершает свободные гармонические колебания (см. рисунок). Максимальная скорость тележки равна 3 м/с. Какова амплитуда колебаний тележки? Массой колёс можно пренебречь.

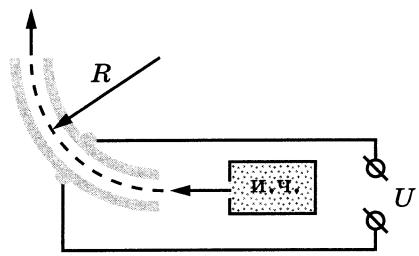


- 23** В калориметр с водой бросают кусочки тающего льда. В некоторый момент кусочки льда перестают таять. Первоначальная масса воды в калориметре 330 г. Определите первоначальную температуру воды в калориметре, если масса воды в нём увеличилась на 63 г. Тепловыми потерями пренебречь.

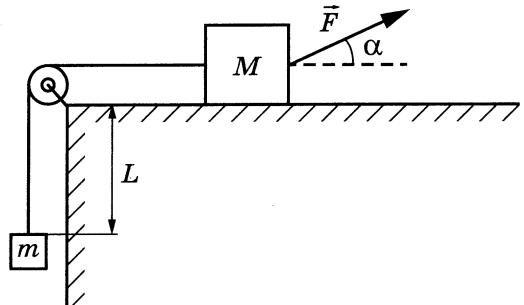
- 24** На улице при 17 °C относительная влажность воздуха составляет 60 %. При умеренной физической нагрузке через лёгкие человека проходит 15 л воздуха за 1 мин. Выдыхаемый воздух имеет температуру 34 °C и относительную влажность 100 %. Давление насыщенного водяного пара при 17 °C равно 1,94 кПа, а при 34 °C — 5,32 кПа. Какую массу воды теряет тело человека за 20 минут за счёт дыхания? Считать, что объём выдыхаемого воздуха равен объёму, который проходит через лёгкие человека. Влажность воздуха на улице считать неизменной.

**25**

На рисунке показана схема устройства для предварительного отбора заряженных частиц, вылетающих из источника частиц (и. ч.), для последующего детального исследования. Устройство представляет собой конденсатор, пластины которого изогнуты дугой радиусом  $R$ . При первоначальном напряжении  $U$  в промежутке между обкладками конденсатора, не касаясь их, пролетают молекулы интересующего исследователей вещества, потерявшие один электрон. Во сколько раз нужно изменить напряжение на обкладках конденсатора, чтобы сквозь него могли пролетать такие же, но дважды ионизированные молекулы (потерявшие два электрона), имеющие такую же скорость? Считать, что расстояние между пластинами мало, напряжённость электрического поля в конденсаторе всюду одинакова по модулю, а вне конденсатора электрическое поле отсутствует. Влиянием силы тяжести пренебречь.

**26**

На горизонтальном столе находится брускок массой  $M = 1$  кг, соединённый невесомой нерастяжимой нитью, перекинутой через гладкий невесомый блок, с грузом массой  $m = 500$  г. На брускок действует сила  $\vec{F}$ , направленная под углом  $\alpha = 30^\circ$  к горизонту (см. рисунок),  $F = 9$  Н. В момент начала движения груз находился на расстоянии  $L = 32$  см от края стола. Какую скорость  $v$  будет иметь груз в тот момент, когда он поднимется до края стола, если коэффициент трения между бруском и столом  $\mu = 0,3$ ? Сделайте схематичный рисунок с указанием сил, действующих на брускок и груз. Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.



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

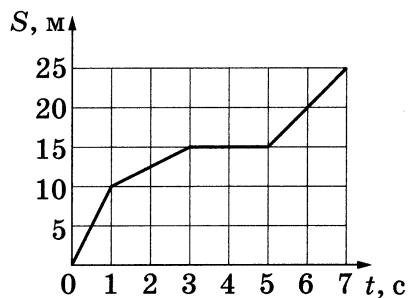
## ВАРИАНТ 14

### Часть 1

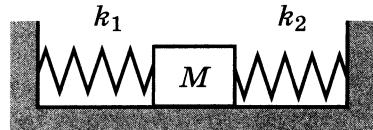
**Ответами к заданиям 1–20 являются число или последовательность цифр. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.**

- 1** На рисунке представлен график зависимости пути  $S$ , пройденного материальной точкой, от времени  $t$ . Определите скорость тела в интервале времени от 1 до 3 с.

Ответ: \_\_\_\_\_ м/с.



- 2** Кубик массой 1 кг покоятся на гладком горизонтальном столе, сжатый с боков пружинами (см. рисунок). Жёсткость правой пружины  $k_2 = 800$  Н/м. Левая пружина действует на кубик с силой 16 Н. Определите удлинение правой пружины.



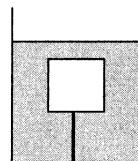
Ответ: \_\_\_\_\_ см.

- 3** Легковой автомобиль и автобус движутся со скоростями  $v_1 = 120$  км/ч и  $v_2 = 80$  км/ч соответственно. Масса автобуса 6000 кг. Какова масса легкового автомобиля, если отношение модуля импульса автобуса к модулю импульса легкового автомобиля равно 2,5?

Ответ: \_\_\_\_\_ кг.

- 4** Водонепроницаемая коробка привязана ниткой ко дну сосуда с водой (см. рисунок). На коробку действует сила Архимеда, равная 10 Н. Сила натяжения нити равна 7 Н. Определите массу коробки.

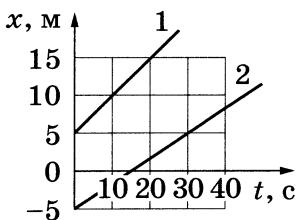
Ответ: \_\_\_\_\_ кг.



**5**

На рисунке приведены графики зависимости координат  $x$  двух тел, прямоолинейно движущихся по оси  $Ox$ , от времени  $t$ . На основании графиков выберите все верные утверждения о движении тел.

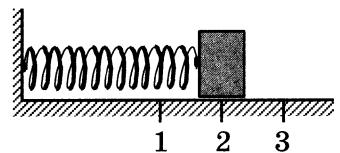
- 1) Проекция  $v_{1x}$  скорости тела 1 в 2 раза больше проекции  $v_{2x}$  скорости тела 2.
- 2) В момент времени 15 с тело 2 изменило направление своего движения.
- 3) Проекция  $a_{1x}$  ускорения тела 1 равно нулю.
- 4) Проекция  $v_{1x}$  скорости тела 1 равна 0,5 м/с.
- 5) Оба тела движутся равномерно в положительном направлении оси  $Ox$ .



Ответ: \_\_\_\_\_.

**6**

Груз изображённого на рисунке пружинного маятника совершает гармонические колебания между точками 1 и 3. Как меняются модуль скорости груза и жёсткость пружины при движении груза маятника от точки 3 к точке 2?



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.

Модуль скорости груза	Жёсткость пружины
_____	_____

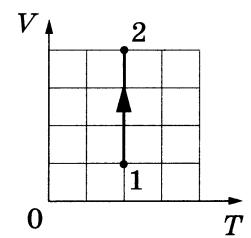
**7**

2 моль идеального газа при температуре  $3T_0$  и давлении  $3p_0$  занимают объём  $V_0$ . Сколько моль идеального газа будут занимать объём  $1,5V_0$  при температуре  $2T_0$  и давлении  $p_0$ ?

Ответ: \_\_\_\_\_ моль.

**8**

На  $VT$ -диаграмме показан процесс изменения состояния 1 моль одноатомного идеального газа. Газ в этом процессе совершил работу, равную 4 кДж. Какое количество теплоты получил газ?



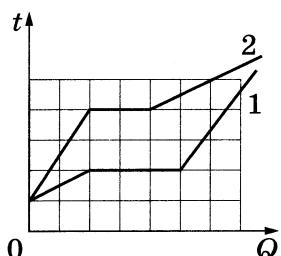
Ответ: \_\_\_\_\_ кДж.

**9**

На рисунке представлены графики зависимости температуры  $t$  двух тел одинаковой массы от сообщённого им количества теплоты  $Q$ . Первоначально тела находились в твёрдом агрегатном состоянии.

Используя данные графиков, выберите из предложенного перечня все верные утверждения.

- 1) Оба тела имеют одинаковую удельную теплоёмкость в жидким агрегатном состоянии.
- 2) Температура плавления первого тела в 2 раза ниже, чем температура плавления второго тела.
- 3) Удельная теплота плавления первого тела в 1,5 раза больше удельной теплоты плавления второго тела.
- 4) Удельная теплоёмкость второго тела в твёрдом агрегатном состоянии в 3 раза меньше, чем первого.
- 5) Второе тело, находящееся в твёрдом агрегатном состоянии, при охлаждении на  $10^{\circ}\text{C}$  отдаст в окружающую среду большее количество теплоты, чем первое тело, находящееся в твёрдом агрегатном состоянии, при таком же охлаждении.



Ответ: \_\_\_\_\_.

**10**

Тёмно-зелёный воздушный шарик надули в тени под деревом, а затем вынесли на солнечный пляж. Как начали при этом изменяться объём воздуха в шарике и средняя кинетическая энергия молекул в шарике? Оболочка шарика тонкая, упругая и мягкая.

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается      2) уменьшается      3) не изменяется

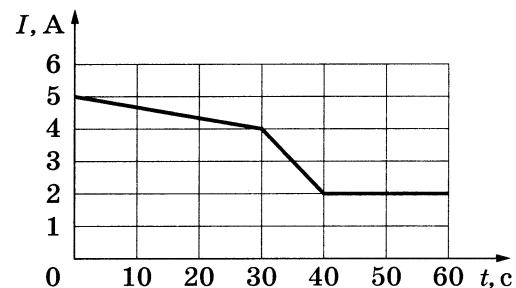
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Объём воздуха в шарике	Средняя кинетическая энергия молекул
_____	_____

**11**

На графике показана зависимость силы тока  $I$  в проводнике от времени  $t$ . Определите заряд, прошедший через поперечное сечение проводника за время от 0 до 40 с.

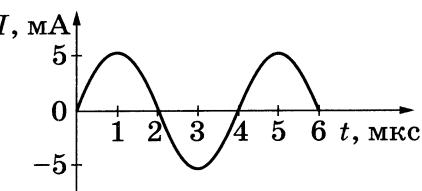
Ответ: \_\_\_\_\_ Кл.

**12**

Две частицы с зарядами  $q_1 = 2q$  и  $q_2 = q$  влетают в однородное магнитное поле перпендикулярно вектору магнитной индукции со скоростями  $v_1 = v$  и  $v_2 = 2v$  соответственно. Определите отношение модулей сил  $F_1 : F_2$ , действующих на них со стороны магнитного поля.

Ответ: \_\_\_\_\_.

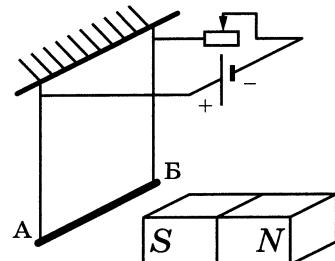
- 13** На рисунке приведён график зависимости силы тока  $I$  в идеальном колебательном контуре от времени  $t$  в процессе свободных электромагнитных колебаний. Каким станет период свободных электромагнитных колебаний в контуре, если катушку в этом контуре заменить на другую, индуктивность которой в 4 раза больше?



Ответ: \_\_\_\_\_ мкс.

- 14** Проводник АБ подвешен на тонких проволочках и подключён к источнику постоянного напряжения так, как показано на рисунке. Справа от проводника находится южный полюс постоянного магнита. Ползунок реостата плавно перемещают **влево**.

Из приведённого ниже списка выберите все правильные утверждения, характеризующие данный процесс.

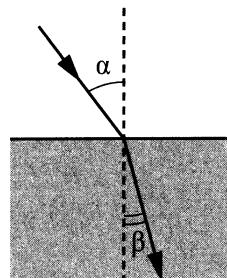


- 1) Сопротивление реостата увеличивается.
- 2) Линии индукции магнитного поля, созданного магнитом вблизи проводника АБ, направлены вправо.
- 3) Сила тока, протекающего через проводник АБ, увеличивается.
- 4) Сила Ампера, действующая на проводник АБ, увеличивается.
- 5) Силы натяжения проволочек, на которых подвешен проводник АБ, уменьшаются.

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 15** Световой пучок входит из воздуха в воду (см. рисунок). Что происходит при этом с периодом электромагнитных колебаний в световой волне и скоростью распространения света?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:



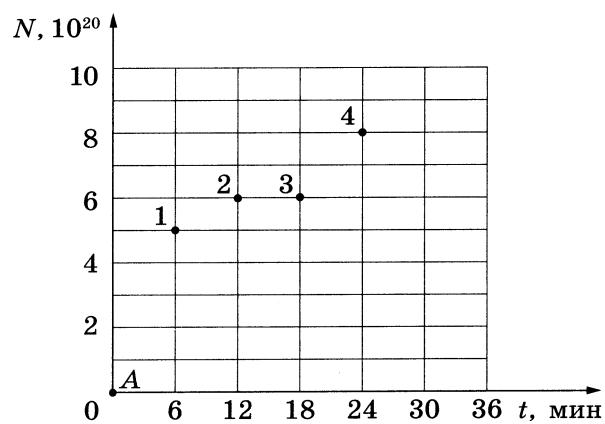
- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

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

Период колебаний	Скорость света

- 16** Ядра хрома  $^{56}_{24}\text{Cr}$  испытывают  $\beta^-$ -распад с периодом полураспада 6 мин. В результате распада образуются долгоживущие ядра марганца  $^{56}_{25}\text{Mn}$ . В момент начала наблюдения в образце содержится  $8 \cdot 10^{20}$  ядер этого изотопа хрома. Через какую из точек (1, 2, 3 или 4), кроме точки А, пройдёт график зависимости от времени числа образовавшихся ядер марганца?

Ответ: через точку \_\_\_\_\_.



- 17** Монохроматический свет с длиной волны  $\lambda$  падает на поверхность металла, вызывая фотоэффект. При изменении энергии падающих фотонов увеличивается модуль запирающего напряжения  $U_{\text{зап}}$ .

Как изменяются при этом максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов и длина волны  $\lambda_{\text{кр}}$ , соответствующая «красной границе» фотоэффекта?

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.

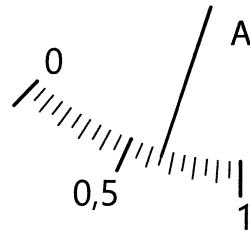
Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов	Длина волны $\lambda_{\text{кр}}$ , соответствующая «красной границе» фотоэффекта

- 18** Выберите все верные утверждения о физических явлениях, величинах и закономерностях. Запишите цифры, под которыми они указаны.

- 1) При равноускоренном движении скорость тела за любые равные промежутки времени изменяется одинаково.
- 2) В процессе кипения жидкости при постоянном внешнем давлении её температура возрастает.
- 3) Сила тока короткого замыкания определяется только внутренним сопротивлением источника и его ЭДС.
- 4) В продольной механической волне колебания частиц происходят в направлении, перпендикулярном направлению распространения волны.
- 5) В результате  $\alpha$ -распада элемент смещается в Периодической системе элементов Д. И. Менделеева на две клетки ближе к началу.

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 19** Определите показания амперметра (см. рисунок), если абсолютная 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.**

20

Ученику необходимо на опыте обнаружить зависимость давления газа, находящегося в сосуде, от объёма газа. У него имеются пять различных сосудов с манометрами. Сосуды наполнены различными газами при различной температуре (см. таблицу). Массы газов одинаковы. Какие *два* сосуда необходимо взять ученику, чтобы провести данное исследование?

№ сосуда	Объём сосуда, л	Температура газа в сосуде, К	Газ в сосуде
1	6	320	аргон
2	5	350	неон
3	4	320	аргон
4	4	270	аргон
5	4	300	неон

Запишите в ответе номера выбранных сосудов.

Ответ:

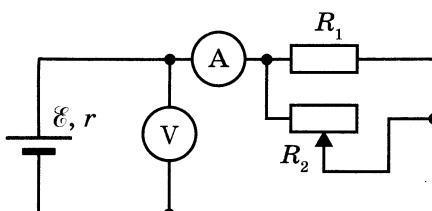
**Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.  
Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.**

## Часть 2

**Для записи ответов на задания 21–26 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (21, 22 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.**

21

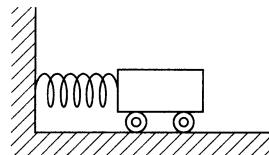
На рисунке показана принципиальная схема электрической цепи, состоящей из источника тока с отличным от нуля внутренним сопротивлением, резистора, реостата и измерительных приборов — идеального амперметра и идеального вольтметра. Как будут изменяться показания приборов при перемещении движка реостата *влево*? Ответ поясните, указав, какие физические явления и закономерности Вы использовали для объяснения.



**Полное правильное решение каждой из задач 22–26 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.**

22

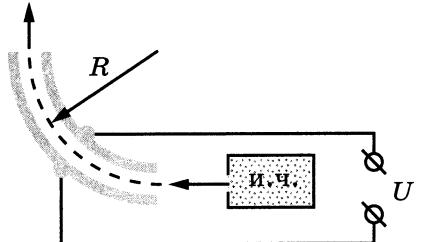
Тележка массой 2 кг, прикреплённая к горизонтальной пружине жёсткостью 200 Н/м, совершает свободные гармонические колебания (см. рисунок). Амплитуда колебаний тележки равна 0,1 м. Какова максимальная скорость тележки? Массой колёс можно пренебречь.



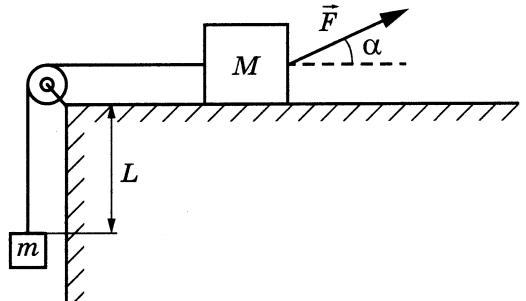
**23** В калориметр с водой бросают кусочки тающего льда. В некоторый момент кусочки льда перестают таять, при этом масса воды в калориметре увеличилась на 140 г. Какая масса воды находилась в калориметре, если её первоначальная температура  $20^{\circ}\text{C}$ ? Тепловыми потерями пренебречь.

**24** В комнате при  $20^{\circ}\text{C}$  относительная влажность воздуха составляет 40 %. При умеренной физической нагрузке через лёгкие человека проходит 15 л воздуха за 1 мин. Выдыхаемый воздух имеет температуру  $34^{\circ}\text{C}$  и относительную влажность 100 %. Давление насыщенного водяного пара при  $20^{\circ}\text{C}$  равно 2,34 кПа, а при  $34^{\circ}\text{C}$  — 5,32 кПа. Какую массу воды теряет тело человека за 1 ч за счёт дыхания? Считать, что объём выдыхаемого воздуха равен объёму, который проходит через лёгкие человека. Влажность воздуха в комнате считать неизменной.

**25** На рисунке показана схема устройства для предварительного отбора заряженных частиц, вылетающих из источника частиц (и.ч.), для последующего детального исследования. Устройство представляет собой конденсатор, пластины которого изогнуты дугой радиусом  $R$ . При первоначальном напряжении  $U$  в промежутке между обкладками конденсатора, не касаясь их, пролетают молекулы интересующего исследователей вещества, потерявшие один электрон. Во сколько раз нужно изменить скорость частиц, чтобы сквозь него могли пролетать такие же, но дважды ионизированные молекулы (потерявшие два электрона), при том же напряжении на обкладках конденсатора? Считать, что расстояние между пластинами мало, напряжённость электрического поля в конденсаторе всюду одинакова по модулю, а вне конденсатора электрическое поле отсутствует. Влиянием силы тяжести пренебречь.



**26** На горизонтальном столе находится брусок массой  $M = 1$  кг, соединённый невесомой нерастяжимой нитью, перекинутой через гладкий невесомый блок, с грузом массой  $m = 500$  г. На брусок действует сила  $\bar{F}$ , направленная под углом  $\alpha = 30^{\circ}$  к горизонту (см. рисунок),  $F = 9$  Н. В момент начала движения груз находился на расстоянии  $L = 32$  см от края стола. За какое время груз поднимется до края стола, если коэффициент трения между брусом и столом  $\mu = 0,3$ ? Сделайте схематичный рисунок с указанием сил, действующих на брусок и груз. Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.



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

## ВАРИАНТ 15

### Часть 1

**Ответами к заданиям 1–20 являются число или последовательность цифр. 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** Материальная точка движется по окружности радиусом  $R$  с постоянной по модулю скоростью  $v$ . Во сколько раз уменьшится центростремительное ускорение точки, если скорость уменьшить в 2 раза, а радиус окружности в 2 раза увеличить?

Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

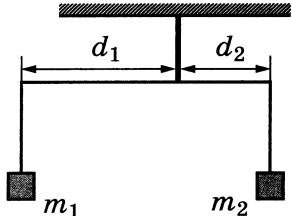
- 2** Два маленьких шарика массой  $m$  каждый находятся на расстоянии  $r$  друг от друга и притягиваются друг к другу с силой 8 нН. Каков модуль сил гравитационного притяжения друг к другу двух других шариков, если масса каждого из них равна  $2m$ , а расстояние между ними равно  $\frac{r}{2}$ ?

Ответ: \_\_\_\_\_ нН.

- 3** Тело массой 2 кг, брошенное вертикально вверх, достигло максимальной высоты 10 м. Какой кинетической энергией обладало тело сразу после броска? Сопротивлением воздуха пренебречь.

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

- 4** Коромысло весов, к которому подвешены на нитях два груза (см. рисунок), находится в равновесии. Массу второго груза уменьшили в 4 раза. Во сколько раз нужно увеличить плечо  $d_2$ , чтобы равновесие сохранилось? (Коромысло и нити считать невесомыми.)



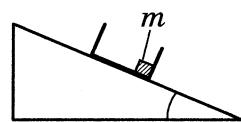
Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

- 5** Мальчик поднимает вверх гирю массой 10 кг, действуя на неё постоянной силой 120 Н, направленной вертикально вверх. Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения.

- 1) Равнодействующая сил, действующих на гирю, равна 20 Н и направлена вертикально вверх.
- 2) Сила, с которой гиря действует на мальчика, равна 100 Н и направлена вертикально вниз.
- 3) Гиря действует на руку мальчика с силой 120 Н, направленной вертикально вниз.
- 4) Если мальчик приложит к гире силу 102 Н, направленную вертикально вверх, он не сможет её поднять.
- 5) Ускорение гири равно  $8 \text{ м/с}^2$ .

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 6** С вершины шероховатой наклонной плоскости из состояния покоя скользит с ускорением лёгкая коробочка, в которой находится груз массой  $m$  (см. рисунок). Как изменятся время, за которое коробочка съезжает с наклонной плоскости, и сила трения коробочки о плоскость, если в коробочке будет лежать груз массой  $2m$ ? 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 движения коробочки	Сила трения

- 7** Давление разреженного газа в сосуде увеличили вдвое, при этом абсолютная температура газа была уменьшена в 4 раза. Во сколько раз при этом увеличили концентрацию молекул газа?

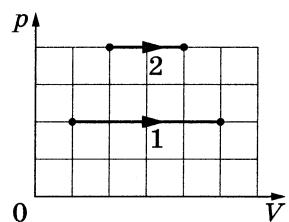
Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

- 8** Рабочее тело теплового двигателя за цикл совершает работу, равную 15 кДж, и отдаёт холодильнику количество теплоты, равное 75 кДж. Какое количество теплоты рабочее тело получает от нагревателя за цикл?

Ответ: \_\_\_\_\_ кДж.

- 9** На рисунке показаны два процесса, проведённых с одним и тем же количеством газообразного неона ( $p$  — давление неона;  $V$  — его объём).

Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения, характеризующие процессы на рисунке.



- 1) В процессе 2 абсолютная температура неона изобарно увеличилась в 2 раза.
- 2) В процессе 1 плотность неона увеличилась в 5 раз.
- 3) Работа, совершенная неоном, в обоих процессах одинакова.
- 4) В процессе 1 объём неона изобарно увеличился в 4 раза.
- 5) В процессе 2 концентрация молекул неона увеличилась в 2 раза.

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 10** В сосуде неизменного объёма находилась при комнатной температуре смесь двух идеальных газов, по 2 моль каждого. Половину содергимого сосуда выпустили, а затем добавили в сосуд 1 моль второго газа. Температура в сосуде поддерживалась неизменной. Как изменились в результате парциальное давление второго газа и суммарное давление газов?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличилось
- 2) уменьшилось
- 3) не изменилось

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

Парциальное давление второго газа	Давление смеси газов

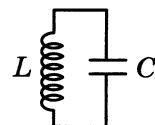
- 11** Во сколько раз уменьшится модуль сил взаимодействия двух небольших металлических шариков одинакового диаметра, имеющих заряды  $q_1 = +7 \text{ нКл}$  и  $q_2 = -3 \text{ нКл}$ , если шарики привести в соприкосновение и раздвинуть на прежнее расстояние?

Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

- 12** Ток какой силы должен протекать через катушку индуктивностью 0,5 Гн, чтобы энергия магнитного поля в катушке была равна 40 мДж?

Ответ: \_\_\_\_\_ А.

- 13** В идеальном колебательном контуре (см. рисунок) напряжение между обкладками конденсатора меняется по закону  $U_C = U_0 \cos \omega t$ , где  $U_0 = 2,5 \text{ В}$ ,  $\omega = 400\pi \text{ с}^{-1}$ . Определите период колебаний напряжения на конденсаторе.



Ответ: \_\_\_\_\_ с.

- 14** От деревянного кольца № 1 отодвигают южный полюс полосового магнита, а от медного кольца № 2 — северный полюс другого полосового магнита (см. рисунок).



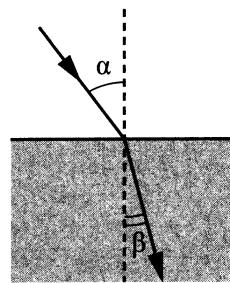
Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения относительно этих опытов.

- 1) В кольце № 2 возникает индукционный ток.
- 2) В кольце № 1 индукционный ток не возникает.
- 3) Кольцо № 2 отталкивается от магнита.
- 4) Кольцо № 1 с магнитом не взаимодействует.
- 5) В результате движения магнита вблизи кольца № 1 возникает явление электростатической индукции.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**15**

Плоская световая волна переходит из воздуха в глицерин (см. рисунок). Что происходит при этом переходе с периодом электромагнитных колебаний в световой волне и с длиной волны?



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.

Период электромагнитных колебаний	Длина волны

**16**

Период полураспада изотопа магния  $^{28}_{12}\text{Mg}$  составляет 21 ч. За сколько часов первоначальное большое число атомов этого изотопа уменьшится в 4 раза?

Ответ: за \_\_\_\_\_ ч.

**17**

При исследовании зависимости кинетической энергии фотоэлектронов от длины волны падающего света фотоэлемент поочерёдно освещался через разные светофильтры. В первой серии опытов использовался светофильтр, пропускающий только оранжевый свет, а во второй — пропускающий только синий. В каждом опыте наблюдали явление фотоэффекта и измеряли запирающее напряжение. Как изменились длина волны, соответствующая «красной границе» фотоэффекта, и модуль запирающего напряжения при переходе от первой серии опытов ко второй?

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.

Длина волны, соответствующая «красной границе» фотоэффекта	Модуль запирающего напряжения

**18**

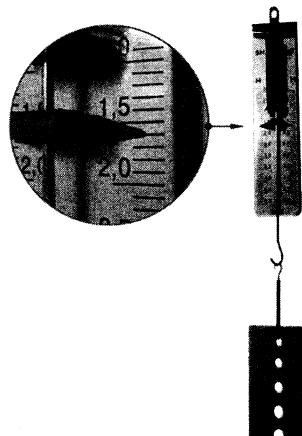
Выберите все верные утверждения о физических явлениях, величинах и закономерностях. Запишите цифры, под которыми они указаны.

- 1) Импульсом тела называется величина, равная произведению массы тела на его ускорение.
- 2) Теплопередача путём теплопроводности происходит за счёт переноса вещества в струях и потоках.
- 3) Модуль сил взаимодействия двух неподвижных точечных заряженных тел в вакууме прямо пропорционален квадрату расстояния между ними.
- 4) Электромагнитные колебания в контуре являются гармоническими, если заряд конденсатора с течением времени меняется по закону синуса или косинуса.
- 5)  $\beta$ -излучение представляет собой поток электронов или позитронов, возникающих при распаде ядер.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**19**

При помощи динамометра измеряют силу тяжести, действующую на пластину (см. рисунок). Динамометр проградуирован в ньютонах. Абсолютная погрешность прямого измерения силы динамометром равна цене деления. Какова сила тяжести, действующая на пластину, по показаниям динамометра?



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

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

**20**

Ученику необходимо на опыте обнаружить зависимость объёма газа, находящегося в сосуде под подвижным поршнем, от массы газа. У него имеется пять различных сосудов с манометрами. Сосуды наполнены одним и тем же газом при различных температуре и давлении (см. таблицу).

Какие *два* сосуда необходимо взять ученику, чтобы провести данное исследование?

№ сосуда	Давление, кПа	Температура газа в сосуде, °C	Масса газа, г
1	200	25	4
2	260	30	8
3	260	30	6
4	300	35	6
5	200	35	4

Запишите в ответе номера выбранных сосудов.

Ответ:



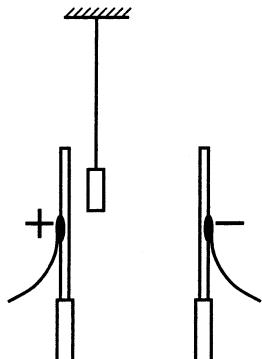
**Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.**  
**Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.**

## Часть 2

**Для записи ответов на задания 21–26 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2.**  
**Запишите сначала номер задания (21, 22 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.**

21

Между двумя металлическими близко расположеными вертикальными пластинами, укреплёнными на изолирующих подставках, подвесили на длинной шёлковой нити лёгкую металлическую незаряженную гильзу (см. рисунок). Когда к пластинам приложили постоянное высокое напряжение, гильза пришла в движение. Опираясь на законы электростатики и механики, опишите движение гильзы и объясните его.



**Полное правильное решение каждой из задач 22–26 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.**

22

Тележка массой 30 кг движется со скоростью 2 м/с по гладкой горизонтальной дороге. Мальчик массой 50 кг догоняет тележку и запрыгивает на неё. С какой горизонтальной скоростью относительно дороги должен бежать мальчик, если после взаимодействия тележка станет двигаться со скоростью 3 м/с?

23

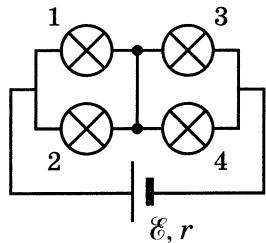
Действительное изображение предмета, полученное с помощью тонкой собирающей линзы, находится на расстоянии 12 см от линзы. Оптическая сила линзы 15 дптр. Определите расстояние от линзы до предмета.

24

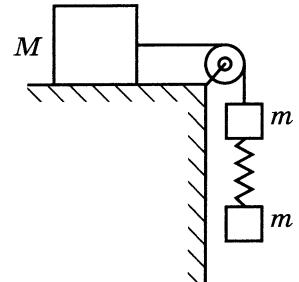
В запаянной с одного конца трубке находится влажный воздух, отделённый от атмосферы столбиком ртути длиной  $l = 100$  мм. Когда трубка лежит горизонтально, относительная влажность воздуха  $\phi_1$  в ней равна 60 %. Какой станет относительная влажность этого воздуха  $\phi_2$ , если трубку поставить вертикально открытым концом вверх? Атмосферное давление равно 760 мм рт. ст. Температуру считать постоянной.

**25**

Какая тепловая мощность выделяется на лампе 2 в схеме, изображённой на рисунке? Все лампы, включённые в схему, имеют одинаковое сопротивление  $R = 20$  Ом. Внутреннее сопротивление источника  $r = 2$  Ом; его ЭДС  $\mathcal{E} = 110$  В.

**26**

Груз массой  $M = 800$  г соединён невесомой и нерастяжимой нитью, перекинутой через гладкий невесомый блок, с бруском массой  $m = 400$  г. К этому брускому на лёгкой пружине жёсткостью  $k = 80$  Н/м подвешен второй такой же брусков. Длина нерастянутой пружины  $l = 10$  см, коэффициент трения груза о поверхность стола  $\mu = 0,2$ . Определите длину пружины при движении брусков, считая, что при этом движении она постоянна. Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на тела. Обоснуйте применимость используемых законов к решению задачи.



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

## ВАРИАНТ 16

### Часть 1

**Ответами к заданиям 1–20 являются число или последовательность цифр. 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** Материальная точка движется по окружности радиусом  $R$  с частотой обращения  $v$ . Во сколько раз нужно уменьшить частоту обращения, чтобы при увеличении радиуса окружности в 4 раза центростремительное ускорение точки осталось прежним?

Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

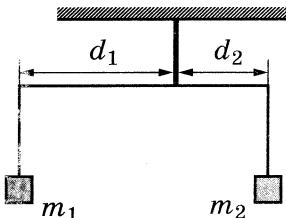
- 2** Два маленьких шарика массой  $m$  каждый находятся на расстоянии  $r$  друг от друга и притягиваются друг к другу с силой 32 нН. Каков модуль силы гравитационного притяжения друг к другу двух других шариков, если масса каждого из них равна  $\frac{m}{2}$ , а расстояние между ними равно  $2r$ ?

Ответ: \_\_\_\_\_ нН.

- 3** Тело массой 1 кг бросили вертикально вверх. Какой максимальной высоты достигло тело, если в момент броска оно обладало кинетической энергией, равной 150 Дж? Сопротивлением воздуха пренебречь.

Ответ: \_\_\_\_\_ м.

- 4** Коромысло весов, к которому подвешены на нитях два груза (см. рисунок), находится в равновесии. Массу первого груза увеличили в 2 раза. Во сколько раз нужно уменьшить плечо  $d_1$ , чтобы равновесие сохранилось? (Коромысло и нити считать невесомыми.)



Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

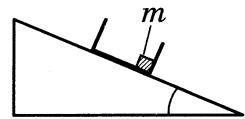
- 5** Мальчик поднимает вверх гирю массой 10 кг, действуя на неё постоянной силой 120 Н, направленной вертикально вверх. Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения.

- 1) Равнодействующая сил, действующих на гирю, равна 120 Н и направлена вертикально вверх.
- 2) Сила, с которой гиря действует на мальчика, равна 120 Н и направлена вертикально вниз.
- 3) Вес гири равен 100 Н.
- 4) Если мальчик приложит к гире силу 102 Н, направленную вертикально вверх, он сможет её поднять.
- 5) Ускорение гири равно  $2 \text{ м/с}^2$ .

Ответ: \_\_\_\_\_.

**6**

С вершины шероховатой наклонной плоскости из состояния покоя скользит с ускорением лёгкая коробочка, в которой находится груз массой  $m$  (см. рисунок). Как изменятся ускорение коробочки и работа силы тяжести, действующей на коробочку с грузом, при перемещении коробочки от вершины до основания наклонной плоскости, если в коробочке будет лежать груз массой  $\frac{m}{2}$ ? 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 коробочки	Работа силы тяжести

**7**

Концентрация молекул разреженного газа в сосуде была увеличена вдвое, а абсолютная температура газа была уменьшена в 4 раза. Во сколько раз при этом уменьшилось давление газа?

Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

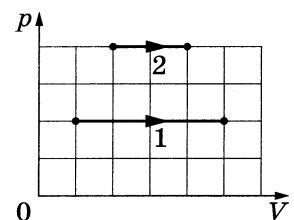
**8**

Рабочее тело теплового двигателя за цикл совершает работу, равную 15 кДж, и получает от нагревателя количество теплоты, равное 75 кДж. Какое количество теплоты рабочее тело отдаёт холодильнику за цикл?

Ответ: \_\_\_\_\_ кДж.

**9**

На рисунке показаны два процесса, проведённых с одним и тем же количеством газообразного гелия ( $p$  — давление гелия;  $V$  — его объём).



Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения, характеризующие процессы на рисунке.

- 1) В процессе 2 абсолютная температура гелия изобарно уменьшилась в 2 раза.
- 2) В процессе 1 плотность гелия уменьшилась в 5 раз.
- 3) Работа, совершенная гелием в процессе 1, в 2 раза больше работы, совершенной в процессе 2.
- 4) В процессе 1 внутренняя энергия гелия изобарно увеличилась в 5 раз.
- 5) В процессе 2 концентрация молекул гелия уменьшилась в 2 раза.

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 10** В сосуде неизменного объёма находилась при комнатной температуре смесь двух идеальных газов, по 1 моль каждого. Половину содержимого сосуда выпустили, а затем добавили в сосуд 1 моль первого газа. Температура в сосуде поддерживалась неизменной. Как изменились в результате парциальное давление первого газа и суммарное давление газов?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличилось      2) уменьшилось      3) не изменилось

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

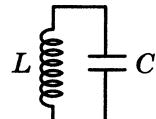
Парциальное давление первого газа	Давление смеси газов

- 11** Во сколько раз уменьшится модуль сил взаимодействия двух небольших металлических шариков одинакового диаметра, имеющих заряды  $q_1 = +4 \text{ нКл}$  и  $q_2 = -3 \text{ нКл}$ , если шарики привести в соприкосновение и раздвинуть на прежнее расстояние?

Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

- 12** Определите энергию магнитного поля катушки индуктивностью 0,1 Гн, по которой протекает ток 2 А.

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.



- 13** В идеальном колебательном контуре (см. рисунок) напряжение между обкладками конденсатора меняется по закону  $U_C = U_0 \cos \omega t$ , где  $U_0 = 2,5 \text{ В}$ ,  $\omega = 400\pi \text{ с}^{-1}$ . Определите частоту колебаний энергии магнитного поля катушки.

Ответ: \_\_\_\_\_ Гц.

- 14** От деревянного кольца № 1 отодвигают южный полюс полосового магнита, а от медного кольца № 2 — северный полюс другого полосового магнита (см. рисунок).



Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения относительно этих опытов.

- 1) Кольцо № 2 отталкивается от магнита.
- 2) В кольце № 1 возникает индукционный ток.
- 3) В кольце № 2 возникает индукционный ток.
- 4) Кольцо № 1 отталкивается от магнита.
- 5) Кольцо № 2 следует за магнитом.

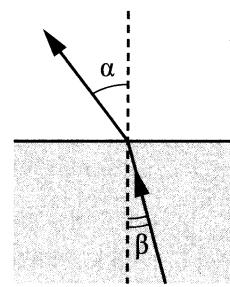
Ответ: \_\_\_\_\_.

**15**

Плоская световая волна переходит из глицерина в воздух (см. рисунок). Что происходит при этом переходе со скоростью распространения световой волны и с длиной волны?

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 распространения волны	Длина волны

**16**

Период полураспада изотопа магния  $^{28}_{12}\text{Mg}$  составляет 21 ч. Во сколько раз уменьшится первоначальное большое число атомов этого изотопа за 63 часа от начала наблюдения?

Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

**17**

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

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.

Длина световой волны, падающей на фотоэлемент	Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов

**18**

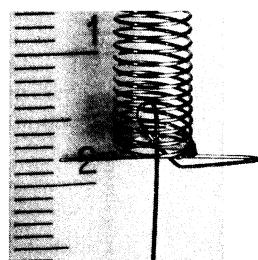
Выберите все верные утверждения о физических явлениях, величинах и закономерностях. Запишите цифры, под которыми они указаны.

- 1) Импульсом тела называется величина, равная произведению массы тела на его скорость.
- 2) Теплопередача путём конвекции происходит за счёт переноса вещества в струях и потоках.
- 3) Модуль сил взаимодействия двух неподвижных точечных заряженных тел в вакууме обратно пропорционален квадрату расстояния между ними.
- 4) Свободные электрические колебания можно наблюдать в электрической цепи, состоящей из последовательно соединённых резистора и конденсатора.
- 5)  $\beta$ -излучение представляет собой поток протонов или нейтронов, возникающих при распаде ядер.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**19**

Школьник при выполнении лабораторной работы при помощи динамометра измеряет силу (см. рисунок). Динамометр проградуирован в ньютонах. Абсолютная погрешность прямого измерения силы динамометром равна цене деления. Каков результат измерения силы с учётом погрешности по показаниям динамометра?



Ответ: (         $\pm$         ) Н.

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

**20**

Ученику необходимо на опыте обнаружить зависимость объёма газа, находящегося в сосуде под подвижным поршнем, от температуры газа. У него имеется пять различных сосудов с манометрами. Сосуды наполнены одним и тем же газом при различных температуре и давлении (см. таблицу).

Какие **два** сосуда необходимо взять ученику, чтобы провести данное исследование?

№ сосуда	Давление, кПа	Температура газа в сосуде, °С	Масса газа, г
1	200	25	4
2	260	30	8
3	260	30	6
4	300	35	6
5	200	35	4

В ответ запишите номера выбранных сосудов.

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.**

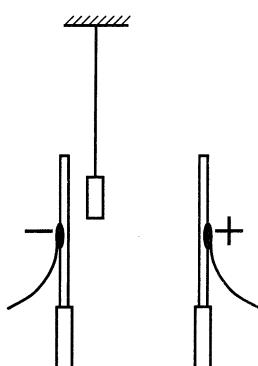


## Часть 2

**Для записи ответов на задания 21–26 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (21, 22 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.**

**21**

Между двумя металлическими близко расположенными вертикальными пластинами, укреплёнными на изолирующих подставках, подвесили на длинной шёлковой нити лёгкую металлическую незаряженную гильзу (см. рисунок). Когда к пластинам приложили постоянное высокое напряжение, гильза пришла в движение. Опираясь на законы электростатики и механики, опишите движение гильзы и объясните его.



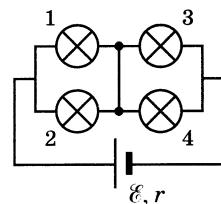
**Полное правильное решение каждой из задач 22–26 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.**

- 22** Тележка массой 50 кг движется со скоростью 1 м/с по гладкой горизонтальной дороге. Каким станет модуль скорости тележки, если мальчик массой 50 кг догонит тележку и запрыгнет на неё с горизонтальной скоростью 2 м/с относительно дороги?

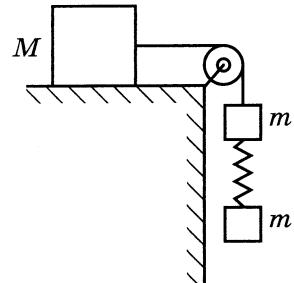
- 23** Предмет находится на расстоянии 25 см от тонкой собирающей линзы с оптической силой 5 дптр. На каком расстоянии от линзы находится изображение предмета?

- 24** В запаянной с одного конца трубке находится влажный воздух, отделённый от атмосферы столбиком ртути длиной  $l = 76$  мм. Когда трубка лежит горизонтально, относительная влажность воздуха  $\varphi_1$  в ней равна 80 %. Какой станет относительная влажность этого воздуха  $\varphi_2$ , если трубку поставить вертикально, открытым концом вниз? Атмосферное давление равно 760 мм рт. ст. Температуру считать постоянной.

- 25** Определите КПД источника в схеме, изображённой на рисунке. Все лампы, включённые в схему, имеют одинаковое сопротивление  $R = 20$  Ом. Внутреннее сопротивление источника  $r = 2$  Ом; его ЭДС  $\mathcal{E} = 110$  В.



- 26** Груз массой  $M = 800$  г соединён невесомой и нерастяжимой нитью, перекинутой через гладкий невесомый блок, с бруском массой  $m = 400$  г. К этому брускину на лёгкой пружине подвешен второй такой же брускок. Длина нерастянутой пружины  $l = 10$  см, коэффициент трения груза о поверхность стола  $\mu = 0,2$ . Длина пружины при движении брусков остаётся постоянной и равна  $L = 14$  см. Определите жёсткость пружины. Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на тела. Обоснуйте применимость используемых законов к решению задачи.



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

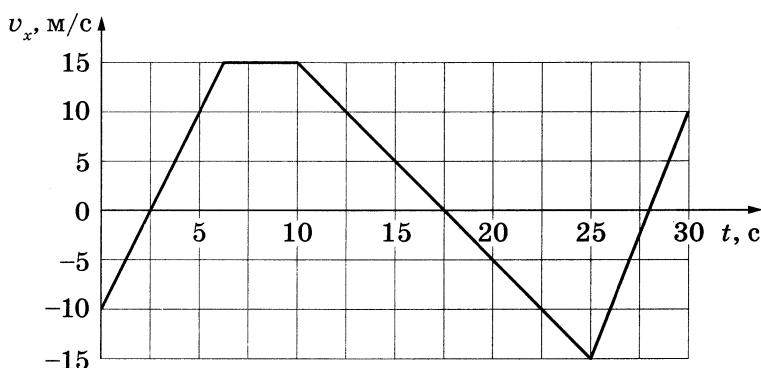


## ВАРИАНТ 17

### Часть 1

**Ответами к заданиям 1–20 являются число или последовательность цифр. 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 секунд.

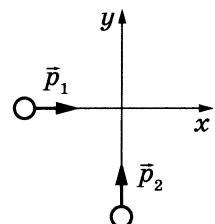
Ответ: \_\_\_\_\_ м/с<sup>2</sup>.

- 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 Два тела движутся по взаимно перпендикулярным пересекающимся прямым, как показано на рисунке. Модуль импульса первого тела  $p_1 = 0,6$  кг·м/с, а второго тела  $p_2 = 0,8$  кг·м/с. Каков модуль импульса системы этих тел после их абсолютно неупругого удара?

Ответ: \_\_\_\_\_ кг·м/с.



- 4 У входа в вертикальную шахту произведён выстрел. Через какое время после выстрела звук выстрела вернётся к стрелку, отразившись от дна шахты, если её глубина 85 м? Скорость звука в воздухе принять равной 340 м/с.

Ответ: \_\_\_\_\_ с.

**5**

Тело брошено вертикально вверх с поверхности Земли в момент времени  $t = 0$ . В таблице приведены результаты измерения модуля скорости тела в зависимости от времени. Выберите все верные утверждения на основании данных, приведённых в таблице.

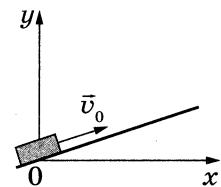
Время, с	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Модуль скорости, м/с	4,0	3,0	2,0	1,0	0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0

- 1) Тело поднялось на максимальную высоту, равную 0,8 м.
- 2) Начальная скорость тела была равна 4 м/с.
- 3) В момент времени  $t = 0,2$  с тело находилось на высоте 0,45 м от поверхности Земли.
- 4) На высоте 0,8 м от поверхности Земли скорость тела была равна 3,0 м/с.
- 5) За 0,7 секунды полёта путь тела составил 1,45 м.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**6**

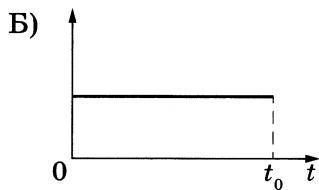
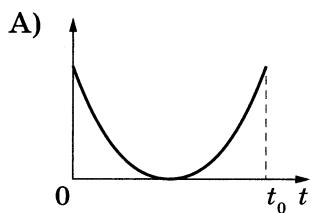
После удара в момент времени  $t = 0$  шайба начала скользить вверх по гладкой наклонной плоскости с начальной скоростью  $\vec{v}_0$ , как показано на рисунке. В момент времени  $t_0$  шайба вернулась в исходное положение. Графики А и Б отображают изменение с течением времени физических величин, характеризующих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



### ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) кинетическая энергия  $E_k$
- 2) проекция скорости  $v_x$
- 3) полная механическая энергия  $E_{\text{мех}}$
- 4) проекция ускорения  $a_y$

Ответ: 

A	B

**7**

Давление разреженного газа в сосуде возросло в 6 раз, а средняя энергия поступательного теплового движения его молекул возросла в 2 раза. Во сколько раз увеличилась концентрация молекул газа в сосуде?

Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

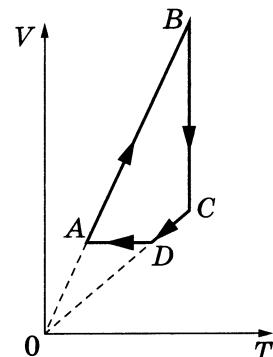
- 8** Рабочее тело тепловой машины с КПД 15 % за цикл работы получает от нагревателя количество теплоты, равное 60 Дж. Какую работу машина совершает за цикл?

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

- 9** 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.

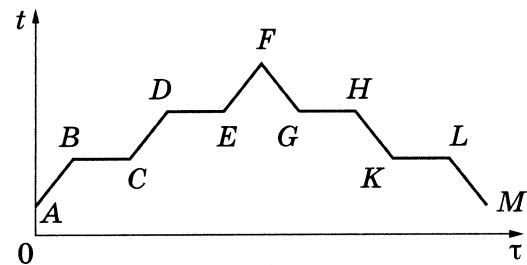
Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения, характеризующие отражённые на графике процессы.

- 1) Давление газа в процессе  $CD$  постоянно, при этом внешние силы совершают над газом положительную работу.
- 2) В процессе  $DA$  давление газа изохорно уменьшается.
- 3) В процессе  $AB$  газ отдаёт в окружающую среду положительное количество теплоты.
- 4) В состоянии  $B$  концентрация атомов газа максимальна.
- 5) В процессе  $BC$  внутренняя энергия газа остаётся постоянной.



Ответ: \_\_\_\_\_.

- 10** В цилиндре под поршнем находится твёрдое вещество. Цилиндр поместили в горячую печь, а затем выставили на холод. 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)  $FG$

**ПРОЦЕССЫ**

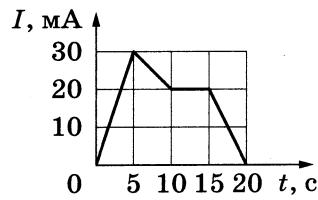
- 1) кристаллизация
- 2) охлаждение пара
- 3) плавление
- 4) конденсация

Ответ: 

А	Б

- 11** На рисунке показана зависимость силы тока  $I$  в проводнике от времени  $t$ . Определите заряд, прошедший по проводнику в интервале времени от 0 до 10 с.

Ответ: \_\_\_\_\_ мКл.



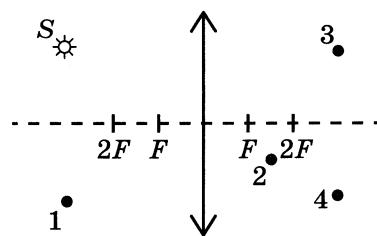
**12**

- В однородном магнитном поле индукцией 0,4 Тл находится проволочный контур, выполненный в форме квадрата со стороной 10 см. Вектор индукции магнитного поля перпендикулярен плоскости контура. Определите магнитный поток, пронизывающий контур.

Ответ: \_\_\_\_\_ мВб.

**13**

- Какая из точек (1, 2, 3 или 4) является изображением точки  $S$ , полученным в тонкой собирающей линзе с фокусным расстоянием  $F$  (см. рисунок)?

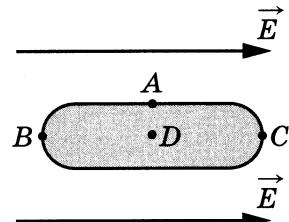


Ответ: точка \_\_\_\_\_.

**14**

- Незаряженное металлическое тело, продольное сечение которого показано на рисунке, поместили в однородное электрическое поле напряжённостью  $\vec{E}$ .

Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения, описывающие результаты воздействия этого поля на металлическое тело.



- 1) Напряжённость электрического поля в точке  $D$  равна нулю.
- 2) Потенциалы точек  $B$  и  $C$  равны.
- 3) Концентрация свободных электронов в точке  $A$  наибольшая.
- 4) В точке  $B$  индуцируется отрицательный заряд.
- 5) В точке  $A$  индуцируется положительный заряд.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**15**

- Заряженный конденсатор подключили к резистору, и конденсатор стал разряжаться. Как меняются в процессе разрядки конденсатора его электроёмкость и разность потенциалов между обкладками конденсатора?

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.

Электроёмкость конденсатора	Разность потенциалов между обкладками конденсатора

- 16** Закон радиоактивного распада ядер некоторого изотопа имеет вид:  $N = N_0 \cdot 2^{-\lambda t}$ , где  $\lambda = 0,04 \text{ с}^{-1}$ . Какой процент этих ядер распадётся за 50 с?

Ответ: \_\_\_\_\_ %.

- 17** При исследовании зависимости кинетической энергии фотоэлектронов от частоты падающего света фотоэлемент освещался через различные светофильтры. В первой серии опытов использовался светофильтр, пропускающий только фиолетовый свет, а во второй — пропускающий только красный свет. В каждом опыте наблюдали явление фотоэффекта.

Как изменились длина волны света, падающего на фотоэлемент, и максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов при переходе от первой серии опытов ко второй? 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.

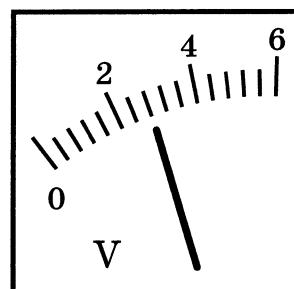
Длина волны света, падающего на фотоэлемент	Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов

- 18** Выберите все верные утверждения о физических явлениях, величинах и закономерностях. Запишите цифры, под которыми они указаны.

- 1) В инерциальной системе отсчёта изменение импульса тела равно импульсу равнодействующей сил, действующих на тело.
- 2) При постоянном давлении работа газа при расширении прямо пропорциональна изменению его объёма.
- 3) Силой Лоренца называют силу, с которой однородное электрическое поле действует на постоянные магниты.
- 4) Если замкнутый проводящий контур покоятся в однородном магнитном поле, то в нём возникает индукционный ток.
- 5) Энергия связи ядра равна той энергии, которая выделяется при образовании ядра из отдельных протонов и нейтронов.

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 19** Определите показания вольтметра (см. рисунок), если погрешность прямого измерения напряжения равна цене деления вольтметра. Вольтметр проградуирован в вольтах.



Ответ: (\_\_\_\_ ± \_\_\_\_ ) В.

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

**20**

Ученнику необходимо на опыте обнаружить зависимость периода свободных колебаний пружинного маятника от массы груза. У него имеется пять пружинных маятников, характеристики которых приведены в таблице. Какие *два* маятника необходимо взять ученику, чтобы провести данное исследование? Грузы сплошные.

№ маятника	Жёсткость пружины, Н/м	Объём груза, см <sup>3</sup>	Материал, из которого сделан груз
1	40	30	алюминий
2	60	60	алюминий
3	40	30	медь
4	10	30	алюминий
5	10	60	медь

Запишите в ответе номера выбранных маятников.

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

**Для записи ответов на задания 21–26 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (21, 22 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.**

**21**

Маленький незаряженный шарик, подвешенный на непроводящей нити, помещён над горизонтальной диэлектрической пластиной, равномерно заряженной положительным зарядом. Размеры пластины во много раз превышают длину нити. Опираясь на законы механики и электродинамики, объясните, как изменится период малых свободных колебаний шарика, если ему сообщить отрицательный заряд.

**Полное правильное решение каждой из задач 22–26 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.**

**22**

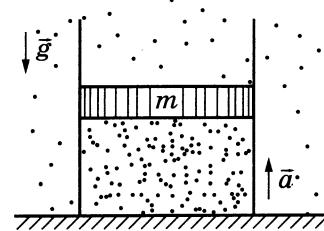
Последний километр пути перед остановкой поезд преодолел за 250 с. Какова была скорость поезда в начале торможения? Ускорение поезда считать постоянным.

**23**

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?

24

В вертикальном цилиндрическом сосуде с гладкими стенками под подвижным поршнем площадью поперечного сечения  $50 \text{ см}^2$  находится разреженный газ (см. рисунок). При движении сосуда по вертикали с ускорением, направленным вверх и равным по модулю  $2 \text{ м/с}^2$ , высота столба газа под поршнем постоянна и на 5 % меньше, чем в покоящемся сосуде. Считая температуру газа под поршнем неизменной, а наружное давление постоянным и равным  $28 \text{ кПа}$ , определите массу поршня. Масса газа под поршнем постоянна.

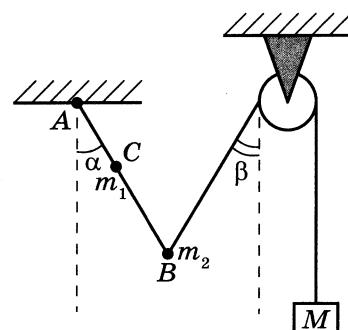


25

Ион с зарядом  $q = 3,2 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$  и массой  $m = 1,5 \cdot 10^{-25} \text{ кг}$  проходит ускоряющую разность потенциалов  $U = 10^3 \text{ В}$  и после этого попадает в однородное магнитное поле, в котором движется по окружности радиусом  $R = 0,3 \text{ м}$ . Определите модуль индукции  $B$  магнитного поля. Считать, что установка находится в вакууме. Силой тяжести и скоростью иона до прохождения ускоряющей разности потенциалов пренебречь.

26

Невесомый стержень  $AB$  с двумя малыми грузиками массами  $m_1 = 200 \text{ г}$  и  $m_2 = 100 \text{ г}$ , расположенными в точках  $C$  и  $B$  соответственно, шарнирно закреплён в точке  $A$ . Груз массой  $M = 100 \text{ г}$  подвешен к идеальному блоку за невесомую и нерастяжимую нить, другой конец которой соединён с нижним концом стержня, как показано на рисунке. Вся система находится в равновесии: стержень отклонён от вертикали на угол  $\alpha = 30^\circ$ , а нить составляет угол с вертикалью, равный  $\beta = 30^\circ$ . Расстояние  $AC = b = 25 \text{ см}$ . Определите длину  $l$  стержня  $AB$ . Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на груз  $M$  и стержень.



Обоснуйте применимость законов, используемых при решении задачи.



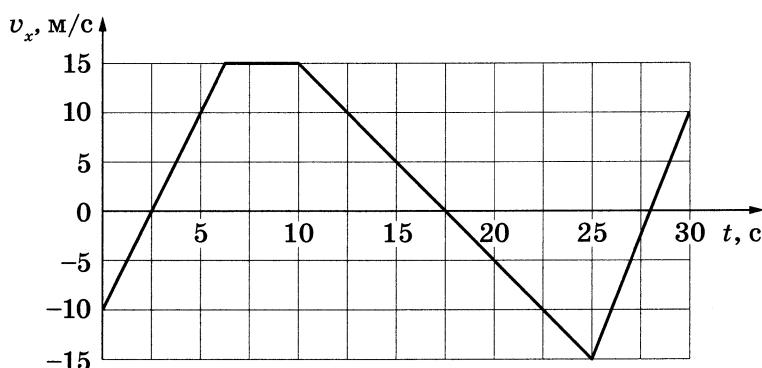
*Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с номером соответствующего задания.*

## ВАРИАНТ 18

### Часть 1

**Ответами к заданиям 1–20 являются число или последовательность цифр. 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  $t$ .



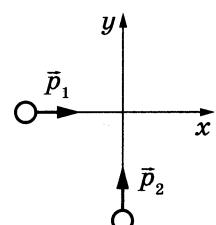
Определите проекцию  $a_x$  ускорения этого тела в момент времени 26 секунд.

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 Два тела движутся по взаимно перпендикулярным пересекающимся прямым, как показано на рисунке. Модуль импульса первого тела  $p_1 = 0,3$  кг·м/с. Каков модуль импульса второго тела  $p_2$ , если модуль импульса системы этих тел после их абсолютно неупругого удара равен 0,5 кг·м/с?



Ответ: \_\_\_\_\_ кг·м/с.

- 4 У входа в вертикальную шахту произведён выстрел. Через 1,5 с после выстрела звук выстрела вернулся к стрелку, отразившись от дна шахты. Какова глубина шахты? Скорость звука в воздухе принять равной 340 м/с.

Ответ: \_\_\_\_\_ м.

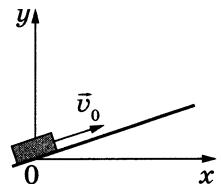
- 5** Тело брошено вертикально вверх с поверхности Земли в момент времени  $t = 0$ . В таблице приведены результаты измерения модуля скорости тела в зависимости от времени. Выберите все верные утверждения на основании данных, приведённых в таблице.

Время, с	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Модуль скорости, м/с	4,0	3,0	2,0	1,0	0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0

- 1) Тело поднялось на максимальную высоту, равную 1,25 м.
- 2) Начальная скорость тела была равна 5 м/с.
- 3) В момент времени  $t = 0,2$  с тело находилось на высоте 0,45 м от поверхности Земли.
- 4) На высоте 0,8 м от поверхности Земли скорость тела была равна 4,0 м/с.
- 5) За 0,7 секунды полёта путь тела составил 1,65 м.

Ответ: \_\_\_\_\_.

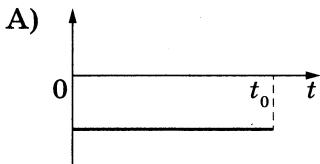
- 6** После удара в момент времени  $t = 0$  шайба начала скользить вверх по гладкой наклонной плоскости с начальной скоростью  $\vec{v}_0$ , как показано на рисунке. В момент времени  $t_0$  шайба вернулась в исходное положение. Графики А и Б отображают изменение с течением времени физических величин,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



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

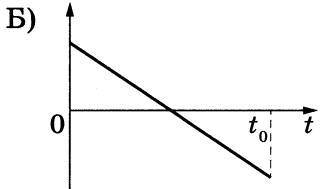
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

#### ГРАФИКИ



#### ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) кинетическая энергия  $E_k$
- 2) проекция скорости  $v_x$
- 3) полная механическая энергия  $E_{\text{мех}}$
- 4) проекция ускорения  $a_y$



Ответ: 

A	B

- 7** Концентрация молекул разреженного газа в сосуде возросла в 4 раза, а средняя энергия поступательного теплового движения его молекул уменьшилась в 2,5 раза. Во сколько раз увеличилось давление газа в сосуде?

Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

- 8** Рабочее тело тепловой машины с КПД 15 % за цикл работы отдаёт холодильнику количество теплоты, равное 340 Дж. Какую работу машина совершае за цикл?

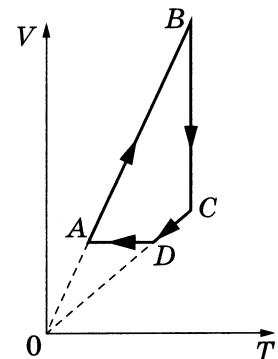
Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

- 9** 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.

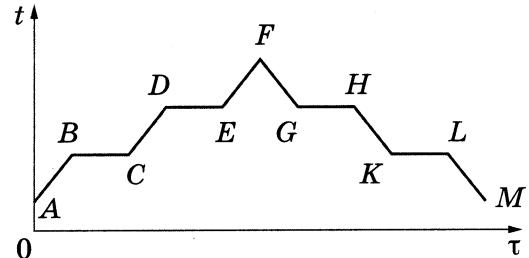
Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения, характеризующие отражённые на графике процессы.

- 1) Давление газа в процессе  $CD$  постоянно, при этом над газом внешние силы совершают положительную работу.
- 2) В процессе  $DA$  давление газа изохорно увеличивается.
- 3) В процессе  $AB$  газ получает положительное количество теплоты.
- 4) В состоянии  $B$  концентрация атомов газа минимальна.
- 5) В процессе  $BC$  внутренняя энергия газа уменьшается.

Ответ: \_\_\_\_\_.



- 10** В цилиндре под поршнем находится твёрдое вещество. Цилиндр поместили в горячую печь, а затем выставили на холод. 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) GH  
Б) HK

**ПРОЦЕССЫ**

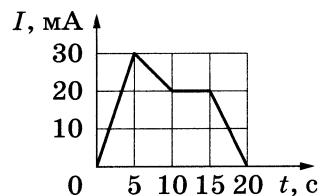
- 1) кристаллизация
- 2) охлаждение жидкости
- 3) плавление
- 4) конденсация

Ответ: 

A	B

- 11** На рисунке показана зависимость силы тока  $I$  в проводнике от времени  $t$ . Определите заряд, прошедший по проводнику в интервале времени от 5 до 15 с.

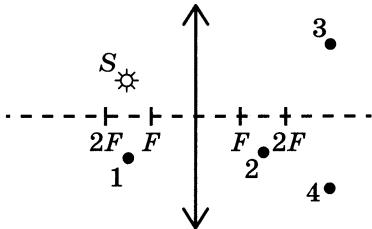
Ответ: \_\_\_\_\_ мКл.



- 12** В однородном магнитном поле индукцией 0,8 Тл находится проволочный контур, выполненный в форме квадрата со стороной 20 см. Вектор индукции магнитного поля параллелен плоскости контура. Определите магнитный поток, пронизывающий контур.

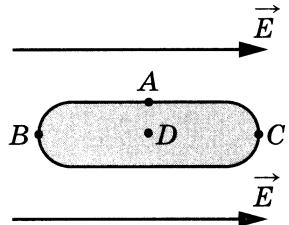
Ответ: \_\_\_\_\_ мВб.

- 13** Какая из точек (1, 2, 3 или 4) является изображением точки  $S$ , полученным в тонкой собирающей линзе с фокусным расстоянием  $F$  (см. рисунок)?



Ответ: точка \_\_\_\_\_.

- 14** Незаряженное металлическое тело, продольное сечение которого показано на рисунке, поместили в однородное электрическое поле напряжённостью  $\vec{E}$ .



Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения, описывающие результаты воздействия этого поля на металлическое тело.

- 1) Напряжённость электрического поля снаружи тела вблизи точки  $C$  не равна нулю.
- 2) Потенциал в точке  $B$  больше потенциала в точке  $D$ .
- 3) Концентрация свободных электронов в точке  $C$  наименьшая.
- 4) В точке  $D$  индуцируется отрицательный заряд.
- 5) В точке  $A$  индуцируется положительный заряд.

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 15** Заряженный конденсатор подключили к резистору, и конденсатор стал разряжаться. Как меняются в процессе разрядки конденсатора его заряд и энергия электрического поля внутри конденсатора?

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.

Заряд конденсатора	Энергия электрического поля конденсатора

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

Ответ: \_\_\_\_\_ с.

- 17** При исследовании зависимости кинетической энергии фотоэлектронов от частоты падающего света фотоэлемент освещался через различные светофильтры. В первой серии опытов использовался светофильтр, пропускающий только жёлтый свет, а во второй — пропускающий только синий свет. В каждом опыте наблюдали явление фотоэффекта.

Как изменились длина волны света, падающего на фотоэлемент, и максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов при переходе от первой серии опытов ко второй? 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.

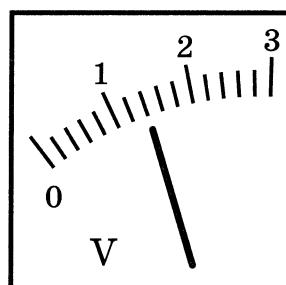
Длина волны света, падающего на фотоэлемент	Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов

- 18** Выберите все верные утверждения о физических явлениях, величинах и закономерностях. Запишите цифры, под которыми они указаны.

- 1) Атмосферное давление возрастает с высотой над поверхностью Земли.
- 2) При неизменной температуре нагревателя КПД идеальной тепловой машины повышается с понижением температуры холодильника.
- 3) Одноимённые точечные электрические заряды отталкиваются друг от друга, разноимённые точечные заряды притягиваются друг к другу.
- 4) Период гармонических электромагнитных колебаний в идеальном контуре из катушки индуктивности и воздушного конденсатора уменьшается приближении пластин конденсатора.
- 5)  $\alpha$ -излучение отклоняется в магнитном поле.

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 19** Определите показания вольтметра (см. рисунок), если погрешность прямого измерения напряжения равна цене деления вольтметра. Вольтметр проградуирован в вольтах.



Ответ: (      ±      ) В.

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

**20**

Ученику необходимо на опыте обнаружить зависимость периода свободных колебаний пружинного маятника от жёсткости пружины. У него имеется пять пружинных маятников, характеристики которых приведены в таблице. Какие *два* маятника необходимо взять ученику, чтобы провести данное исследование? Грузы сплошные.

№ маятника	Жёсткость пружины, Н/м	Объём груза, см <sup>3</sup>	Материал, из которого сделан груз
1	40	30	алюминий
2	60	60	алюминий
3	40	30	медь
4	10	30	алюминий
5	10	60	медь

Запишите в ответе номера выбранных маятников.

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

*Для записи ответов на задания 21–26 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (21, 22 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.*

**21**

Маленький незаряженный шарик, подвешенный на непроводящей нити, помещён над горизонтальной диэлектрической пластиной, равномерно заряженной положительным зарядом. Размеры пластины во много раз превышают длину нити. Опираясь на законы механики и электродинамики, объясните, как изменится частота малых свободных колебаний шарика, если ему сообщить отрицательный заряд.

*Полное правильное решение каждой из задач 22–26 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.*

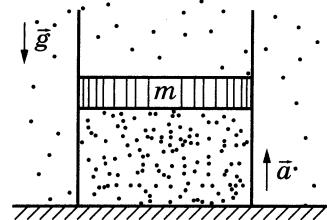
**22**

Определите время прохождения поездом последнего километра пути перед остановкой, если изменение его скорости на этом пути составило 10 м/с. Ускорение поезда считать постоянным.

**23**

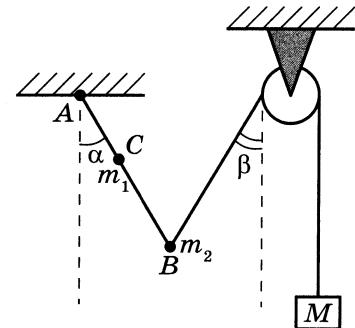
На металл падает поток фотонов с длиной волны в 3 раза меньше «красной границы» фотоэффекта. Во сколько раз уменьшится максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов, вылетающих из этого металла, если длину волны падающего света увеличить в 1,5 раза?

- 24** В вертикальном цилиндрическом сосуде с гладкими стенками под подвижным поршнем массой 10 кг и площадью поперечного сечения  $50 \text{ см}^2$  находится разреженный газ (см. рисунок). При движении сосуда по вертикали с ускорением, направленным вверх и равным по модулю  $1 \text{ м/с}^2$ , высота столба газа под поршнем постоянна и на 5 % меньше, чем в покоящемся сосуде. Считая температуру газа под поршнем неизменной, а наружное давление постоянным, определите внешнее давление. Масса газа под поршнем постоянна.



- 25** Ион с зарядом  $q = 3,2 \cdot 10^{-19}$  Кл и массой  $m = 1,5 \cdot 10^{-25}$  кг проходит ускоряющую разность потенциалов  $U = 10^3$  В и после этого попадает в однородное магнитное поле с индукцией  $B = 0,2$  Тл, в котором движется по окружности. Определите радиус окружности, по которой ион движется в магнитном поле. Считать, что установка находится в вакууме. Силой тяжести и скоростью иона до прохождения ускоряющей разности потенциалов пренебречь.

- 26** Невесомый стержень  $AB$  длиной  $l = 40$  см с двумя малыми грузиками массами  $m_1 = 200$  г и  $m_2 = 100$  г, расположенными в точках  $C$  и  $B$  соответственно, шарнирно закреплён в точке  $A$ . Груз массой  $M$  подвешен к идеальному блоку за невесомую и нерастяжимую нить, другой конец которой соединён с нижним концом стержня, как показано на рисунке. Вся система находится в равновесии: стержень отклонён от вертикали на угол  $\alpha = 30^\circ$ , а нить составляет угол с вертикалью, равный  $\beta = 30^\circ$ . Расстояние  $AC = b = 25$  см. Определите массу груза  $M$ . Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на груз  $M$  и стержень.



Обоснуйте применимость законов, используемых при решении задачи.



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

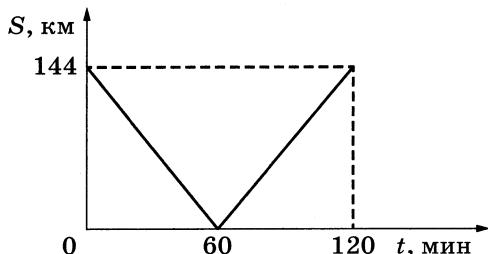
## ВАРИАНТ 19

### Часть 1

**Ответами к заданиям 1–20 являются число или последовательность цифр. 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.



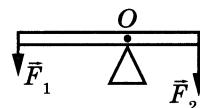
- 2** Две планеты с одинаковыми массами обращаются по круговым орбитам вокруг звезды. Для первой из них сила притяжения к звезде в 36 раз меньше, чем для второй. Каково отношение  $\frac{R_1}{R_2}$  радиусов орбит первой и второй планет?

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 3** Тело движется в инерциальной системе отсчёта по прямой. Начальный импульс тела равен 80 кг·м/с. Под действием постоянной силы величиной 20 Н, направленной вдоль этой прямой, за 3 с импульс тела уменьшился. Определите импульс тела в конце указанного промежутка времени.

Ответ: \_\_\_\_\_ кг·м/с.

- 4** Невесомый рычаг находится в равновесии (см. рисунок). Сила  $F_1 = 8$  Н, её плечо равно 20 см. Каков модуль силы  $\vec{F}_2$ , если её плечо равно 16 см?



Ответ: \_\_\_\_\_ Н.

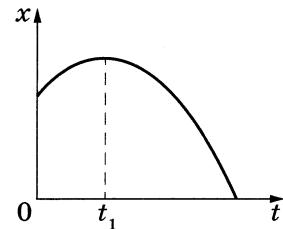
- 5** На наклонной плоскости находится бруск массой 2 кг, для которого составлена таблица зависимости модуля силы трения  $F_{\text{тр}}$  от угла наклона плоскости к горизонту  $\alpha$  с погрешностью, не превышающей 0,01 Н. На основании данных, приведённых в таблице, используя закон сухого трения, выберите все верные утверждения.

$\alpha$ , рад	0	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
$F_{\text{тр}}$ , Н	0	1,0	2,0	3,86	3,76	3,63	3,46	3,25	3,01	2,75	2,45	2,13

- 1) Сила трения покоя не зависит от угла  $\alpha$ .
- 2) При уменьшении угла наклонной плоскости к горизонту модуль силы трения скольжения увеличивается.
- 3) С ростом угла наклона модуль силы трения покоя увеличивается.
- 4) Коэффициент трения скольжения больше 0,25.
- 5) Когда угол наклона больше 0,6 рад, бруск скользит по наклонной плоскости.

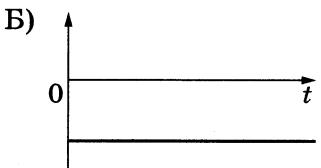
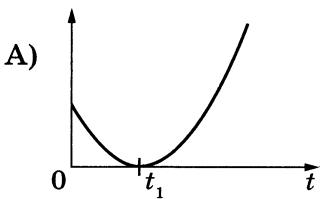
Ответ: \_\_\_\_\_.

- 6** 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



#### ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

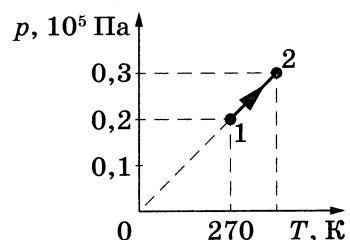
- 1) проекция перемещения тела на ось  $x$
- 2) проекция ускорения тела на ось  $x$
- 3) кинетическая энергия тела
- 4) модуль скорости тела

Ответ: 

A	B

- 7** На рисунке показано изменение состояния идеального газа в количестве 4 моль. Какая температура соответствует состоянию 2?

Ответ: \_\_\_\_\_ К.

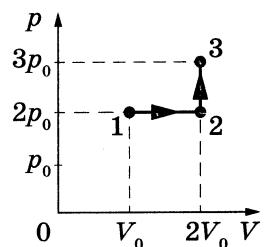


- 8** Рабочее тело тепловой машины за цикл получает от нагревателя количество теплоты, равное 150 Дж, и отдаёт холодильнику 120 Дж. Каков КПД тепловой машины?

Ответ: \_\_\_\_\_ %.

- 9** Идеальный газ переводят из состояния 1 в состояние 3 так, как показано на графике зависимости давления газа  $p$  от объёма  $V$ . Масса газа в процессе не изменяется. Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения, характеризующие отражённые на графике процессы.

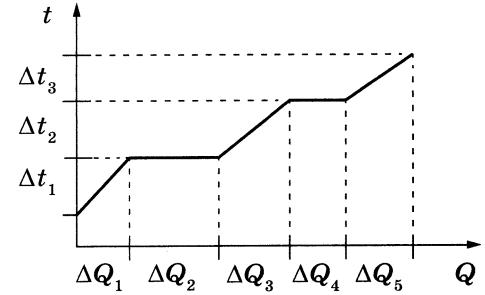
- 1) Концентрация молекул газа в процессе 2–3 оставалась постоянной.
- 2) В ходе процесса 1–2–3 средняя кинетическая энергия теплового движения молекул газа увеличивается в 3 раза.
- 3) В процессе 2–3 абсолютная температура газа изохорно увеличилась в 1,5 раза.
- 4) В процессе 1–2 абсолютная температура газа изобарно увеличилась в 4 раза.
- 5) Абсолютная температура газа минимальна в состоянии 3.



Ответ: \_\_\_\_\_.

- 10** В цилиндре под поршнем находится твёрдое вещество массой  $m$ . Цилиндр поместили в печь. На рисунке схематично показан график изменения температуры  $t$  вещества по мере поглощения им количества теплоты  $Q$ . Формулы А и Б позволяют рассчитать значения физических величин, характеризующих происходящие с веществом тепловые процессы.

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



#### ФОРМУЛЫ

А)  $\frac{\Delta Q_2}{m}$

Б)  $\frac{\Delta Q_3}{m \Delta t_2}$

#### ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) удельная теплоёмкость жидкости
- 2) удельная теплота плавления
- 3) удельная теплоёмкость твёрдого вещества
- 4) удельная теплота парообразования

Ответ: 

A	B

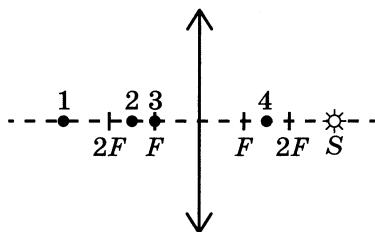
- 11** Во сколько раз увеличится модуль сил взаимодействия двух небольших металлических шариков одинакового диаметра, имеющих заряды  $q_1 = +4 \text{ нКл}$  и  $q_2 = +8 \text{ нКл}$ , если шарики привести в соприкосновение и затем раздвинуть на прежнее расстояние?

Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

- 12** В катушке индуктивностью 5 мГн протекает ток силой 2 А. Какой магнитный поток пронизывает катушку?

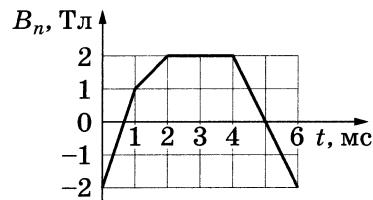
Ответ: \_\_\_\_\_ Вб.

- 13** Какая из точек (1, 2, 3 или 4) является изображением точки  $S$ , создаваемым тонкой собирающей линзой с фокусным расстоянием  $F$  (см. рисунок)?



Ответ: точка \_\_\_\_\_.

- 14** Проволочная рамка площадью  $60 \text{ см}^2$  помещена в однородное магнитное поле так, что плоскость рамки перпендикулярна вектору индукции  $\vec{B}$ . Проекция  $B_n$  индукции магнитного поля на нормаль к плоскости рамки изменяется во времени  $t$  согласно графику на рисунке.



Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения о процессах, происходящих в рамке.

- 1) Модуль ЭДС электромагнитной индукции, возникающей в рамке, максимален в интервале времени от 0 до 1 мс.
- 2) Магнитный поток через рамку в интервале времени от 2 до 4 мс равен 12 мВб.
- 3) Модуль ЭДС электромагнитной индукции, возникающей в рамке, в интервале времени от 4 до 6 мс равен 6 В.
- 4) Модуль скорости изменения магнитного потока через рамку минимален в интервале времени от 0 до 1 мс.
- 5) Модуль ЭДС электромагнитной индукции, возникающей в рамке, равен нулю в интервале времени от 2 до 4 мс.

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 15** В первом опыте частица массой  $m$ , несущая заряд  $q$ , движется в однородном магнитном поле с индукцией  $B$  по окружности радиусом  $R$  со скоростью  $v$ . Во втором опыте та же частица движется в том же магнитном поле по окружности большего радиуса. Как при переходе от первого опыта ко второму изменились кинетическая энергия частицы и период её обращения?

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.

Кинетическая энергия частицы	Период её обращения

- 16** В результате реакции ядра бора  $^{11}_5\text{B}$  и  $\alpha$ -частицы  $^{4}_2\text{He}$  образуются нейтрон и ядро  $^{A}_Z\text{X}$ . Определите массовое число ядра  $^{A}_Z\text{X}$ .

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 17** 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. В первой серии опытов использовался светофильтр, пропускающий только синий свет, а во второй — пропускающий только зелёный.

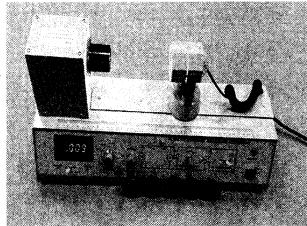


Рис. *a*

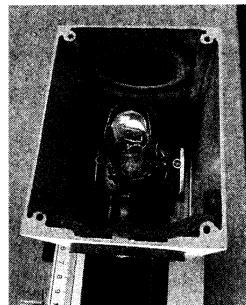


Рис. *б*

Как изменились при переходе от первой серии опытов ко второй длина волны падающего света и максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения.

- 1) увеличилась      2) уменьшилась      3) не изменилась

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

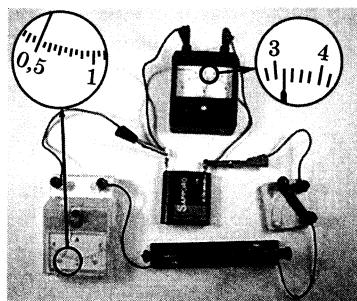
Длина волны падающего света	Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов

**18** Выберите все верные утверждения о физических явлениях, величинах и закономерностях. Запишите цифры, под которыми они указаны.

- 1) При соскальзывании шайбы по гладкой наклонной плоскости её полная механическая энергия остаётся неизменной, а кинетическая энергия возрастает.
- 2) Если газ находится в замкнутом сосуде постоянного объёма, то при его нагревании давление газа уменьшается.
- 3) Сила отталкивания между одноимёнными точечными зарядами изменяется обратно пропорционально квадрату расстояния между ними.
- 4) В замкнутом проводящем контуре при изменении магнитного потока через ограниченную им площадку возникает индукционный ток.
- 5) В нейтральном атоме суммарное число электронов равно суммарному числу нуклонов в ядре этого атома.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**19** На рисунке приведена фотография электрической цепи по измерению сопротивления реостата. Погрешности измерения силы тока в цепи и напряжения на источнике равны половине цены деления амперметра и вольтметра. Каково по результатам этих измерений напряжение на источнике?



Ответ: (\_\_\_\_ ± \_\_\_\_ ) В.

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

**20** Ученик изучает свободные электромагнитные колебания. В его распоряжении имеются пять аналогичных колебательных контуров с различными катушками индуктивности и конденсаторами, характеристики которых указаны в таблице. Какие **два** колебательных контура необходимо взять ученику для того, чтобы на опыте исследовать зависимость периода свободных колебаний заряда конденсатора от индуктивности катушки?

№ контура	Максимальное напряжение на конденсаторе, В	Электроёмкость конденсатора $C$ , мкФ	Индуктивность катушки $L$ , мГн
1	14	6	4
2	8	5	6
3	14	6	12
4	10	10	4
5	8	12	6

Запишите в ответе номера выбранных контуров.

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.**

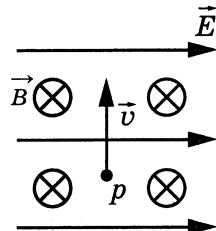


## Часть 2

**Для записи ответов на задания 21–26 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2.**  
**Запишите сначала номер задания (21, 22 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.**

**21**

В камере, из которой откачен воздух, создали электрическое поле напряжённостью  $\vec{E}$  и магнитное поле 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. Куда отклонится протон на начальном участке траектории, если его скорость уменьшить? Ответ поясните, указав, какие явления и закономерности Вы использовали для объяснения. Влиянием силы тяжести пренебречь.

**22**

В процессе прямолинейного равноускоренного движения тело за 2 с увеличило свою скорость в 4 раза. Какой путь прошло тело за это время, если его начальная скорость была равна 3 м/с?

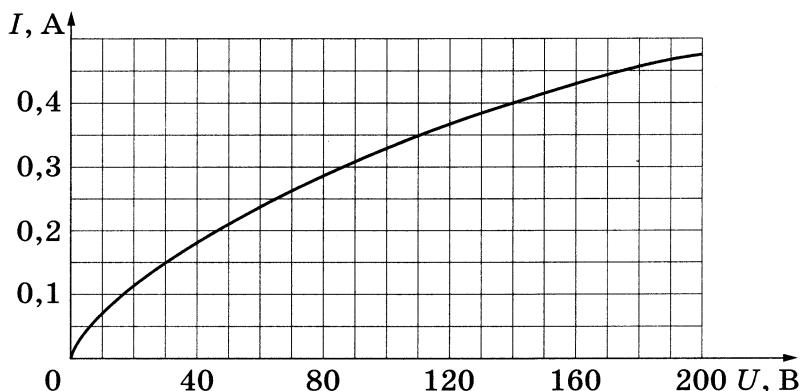
**23**

В калориметре находятся в тепловом равновесии 50 г воды и 5 г льда. Какой должна быть минимальная масса болта, имеющего температуру 339 К, чтобы после опускания его в калориметр весь лёд растаял? Удельная теплоёмкость материала болта 500 Дж/кг · °С.

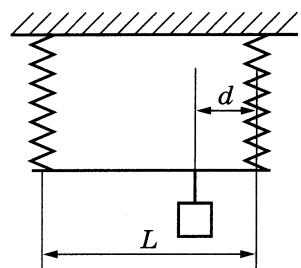
**24**

В закрытом сосуде при температуре 100 °С находится влажный воздух с относительной влажностью 70 % под давлением 100 кПа. Объём сосуда изотермически уменьшили в 3 раза. До какой абсолютной температуры надо вместо этого нагреть воздух без изменения объёма сосуда, чтобы получить такое же конечное давление? Объёмом сконденсированной воды пренебречь.

- 25** На рисунке изображена зависимость силы тока в лампе накаливания от приложенного к ней напряжения. Найдите мощность, выделяющуюся на резисторе, включённом последовательно с лампой в сеть с напряжением 220 В, если сила тока в цепи равна 0,4 А.



- 26** К двум вертикально расположенным пружинам одинаковой длины подвесили однородный стержень массой  $M = 2$  кг и длиной  $L = 40$  см. Если к этому стержню подвесить груз на расстоянии  $d = 5$  см от правой пружины, то стержень будет расположен горизонтально, а растяжения обеих пружин будут одинаковы (см. рисунок). Жёсткость левой пружины в 3 раза меньше, чем у правой. Чему равна масса  $m$  подвешенного груза? Сделайте рисунок с указанием сил, использованных в решении задачи.



Обоснуйте применимость законов, используемых при решении задачи.



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

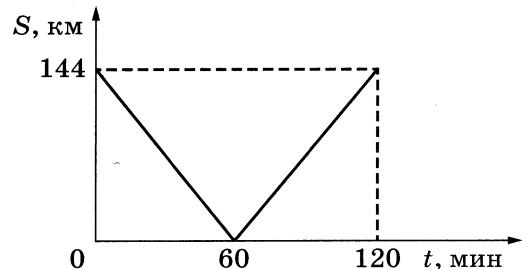
## ВАРИАНТ 20

### Часть 1

*Ответами к заданиям 1–20 являются число или последовательность цифр. 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.



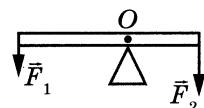
- 2 Две планеты обращаются по круговым орбитам вокруг звезды. Масса первой планеты в 4 раза меньше массы второй, а отношение  $\frac{R_1}{R_2}$  радиусов орбит первой и второй планет равно 2,5. Каково отношение сил притяжения первой и второй планет к звезде  $\frac{F_1}{F_2}$ ?

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 3 В инерциальной системе отсчёта тело движется по прямой под действием постоянной силы, равной по модулю 10 Н и направленной вдоль этой прямой. Сколько времени потребуется для того, чтобы под действием этой силы импульс тела изменился на 50 кг·м/с?

Ответ: \_\_\_\_\_ с.

- 4 Невесомый рычаг находится в равновесии (см. рисунок). Сила  $F_1 = 8$  Н, её плечо равно 30 см. Какова длина рычага, если сила  $F_2 = 12$  Н?



Ответ: \_\_\_\_\_ см.

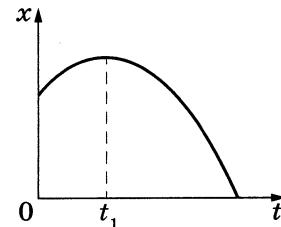
- 5** На наклонной плоскости находится брускок массой 2 кг, для которого составлена таблица зависимости модуля силы трения  $F_{\text{тр}}$  от угла наклона плоскости к горизонту  $\alpha$  с погрешностью, не превышающей 0,01 Н. На основании данных, приведённых в таблице, используя закон сухого трения, выберите все верные утверждения.

$\alpha$ , рад	0	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
$F_{\text{тр}}$ , Н	0	1,0	2,0	3,86	3,76	3,63	3,46	3,25	3,01	2,75	2,45	2,13

- 1) Модуль силы трения скольжения уменьшается при увеличении угла наклонной плоскости к горизонту.
- 2) Сила трения покоя не зависит от угла  $\alpha$ .
- 3) С ростом угла наклона модуль силы трения покоя уменьшается.
- 4) Коэффициент трения скольжения меньше 0,4.
- 5) Когда угол наклона меньше 0,1 рад, брускок скользит по наклонной плоскости.

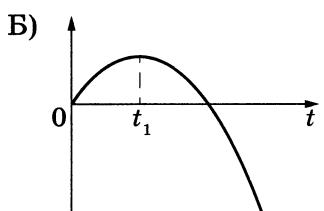
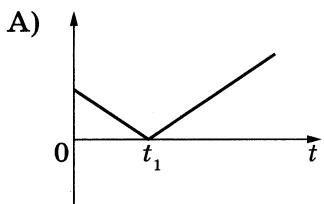
Ответ: \_\_\_\_\_.

- 6** 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



#### ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

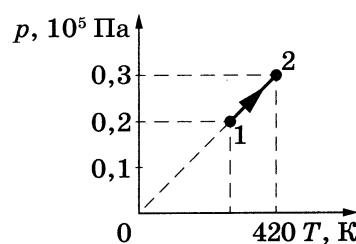
- 1) проекция перемещения тела на ось  $x$
- 2) проекция ускорения тела на ось  $x$
- 3) кинетическая энергия тела
- 4) модуль скорости тела

Ответ: 

A	B

- 7** На рисунке показано изменение состояния идеального газа в количестве 0,5 моль. Какая температура соответствует состоянию 1?

Ответ: \_\_\_\_\_ К.

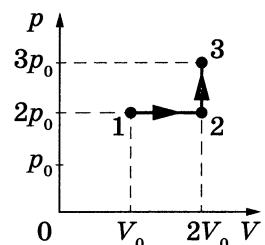


- 8** Рабочее тело тепловой машины за цикл получает от нагревателя количество теплоты, равное 100 Дж, и совершают работу 40 Дж. Каков КПД тепловой машины?

Ответ: \_\_\_\_\_ %.

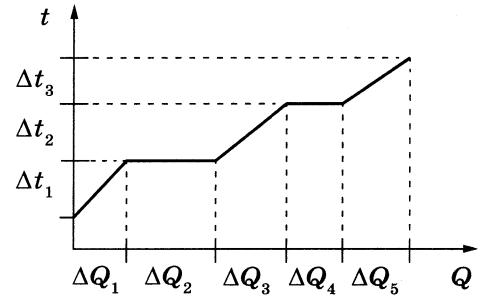
- 9** Идеальный газ переводят из состояния 1 в состояние 3 так, как показано на графике зависимости давления газа  $p$  от объёма  $V$ . Масса газа в процессе не изменяется. Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения, характеризующие отражённые на графике процессы.

- 1) Плотность газа максимальна в состоянии 1.
- 2) В ходе процесса 1–2–3 среднеквадратичная скорость теплового движения молекул газа увеличивается в 3 раза.
- 3) В процессе 2–3 абсолютная температура газа изохорно уменьшилась в 1,5 раза.
- 4) В процессе 1–2 абсолютная температура газа изобарно увеличилась в 2 раза.
- 5) Абсолютная температура газа максимальна в состоянии 3.



Ответ: \_\_\_\_\_.

- 10** В цилиндре под поршнем находится твёрдое вещество массой  $m$ . Цилиндр поместили в печь. На рисунке схематично показан график изменения температуры  $t$  вещества по мере поглощения им количества теплоты  $Q$ . Формулы А и Б позволяют рассчитать значения физических величин, характеризующих происходящие с веществом тепловые процессы.



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

**ФОРМУЛЫ**

А)  $\frac{\Delta Q_4}{m}$

Б)  $\frac{\Delta Q_5}{m\Delta t_3}$

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- 1) удельная теплоёмкость жидкости
- 2) удельная теплота плавления
- 3) удельная теплоёмкость газообразного вещества
- 4) удельная теплота парообразования

Ответ: 

A	B

- 11** Во сколько раз уменьшится модуль сил взаимодействия двух небольших металлических шариков одинакового диаметра, имеющих заряды  $q_1 = +4 \text{ нКл}$  и  $q_2 = -8 \text{ нКл}$ , если шарики привести в соприкосновение и затем раздвинуть на прежнее расстояние?

Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

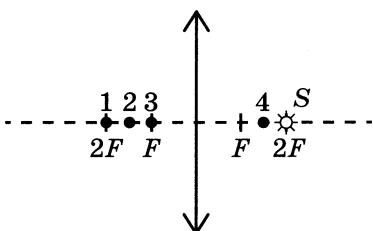
**12**

Катушку индуктивностью 8 мГн пронизывает магнитный поток 0,05 Вб. Ток какой силы протекает в катушке?

Ответ: \_\_\_\_\_ А.

**13**

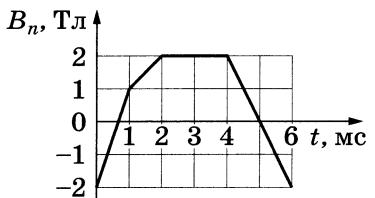
Какая из точек (1, 2, 3 или 4) является изображением точки  $S$ , создаваемым тонкой собирающей линзой с фокусным расстоянием  $F$  (см. рисунок)?



Ответ: точка \_\_\_\_\_.

**14**

Проволочная рамка площадью  $60 \text{ см}^2$  помещена в однородное магнитное поле так, что плоскость рамки перпендикулярна вектору индукции  $\vec{B}$ . Проекция  $B_n$  индукции магнитного поля на нормаль к плоскости рамки изменяется во времени  $t$  согласно графику на рисунке.



Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения о процессах, происходящих в рамке.

- 1) Модуль ЭДС электромагнитной индукции, возникающей в рамке, минимальен в интервале времени от 0 до 1 мс.
- 2) Магнитный поток через рамку в интервале времени от 2 до 4 мс равен 6 мВб.
- 3) Модуль ЭДС электромагнитной индукции, возникающей в рамке, в интервале времени от 4 до 6 мс равен 12 В.
- 4) Модуль скорости изменения магнитного потока через рамку максимальен в интервале времени от 0 до 1 мс.
- 5) Модуль ЭДС электромагнитной индукции, возникающей в рамке, максимальен в интервале времени от 1 до 2 мс.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**15**

В первом опыте частица массой  $m$ , несущая заряд  $q$ , движется в однородном магнитном поле с индукцией  $B$  по окружности радиусом  $R$  со скоростью  $v$ . Во втором опыте та же частица движется в том же магнитном поле по окружности меньшего радиуса. Как при переходе от первого опыта ко второму изменились кинетическая энергия частицы и частота её обращения?

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.

Кинетическая энергия частицы	Частота её обращения

- 16** В результате реакции некоторого ядра  $_{Z}^{A}X$  и  $\alpha$ -частицы  $_{2}^{4}\text{He}$  образуются нейтрон и ядро азота  $_{7}^{14}\text{N}$ . Определите массовое число исходного ядра  $_{Z}^{A}X$ .

Ответ: \_\_\_\_\_.

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

- 17** 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. В первой серии опытов использовался светофильтр, пропускающий только красный свет, а во второй — пропускающий только жёлтый.

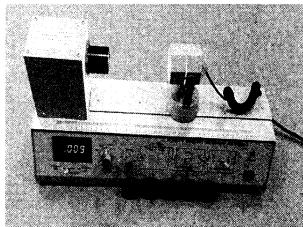


Рис. *a*

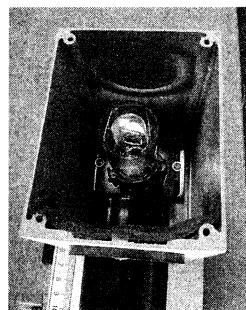


Рис. *б*

Как изменились при переходе от первой серии опытов ко второй длина волны падающего света и максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения.

- 1) увеличивалась      2) уменьшалась      3) не изменялась

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

Длина волны падающего света	Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов

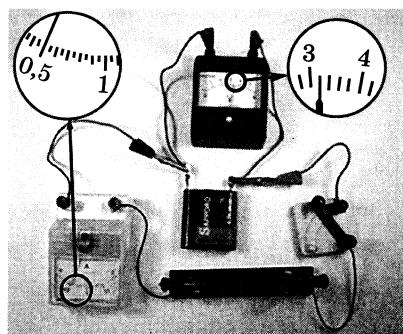
- 18** Выберите все верные утверждения о физических явлениях, величинах и закономерностях. Запишите цифры, под которыми они указаны.

- 1) Работа внешней силы по растяжению пружины прямо пропорциональна её удлинению.
- 2) При постоянной температуре работа идеального газа при расширении возрастает с увеличением его объёма.
- 3) При сближении пластин воздушного конденсатора его электрическая ёмкость увеличивается.
- 4) При преломлении электромагнитных волн на границе двух сред частота колебаний в волне увеличивается при переходе в среду с большим показателем преломления.
- 5) Число протонов в ядре атома определяет основные химические свойства элемента.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**19**

На рисунке приведена фотография электрической цепи по измерению сопротивления реостата. Погрешности измерения силы тока в цепи и напряжения на источнике равны половине цены деления амперметра и вольтметра. Какова по результатам этих измерений сила тока, протекающего через источник?



Ответ: (\_\_\_\_ ± \_\_\_\_ ) А.

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

**20**

Ученик изучает свободные электромагнитные колебания. В его распоряжении имеются пять аналогичных колебательных контуров с различными катушками индуктивности и конденсаторами, характеристики которых указаны в таблице. Какие *два* колебательных контура необходимо взять ученику для того, чтобы на опыте исследовать зависимость периода свободных колебаний силы тока, протекающего в катушке, от электроёмкости конденсатора?

№ контура	Максимальное напряжение на конденсаторе, В	Электроёмкость конденсатора $C$ , мкФ	Индуктивность катушки $L$ , мГн
1	14	6	4
2	8	5	6
3	14	6	12
4	10	10	4
5	8	12	6

Запишите в ответе номера выбранных контуров.

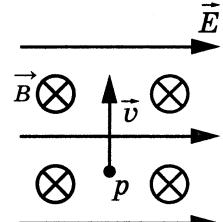
Ответ:

**!**  
*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

**Для записи ответов на задания 21–26 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2.**  
**Запишите сначала номер задания (21, 22 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.**

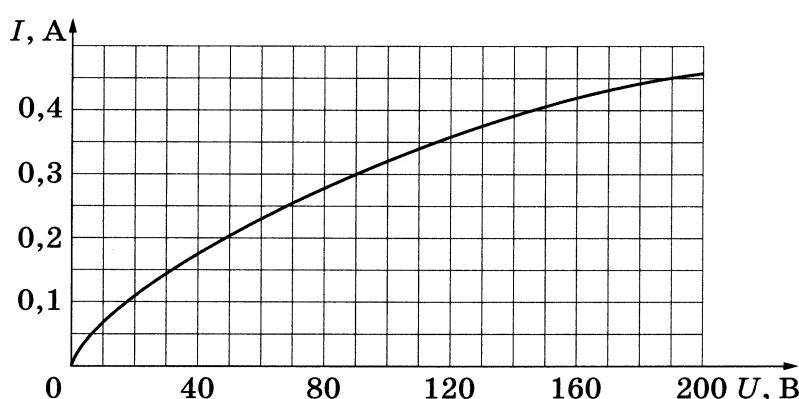
- 21** В камере, из которой откачен воздух, создали электрическое поле напряжённостью  $\vec{E}$  и магнитное поле индукцией  $\vec{B}$ . Поля однородные,  $\vec{E} \perp \vec{B}$ . В камеру влетает протон  $p$ , вектор скорости которого перпендикулярен  $\vec{E}$  и  $\vec{B}$ , как показано на рисунке. Модули напряжённости электрического поля и индукции магнитного поля таковы, что протон движется прямолинейно. Куда отклонится протон на начальном участке траектории, если его скорость увеличить? Ответ поясните, указав, какие явления и закономерности Вы использовали для объяснения. Влиянием силы тяжести пренебречь.



**Полное правильное решение каждой из задач 22–26 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.**

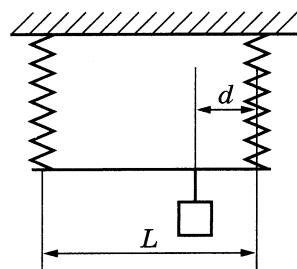
- 22** В процессе прямолинейного равноускоренного движения тело за 2 с прошло 20 м, увеличив свою скорость в 3 раза. Чему была равна начальная скорость тела?
- 23** В калориметре находятся в тепловом равновесии 50 г воды и 5 г льда. Какой должна быть минимальная удельная теплоёмкость материала болта, имеющего массу 50 г и температуру 339 К, чтобы после опускания его в калориметр весь лёд растаял?
- 24** В закрытом сосуде при температуре 100 °C находится влажный воздух с относительной влажностью 60 % под давлением 100 кПа. Объём сосуда изотермически уменьшили в 2,5 раза. Во сколько раз надо вместо этого увеличить абсолютную температуру без изменения объёма сосуда, чтобы получить такое же конечное давление? Объёмом сконденсированной воды пренебречь.

- 25** На рисунке изображена зависимость силы тока в лампе накаливания от приложенного к ней напряжения. Найдите мощность, выделяющуюся на резисторе, включённом последовательно с лампой в сеть напряжением 120 В, если сила тока в цепи равна 0,3 А.



**26**

К двум вертикально расположенным пружинам одинаковой длины подвесили однородный стержень длиной  $L = 40$  см. Если к этому стержню подвесить груз массой  $m = 3$  кг на расстоянии  $d = 5$  см от правой пружины, то стержень будет расположен горизонтально, а растяжения обеих пружин будут одинаковы (см. рисунок). Жёсткость левой пружины в 3 раза меньше, чем у правой. Чему равна масса  $M$  стержня? Сделайте рисунок с указанием сил, использованных в решении задачи.



Обоснуйте применимость законов, используемых при решении задачи.



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

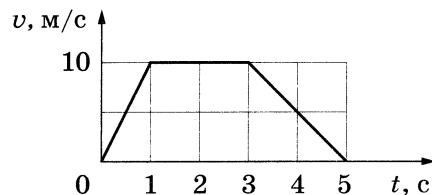
## ВАРИАНТ 21

### Часть 1

**Ответами к заданиям 1–20 являются число или последовательность цифр. 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  $v$  от времени  $t$ . Определите по графику путь, пройденный телом в интервале времени от 1 до 5 с.

Ответ: \_\_\_\_\_ м.



- 2 В инерциальной системе отсчёта некоторая сила сообщает телу массой 8 кг ускорение  $5 \text{ м/с}^2$ . Какое ускорение в той же системе отсчёта сообщает та же сила телу массой 5 кг?

Ответ: \_\_\_\_\_  $\text{м/с}^2$ .

- 3 Автобус массой 6 т движется со скоростью 18 км/ч. Чему равна кинетическая энергия автобуса?

Ответ: \_\_\_\_\_ кДж.

- 4 Гидростатическое давление, создаваемое водой на дне озера, без учёта давления атмосферы равно  $4 \cdot 10^5 \text{ Па}$ . Какова глубина озера?

Ответ: \_\_\_\_\_ м.

- 5 Тело совершает гармонические колебания вдоль оси  $Ox$ . В таблице приведены координаты этого тела через равные промежутки времени.

$t, \text{ с}$	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2
$x, \text{ см}$	0	2	4	2	0	2	4

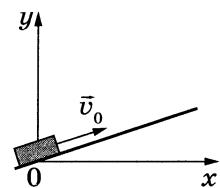
Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения о характере движения тела.

- 1) Частота колебаний тела равна 2,5 Гц.
- 2) В момент времени 0,4 с модуль ускорения тела максимален.
- 3) Амплитуда колебаний тела равна 4 см.
- 4) В момент времени 1,0 с тело проходит положение равновесия.
- 5) В момент времени 0,6 с тело обладает максимальной потенциальной энергией.

Ответ: \_\_\_\_\_.

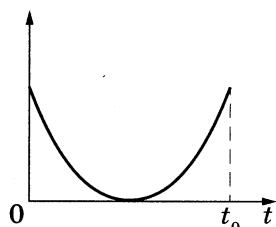
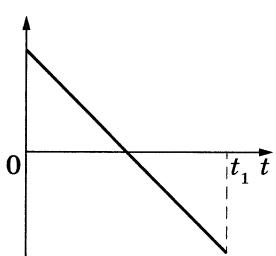
**6**

После удара шайба начала скользить вверх по гладкой наклонной плоскости со скоростью  $\vec{v}_0$ , как показано на рисунке, и в момент  $t = t_0$  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****A)****B)****ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- 1) кинетическая энергия  $E_k$
- 2) проекция скорости  $v_y$
- 3) координата  $x$
- 4) полная механическая энергия  $E_{\text{мех}}$

Ответ: 

A	B

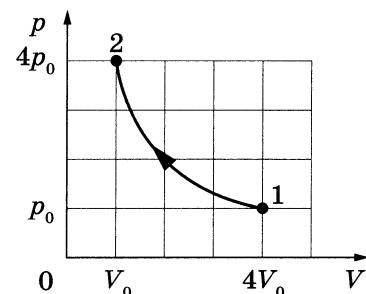
**7**

При температуре  $2T_0$  и давлении  $p_0$  идеальный газ в количестве 1 моль занимает объём  $2V_0$ . Сколько моль этого газа при температуре  $T_0$  и том же давлении  $p_0$  занимают объём  $V_0$ ?

Ответ: \_\_\_\_\_ моль.

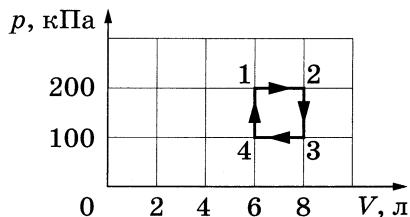
**8**

На  $pV$ -диаграмме показан процесс изменения состояния 4 моль идеального одноатомного газа. Газ отдал в окружающую среду количество теплоты, равное 2,5 кДж. На сколько уменьшилась внутренняя энергия газа в этом процессе?



Ответ: на \_\_\_\_\_ кДж.

- 9** С идеальным газом происходит циклический процесс 1–2–3–4–1,  $pV$ -диаграмма которого представлена на рисунке. Максимальная температура, достигаемая газом в этом процессе, составляет 400 К. На основании анализа этого циклического процесса выберите все верные утверждения.



- 1) Количество вещества газа, участвующего в циклическом процессе, превышает 0,5 моль.
- 2) Работа газа при его изобарном расширении равна 400 Дж.
- 3) Работа, совершенная над газом при его изобарном сжатии, равна 100 Дж.
- 4) На участке 2–3 газ отдаёт положительное количество теплоты.
- 5) Минимальная температура газа в циклическом процессе равна 100 К.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**10**

В цилиндре под поршнем находилось твёрдое вещество. Цилиндр поместили в печь. Сначала цилиндр нагревали, а в некоторый момент начали охлаждать. 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

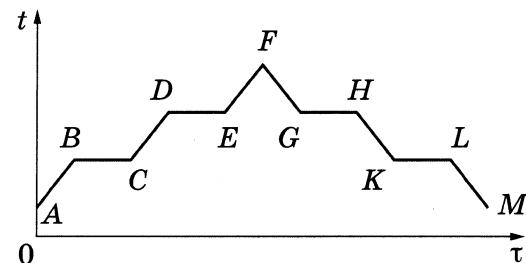
- А)  $KL$   
Б)  $GH$

#### ПРОЦЕССЫ

- 1) конденсация
- 2) кристаллизация
- 3) нагревание пара
- 4) кипение

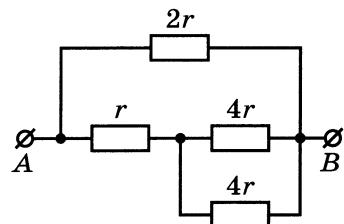
Ответ: 

A	B



- 11** На рисунке показан участок цепи  $AB$  постоянного тока. Каково сопротивление этого участка, если  $r = 5 \text{ Ом}$ ?

Ответ: \_\_\_\_\_ Ом.



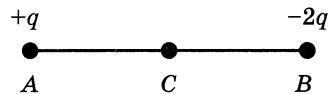
- 12** В катушке индуктивностью  $1 \text{ мГн}$  сила тока в течение  $0,1 \text{ с}$  равномерно возрастает от  $0$  до некоторого конечного значения. При этом в катушке наблюдается ЭДС самоиндукции, модуль которой равен  $0,2 \text{ В}$ . Определите конечное значение силы тока в катушке.

Ответ: \_\_\_\_\_ А.

- 13** Перед плоским зеркалом, закреплённым на вертикальной стене, на расстоянии  $80 \text{ см}$  стоит девушка ростом  $160 \text{ см}$ . На сколько уменьшится расстояние между девушкой и её изображением в этом зеркале, если она встанет на расстоянии  $50 \text{ см}$  от зеркала?

Ответ: на \_\_\_\_\_ см.

- 14** Две маленькие закреплённые бусинки, расположенные в точках  $A$  и  $B$ , несут на себе заряды  $+q > 0$  и  $-2q$  соответственно (см. рисунок).



Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения относительно этой ситуации.

- 1) Если бусинки соединить медной проволокой, они будут притягивать друг друга.
- 2) На бусинку  $B$  со стороны бусинки  $A$  действует сила Кулона, направленная горизонтально вправо.
- 3) Модули сил Кулона, действующих на бусинки  $A$  и  $B$ , одинаковы.
- 4) Если бусинки соединить незаряженной стеклянной палочкой, их заряды не изменятся.
- 5) Напряжённость результирующего электростатического поля в точке  $C$  направлена горизонтально влево.

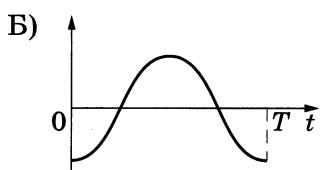
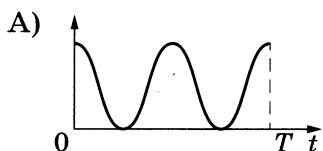
Ответ: \_\_\_\_\_.

- 15** Катушка индуктивности идеального колебательного контура длительное время подключена к источнику постоянного напряжения (см. рисунок). В момент  $t = 0$  ключ К размыкают. На графиках А и Б представлены изменения физических величин, характеризующих свободные 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 столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

### ГРАФИКИ

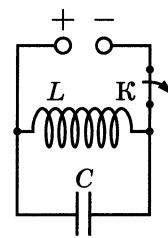


Ответ: 

A	B

### ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

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



- 16** На рисунке представлен фрагмент Периодической системы химических 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.

Укажите число протонов в ядре самого распространённого изотопа калия.

Ответ: \_\_\_\_\_.

2	II	<b>Li</b> литий $7_{93}$ $6_{7,4}$	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 $69_{60}$ $71_{40}$

- 17** Ядро испытывает электронный  $\beta$ -распад. Как меняются при этом число протонов в ядре и массовое число 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.

Число протонов в ядре	Массовое число ядра

**18**

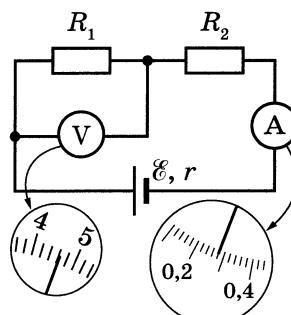
Выберите все верные утверждения о физических явлениях, величинах и закономерностях. Запишите цифры, под которыми они указаны.

- 1) При соскальзывании шайбы по гладкой наклонной плоскости её полная механическая энергия остаётся неизменной, а потенциальная энергия убывает.
- 2) Средняя скорость движения броуновской частицы в газе зависит от температуры газа, но не зависит от массы самой частицы.
- 3) В электрически изолированной системе тел алгебраическая сумма электрических зарядов тел сохраняется.
- 4) Дифракция рентгеновского излучения принципиально невозможна.
- 5) Число нуклонов в ядре атома определяет основные химические свойства элемента.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**19**

Ученик собрал электрическую цепь, состоящую из батарейки, двух резисторов, амперметра и вольтметра. После этого он провёл измерения напряжения на одном из резисторов и силы тока в цепи. Погрешности измерения силы тока в цепи и напряжения на источнике равны цене деления амперметра и вольтметра. Чему равно по результатам этих измерений напряжение на резисторе  $R_1$ ? Вольтметр проградуирован в вольтах (В).



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

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

**20**

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

№ контура	Максимальное напряжение на конденсаторе, В	Электроёмкость конденсатора $C$ , мкФ	Индуктивность катушки $L$ , мГн
1	10	6	4
2	8	10	6
3	14	12	12
4	8	12	6
5	10	6	8

Запишите в ответе номера выбранных контуров.

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

**Для записи ответов на задания 21–26 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2.**  
**Запишите сначала номер задания (21, 22 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.**

**21**

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.

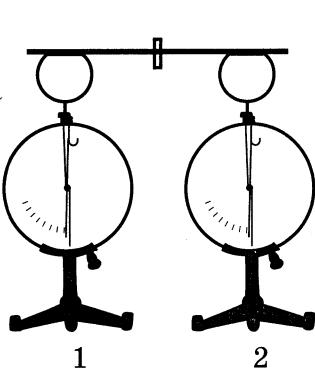


Рис. а

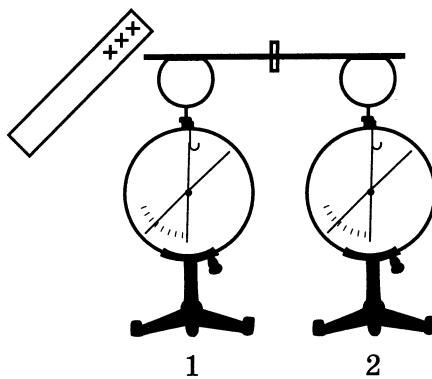


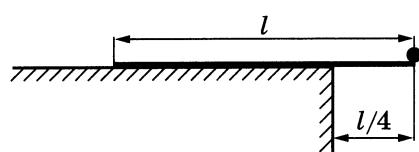
Рис. б

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 22–26 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.**

**22**

Деревянная линейка длиной  $l = 90$  см выдвинута за край стола на  $1/4$  часть своей длины. При этом она не опрокидывается, если на её правом конце лежит груз массой не более 100 г (см. рисунок). Далее линейку выдвинули вправо за край стола на  $1/3$  часть своей длины. Груз какой максимальной массы можно положить на правый конец линейки в этом случае, чтобы она не перевернулась?



**23**

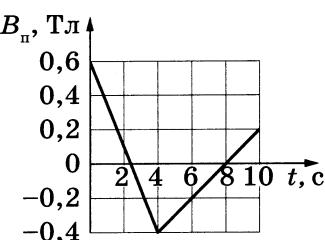
Кусок льда опустили в термос, содержащий воду при температуре  $50^{\circ}\text{C}$ . Начальная температура льда  $0^{\circ}\text{C}$ . При переходе к тепловому равновесию часть льда массой 210 г растаяла. Определите массу воды в термосе после установления теплового равновесия. Теплоёмкостью термоса и теплообменом с окружающей средой можно пренебречь.

**24**

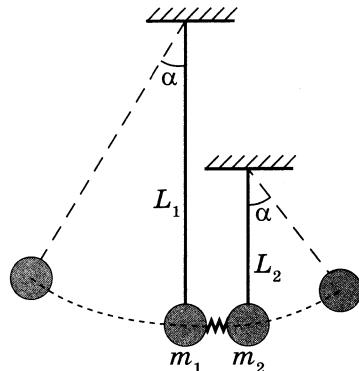
Для того чтобы совершить воздушный полёт, бесстрашный изобретатель, масса которого 60 кг, решил использовать воздушные шары, наполненные гелием. Какое минимальное количество шаров необходимо, чтобы изобретатель смог подняться в воздух, если каждый шар можно надувать гелием при нормальном атмосферном давлении до объёма 15 л? Температура окружающего воздуха равна 27 °С. Массой оболочек шаров и их упругостью, а также силой Архимеда, действующей на изобретателя, пренебречь.

**25**

Квадратная проволочная рамка со стороной  $l = 10$  см находится в однородном магнитном поле с индукцией  $\bar{B}$ . На рисунке изображена зависимость проекции вектора  $\bar{B}$  на перпендикуляр к плоскости рамки от времени. За время  $t = 10$  с в рамке выделилось количество теплоты, равное 0,16 мДж. Определите сопротивление рамки  $R$ .

**26**

Два шарика подвешены на вертикальных тонких нитях так, что они находятся на одной высоте. Между шариками находится сжатая и связанный нитью лёгкая пружина. При пережигании связывающей нити пружина расстягивается, расталкивает шарики и падает вниз. В результате нити отклоняются в разные стороны на одинаковые углы. Во сколько раз одна нить длиннее другой, если отношение масс шариков  $\frac{m_2}{m_1} = 1,5$ ? Считать величину сжатия пружины во много раз меньше длин нитей.



Обоснуйте применимость законов, используемых при решении задачи.



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

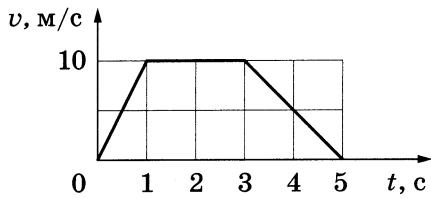
## ВАРИАНТ 22

### Часть 1

**Ответами к заданиям 1–20 являются число или последовательность цифр. 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  $v$  от времени  $t$ . Определите по графику проекцию перемещения тела в интервале времени от 0 до 5 с.

Ответ: \_\_\_\_\_ м.



- 2 В инерциальной системе отсчёта некоторая сила сообщает телу массой 6 кг ускорение 3 м/с<sup>2</sup>. Какова масса тела, если в той же системе отсчёта та же сила сообщает этому телу ускорение 9 м/с<sup>2</sup>?

Ответ: \_\_\_\_\_ кг.

- 3 Автомобиль массой 1,5 т движется со скоростью 72 км/ч. Чему равна кинетическая энергия автомобиля?

Ответ: \_\_\_\_\_ кДж.

- 4 Какое гидростатическое давление создаёт вода на дне озера глубиной 25 м без учёта давления атмосферы?

Ответ: \_\_\_\_\_ кПа.

- 5 Тело совершает гармонические колебания вдоль оси  $Ox$ . В таблице приведены координаты этого тела через равные промежутки времени.

$t$ , с	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2
$x$ , см	0	2	4	2	0	2	4

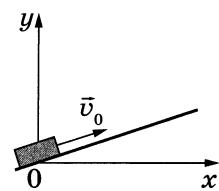
Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения о характере движения тела.

- 1) Частота колебаний тела равна 1,25 Гц.
- 2) В момент времени 0,2 с модуль ускорения тела минимален.
- 3) Амплитуда колебаний тела равна 8 см.
- 4) В момент времени 0,4 с тело проходит положение равновесия.
- 5) В момент времени 0,6 с тело обладает максимальной кинетической энергией.

Ответ: \_\_\_\_\_.

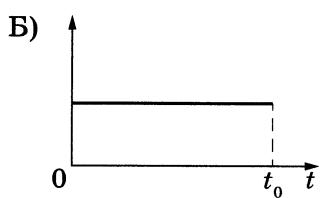
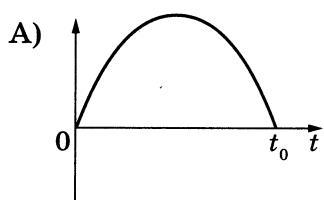
**6**

После удара шайба начала скользить вверх по гладкой наклонной плоскости со скоростью  $\vec{v}_0$ , как показано на рисунке, и в момент  $t = t_0$  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****ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- 1) кинетическая энергия  $E_k$
- 2) проекция скорости  $v_y$
- 3) координата  $x$
- 4) полная механическая энергия  $E_{\text{мех}}$

Ответ: 

A	B

**7**

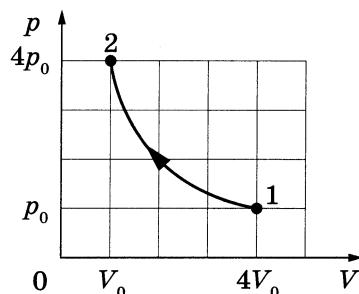
При температуре  $2T_0$  и давлении  $2p_0$  идеальный газ в количестве 1 моль занимает объём  $4V_0$ . Сколько моль этого газа при температуре  $T_0$  и давлении  $p_0$  занимают объём  $V_0$ ?

Ответ: \_\_\_\_\_ моль.

**8**

На  $pV$ -диаграмме показан процесс изменения состояния 3 моль идеального одноатомного газа. Внешние силы совершили работу, равную 5 кДж. Какое количество теплоты газ отдал в этом процессе?

Ответ: \_\_\_\_\_ кДж.

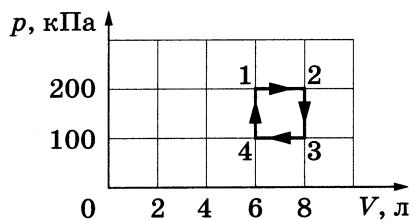


- 9** С идеальным газом происходит циклический процесс 1–2–3–4–1,  $pV$ -диаграмма которого представлена на рисунке. Максимальная температура, достигаемая газом в этом процессе, составляет 400 К.

На основании анализа этого циклического процесса выберите все верные утверждения.

- 1) Количество вещества газа, участвующего в циклическом процессе, превышает 0,45 моль.
- 2) Работа газа при его изобарном расширении равна 200 Дж.
- 3) Работа, совершенная над газом при его изобарном сжатии, равна 200 Дж.
- 4) На участке 4–1 газ отдаёт положительное количество теплоты.
- 5) Минимальная температура газа в циклическом процессе равна 150 К.

Ответ: \_\_\_\_\_.



- 10** В цилиндре под поршнем находилось твёрдое вещество. Цилиндр поместили в печь. Сначала цилиндр нагревали, а в некоторый момент начали охлаждать. 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

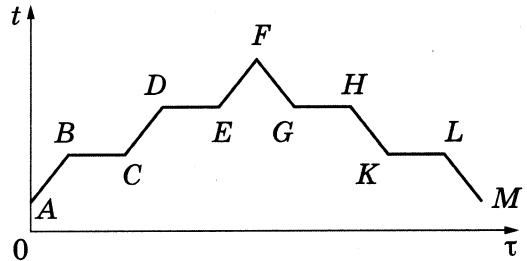
- А) DE  
Б) EF

ПРОЦЕССЫ

- 1) конденсация
- 2) кристаллизация
- 3) нагревание пара
- 4) кипение

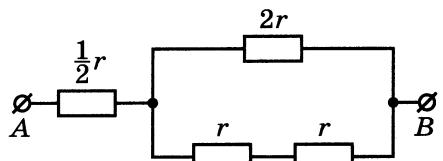
Ответ: 

A	B



- 11** На рисунке показан участок цепи  $AB$  постоянного тока. Каково сопротивление этого участка, если  $r = 2 \text{ Ом}$ ?

Ответ: \_\_\_\_\_ Ом.



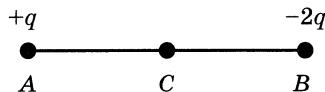
- 12** В катушке индуктивности сила тока в течение 0,1 с равномерно возрастает от 0 до 15 А. При этом в катушке наблюдается ЭДС самоиндукции, модуль которой равен 0,3 В. Какова индуктивность катушки?

Ответ: \_\_\_\_\_ мГн.

- 13** Перед плоским зеркалом, закреплённым на вертикальной стене, на расстоянии 80 см стоит юноша ростом 170 см. На сколько увеличится расстояние между юношем и его изображением в этом зеркале, если он встанет на расстоянии 100 см от зеркала?

Ответ: на \_\_\_\_\_ см.

- 14** Две маленькие закреплённые бусинки, расположенные в точках  $A$  и  $B$ , несут на себе заряды  $+q > 0$  и  $-2q$  соответственно (см. рисунок).

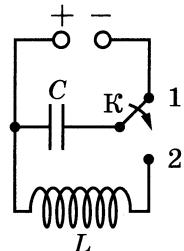


Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения относительно этой ситуации.

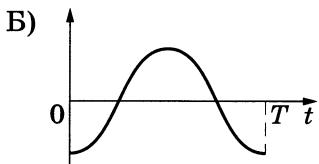
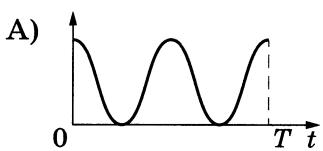
- 1) Если бусинки соединить медной проволокой, они будут отталкивать друг друга.
- 2) На бусинку  $A$  со стороны бусинки  $B$  действует сила Кулона, направленная горизонтально вправо.
- 3) Модуль силы Кулона, действующей на бусинку  $B$ , в 2 раза больше, чем модуль силы Кулона, действующей на бусинку  $A$ .
- 4) Если бусинки соединить незаряженной стеклянной палочкой, их заряды станут равными.
- 5) Напряжённость результирующего электростатического поля в точке  $C$  направлена горизонтально вправо.

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 15** Конденсатор колебательного контура длительное время подключён к источнику постоянного напряжения (см. рисунок). В момент  $t = 0$  переключатель  $K$  переводят из положения 1 в положение 2. На графиках А и Б представлены изменения физических величин, характеризующих свободные 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 столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



#### ГРАФИКИ



#### ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

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

Ответ: 

A	B

- 16** На рисунке представлен фрагмент Периодической системы химических 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.
- Укажите число нейтронов в ядре наименее распространённого изотопа галлия.

2	II	Li 3 литий $7_{93}^{}$ $6_{7,4}^{}$	Be 4 БЕРИЛЛИЙ $9_{100}^{}$	B 5 БОР $11_{80}^{}$ $10_{20}^{}$
3	III	Na 11 НАТРИЙ $23_{100}^{}$	Mg 12 МАГНИЙ $24_{79}^{}$ $26_{11}^{}$ $25_{10}^{}$	Al 13 АЛЮМИНИЙ $27_{100}^{}$
4	IV	K 19 КАЛИЙ $39_{93}^{}$ $41_{6,7}^{}$	Ca 20 КАЛЬЦИЙ $40_{97}^{}$ $44_{2,1}^{}$	Sc 21 СКАНДИЙ $45_{100}^{}$
	V	Cu 29 МЕДЬ $63_{69}^{}$ $65_{31}^{}$	Zn 30 ЦИНК $64_{49}^{}$ $66_{28}^{}$ $68_{19}^{}$	Ga 31 ГАЛЛИЙ $69_{60}^{}$ $71_{40}^{}$

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 17** Ядро испытывает  $\alpha$ -распад. Как меняются при этом число нейтронов в ядре и заряд 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.

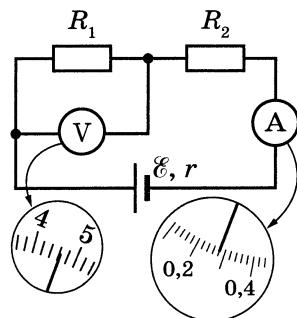
Число нейтронов в ядре	Заряд ядра

- 18** Выберите все верные утверждения о физических явлениях, величинах и закономерностях. Запишите цифры, под которыми они указаны.

- 1) При торможении шайбы, движущейся по горизонтальной поверхности, работа силы тяжести, действующей на неё, отрицательна.
- 2) Давление смеси разреженных газов равно сумме их парциальных давлений.
- 3) В цепи постоянного тока отношение напряжений на концах параллельно соединённых резисторов равно отношению их сопротивлений.
- 4) Силой Лоренца называют силу, с которой магнитное поле действует на неподвижные заряженные частицы.
- 5) Фототок в установке по исследованию фотоэффекта прекращается при подаче на электроды задерживающего напряжения.

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 19** Ученик собрал электрическую цепь, состоящую из батарейки, двух резисторов, амперметра и вольтметра. После этого он провёл измерения напряжения на одном из резисторов и силы тока в цепи. Погрешности измерения силы тока в цепи и напряжения на источнике равны цене деления амперметра и вольтметра. Чему равна по результатам этих измерений сила тока, протекающего в цепи? Амперметр проградуирован в амперах (А).



Ответ: (\_\_\_\_ ± \_\_\_\_ ) А.

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

- 20** Ученик изучает свободные электромагнитные колебания. В его распоряжении имеются пять аналогичных колебательных контуров с различными катушками индуктивности и конденсаторами, характеристики которых указаны в таблице. Какие **два** колебательных контура необходимо взять ученику для того, чтобы на опыте исследовать зависимость частоты свободных колебаний силы тока, протекающего в катушке, от электроёмкости конденсатора?

№ контура	Максимальное напряжение на конденсаторе, В	Электроёмкость конденсатора $C$ , мкФ	Индуктивность катушки $L$ , мГн
1	10	6	4
2	8	5	6
3	14	6	12
4	8	10	6
5	10	12	8

Запишите в ответе номера выбранных контуров.

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

**Для записи ответов на задания 21–26 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2.**  
**Запишите сначала номер задания (21, 22 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.**

**21**

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.

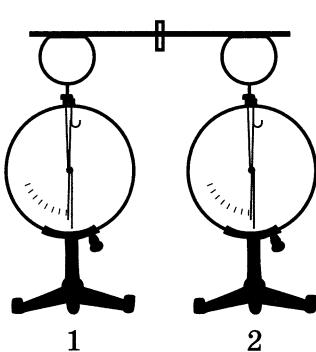


Рис. а

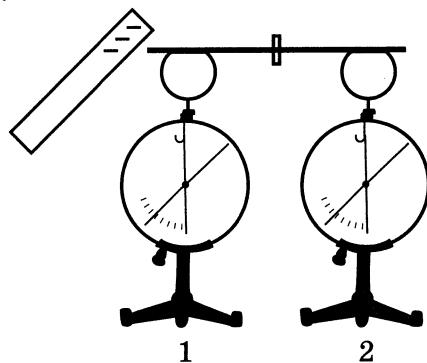


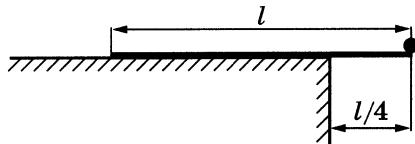
Рис. б

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 22–26 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.**

**22**

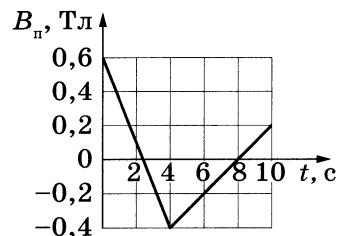
Деревянная линейка длиной  $l = 60$  см выдвинута за край стола на  $1/4$  часть своей длины. При этом она не опрокидывается, если на её правом конце лежит груз массой не более 250 г (см. рисунок). Каково максимальное расстояние, на которое можно выдвинуть вправо за край стола эту линейку, чтобы она не опрокинулась, когда на её правом конце лежит груз массой 125 г?

**23**

Кусок льда массой 400 г опустили в термос, содержащий воду массой 220 г при температуре  $50^{\circ}\text{C}$ . Начальная температура льда  $0^{\circ}\text{C}$ . При переходе к тепловому равновесию часть льда растаяла. Определите массу льда в термосе после установления теплового равновесия. Теплоёмкостью термоса и теплообменом с окружающей средой можно пренебречь.

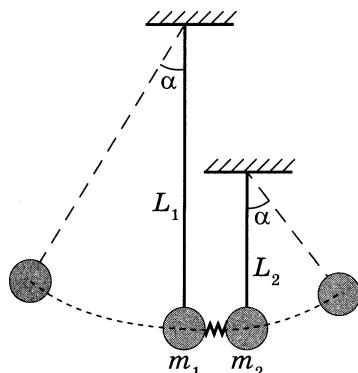
**24** Для того чтобы совершить воздушный полёт, бесстрашный изобретатель, масса которого 60 кг, решил использовать 5000 воздушных шаров, наполненных гелием. До какого объёма необходимо надувать гелием каждый шар, чтобы изобретатель смог подняться в воздух при нормальном атмосферном давлении? Температура окружающего воздуха равна 27 °С. Массой оболочек шаров и их упругостью, а также силой Архимеда, действующей на изобретателя, пренебречь.

**25** Квадратная проволочная рамка со стороной  $l = 10$  см находится в однородном магнитном поле с индукцией  $\bar{B}$ . На рисунке изображена зависимость проекции вектора  $\bar{B}$  на перпендикуляр к плоскости рамки от времени. Какое количество теплоты выделится в рамке за время  $t = 10$  с, если сопротивление рамки  $R = 0,2$  Ом?



**26** Два шарика подвешены на вертикальных тонких нитях так, что они находятся на одной высоте. Между шариками находится сжатая и связанная нитью лёгкая пружина. При пережигании связывающей нити пружина распрямляется, расталкивает шарики и падает вниз. В результате нити отклоняются в разные стороны на одинаковые углы. Определите отношение масс шариков  $\frac{m_2}{m_1}$ , если левая нить в 2 раза длиннее правой. Считать величину сжатия пружины во много раз меньше длины нитей.

Обоснуйте применимость законов, используемых при решении задачи.



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

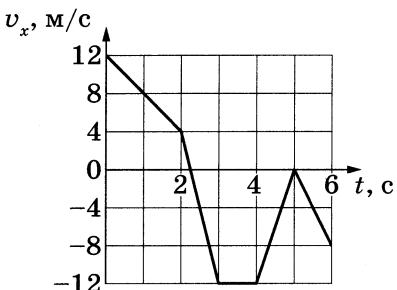
## ВАРИАНТ 23

### Часть 1

**Ответами к заданиям 1–20 являются число или последовательность цифр. 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 К пружине школьного динамометра подвесили груз массой 0,1 кг. Пружина при этом упруго удлинилась на 2,5 см. Чему будет равно удлинение пружины, если масса груза уменьшится вдвое?

Ответ: \_\_\_\_\_ см.

- 3 У основания гладкой наклонной плоскости шайба обладает кинетической энергией, равной 0,72 Дж. Определите массу шайбы, если максимальная высота, на которую она может подняться по наклонной плоскости относительно основания, равна 1,5 м.

Ответ: \_\_\_\_\_ г.

- 4 Груз массой 0,16 кг, подвешенный на лёгкой пружине, совершает вертикальные свободные гармонические колебания. Груз какой массы нужно подвесить к пружине вместо первого груза, чтобы период свободных колебаний уменьшился в 2 раза?

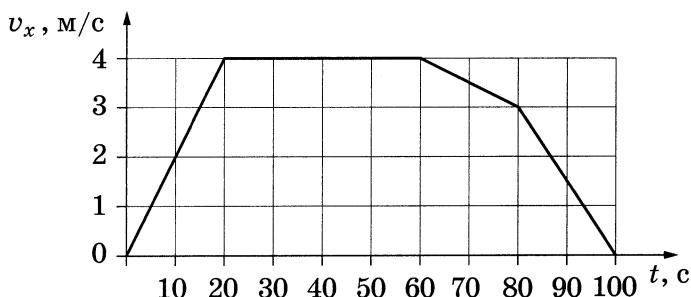
Ответ: \_\_\_\_\_ кг.

- 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 все верные утверждения о движении тела.

- 1) За промежуток времени от 80 до 100 с тело переместилось на 60 м.
- 2) За промежуток времени от 60 до 80 с импульс тела уменьшился на 20 кг · м/с.
- 3) Кинетическая энергия тела в промежутке времени от 0 до 20 с увеличилась в 4 раза.
- 4) В момент времени 90 с модуль равнодействующей сил, действующих на тело, равен 3 Н.
- 5) 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.

Ответ: \_\_\_\_\_.



- 6** В первом опыте на поверхности воды плавает деревянный брускок, частично погруженный в жидкость. Во втором опыте брускок заменили на другой — той же плотности и массы, но большей высоты.

Как изменятся сила Архимеда, действующая на брускок, и масса вытесненной воды при переходе от первого опыта ко второму?

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.

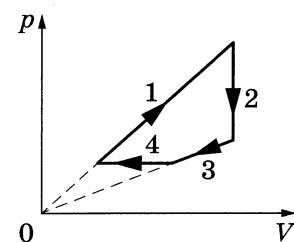
Сила Архимеда	Масса вытесненной воды
_____	_____

- 7** Концентрацию атомов аргона уменьшили в 6 раз. Давление газа при этом снизилось в 2 раза. Во сколько раз при этом увеличилась средняя кинетическая энергия теплового движения атомов аргона?

Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

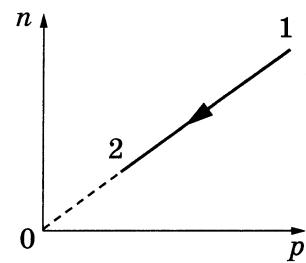
- 8** На рисунке показаны различные процессы изменения состояния идеального газа. Масса газа постоянна. В каком из процессов (1, 2, 3 или 4) работа внешних сил равна нулю?

Ответ: \_\_\_\_\_.



**9**

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 все верные утверждения, характеризующие процесс 1–2.

- 1) Средняя кинетическая энергия теплового движения молекул газа остаётся неизменной.
- 2) Среднеквадратичная скорость теплового движения молекул газа увеличивается.
- 3) Объём газа изотермически увеличивается.
- 4) Абсолютная температура газа уменьшается.
- 5) Плотность газа увеличивается.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**10**

Одноатомный идеальный газ в количестве 0,04 моль, находящийся в сосуде под подвижным поршнем, изотермически расширяется при температуре 450 К. Масса газа в сосуде остаётся неизменной.

Установите соответствие между физическими величинами, характеризующими газ, и формулами, выражающими их зависимость от объёма  $V$  газа.

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  $U(V)$

**ФОРМУЛЫ**

- 1)  $\frac{149,58}{V}$   
2) 27  
3) 224,37  
4)  $18 \cdot V$

Ответ: 

A	B

**11**

Два одинаковых положительных точечных заряда  $q = 5 \cdot 10^{-8}$  Кл расположены в вакууме и отталкиваются друг от друга с силами 10 мкН. На каком расстоянии друг от друга находятся эти заряды?

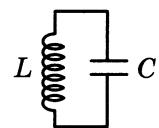
Ответ: \_\_\_\_\_ м.

**12**

Прямолинейный проводник длиной 40 см, по которому течёт ток силой 2,5 А, расположен в однородном магнитном поле с индукцией 5 мТл перпендикулярно линиям индукции. Определите силу Ампера, действующую на проводник со стороны магнитного поля.

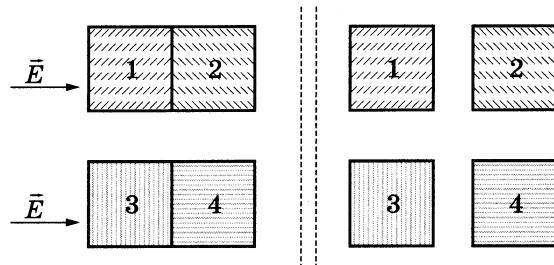
Ответ: \_\_\_\_\_ мН.

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



Ответ: \_\_\_\_\_ мкс.

- 14** Стеклянные незаряженные кубики 1 и 2 и медные незаряженные кубики 3 и 4 сблизили вплотную и поместили в электрическое поле, напряжённость которого направлена горизонтально вправо, как показано в левой части рисунка. Затем кубики раздвинули и уже после этого выключили электрическое поле (правая часть рисунка). Выберите все верные утверждения, описывающие данный процесс.



- 1) После разделения кубик 1 остаётся незаряженным.
- 2) В электрическом поле кубики 3 и 4 приобретают суммарный отрицательный заряд.
- 3) После разделения кубик 4 имеет положительный заряд.
- 4) При помещении стеклянных кубиков в электрическое поле наблюдается явление поляризации.
- 5) В электрическом поле кубики 1 и 2 приобретают суммарный положительный заряд.

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 15** К концам отрезка медного провода приложено напряжение  $U$ . Провод заменили отрезком провода такого же поперечного сечения и такой же длины, изготовленного из материала с меньшим удельным сопротивлением, оставив прежнее напряжение  $U$ . Как изменились сила тока в проводнике и тепловая мощность, выделяемая в новом проводнике?

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 тока в проводнике	Тепловая мощность, выделяемая в проводнике

- 16** В результате  $\alpha$ -распада ядра некоторого элемента  ${}^A_Z X$  образуются  $\alpha$ -частица и ядро актиния  ${}^{222}_{89} \text{Ac}$ . Каков заряд исходного ядра  $Z$  (в единицах элементарного заряда)?

Ответ: \_\_\_\_\_.

**17** На металлическую пластинку (катод) установки для исследования фотоэффекта направили пучок света от лазера, вызвав фотоэффект. Интенсивность лазерного излучения плавно уменьшают, не меняя его длины волны. Как изменяются в результате этого модуль запирающего напряжения и максимальная скорость фотоэлектронов? 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.

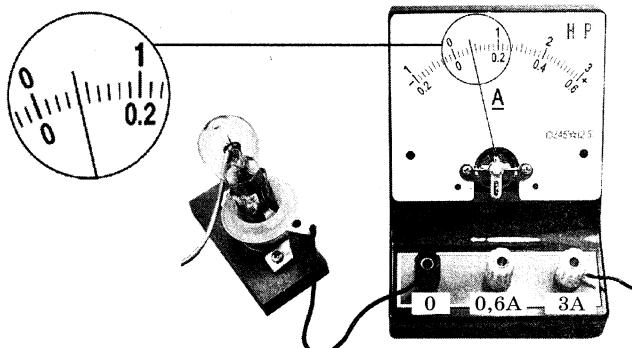
Модуль запирающего напряжения	Максимальная скорость фотоэлектронов

**18** Выберите все верные утверждения о физических явлениях, величинах и закономерностях. Запишите цифры, под которыми они указаны.

- 1) При торможении шайбы при её движении по горизонтальной поверхности работа силы тяжести, действующей на шайбу, равна нулю.
- 2) Процесс кристаллизации веществ проходит с поглощением большого количества теплоты.
- 3) Напряжение на концах цепочки из последовательно соединённых резисторов равно сумме напряжений на каждом резисторе.
- 4) Заряженное тело, движущееся в инерциальной системе отсчёта равномерно и прямолинейно, создаёт в пространстве переменное магнитное поле.
- 5) Максимальная кинетическая энергия фотоэлектрона больше энергии кванта света, выбившего его с поверхности фотокатода, на величину работы выхода.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**19** 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.**

**20** Необходимо собрать экспериментальную установку, с помощью которой можно определить жёсткость резинового жгута. Для этого школьник взял штатив с лапкой и резиновый жгут. Какие *два* предмета из приведённого ниже перечня оборудования необходимо дополнительно использовать для проведения этого эксперимента?

- 1) динамометр
- 2) секундомер
- 3) стакан с водой
- 4) линейка
- 5) мензурка

В ответе запишите номера выбранных предметов.

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

**Для записи ответов на задания 21–26 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (21, 22 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.**

**21** Три параллельных длинных прямых проводника 1, 2 и 3 расположены на одинаковом расстоянии  $a$  друг от друга (см. рисунки *а* и *б*). В каждом проводнике протекает электрический ток силой  $I$ . Токи во всех проводниках текут в одном направлении. Определите направление результирующей силы, действующей на проводник 1 со стороны проводников 2 и 3. Сделайте рисунок, указав в области проводника 1 векторы магнитной индукции полей, созданных проводниками 2 и 3, вектор магнитной индукции результирующего магнитного поля и вектор результирующей силы. Ответ поясните, опираясь на законы электродинамики.

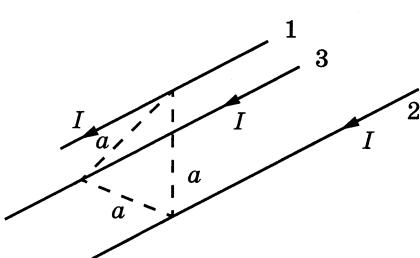


Рис. *а*

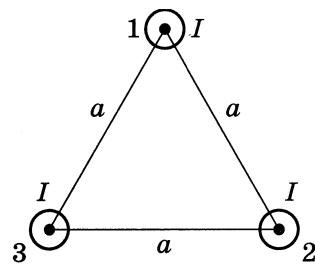
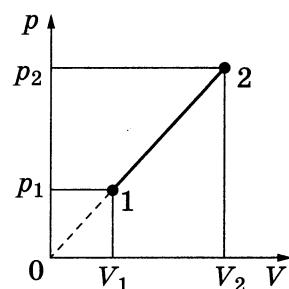


Рис. *б*

**Полное правильное решение каждой из задач 22–26 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.**

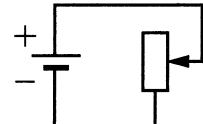
- 22** Два пластилиновых шарика массами  $3m$  и  $m$ , летящие по одной прямой навстречу друг другу с одинаковыми по модулю скоростями, при столкновении слипаются. Какой станет скорость шариков сразу после столкновения, если перед столкновением модуль скорости каждого из шариков был равен  $4 \text{ м/с}$ ? Временем взаимодействия шариков пренебречь.

- 23** На рисунке изображён процесс, происходящий с 1 моль гелия. Минимальное давление газа  $p_1 = 100 \text{ кПа}$ , минимальный объём  $V_1 = 10 \text{ л}$ , а максимальный объём  $V_2 = 30 \text{ л}$ . Какую работу совершает гелий при переходе из состояния 1 в состояние 2?

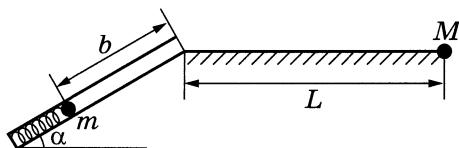


- 24** Сосуд разделён тонкой перегородкой на две части, отношение объёмов которых  $\frac{V_2}{V_1} = 3$ . В первой части сосуда находится воздух с относительной влажностью  $\phi_1 = 80\%$ , а во второй части — воздух с относительной влажностью  $\phi_2 = 60\%$ . Какой станет относительная влажность воздуха в сосуде после того, как убрали перегородку? Считать, что температура воздуха в частях сосуда одинакова и не изменилась после снятия перегородки.

- 25** Батарея ЭДС соединена с реостатом так, как показано на рисунке. Какова ЭДС батареи, если при силе тока в цепи  $I_1 = 1 \text{ А}$  выделяемая на реостате мощность  $N_1 = 4 \text{ Вт}$ , а при силе тока  $I_2 = 5 \text{ А}$  выделяемая на реостате мощность  $N_2 = 10 \text{ Вт}$ ?



- 26** Пружинное ружьё наклонено под углом  $\alpha = 30^\circ$  к горизонту. Энергия сжатой пружины равна  $0,41 \text{ Дж}$ . При выстреле шарик массой  $m = 50 \text{ г}$  проходит по стволу ружья расстояние  $b = 0,5 \text{ м}$ , вылетает и падает на расстоянии  $L$  от дула ружья в точке  $M$ , находящейся на одной высоте с дулом (см. рисунок). Найдите расстояние  $L$ . Трением в стволе и сопротивлением воздуха пренебречь.



Обоснуйте применимость законов, используемых при решении задачи.



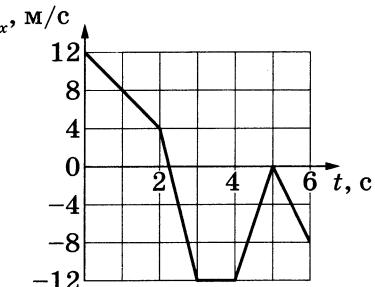
**Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с номером соответствующего задания.**

## ВАРИАНТ 24

### Часть 1

**Ответами к заданиям 1–20 являются число или последовательность цифр. 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 К пружине школьного динамометра подвесили груз массой 0,1 кг. Пружина при этом упруго удлинилась на 2,5 см. Чему будет равно удлинение пружины, если массу груза увеличить втрое?

Ответ: \_\_\_\_\_ см.

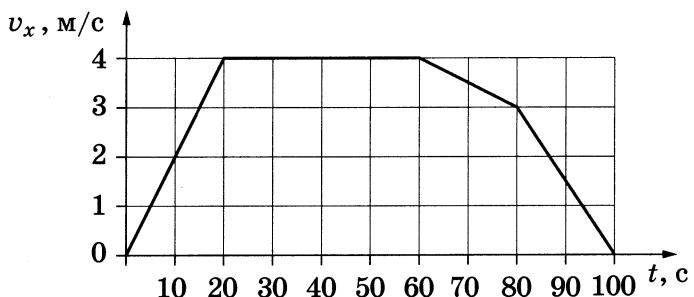
- 3 У основания гладкой наклонной плоскости шайба массой 20 г обладает кинетической энергией, равной 0,16 Дж. Определите максимальную высоту, на которую шайба может подняться по наклонной плоскости относительно основания.

Ответ: \_\_\_\_\_ м.

- 4 Груз массой 0,09 кг, подвешенный на лёгкой пружине, совершает вертикальные свободные гармонические колебания. Груз какой массы нужно подвесить к пружине вместо первого груза, чтобы период свободных колебаний увеличился в 2 раза?

Ответ: \_\_\_\_\_ кг.

- 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 все верные утверждения о движении тела.

- 1) За промежуток времени от 80 до 100 с тело переместилось на 30 м.
- 2) За промежуток времени от 60 до 80 с импульс тела увеличился на 40 кг · м/с.
- 3) Кинетическая энергия тела в промежутке времени от 10 до 20 с увеличилась в 4 раза.
- 4) В момент времени 90 с модуль равнодействующей сил, действующих на тело, равен 1,5 Н.
- 5) Модуль ускорения тела в промежутке времени от 60 до 80 с в 3 раза меньше модуля ускорения тела в промежутке времени от 80 до 100 с.

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 6** В первом опыте на поверхности керосина плавает деревянный брускок, частично погруженный в жидкость. Во втором опыте брускок заменили на другой — той же плотности и массы, но меньшей высоты.

Как изменяется сила Архимеда, действующая на брускок, и масса вытесненного керосина при переходе от первого опыта ко второму?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

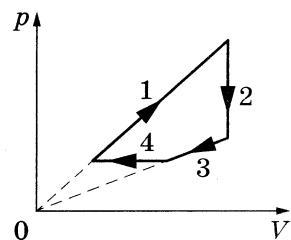
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Сила Архимеда	Масса вытесненного керосина
_____	_____

- 7** Концентрацию атомов аргона уменьшили в 6 раз. Средняя кинетическая энергия теплового движения атомов аргона при этом снизилась в 4 раза. Во сколько раз при этом уменьшилась абсолютная температура?

Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

- 8** На рисунке показаны различные процессы изменения состояния идеального газа. Масса газа постоянна. В каком из процессов (1, 2, 3 или 4) газ совершает наибольшую по модулю работу?



Ответ: \_\_\_\_\_.

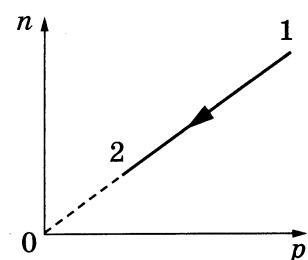
**9**

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 все верные утверждения, характеризующие процесс 1–2.

- 1) Средняя кинетическая энергия теплового движения молекул газа уменьшается.
- 2) Среднеквадратичная скорость теплового движения молекул газа увеличивается.
- 3) Происходит изотермическое расширение газа.
- 4) Абсолютная температура газа остаётся неизменной.
- 5) Плотность газа уменьшается.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**10**

Одноатомный идеальный газ в количестве 0,05 моль, находящийся в сосуде под подвижным поршнем, изотермически расширяется при температуре 400 К. Масса газа в сосуде остаётся неизменной.

Установите соответствие между физическими величинами, характеризующими газ, и формулами, выражающими их зависимость от давления  $p$  газа.

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

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- А) объём газа  $V(p)$   
Б) внутренняя энергия газа  $U(p)$

**ФОРМУЛЫ**

- 1)  $20 \cdot p$   
2) 249,3  
3) 30  
4)  $\frac{166,2}{p}$

Ответ: 

A	B

**11**

Однаковые положительные точечные заряды  $q = 2 \cdot 10^{-8}$  Кл расположены в вакууме на расстоянии 3 м друг от друга. Определите модуль сил, с которыми заряды действуют друг на друга.

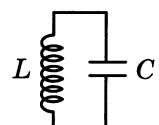
Ответ: \_\_\_\_\_ мкН.

**12**

В однородном магнитном поле с индукцией 5 мТл перпендикулярно линиям индукции расположен прямолинейный проводник длиной 40 см. Ток какой силы следует пропустить по проводнику, чтобы на него со стороны магнитного поля начала действовать сила Ампера, равная 20 мН?

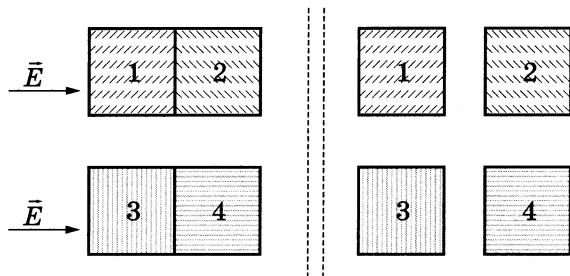
Ответ: \_\_\_\_\_ А.

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



Ответ: \_\_\_\_\_ кГц.

- 14** Медные незаряженные кубики 1 и 2 и стеклянные незаряженные кубики 3 и 4 сблизили вплотную и поместили в электрическое поле, напряжённость которого направлена горизонтально вправо, как показано в левой части рисунка. Затем кубики раздвинули и уже после этого выключили электрическое поле (правая часть рисунка). Выберите все верные утверждения, описывающие данный процесс.



- 1) После разделения кубик 1 имеет положительный заряд.
- 2) В электрическом поле кубики 3 и 4 приобретают суммарный отрицательный заряд.
- 3) После разделения кубик 4 имеет положительный заряд.
- 4) При помещении стеклянных кубиков в электрическое поле наблюдается явление поляризации.
- 5) При помещении медных кубиков в электрическое поле наблюдается явление электростатической индукции.

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 15** К концам отрезка медного провода приложено напряжение  $U$ . Провод заменили отрезком провода такого же поперечного сечения и такой же длины, изготовленного из материала с большим удельным сопротивлением, оставив прежнее напряжение  $U$ . Как изменились сопротивление проводника и тепловая мощность, выделяемая в новом проводнике?

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.

Сопротивление проводника	Тепловая мощность, выделяемая в проводнике

- 16** Ядро протактиния  $^{226}_{91}\text{Ra}$  испытывает  $\alpha$ -распад, при этом образуются  $\alpha$ -частица и ядро элемента  $^{A}_{Z}\text{X}$ . Каково массовое число  $A$  образовавшегося ядра?

Ответ: \_\_\_\_\_.

**17**

На металлическую пластинку (катод) установки для исследования фотоэффекта направили пучок света от лазера, вызвав фотоэффект. Интенсивность лазерного излучения плавно увеличивают, не меняя его длины волны. Как изменятся в результате этого модуль запирающего напряжения и максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов? 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.

Модуль запирающего напряжения	Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов

**18**

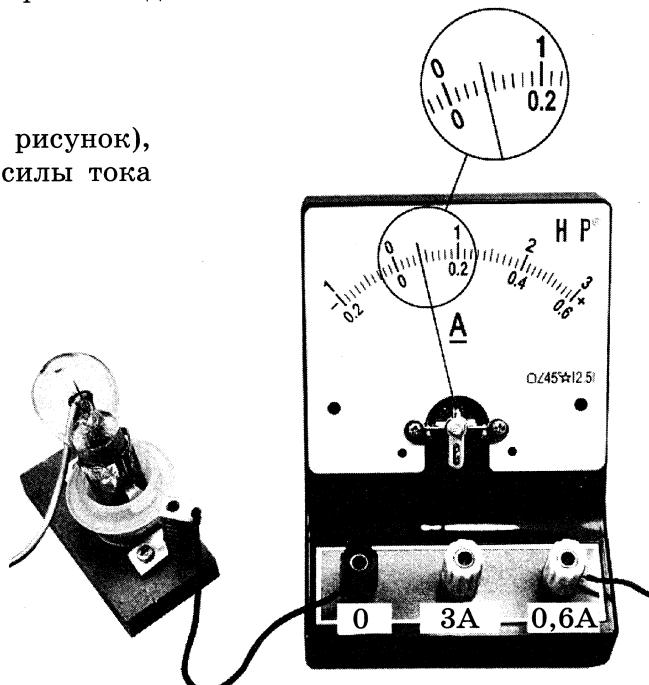
Выберите все верные утверждения о физических явлениях, величинах и закономерностях. Запишите цифры, под которыми они указаны.

- 1) Работа постоянной силы, приложенной к телу, прямо пропорциональна модулю перемещения тела.
- 2) Процесс диффузии может наблюдаться только в газах и в жидкостях.
- 3) При коротком замыкании внешней цепи идеальный амперметр, включённый в цепь, показывает силу тока, равную нулю.
- 4) В замкнутом проводящем контуре при изменении магнитного потока через ограниченную им площадку возникает индукционный ток.
- 5) Максимальная кинетическая энергия фотоэлектрона равна энергии кванта света, выбившего его с поверхности фотокатода.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**19**

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.**

**20** Необходимо собрать экспериментальную установку, с помощью которой можно определить жёсткость резинового жгута. Для этого школьник взял штатив с лапкой и динамометр. Какие *два* предмета из приведённого ниже перечня оборудования необходимо дополнительно использовать для проведения этого эксперимента?

- 1) секундомер
- 2) резиновый жгут
- 3) весы
- 4) пружина
- 5) линейка

В ответе запишите номера выбранных предметов.

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

**Для записи ответов на задания 21–26 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (21, 22 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.**

**21** Три параллельных длинных прямых проводника 1, 2 и 3 расположены на одинаковом расстоянии  $a$  друг от друга (см. рисунки *а* и *б*). В каждом проводнике протекает электрический ток силой  $I$ . Токи в проводниках текут так, как показано на рисунке. Определите направление результирующей силы, действующей на проводник 1 со стороны проводников 2 и 3. Сделайте рисунок, указав в области проводника 1 векторы магнитной индукции полей, созданных проводниками 2 и 3, вектор магнитной индукции результирующего магнитного поля и вектор результирующей силы. Ответ поясните, опираясь на законы электродинамики.

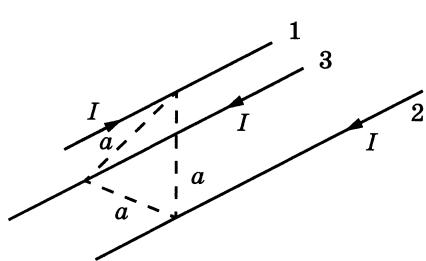


Рис. *а*

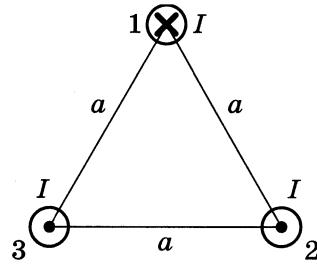
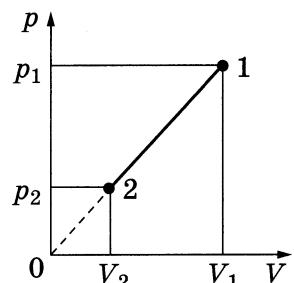


Рис. *б*

**Полное правильное решение каждой из задач 22–26 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.**

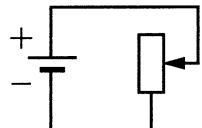
- 22** Два пластилиновых шарика массами  $3m$  и  $m$ , летящие по одной прямой навстречу друг другу с одинаковыми по модулю скоростями, при столкновении слипаются. Каким был модуль скорости каждого из шариков перед столкновением, если сразу после столкновения скорость шариков стала равной  $0,5$  м/с? Временем взаимодействия шариков пренебречь.

- 23** На рисунке изображён процесс, происходящий с 1 моль гелия. Минимальное давление газа  $p_1 = 450$  кПа, максимальный объём  $V_1 = 30$  л, а минимальный объём  $V_2 = 10$  л. Какую работу совершают внешние силы над гелием при переходе из состояния 1 в состояние 2?

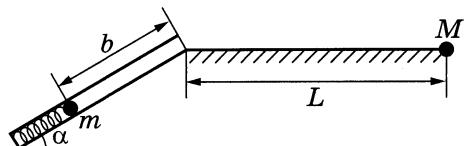


- 24** Сосуд разделён тонкой перегородкой на две части, отношение объёмов которых  $\frac{V_2}{V_1} = 3$ . В первой части сосуда находится воздух с относительной влажностью  $\phi_1 = 80\%$ . Какой была влажность воздуха во второй части сосуда, если после того, как перегородку убрали, в сосуде установилась относительная влажность  $50\%$ ? Считать, что температура воздуха в частях сосуда одинакова и не изменилась после снятия перегородки.

- 25** Батарея ЭДС соединена с реостатом так, как показано на рисунке. Каково внутреннее сопротивление батареи, если при силе тока в цепи  $I_1 = 1$  А выделяемая на реостате мощность  $N_1 = 4$  Вт, а при силе тока  $I_2 = 5$  А выделяемая на реостате мощность  $N_2 = 10$  Вт?



- 26** Пружинное ружьё наклонено под углом  $\alpha = 30^\circ$  к горизонту. Энергия сжатой пружины равна  $0,25$  Дж. При выстреле шарик проходит по стволу ружья расстояние  $b = 0,5$  м, вылетает и падает на расстоянии  $L = 1$  м от дула ружья в точке  $M$ , находящейся на одной высоте с дулом (см. рисунок). Найдите массу шарика  $m$ . Трением в стволе и сопротивлением воздуха пренебречь. Обоснуйте применимость законов, используемых при решении задачи.



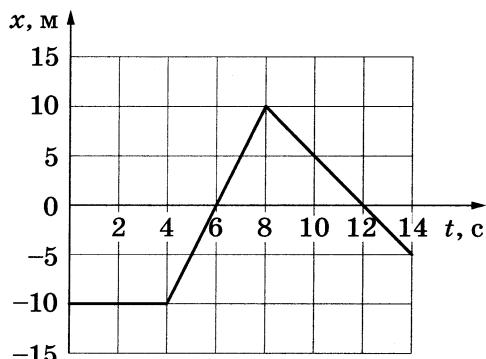
**Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с номером соответствующего задания.**

## ВАРИАНТ 25

### Часть 1

**Ответами к заданиям 1–20 являются число или последовательность цифр. 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 координаты тела  $x$  от времени  $t$  при его прямолинейном движении вдоль оси  $Ox$ . Определите проекцию скорости этого тела на ось  $Ox$  в промежутке времени от 8 до 14 с.



Ответ: на \_\_\_\_\_ м/с.

- 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 В инерциальной системе отсчёта тело движется прямолинейно в одном направлении под действием постоянной силы, равной по модулю 8 Н. На сколько изменился импульс тела за 4 с?

Ответ: на \_\_\_\_\_ кг · м/с.

- 4 Момент первой силы, действующей на рычаг, равен 50 Н · м. Какой должна быть вторая сила, чтобы рычаг находился в равновесии, если её плечо равно 0,5 м?

Ответ: \_\_\_\_\_ Н.

- 5 Мальчик поднимает вверх гирю массой 10 кг, действуя на неё постоянной силой 120 Н, направленной вертикально вверх. Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения.

- 1) Если мальчик приложит к гире направленную вертикально силу 90 Н, он не сможет её поднять.
- 2) Гиря действует на руку мальчика с силой 100 Н, направленной вниз.
- 3) Вес гири равен 120 Н и направлен вверх.
- 4) Равнодействующая сил, действующих на гирю, равна 20 Н и направлена вверх.
- 5) Ускорение гири равно  $2 \text{ м/с}^2$ .

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 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.

Центростремительное ускорение бруска	Сила трения между бруском и опорой

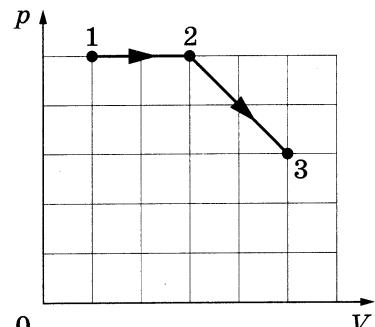
7

Концентрация молекул разреженного газа уменьшилась в 3 раза, а средняя кинетическая энергия теплового поступательного движения молекул увеличилась в 6 раз. Во сколько раз повысилось давление газа?

Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

8

На  $pV$ -диаграмме (см. рисунок) показано, как изменялось давление газа при его переходе из состояния 1 в состояние 3. Каково отношение  $\frac{A_{23}}{A_{12}}$  работы газа в процессах 2–3 и 1–2?



Ответ: \_\_\_\_\_.

9

В среду и четверг температура воздуха была одинаковой. Парциальное давление водяного пара в атмосфере в среду было меньше, чем в четверг.

Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения по поводу этой ситуации.

- 1) Концентрация молекул водяного пара в воздухе в среду была больше, чем в четверг.
- 2) Плотность насыщенных водяных паров в среду и четверг была одинаковой.
- 3) Масса водяных паров, содержащихся в 1 м<sup>3</sup> воздуха, в среду была меньше, чем в четверг.
- 4) Давление водяных паров в среду было меньше, чем в четверг.
- 5) Относительная влажность воздуха в среду была больше, чем в четверг.

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 10** Установите соответствие между процессами, 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.

## ПРОЦЕССЫ

- А) изотермическое сжатие  
Б) изохорное нагревание

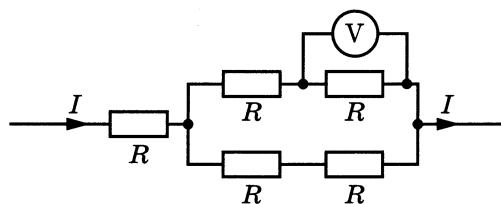
## ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 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: 

А	Б

- 11** Пять одинаковых резисторов с сопротивлением 10 Ом соединены в электрическую цепь, через которую течёт ток  $I$  (см. рисунок). Идеальный вольтметр показывает напряжение 20 В. Определите силу тока  $I$  в неразветвлённой части цепи.



Ответ: \_\_\_\_\_ А.

- 12** В однородное магнитное поле перпендикулярно линиям индукции влетают с одинаковой скоростью протон и электрон. Определите отношение модулей сил Лоренца  $\frac{F_p}{F_e}$ , действующих на протон и электрон со стороны магнитного поля.

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 13** Во сколько раз увеличится частота свободных электромагнитных колебаний в контуре, если площадь пластин конденсатора, входящего в состав контура, уменьшить в 9 раз, а индуктивность катушки увеличить в 4 раза?

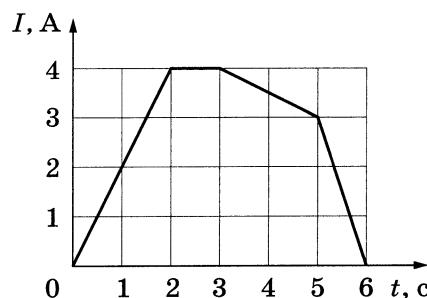
Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

**14**

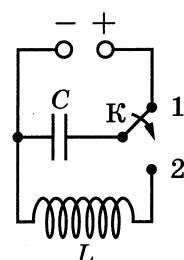
В катушке индуктивностью 20 мГн сила тока  $I$  зависит от времени  $t$ , как показано на графике, приведённом на рисунке. Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения о процессах, происходящих в катушке.

- 1) Энергия магнитного поля катушки в интервале времени от 2 до 3 с равна 160 мДж.
- 2) Модуль ЭДС самоиндукции в катушке minimalен в интервале времени от 3 до 4 с.
- 3) Модуль скорости изменения тока в катушке maximalен в интервале времени от 5 до 6 с.
- 4) Модуль ЭДС самоиндукции в катушке maximalен в интервале времени от 0 до 2 с.
- 5) Модуль ЭДС самоиндукции в катушке в интервале времени от 3 до 5 с равен 10 мВ.

Ответ: \_\_\_\_\_.

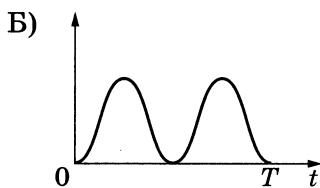
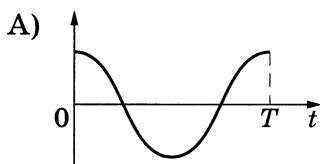
**15**

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 отображают изменения физических величин, характеризующих свободные электромагнитные колебания в контуре после этого ( $T$  — 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) энергия магнитного поля катушки
- 2) заряд левой обкладки конденсатора
- 3) модуль напряжения на конденсаторе
- 4) заряд правой обкладки конденсатора

Ответ: 

A	B

**16**

В вакууме распространяются две монохроматические электромагнитные волны. Частота колебаний электромагнитного поля первой волны в 4 раза больше частоты второй волны. Чему равно отношение  $\frac{p_1}{p_2}$  импульсов фотонов первой и второй волн?

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 17** На металлическую пластинку направили пучок света от лазера, вызвав фотоэффект. Интенсивность лазерного излучения плавно уменьшают, не меняя его длины волны. Как изменятся в результате этого запирающее напряжение и максимальная скорость фотоэлектронов?

Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:

- 1) увеличивается      2) уменьшается      3) не изменяется

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

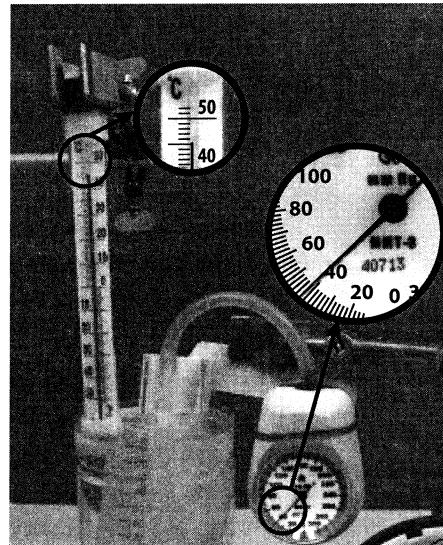
Запирающее напряжение	Максимальная скорость фотоэлектронов

- 18** Выберите все верные утверждения о физических явлениях, величинах и закономерностях. Запишите цифры, под которыми они указаны.

- 1) Работа силы, приложенной к телу, прямо пропорциональна синусу угла между направлением действия силы и перемещением, совершаемым телом.
- 2) Температура кипения жидкостей увеличивается с увеличением их объёма.
- 3) Сила взаимодействия двух неподвижных точечных зарядов в вакууме прямо пропорциональна квадрату расстояния между ними.
- 4) Частота гармонических электромагнитных колебаний в идеальном контуре из катушки индуктивности с железным сердечником и воздушного конденсатора увеличивается при удалении сердечника из катушки.
- 5) Монохроматический свет с длиной волны меньше «красной границы» фотоэффекта для данного металла, падая на катод, выполненный из него, приводит к возникновению фототока.

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 19** При исследовании зависимости давления в газе от температуры ученик измерял давление в сосуде с газом с помощью манометра (шкала манометра проградуирована в мм рт. ст.). Погрешность измерений давления равна цене деления шкалы манометра. Чему равно давление газа по результатам этих измерений?

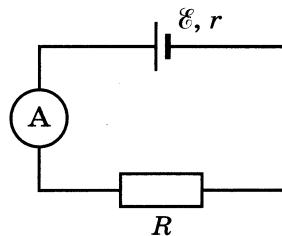


Ответ: (\_\_\_\_\_  
± \_\_\_\_\_) мм рт. ст.

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

**20**

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 $E$ , В	Внутреннее сопротивление источника $r$ , Ом	Внешнее сопротивление $R$ , Ом
1	9	1	15
2	6	2	10
3	12	2	5
4	6	1	10
5	9	1	10

Запишите в ответе номера выбранных цепей.

Ответ:



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

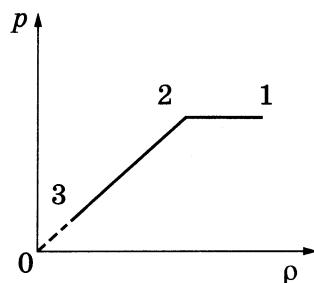
*Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.*

## Часть 2

*Для записи ответов на задания 21–26 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (21, 22 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.*

**21**

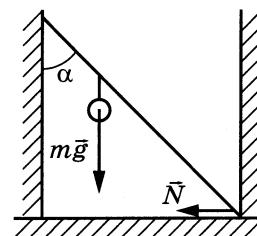
На графике представлена зависимость давления неизменной массы идеального газа от его плотности. Опишите, как изменяются в зависимости от плотности температура и объём газа в процессах 1–2 и 2–3.



**Полное правильное решение каждой из задач 22–26 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.**

22

- Невесомый стержень длиной 3 м, находящийся в ящике с гладкими дном и стенками, составляет с вертикалью угол  $\alpha = 60^\circ$  (см. рисунок). К стержню на расстоянии 2 м от правого его конца подвешен на нити шар массой 5 кг. Каков модуль силы нормальной реакции  $\vec{N}$  правой стенки ящика, действующей на нижний конец стержня?



23

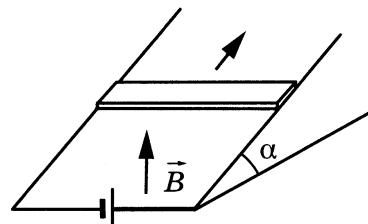
- Сколько фотонов падает на сетчатку глаза человека за 3 с, если мощность поглощённого сетчаткой света равна  $13,2 \cdot 10^{-17}$  Вт, а длина волны света составляет 480 нм?

24

- Два теплоизолированных сосуда, объёмы которых  $V_1 = 2V$  и  $V_2 = V$ , соединены между собой трубкой с вентилем. Вентиль закрыт. Сосуды содержат разреженный аргон и разреженный криpton в количествах  $v_1$  и  $v_2 = 2v_1$  при температурах  $T_1$  и  $T_2 = 2T_1$  соответственно. Каким будет давление в сосудах, если вентиль открыть? Объёмом трубки пренебречь.

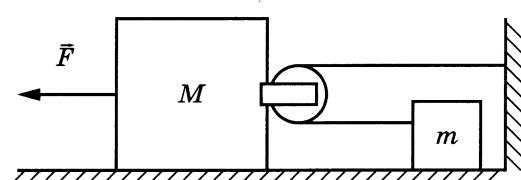
25

- На проводящих рельсах, проложенных по наклонной плоскости, в однородном вертикальном магнитном поле  $\vec{B}$  находится горизонтальный прямой проводник прямоугольного сечения массой  $m = 14$  г (см. рисунок). Плоскость наклонена к горизонту под углом  $\alpha = 30^\circ$ , расстояние между рельсами  $L = 40$  см. Когда рельсы подключены к источнику тока, по проводнику течёт постоянный ток  $I = 3$  А и проводник поступательно движется вверх по рельсам равномерно и прямолинейно. Коэффициент трения между проводником и рельсами  $\mu = 0,2$ . Чему равен модуль индукции магнитного поля  $\vec{B}$ ? Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на проводник.



26

- К брускиу массой  $M = 2$  кг прикреплён лёгкий блок (см. рисунок), через него переброшена лёгкая нерастяжимая нить, один конец которой привязан к стене, а к другому прикреплено тело массой  $m = 0,75$  кг. На брускок действует сила  $F = 10$  Н. Определите ускорение тела. Свободные куски нити горизонтальны и лежат в одной вертикальной плоскости, тела двигаются вдоль одной прямой. Массой блока и нити, а также трением пренебречь.



Обоснуйте применимость законов, используемых при решении задачи.

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



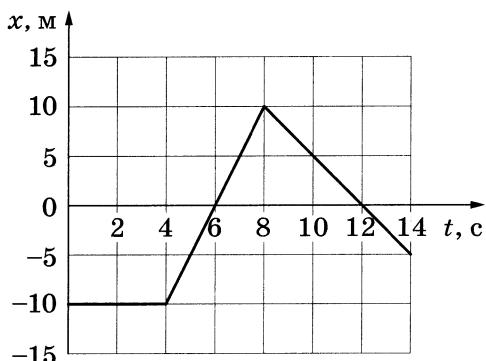
## ВАРИАНТ 26

### Часть 1

*Ответами к заданиям 1–20 являются число или последовательность цифр. 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 координаты тела  $x$  от времени  $t$  при его прямолинейном движении вдоль оси  $Ox$ . Определите проекцию перемещения этого тела на ось  $Ox$  в промежутке времени от 8 до 14 с.

Ответ: \_\_\_\_\_ м.



- 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 В инерциальной системе отсчёта тело движется прямолинейно в одном направлении под действием постоянной силы, равной по модулю 8 Н. Импульс тела изменился на 24 кг·м/с. Сколько времени потребовалось для этого изменения импульса?

Ответ: \_\_\_\_\_ с.

- 4 Момент первой силы, действующей на рычаг, равен 100 Н·м. Каким должно быть плечо второй силы, равной 250 Н, чтобы рычаг находился в равновесии?

Ответ: \_\_\_\_\_ м.

- 5 Мальчик поднимает вверх гирю массой 10 кг, действуя на неё постоянной силой 120 Н, направленной вертикально вверх. Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения.

- 1) Если мальчик приложит к гире направленную вертикально силу 90 Н, он сможет её поднять.
- 2) Гиря действует на руку мальчика с силой 120 Н, направленной вниз.
- 3) Вес гири равен 120 Н и направлен вниз.
- 4) Равнодействующая сил, действующих на гирю, равна 240 Н и направлена вверх.
- 5) Ускорение гири равно  $2 \text{ м/с}^2$ .

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 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.

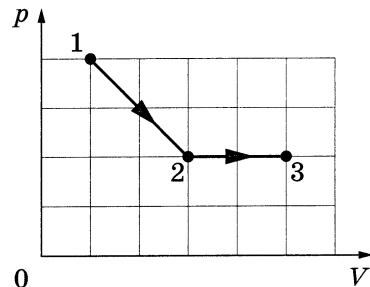
Центростремительное ускорение бруска	Сила нормального давления брюска на опору

**7** Концентрация молекул разреженного газа уменьшилась в 3 раза, а давление газа уменьшилось в 6,75 раза. Во сколько раз уменьшилась среднеквадратичная скорость теплового поступательного движения молекул газа?

Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

**8** На  $pV$ -диаграмме (см. рисунок) показано, как изменилось давление газа при его переходе из состояния 1 в состояние 3. Каково отношение  $\frac{A_{12}}{A_{23}}$  работ газа в процессах 1–2 и 2–3?

Ответ: \_\_\_\_\_.



**9** В среду и четверг температура воздуха была одинаковой. Парциальное давление водяного пара в атмосфере в среду было меньше, чем в четверг.

Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения по поводу этой ситуации.

- 1) Концентрация молекул водяного пара в воздухе в среду была меньше, чем в четверг.
- 2) Плотность водяных паров, содержащихся в воздухе, в среду и четверг была одинаковой.
- 3) Масса водяных паров, содержащихся в 1 м<sup>3</sup> воздуха, в среду была больше, чем в четверг.
- 4) Давление насыщенных водяных паров в среду и в четверг было одинаково.
- 5) Относительная влажность воздуха в среду была меньше, чем в четверг.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**10**

Установите соответствие между процессами, 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.

**ПРОЦЕССЫ**

- А) изотермическое расширение  
Б) изобарное нагревание

Ответ: 

A	B

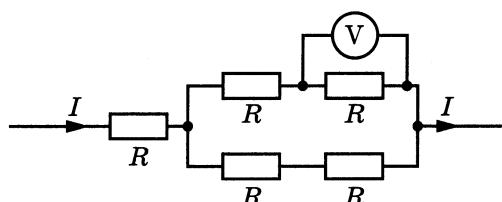
**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- 1)  $\Delta U = 0; A < 0$   
2)  $\Delta U > 0; A = 0$   
3)  $\Delta U > 0; A > 0$   
4)  $\Delta U = 0; A > 0$

**11**

Пять одинаковых резисторов с сопротивлением 1 Ом соединены в электрическую цепь, через которую течёт ток  $I = 2$  А (см. рисунок). Какое напряжение показывает идеальный вольтметр?

Ответ: \_\_\_\_\_ В.

**12**

В однородное магнитное поле перпендикулярно линиям индукции влетают с одинаковой скоростью протон и альфа-частица. Определите отношение модулей сил Лоренца  $\frac{F_p}{F_\alpha}$ , действующих на протон и альфа-частицу со стороны магнитного поля.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**13**

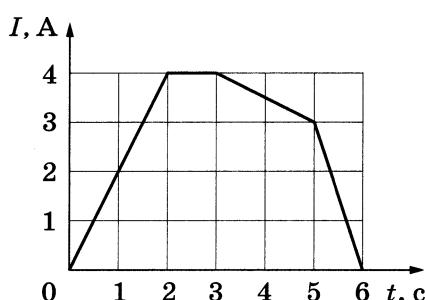
Во сколько раз увеличится частота свободных электромагнитных колебаний в контуре, если площадь пластин конденсатора, входящего в состав контура, увеличить в 2 раза, а индуктивность катушки уменьшить в 8 раз?

Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

**14**

В катушке индуктивностью 20 мГн сила тока  $I$  зависит от времени  $t$ , как показано на графике, приведённом на рисунке. Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения о процессах, происходящих в катушке.

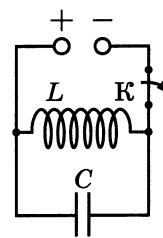
- 1) Энергия магнитного поля катушки в интервале времени от 2 до 3 с равна 40 мДж.
- 2) Модуль ЭДС самоиндукции в катушке в момент времени 2,5 с равен нулю.
- 3) Модуль скорости изменения тока в катушке минимален в интервале времени от 5 до 6 с.
- 4) Модуль ЭДС самоиндукции в катушке максимален в интервале времени от 5 до 6 с.
- 5) Модуль ЭДС самоиндукции в катушке в интервале времени от 3 до 5 с равен 20 мВ.



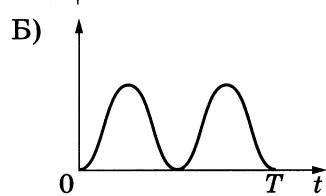
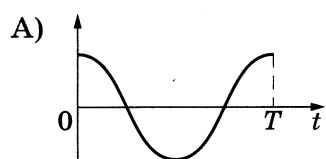
Ответ: \_\_\_\_\_.

**15**

Катушка индуктивности идеального колебательного контура длительное время подключена к источнику постоянного напряжения (см. рисунок). В момент  $t = 0$  ключ К размыкают. На графиках А и Б представлены изменения физических величин, характеризующих свободные 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 столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ГРАФИКИ****ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

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

Ответ: 

A	B

**16**

В вакууме распространяются две монохроматические электромагнитные волны.

Длина первой волны в 4 раза больше длины второй волны. Чему равно отношение  $\frac{p_1}{p_2}$  импульсов фотонов первой и второй волн?

Ответ: \_\_\_\_\_.

**17**

На металлическую пластинку направили пучок света от лазера, вызвав фотоэффект. Интенсивность лазерного излучения плавно увеличивают, не меняя его длины волны. Как изменятся в результате этого запирающее напряжение и максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов?

Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:

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

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

Запирающее напряжение	Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов

**18**

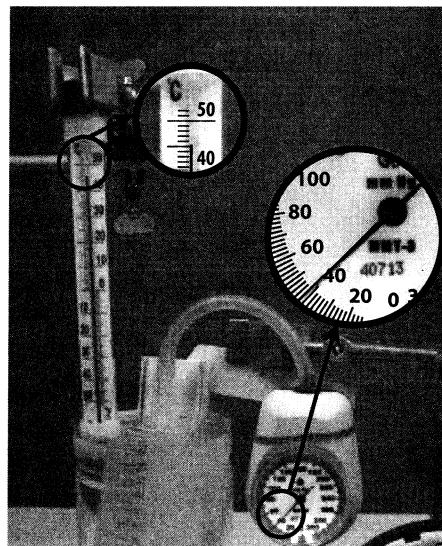
Выберите все верные утверждения о физических явлениях, величинах и закономерностях. Запишите цифры, под которыми они указаны.

- 1) Перемещение материальной точки, движущейся по окружности, при совершении ею полного оборота равно нулю.
- 2) Внутренняя энергия постоянной массы идеального газа в изотермическом процессе всегда увеличивается.
- 3) Сила притяжения между разноимёнными точечными зарядами изменяется прямо пропорционально расстоянию между ними.
- 4) Силой Ампера называют силу, с которой магнитное поле действует на проводник с током.
- 5) Монохроматический свет с длиной волны больше «красной границы» фотоэффекта для данного металла, падая на катод, выполненный из него, приводит к возникновению фототока.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**19**

При исследовании зависимости давления в газе от температуры ученик измерял температуру в сосуде с газом с помощью термометра. Погрешность измерений температуры равна цене деления шкалы термометра. Чему равна температура газа по результатам этих измерений?

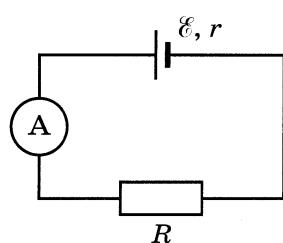


Ответ: (      ±      ) °C.

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

**20**

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?



№ цепи	ЭДС источника $\mathcal{E}$ , В	Внутреннее сопротивление источника $r$ , Ом	Внешнее сопротивление $R$ , Ом
1	9	1	15
2	6	2	10
3	12	2	5
4	6	1	10
5	9	1	10

Запишите в ответе номера выбранных цепей.

Ответ:

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

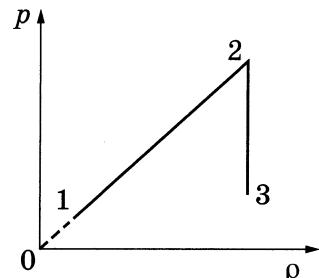
**Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.**

## Часть 2

**Для записи ответов на задания 21–26 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (21, 22 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.**

**21**

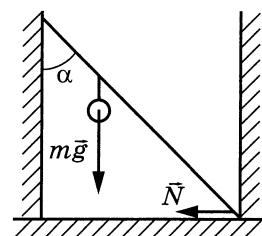
На графике представлена зависимость давления неизменной массы идеального газа от его плотности. Опишите, как изменяются в зависимости от плотности температура и объём газа в процессах 1–2 и 2–3.



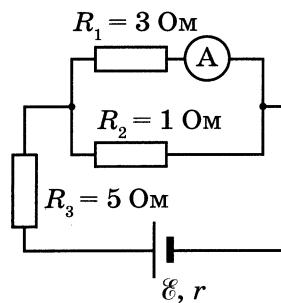
**Полное правильное решение каждой из задач 22–26 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.**

**22**

Невесомый стержень длиной 3 м, находящийся в ящике с гладкими дном и стенками, составляет с вертикалью угол  $\alpha = 45^\circ$  (см. рисунок). К стержню на расстоянии 1 м от левого его конца подвешен на нити шар массой 3 кг. Каков модуль силы нормальной реакции  $\vec{N}$  правой стенки ящика, действующей на нижний конец стержня?

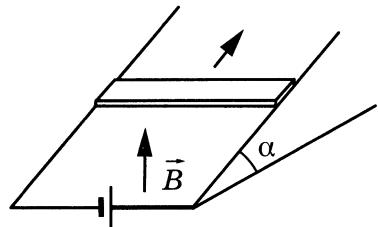


- 23** В цепи, изображённой на рисунке, идеальный амперметр показывает 1 А. Найдите ЭДС источника, если его внутреннее сопротивление 1 Ом.

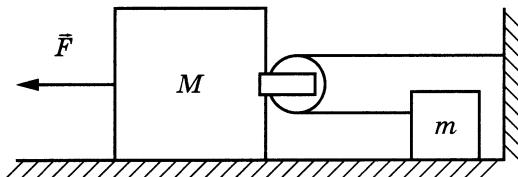


- 24** Два теплоизолированных сосуда, объёмы которых  $V_1 = 1,5V$  и  $V_2 = V$ , соединены между собой трубкой с вентилем. Вентиль закрыт. Сосуды содержат разреженный гелий и разреженный аргон в количествах  $v_1$  и  $v_2 = 3v_1$  при температурах  $T_1$  и  $T_2 = 3T_1$  соответственно. Каким будет давление в сосудах, если вентиль открыть? Объёмом трубки пренебречь.

- 25** На проводящих рельсах, проложенных по наклонной плоскости, в однородном вертикальном магнитном поле  $\vec{B}$  находится горизонтальный прямой проводник прямоугольного сечения массой  $m = 20$  г (см. рисунок). Плоскость наклонена к горизонту под углом  $\alpha = 30^\circ$ , модуль индукции магнитного поля  $B = 0,04$  Тл, расстояние между рельсами  $L = 40$  см. Когда рельсы подключены к источнику тока, по проводнику течёт постоянный ток  $I$  и проводник поступательно движется вверх по рельсам равномерно и прямолинейно. Коэффициент трения между проводником и рельсами  $\mu = 0,2$ . Чему равна сила тока  $I$ ? Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на проводник.



- 26** К брускам массой  $M = 2$  кг прикреплён лёгкий блок (см. рисунок), через него переброшена лёгкая нерастяжимая нить, один конец которой привязан к стене, а к другому прикреплено тело массой  $m = 0,75$  кг. На брусков действует сила  $\bar{F}$  = 10 Н. Определите ускорение брусков. Свободные куски нити горизонтальны и лежат в одной вертикальной плоскости, тела двигаются вдоль одной прямой. Массой блока и нити, а также трением пренебречь.



Обоснуйте применимость законов, используемых при решении задачи.



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

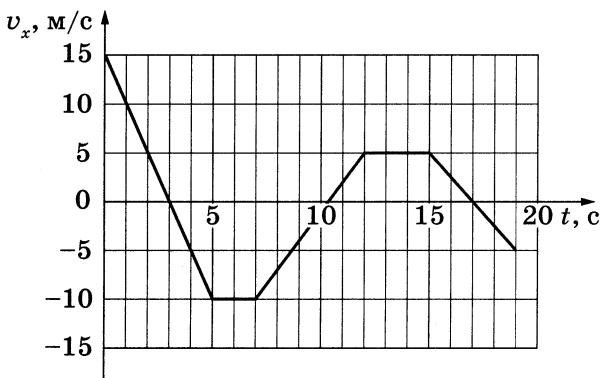
## ВАРИАНТ 27

### Часть 1

**Ответами к заданиям 1–20 являются число или последовательность цифр. 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  $t$ .

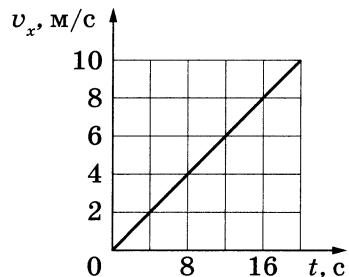
Определите путь, пройденный телом в интервале времени от 0 до 5 с.



Ответ: \_\_\_\_\_ м.

- 2 Скорость автомобиля массой 1500 кг, движущегося вдоль оси  $Ox$ , изменяется со временем в соответствии с графиком (см. рисунок). Систему отсчёта считать инерциальной. Определите равнодействующую всех сил, действующих на автомобиль.

Ответ: \_\_\_\_\_ Н.



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

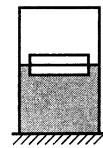
Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

- 4 Груз, подвешенный на лёгкой пружине жёсткостью 400 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, связанных друг с другом, плавают в воде так, что уровень воды приходится на границу между ними (см. рисунок). Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения.



- 1) Плотность материала, из которого изготовлены бруски, равна  $500 \text{ кг}/\text{м}^3$ .
- 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 покоится 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

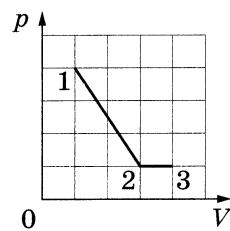
**7**

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 большее начального?

Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

**8**

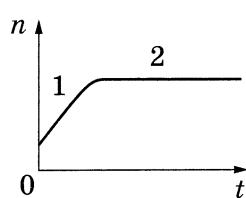
На рисунке показано, как менялось давление газа в зависимости от его объёма при переходе из состояния 1 в состояние 2, а затем в состояние 3. Чему равно отношение работ газа  $\frac{A_{12}}{A_{23}}$  при этих переходах?



Ответ: \_\_\_\_\_.

**9**

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 все верные 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: \_\_\_\_\_.

**10**

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
_____	_____

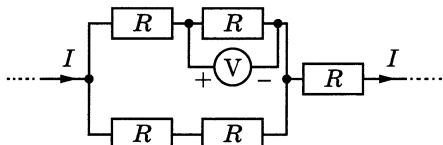
**11**

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).

**12**

Пять одинаковых резисторов с сопротивлением 15 Ом каждый соединены в электрическую цепь, через которую течёт ток  $I = 4$  А (см. рисунок). Какое напряжение показывает идеальный вольтметр?

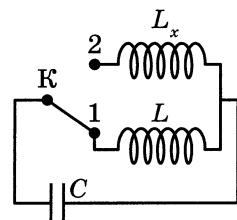


Ответ: \_\_\_\_\_ В.

**13**

В колебательном контуре (см. рисунок) индуктивность катушки  $L = 12$  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?

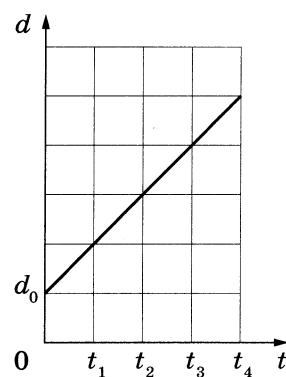
Ответ: \_\_\_\_\_ мГн.



**14**

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 все верные утверждения, соответствующие описанию опыта.

- 1) Энергия конденсатора убывает в интервале времени от  $t_1$  до  $t_4$ .
- 2) Ёмкость конденсатора убывает 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: \_\_\_\_\_.

**15**

Неразветвлённая электрическая цепь постоянного тока состоит из источника тока и подключённого к его выводам внешнего резистора. Как изменяются 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
_____	_____

**16**

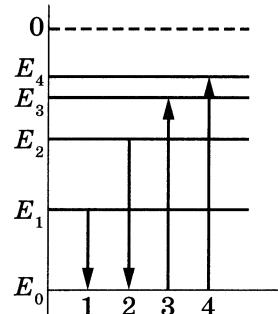
Частоты фотонов двух пучков света связаны равенством  $v_2 = 2v_1$ . Определите отношение модулей импульсов фотонов  $\frac{p_2}{p_1}$ .

Ответ: \_\_\_\_\_.

**17**

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

- А) поглощение света наибольшей энергии  
Б) излучение света с наименьшей длиной волн

## ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПЕРЕХОДЫ

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

Ответ: 

A	B

**18**

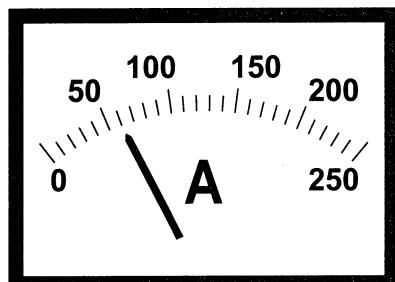
Выберите все верные утверждения о физических явлениях, величинах и закономерностях. Запишите цифры, под которыми они указаны.

- 1) Изменение положения тела в пространстве относительно других тел с течением времени является механическим движением.
- 2) Процесс конденсации жидкостей происходит с поглощением большого количества теплоты.
- 3) При последовательном соединении резисторов напряжения на всех резисторах одинаковы.
- 4) Если замкнутый проводящий контур покойится в постоянном однородном магнитном поле, то в нём возникает индукционный ток.
- 5) Закон радиоактивного распада носит статистический характер и справедлив для огромного числа радиоактивных атомов.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**19**

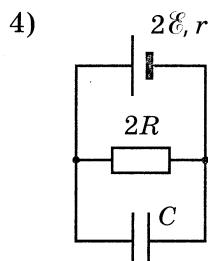
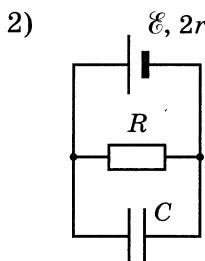
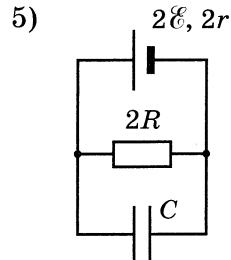
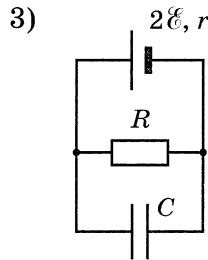
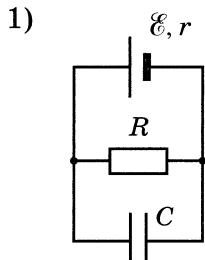
Определите показания амперметра (см. рисунок), если погрешность прямого измерения силы тока составляет половину цены деления амперметра.



Ответ: (\_\_\_\_ ± \_\_\_\_ ) А.

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

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



Запишите в ответе номера выбранных схем.

Ответ:

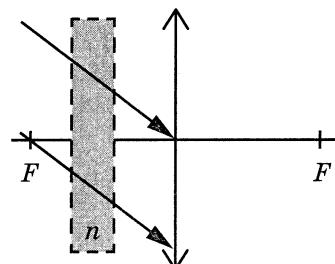
**Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.**

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

## Часть 2

**Для записи ответов на задания 21–26 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (21, 22 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.**

- 21** 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 пластины отмечено пунктиром)? Ответ поясните, указав, какие физические закономерности Вы использовали. Сделайте рисунок, поясняющий ход лучей до и после установки плоскопараллельной стеклянной пластиинки.



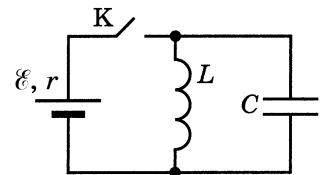
**Полное правильное решение каждой из задач 22–26 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.**

- 22** 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?

- 23** 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?

- 24** 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  $V = \frac{4}{3}\pi r^3$ .)

- 25** 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.



- 26** 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  $m$ . Скорость пули  $v = 555$  м/с. После попадания пули брускок поднялся вверх вдоль наклонной плоскости на расстояние  $S = 2,5$  м от места удара. Найдите массу пули  $m$ . Трение бруска о плоскость не учитывать.

Обоснуйте применимость законов, используемых при решении задачи.



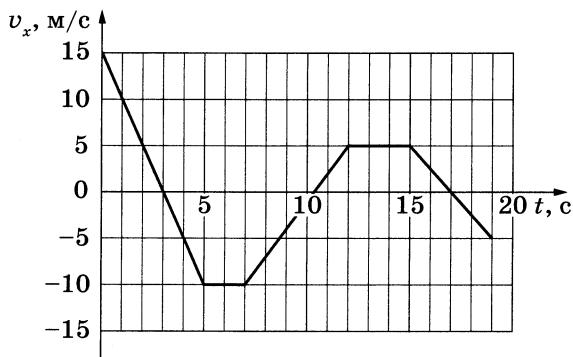
**Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с номером соответствующего задания.**

## ВАРИАНТ 28

### Часть 1

*Ответами к заданиям 1–20 являются число или последовательность цифр. 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.*

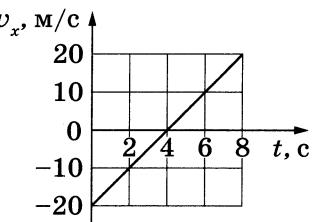
- 1 На рисунке приведён график зависимости проекции  $v_x$  скорости тела от времени  $t$ .



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

Ответ: \_\_\_\_\_ м.

- 2 Скорость автомобиля, движущегося вдоль оси  $Ox$ , изменяется со временем в соответствии с графиком (см. рисунок). Систему отсчёта считать инерциальной. Определите массу автомобиля, если равнодействующая всех сил, действующих на автомобиль, равна 5000 Н.



Ответ: \_\_\_\_\_ кг.

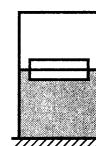
- 3 Кинетическая энергия тела, движущегося со скоростью 3 м/с, равна 18 Дж. Какова масса тела?

Ответ: \_\_\_\_\_ кг.

- 4 Груз массой 0,16 кг, подвешенный на пружине, совершает свободные вертикальные гармонические колебания. Груз какой массой нужно подвесить на этой пружине 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, связанных друг с другом, плавают в воде так, что уровень воды приходится на границу между ними (см. рисунок). Из приведённого ниже списка выберите все верные 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 кг/м<sup>3</sup>.

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.

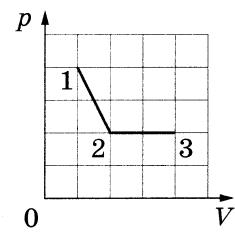
Модуль работы силы трения	Коэффициент трения
_____	_____

- 7** 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).

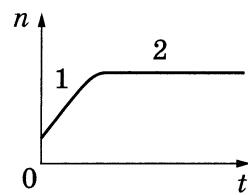
- 8** На рисунке показано, как менялось давление газа в зависимости от его объёма при переходе из состояния 1 в состояние 2, а затем в состояние 3. Каково отношение работ газа  $\frac{A_{12}}{A_{23}}$  в этих двух процессах?

Ответ: \_\_\_\_\_.



**9**

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 все верные 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: \_\_\_\_\_.

**10**

Тонкая, упругая и мягкая оболочка герметичного воздушного шара наполнена горячим воздухом. Как изменяется с набором высоты при медленном подъёме шара плотность воздуха в нём 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

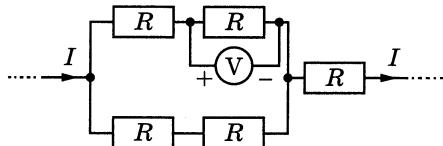
**11**

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).

**12**

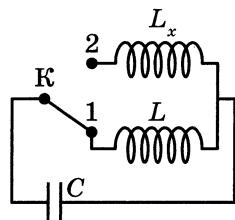
Пять одинаковых резисторов с сопротивлением 25 Ом каждый соединены в электрическую цепь, через которую течёт ток (см. рисунок). Идеальный вольтметр показывает напряжение 75 В. Определите силу тока в цепи  $I$ .



Ответ: \_\_\_\_\_ А.

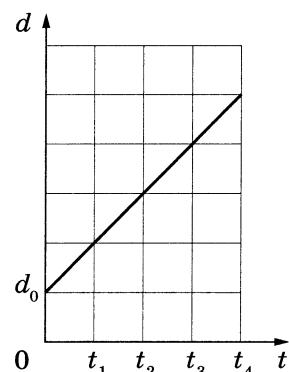
- 13** В колебательном контуре (см. рисунок) индуктивность катушки  $L = 6$  мГн. Какой должна быть индуктивность  $L_x$  второй катушки, чтобы при переводе ключа К из положения 1 в положение 2 период собственных электромагнитных колебаний в контуре увеличился в  $\sqrt{6}$  раза?

Ответ: \_\_\_\_\_ мГн.



- 14** 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 все верные утверждения, соответствующие 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 первоначальной.
- 5) Напряжение между пластинами конденсатора остаётся постоянным в промежутке времени от  $t_1$  до  $t_4$ .



Ответ: \_\_\_\_\_.

- 15** Неразветвленная электрическая цепь постоянного тока состоит из источника тока и подключённого к его выводам внешнего резистора. Как изменяются при уменьшении сопротивления резистора сила тока в цепи и ЭДС источника?

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 тока в цепи	ЭДС источника

- 16** 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: \_\_\_\_\_.

**17**

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**

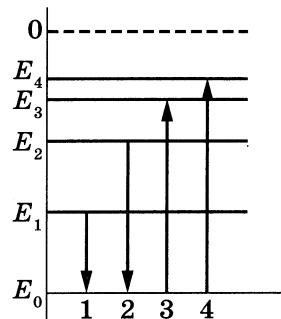
- А) поглощение света наименьшей частоты  
Б) излучение света наибольшей частоты

**ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПЕРЕХОДЫ**

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

Ответ: 

A	B

**18**

Выберите все верные утверждения о физических явлениях, величинах и закономерностях. Запишите цифры, под которыми они указаны.

- 1) Тело, расстояние между любыми двумя точками которого остаётся неизменным, называется абсолютно твёрдым телом.
- 2) Теплопередача путём электромагнитного излучения возможна только в атмосфере Земли и не наблюдается в вакууме.
- 3) В процессе электризации трением два первоначально незаряженных тела приобретают разноимённые и различные по модулю заряды.
- 4) Магнитное поле индукционного тока в контуре всегда увеличивает магнитный поток, изменение которого привело к возникновению этого индукционного тока.
- 5) Через промежуток времени, равный периоду полураспада, нераспавшимися остается половина от большого числа изначально имевшихся радиоактивных ядер данного элемента.

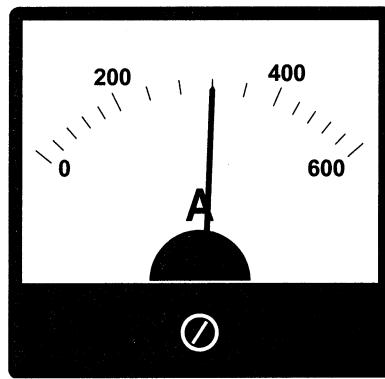
Ответ: \_\_\_\_\_.

**19**

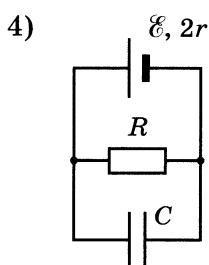
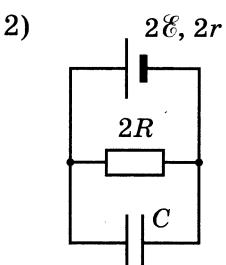
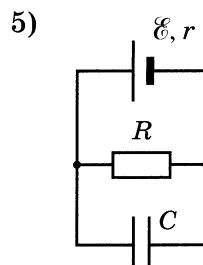
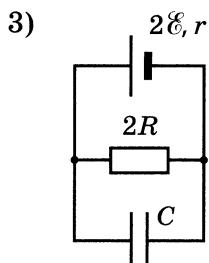
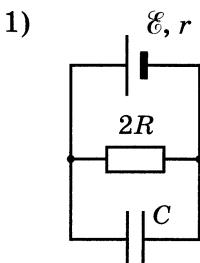
Определите показания амперметра (см. рисунок), если погрешность прямого измерения силы тока составляет половину цены деления амперметра.

Ответ: (\_\_\_\_ ± \_\_\_\_ ) А.

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



- 20** 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:

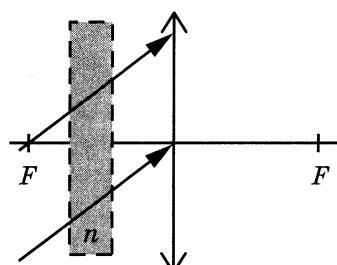
**Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.**

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

## Часть 2

**Для записи ответов на задания 21–26 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (21, 22 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.**

- 21** На тонкую собирающую линзу от удалённого источника падает пучок параллельных лучей (см. рисунок). Как изменится положение изображения источника, 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.



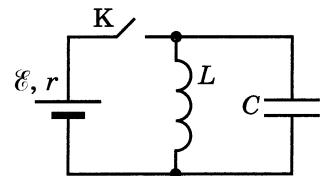
**Полное правильное решение каждой из задач 22–26 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.**

- 22** 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?

- 23** При сжатии 8 г гелия при постоянном давлении внешние силы совершили работу 1600 Дж. Какое количество теплоты было передано при этом газом окружающим телам?

- 24** 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 °С. (Площадь сферы  $S = 4\pi r^2$ , объём шара  $V = \frac{4}{3}\pi r^3$ .)

- 25** 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.



- 26** 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.

Обоснуйте применимость законов, используемых при решении задачи.



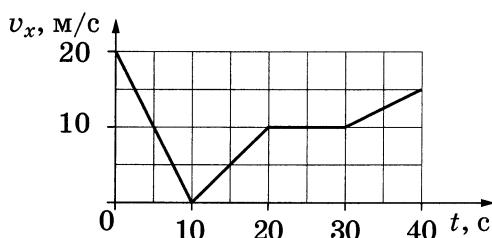
**Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с номером соответствующего задания.**

## ВАРИАНТ 29

### Часть 1

*Ответами к заданиям 1–20 являются число или последовательность цифр. 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 Автомобиль движется по прямой улице, совпадающей с осью  $Ox$ . На графике представлена зависимость проекции его скорости от времени.



Определите проекцию ускорения автомобиля  $a_x$  в интервале времени от 30 до 40 с.

Ответ: \_\_\_\_\_  $\text{м/с}^2$ .

- 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.

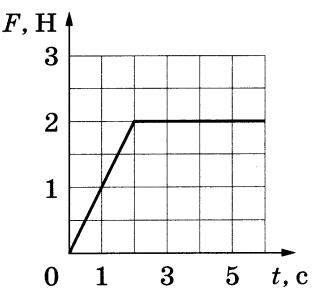
- 4 Кубик имеет объём 200  $\text{см}^3$ . Определите архимедову силу, действующую на него при полном погружении в подсолнечное масло.

Ответ: \_\_\_\_\_ Н.

**5**

Брускок массой 0,5 кг покоялся 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 все верные утверждения, которые соответствуют результатам проведённого опыта.



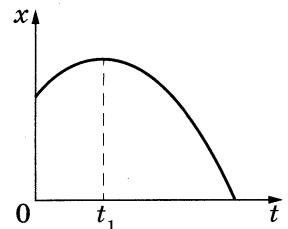
- 1) В промежутке от 1 до 2 с брускок двигался с ускорением.
- 2) В промежутке от 0 до 2 с сила трения, действующая на брускок, не менялась.
- 3) Кинетическая энергия бруска в промежутке от 0 до 6 с всё время возрастила.
- 4) В момент времени 5 с ускорение бруска равно 2 м/с<sup>2</sup>.
- 5) В промежутке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

Ответ: \_\_\_\_\_.

**6**

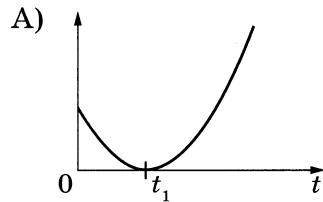
На рисунке показан график зависимости координаты  $x$  тела, движущегося вдоль оси  $Ox$ , от времени  $t$  (парабола). Графики А и Б представляют собой зависимости физических величин, характеризующих движение этого тела, от времени  $t$ .

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



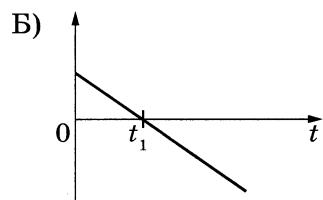
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

### ГРАФИКИ



### ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

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



Ответ: 

A	B

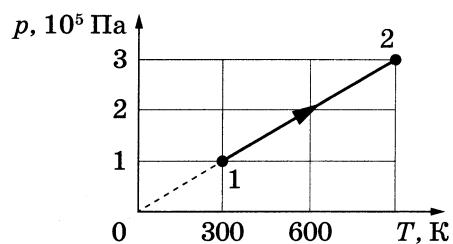
**7**

Температура неона увеличилась с 27 до 327 °С. Во сколько раз увеличилась средняя кинетическая энергия теплового движения его молекул?

Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

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

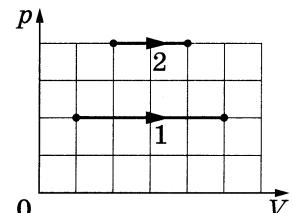
Ответ: на \_\_\_\_\_ кДж.



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

Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения, характеризующие 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: \_\_\_\_\_.

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

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

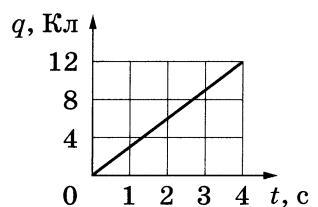
- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

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

Объём пузырька	Средняя кинетическая энергия молекул водяного пара

- 11** 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.



- 12** 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.

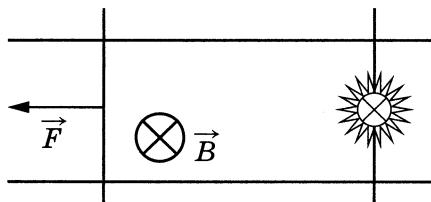
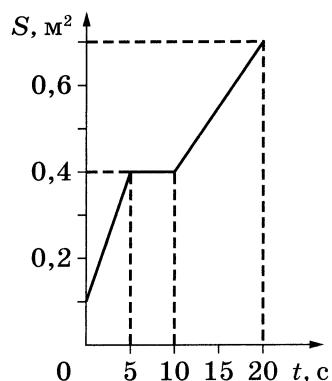
**13**

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

Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

**14**

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. *a*). При движении проводника площадь контура изменяется так, как указано на рис. *b*.

Рис. *a*Рис. *б*

Выберите все верные утверждения, соответствующие приведённым данным и описанию опыта.

- 1) Ток течёт через лампочку непрерывно в течение первых 8 секунд.
- 2) В интервале времени от 12 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 до 20 с.
- 5) Максимальная ЭДС наводится в контуре в интервале времени от 0 до 5 с.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**15**

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

- 16** В свинцовую капсулу поместили радиоактивный актиний  $^{227}_{89}\text{Ac}$ . Сколько процентов от исходно большого числа ядер этого изотопа актиния останется в капсule через 20 дней? Период полураспада актиния 10 дней.

Ответ: \_\_\_\_\_ %.

- 17** 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)  $^{238}_{93}\text{Np} \rightarrow ^{238}_{94}\text{Pu} + ^0_{-1}e + \tilde{\nu}_e$
- 4)  $^{227}_{89}\text{Ac} \rightarrow ^{223}_{87}\text{Fr} + ^4_2\text{He}$

Ответ: 

A	B

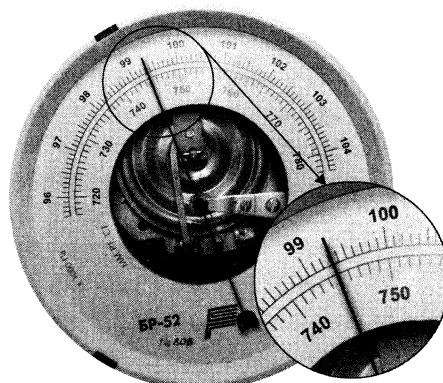
- 18** Выберите все верные утверждения о физических явлениях, величинах и закономерностях. Запишите цифры, под которыми они указаны.

- 1) Материальной точкой называют тело, размерами которого в условиях данной задачи можно пренебречь.
- 2) Броуновским движением называют самопроизвольное перемешивание газов или жидкостей.
- 3) Два неподвижных точечных заряда в вакууме действуют друг на друга с силами, обратно пропорциональными квадрату расстояния между ними.
- 4) В цепи постоянного тока во всех параллельно соединенных резисторах протекает одинаковый электрический ток.
- 5) Закон радиоактивного распада позволяет установить, какие именно атомы радиоактивного вещества распадутся в следующую секунду.

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 19** 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.**

20

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 | 4) секундомер |
| 2) конденсатор       | 5) амперметр  |
| 3) вольтметр         |               |

В ответ запишите номера выбранных предметов.

Ответ:



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

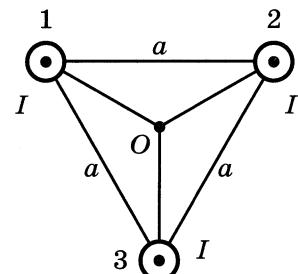
*Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.*

## Часть 2

*Для записи ответов на задания 21–26 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (21, 22 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.*

21

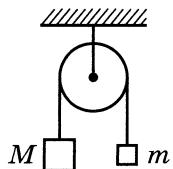
Три параллельных длинных прямых проводника 1, 2 и 3 перпендикулярны плоскости рисунка и пересекают её в вершинах равностороннего треугольника со стороной  $a$ . Токи в проводниках сонаправлены и равны  $I$ . Опираясь на законы электродинамики, определите направление вектора индукции результирующего магнитного 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?



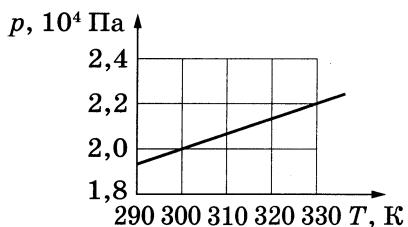
*Полное правильное решение каждой из задач 22–26 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.*

22

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.

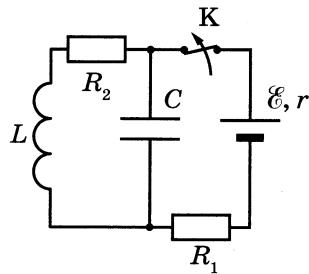


- 23** На рисунке показан график зависимости давления 3 моль газа в запаянном сосуде от его температуры. Каков объём сосуда?



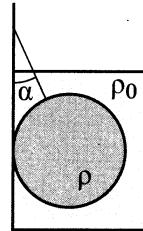
- 24** В сосуде объёмом  $V = 0,02 \text{ м}^3$  с жёсткими стенками находится одноатомный газ при атмосферном давлении. В крышке сосуда имеется отверстие площадью  $S$ , заткнутое пробкой. Максимальная сила трения покоя  $F$  пробки о края отверстия равна 100 Н. Пробка выскакивает, если газу передать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

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



- 26** 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.

Обоснуйте применимость законов, используемых при решении задачи.



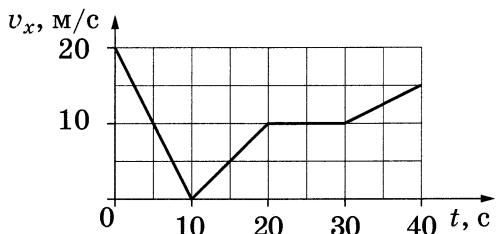
*Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с номером соответствующего задания.*

## ВАРИАНТ 30

### Часть 1

*Ответами к заданиям 1–20 являются число или последовательность цифр. 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 Автомобиль движется по прямой улице. На графике представлена зависимость его скорости от времени.



Определите проекцию ускорения автомобиля  $a_x$  в интервале времени от 20 до 30 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.

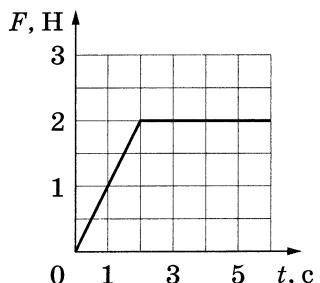
- 3 При упругой деформации 3 см стальная пружина имеет потенциальную энергию 1,8 Дж. Какой станет потенциальная энергия этой пружины при уменьшении деформации на 1 см?

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

- 4 Шар объёмом 300 см<sup>3</sup> целиком опущен в керосин. Определите архимедову силу, действующую на шар.

Ответ: \_\_\_\_\_ Н.

- 5 Бруск 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.



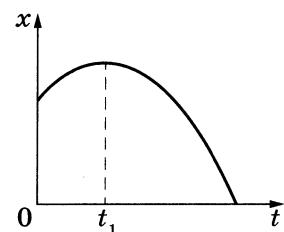
Выберите из предложенного перечня все верные утверждения, которые соответствуют результатам проведённого опыта.

- 1) В промежутке от 0 до 1 с брускок покоялся.
- 2) В момент времени 1,5 с сила трения, действующая на брускок, равна 1,5 Н.
- 3) Кинетическая энергия бруска в момент времени 1 с равна 0.
- 4) В момент времени 5 с ускорение бруска равно  $2 \text{ м/с}^2$ .
- 5) В промежутке от 2 до 4 с импульс бруска увеличился на 1 кг·м/с.

Ответ: \_\_\_\_\_.

6

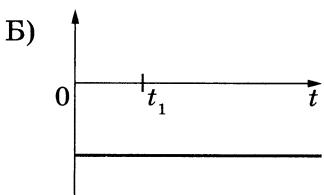
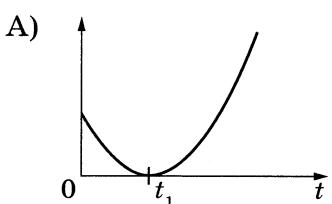
На рисунке показан график зависимости координаты  $x$  тела, движущегося вдоль оси  $Ox$ , от времени  $t$  (парабола). Графики А и Б представляют собой зависимости физических величин, характеризующих движение этого тела, от времени  $t$ .



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



## 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

7

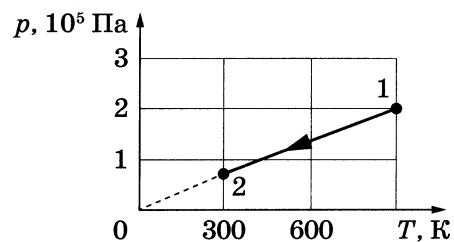
Температура аргона уменьшилась с 227 до  $-23^\circ\text{C}$ . Во сколько раз уменьшилась средняя кинетическая энергия теплового движения его молекул?

Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

8

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.

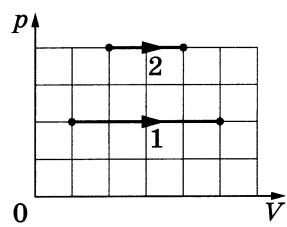


**9**

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

Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения, характеризующие 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: \_\_\_\_\_.

**10**

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:

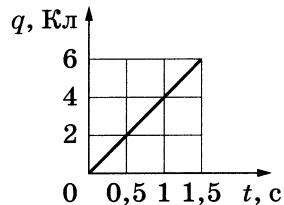
- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

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

Внутренняя энергия водяного пара в пузырьке	Температура водяного пара

**11**

По проводнику течёт постоянный электрический ток. Величина заряда, проходящего через проводник, возрастает с течением времени согласно графику. Определите силу тока в проводнике.



Ответ: \_\_\_\_\_ А.

**12**

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.

**13**

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).

- 14** 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.

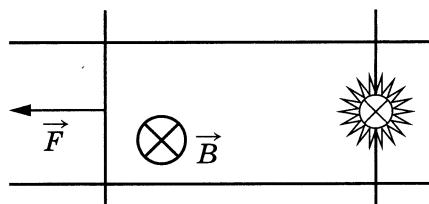


Рис. а

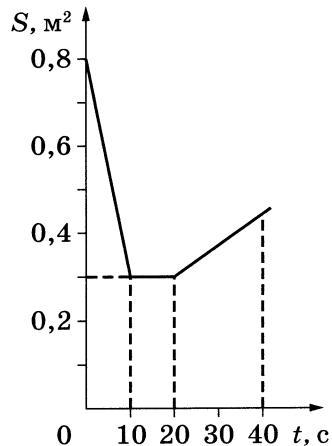


Рис. б

Выберите все верные утверждения, соответствующие приведённым данным и описанию опыта.

- 1) Индукционный ток течёт в контуре всё время в одном направлении.
- 2) В интервале времени от 30 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 до 30 с.
- 5) Сила, прикладываемая к проводнику для его перемещения, в первые 10 с максимальна.

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 15** Протоны в однородном магнитном поле между полюсами магнита движутся по окружностям радиусом  $R$  под действием силы Лоренца. После замены магнита по окружностям с 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

**16**

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: \_\_\_\_\_ %.

**17**

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)  $^{12}_7\text{N} \rightarrow ^{12}_6\text{C} + ^0_1\tilde{e} + \nu_e$
- 2)  $^{11}_6\text{C} \rightarrow ^{11}_7\text{N} + ^0_{-1}e + \tilde{\nu}_e$
- 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

**18**

Выберите все верные утверждения о физических явлениях, величинах и закономерностях. Запишите цифры, под которыми они указаны.

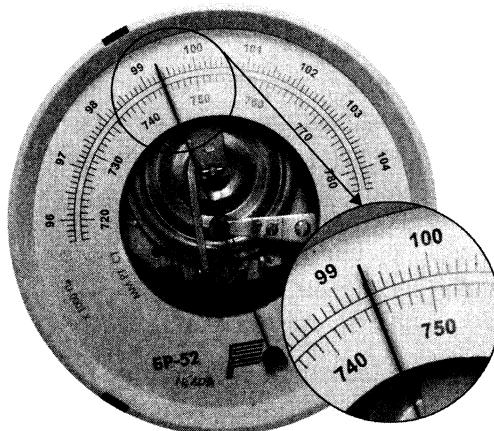
- 1) При прямолинейном движении вектор ускорения всегда направлен в ту же сторону, что и вектор перемещения.
- 2) Хаотическое тепловое движение частиц тела прекращается при достижении термодинамического равновесия.
- 3) В цепи постоянного тока на всех параллельно соединённых резисторах напряжение одинаково.
- 4) Электромагнитные волны видимого света имеют большую длину волн, чем рентгеновское излучение.
- 5) Атомы изотопов одного элемента различаются числом протонов в ядре и занимают одну и ту же клеточку в Периодической таблице Д. И. Менделеева.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**19**

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: (      ±      ) кПа.



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

**20** 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      | 4) амперметр  |
| 2) конденсатор            | 5) секундомер |
| 3) соединительные провода |               |

В ответ запишите номера выбранных предметов.

Ответ:

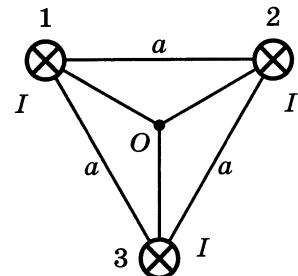


*Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.  
Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.*

## Часть 2

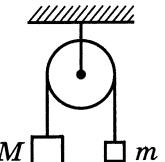
*Для записи ответов на задания 21–26 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (21, 22 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.*

**21** 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?

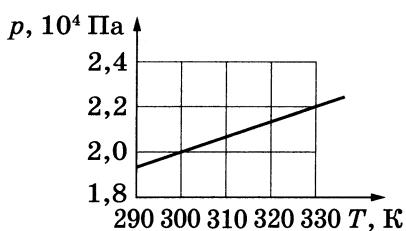


*Полное правильное решение каждой из задач 22–26 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.*

**22** 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.

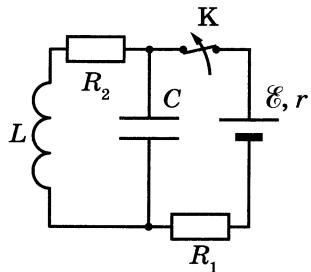


- 23** На рисунке показан график зависимости давления газа в запаянном сосуде от его температуры. Объём сосуда равен  $0,25 \text{ м}^3$ . Какое количество газообразного вещества содержится в этом сосуде?

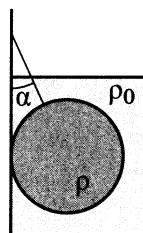


- 24** В сосуде объёмом  $V = 0,02 \text{ м}^3$  с жёсткими стенками находится одноатомный газ при атмосферном давлении. В крышке сосуда имеется отверстие площадью  $S = 2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$ , заткнутое пробкой. Пробка выскакивает, если газу передать количество теплоты не менее 15 кДж. Определите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

- 25** На рисунке показана схема электрической цепи, состоящей из источника тока с ЭДС  $\mathcal{E} = 12 \text{ В}$  и внутренним сопротивлением  $r = 1 \text{ Ом}$ , двух резисторов с сопротивлениями  $R_1 = 8 \text{ Ом}$  и  $R_2 = 3 \text{ Ом}$ , конденсатора электроёмкостью  $C = 4 \text{ мкФ}$  и катушки индуктивностью  $L = 24 \text{ мкГн}$ . В начальном состоянии ключ K длительное время замкнут. Какое количество теплоты выделится на резисторе  $R_2$  после размыкания ключа K? Сопротивлением катушки пренебречь.



- 26** 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,  $T = 30 \text{ Н}$ . Плотность свинца  $\rho = 11300 \text{ кг/м}^3$ . Чему равна масса шара? Трением шара о стенку пренебречь. Сделайте схематический рисунок с указанием сил, действующих на шар.



Обоснуйте применимость законов, используемых при решении задачи.



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

# ОТВЕТЫ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

## Задания с кратким ответом

Правильное выполнение каждого из заданий 1–4, 7, 8, 11–13, 16, 19 и 20 оценивается 1 баллом. Задание считается выполненным верно, если ответ записан в той форме, которая указана в инструкции по выполнению задания, и полностью совпадает с эталоном ответа. В ответе на задание 20 порядок записи символов значения не имеет.

Правильное выполнение каждого из заданий 6, 10, 15 и 17 оценивается 2 баллами. Задание считается выполненным верно, если ответ записан в той форме, которая указана в инструкции по выполнению задания, и полностью совпадает с эталоном ответа: каждый символ в ответе стоит на своём месте, лишние символы в ответе отсутствуют. 1 балл выставляется, если на любой одной позиции ответа записан не тот символ, который представлен в эталоне ответа. Во всех других случаях выставляется 0 баллов. Если количество символов в ответе больше требуемого, выставляется 0 баллов вне зависимости от того, были ли указаны все необходимые символы.

Правильное выполнение каждого из заданий 5, 9, 14 и 18 оценивается 2 баллами. Задание считается выполненным верно, если ответ записан в той форме, которая указана в инструкции по выполнению задания, каждый символ присутствует в ответе, в ответе отсутствуют лишние символы. Порядок записи символов в ответе значения не имеет. 1 балл выставляется, если только один из символов, указанных в ответе, не соответствует эталону (в том числе есть один лишний символ наряду с остальными верными) или только один символ отсутствует; во всех других случаях выставляется 0 баллов.

Вариант Задание	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	32,5	-5	-3	-2	5	-2,5	25	12,5	2	-4
2	30	92,5	5	10	24	25	50	200	9	32
3	2,5	48	2,4	106	0,5	2	2	0,8	18	0,6
4	1500	125	12	2	12	7	500	0,005	3	2
5	125	34	24	135	34	125	123	45	145	23
6	14	32	14	23	13	33	32	12	42	31
7	1,5	1	2,25	9	3	1	360	1890	2	0,5
8	2	4	1,5	0,5	1,25	40	100	37,5	3,5	100
9	124	35	134	25	13	245	24	135	25	134
10	12	21	24	13	11	22	32	41	13	11
11	1,5	120	30	180	3	15	64	4	20	50
12	4	8	0,2	0,1	1,5	7,2	0,25	2	0,05	30
13	2	3	1,6	0,9	70	40	3	2	3	5
14	45	123	15	234	245	13	25	134	125	34
15	12	22	32	32	41	32	11	31	21	12
16	83	125	2	2	4	2,5	30	38	76	170
17	23	14	22	31	21	34	23	23	23	12
18	134	25	34	125	34	125	13	245	135	24
19	1,150,05	0,460,02	0,880,01	0,760,02	422	451	100,60,2	7553	0,750,05	1,600,02
20	35	12	12	13	15	35	34	15	15	34

*Продолжение таблицы*

<b>Вариант Задание</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>	0	-8	7,5	2,5	8	2	-2	5	25	10
<b>2</b>	45	4	16	2	128	2	6	30	6	0,04
<b>3</b>	0,2	30	4500	1600	200	15	1	0,4	20	5
<b>4</b>	125	1500	8	0,3	4	2	0,5	255	10	50
<b>5</b>	134	25	12	345	13	245	45	12	235	14
<b>6</b>	31	32	21	13	31	32	13	42	32	41
<b>7</b>	0,25	1	6	1,5	8	2	3	1,6	405	280
<b>8</b>	280	20	0	4	90	60	9	60	20	40
<b>9</b>	34	125	15	234	13	245	125	134	123	145
<b>10</b>	21	22	22	11	32	13	12	42	21	43
<b>11</b>	6	8	205	165	5,25	48	200	225	1,125	8
<b>12</b>	4	2	0,25	1	0,4	0,2	4	0	0,01	6,25
<b>13</b>	1	2	2	8	0,005	400	2	4	2	1
<b>14</b>	23	145	15	234	124	35	124	13	125	34
<b>15</b>	13	23	32	32	32	11	32	22	13	23
<b>16</b>	4	38	3	2	42	8	75	25	14	11
<b>17</b>	31	13	23	13	31	12	12	21	12	21
<b>18</b>	123	45	24	135	45	123	125	235	134	235
<b>19</b>	10033	7522	0,250,05	0,650,05	1,60,1	1,80,1	2,80,4	1,40,2	3,20,1	0,5000,025
<b>20</b>	35	12	34	13	23	15	13	14	13	25

*Окончание таблицы*

<b>Вариант \\ Задание</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>	30	35	-8	-4	-2,5	-15	32,5	10	0,5	0
<b>2</b>	8	2	1,25	7,5	1,25	7,5	750	1000	2	16
<b>3</b>	75	300	48	0,8	32	3	4,8	4	4,5	0,8
<b>4</b>	40	250	0,04	0,36	100	0,4	1600	0,64	1,8	2,4
<b>5</b>	24	125	24	135	145	235	14	25	145	134
<b>6</b>	12	34	33	33	22	13	23	23	24	34
<b>7</b>	1	0,25	3	4	2	1,5	4	4	2	2
<b>8</b>	0	5	2	1	0,8	1,5	5	0,75	3	3,6
<b>9</b>	24	135	13	345	234	145	12	45	13	25
<b>10</b>	21	43	13	42	13	43	22	22	13	13
<b>11</b>	6	3	1,5	0,4	4	1	2,5	4	3	4
<b>12</b>	20	2	5	10	1	0,5	30	6	1080	3800
<b>13</b>	60	40	2	500	1,5	2	4	36	3	2
<b>14</b>	34	125	134	45	135	24	123	135	25	25
<b>15</b>	42	31	11	12	41	32	21	13	11	32
<b>16</b>	19	40	91	222	4	0,25	2	0,5	25	12,5
<b>17</b>	13	22	33	33	33	33	42	32	43	23
<b>18</b>	13	25	13	14	45	14	15	15	13	34
<b>19</b>	4,60,2	0,280,02	0,40,1	0,080,02	422	451	605	32020	7451	99,30,1
<b>20</b>	15	24	14	25	24	15	13	15	35	34

### Критерии оценивания выполнения заданий с развёрнутым ответом

Решения заданий 21–26 части 2 (с развёрнутым 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 заданий 22 и 23, от 0 до 3 баллов за выполнение заданий 21, 24 и 25 и от 0 до 4 баллов за задание 26.

### Вариант 1

21

#### Возможное решение

- Электроёмкость плоского воздушного конденсатора определяется соотношением  $C_1 = \frac{\epsilon_0 S}{d}$ , где  $\epsilon_0$  — электрическая постоянная,  $S$  — площадь пластин конденсатора,  $d$  — расстояние между ними. При уменьшении расстояния между пластинами конденсатора в 1,5 раза его электроёмкость согласно формуле  $C_2 = \frac{\epsilon_0 S}{d_2} = \frac{1,5\epsilon_0 S}{d} = 1,5C_1$  увеличивается в 1,5 раза.
- Поскольку конденсатор изолирован, согласно закону сохранения электрического заряда его заряд остаётся постоянным:  $q = \text{const}$ .
- Энергия конденсатора определяется в двух состояниях соотношениями  $W_1 = \frac{q^2}{2C_1}$  и  $W_2 = \frac{q^2}{2C_2} = \frac{q^2}{3C_1} = \frac{W_1}{1,5}$ .
- Таким образом, при уменьшении расстояния между пластинами конденсатора накопленная в нём энергия уменьшается в 1,5 раза.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае: п. 4) и полное верное объяснение (в данном случае п. 1–3) с указанием используемых для анализа наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: формула электроёмкости плоского конденсатора, условие постоянства заряда, формула энергии конденсатора)	3
Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеется 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.) <b>И (ИЛИ)</b> Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но в них содержится один логический недочёт. <b>И (ИЛИ)</b> В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты. <b>И (ИЛИ)</b> В решении имеется неточность в указании на одно из физических явлений, свойств, определений, законов (формул), необходимых для полного верного объяснения	2
Копирование, распространение и использование в коммерческих целях без письменного разрешения правообладателя не допускается	

Окончание таблицы

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Представлено решение, соответствующее <u>одному</u> из следующих случаев. Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нём не указаны два явления или физических закона, необходимых для полного верного объяснения. <b>ИЛИ</b> Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца. <b>ИЛИ</b> Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, <u>приводящие к ответу</u> , содержат ошибки. <b>ИЛИ</b> Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	3

22

**Возможное решение**

В случае гармонических колебаний максимальная потенциальная энергия пружины равна максимальной кинетической энергии тележки:  $\frac{kA^2}{2} = \frac{mv^2}{2}$ , где  $k$  — жёсткость пружины,  $A$  — амплитуда колебаний тележки,  $m$  — масса тележки,  $v$  — максимальная скорость тележки.

$$\text{В итоге получим: } A = v\sqrt{\frac{m}{k}} = 3 \cdot \sqrt{\frac{0,5}{200}} = 0,15 \text{ м.}$$

**Ответ:**  $A = 0,15$  м.

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>закон сохранения механической энергии при гармонических колебаниях</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) проведены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), приводящие к правильному словесному ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины	2
Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены преобразования, направленные на решение задачи, но имеется один или несколько из следующих недостатков. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.	1

Окончание таблицы

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
И (ИЛИ) В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты. И (ИЛИ) В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги. И (ИЛИ) Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1 или 2 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	<b>2</b>

**23****Возможное решение**

1. Так как потери энергии по условию отсутствуют, то всё количество теплоты, отданное водой при охлаждении от начальной температуры  $t_1$  до  $t_2 = 0$  °C, пошло на плавление льда, имеющего температуру плавления. Запишем уравнение теплового баланса:

$$\begin{aligned} |Q_{\text{отд}}| &= |Q_{\text{пол}}|, \text{ или} \\ c m_{\text{вод}} (t_1 - t_2) &= \lambda m_{\text{льд}}, \\ \text{откуда } m_{\text{льд}} &= \frac{c m_{\text{вод}} (t_1 - t_2)}{\lambda}, \end{aligned}$$

где  $c$  и  $m_{\text{вод}}$  — удельная теплоёмкость и масса воды соответственно,  $\lambda$  и  $m_{\text{льд}}$  — удельная теплота плавления и масса растаявшего льда.

2. Подставив числовые значения, получим искомую величину:

$$m_{\text{льд}} = \frac{4200 \cdot 0,4 (55 - 0)}{3,3 \cdot 10^5} = 0,28 \text{ кг.}$$

**Ответ:**  $m_{\text{льд}} = 0,28$  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>формулы для количества теплоты, выделяющегося при охлаждении вещества; для количества теплоты, необходимого для плавления вещества, уравнение теплового баланса</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>	2

Окончание таблицы

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены преобразования, направленные на решение задачи, но имеется один или несколько из следующих недостатков.	1
Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют. <b>И (ИЛИ)</b> В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты. <b>И (ИЛИ)</b> В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги. <b>И (ИЛИ)</b> Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1 или 2 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	<b>2</b>

**24****Возможное решение**

1. Согласно графику цикла гелий получает положительное количество теплоты от нагревателя на участках 1–2 и 2–3. При этом процесс 1–2 является изохорным и газ работы не совершает. В соответствии с первым началом термодинамики, формулой для внутренней энергии одноатомного идеального газа  $(U = \frac{3}{2}vRT)$ , графическим способом определения работы газа и уравнением Менделеева — Клапейрона ( $pV = vRT$ ) получим:

$$\begin{aligned} Q_{\text{нагр}} &= Q_{12} + Q_{23} = (U_3 - U_1) + A_{23} = \left(\frac{3}{2}vRT_3 - \frac{3}{2}vRT_1\right) + \frac{1}{2}(2p_0 + 3p_0)(4V_0 - V_0) = \\ &= \frac{3}{2}(p_3V_3 - p_1V_1) + \frac{15}{2}p_0V_0 = \frac{3}{2}(12p_0V_0 - p_0V_0) + \frac{15}{2}p_0V_0 = 24p_0V_0. \end{aligned}$$

2. Согласно графику цикла  $vRT_2 = 2p_0V_0$ , откуда:

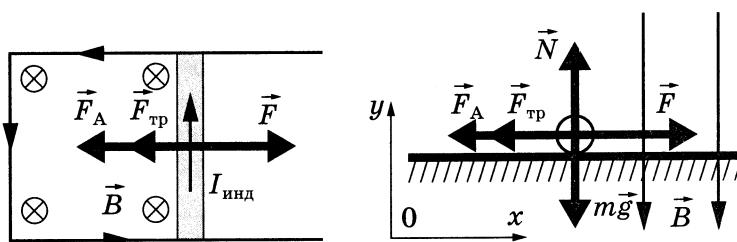
$$T_2 = \frac{2p_0V_0}{vR} = \frac{Q_{\text{нагр}}}{12vR} = \frac{120 \cdot 10^3}{12 \cdot 4 \cdot 8,31} \approx 301 \text{ К.}$$

**Ответ:**  $T_2 \approx 301$  К.

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>определение работы газа по графику, уравнение Менделеева — Клапейрона, выражение для внутренней энергии одноатомного идеального газа, первое начало термодинамики</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 кциальному 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 <b>одному</b> 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 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>	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	3

25

## Возможное решение



При движении перемычки в однородном магнитном поле на её концах возникает ЭДС электромагнитной индукции:  $\mathcal{E} = Bvl$ , где  $B$  — модуль индукции магнитного поля,  $v$  и  $l$  — соответственно скорость и длина перемычки. Согласно закону Ома

для полной цепи в замкнутом контуре возникает индукционный ток:  $I_{\text{инд}} = \frac{\mathcal{E}}{R} = \frac{Bvl}{R}$ ,

где  $R$  — сопротивление перемычки. Поскольку скорость перемычки постоянна, то ЭДС и индукционный ток также будут постоянными. Согласно правилу Ленца индукционный ток, возникающий в контуре, будет направлен так, чтобы при движении перемычки своим магнитным полем препятствовать увеличению магнитного потока через площадку, охваченную контуром, т. е. индукционный ток будет направлен против часовой стрелки (см. рисунок). Благодаря появлению индукционного тока на перемычку со стороны магнитного поля начнёт действовать сила Ампера, направленная согласно правилу левой руки в противоположную движению сторону:  $F_A = BI_{\text{инд}}l = \frac{B^2l^2v}{R}$ .

На перемычку действуют пять сил: сила тяжести  $mg$ , нормальная составляющая силы реакции опоры  $N$ , сила трения  $F_{\text{tp}}$ , сила Ампера  $F_A$  и искомая сила  $F$  (см. рисунок). Перемычка движется с постоянной скоростью, поэтому её ускорение равно нулю. Второй закон Ньютона в проекциях имеет вид:  $Ox: 0 = F - F_{\text{tp}} - F_A$ ;  $Oy: 0 = N - mg$ . Сила трения скольжения  $F_{\text{tp}} = \mu N = \mu mg$ . В итоге получаем:

$$R = \frac{(Bl)^2 v}{F - \mu mg} = \frac{(0,2 \cdot 1)^2 \cdot 1,5}{1,6 - 0,2 \cdot 0,3 \cdot 10} = 0,06 \text{ Ом.}$$

**Ответ:**  $R = 0,06 \text{ Ом.}$

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: <u>выражение для ЭДС индукции, закон Ома для полной цепи, выражение для силы Ампера, силы трения скольжения; второй закон Ньютона</u>);</p> <p>II) сделан правильный рисунок с указанием сил, действующих на перемычку;</p> <p>III) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов);</p>	3

*Окончание таблицы*

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
IV) проведены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), приводящие кциальному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); V) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины	
Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования, но имеется один или несколько из следующих недостатков.  Записи, соответствующие пунктам II и III, представлены не в полном объёме или отсутствуют.	2
И (ИЛИ)	
В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.	
И (ИЛИ)	
В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.	
И (ИЛИ)	
Отсутствует пункт V, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)	
Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев. 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.	1
ИЛИ	
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.	
ИЛИ	
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	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	3

26

**Возможное решение****Обоснование**

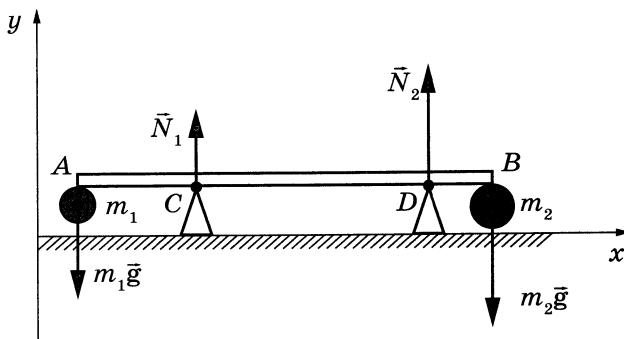
1. Рассмотрим задачу в системе отсчёта, связанной с Землёй. Будем считать эту систему отсчёта инерциальной (ИСО).
2. Описываем стержень с шарами моделью твёрдого тела (форма и размеры тела неизменны, расстояние между любыми двумя точками тела остаётся неизменным).
3. Стержень не движется поступательно, поэтому сумма сил, действующих на него, равна нулю.

4. Стержень не вращается, поэтому сумма моментов сил относительно оси, проходящих через точку А перпендикулярно плоскости рисунка, равна нулю.

5. Согласно третьему закону Ньютона силы, с которыми шары и стержень взаимодействуют друг с другом, равны по модулю и направлены в противоположные стороны.

### Решение

1. На твёрдое тело, образованное стержнем и двумя шарами, действуют силы тяжести  $m_1\bar{g}$  и  $m_2\bar{g}$ , приложенные к центрам шаров, и силы реакции опор  $\vec{N}_1$  и  $\vec{N}_2$ . По третьему закону Ньютона модули сил реакции равны соответствующим модулям сил давления стержня на опоры, поэтому  $N_2 = 2N_1$  (в соответствии с условием задачи).



2. В инерциальной системе отсчёта  $Oxy$ , связанной с Землёй, условия равновесия тела приводят к системе уравнений:

$$\begin{cases} N_1 + N_2 - m_1 g - m_2 g = 0 & \text{— центр масс не движется вдоль } Oy; \\ N_1 x + N_2 (l+x) - m_2 g L = 0 & \text{— нет вращения вокруг оси, проходящей через точку } A. \end{cases}$$

Здесь  $l = CD$ ,  $x$  — плечо силы  $N_1$  ( $x = AC$ ).

3. С учётом условия  $N_2 = 2N_1$  систему уравнений перепишем в виде:

$$\begin{cases} 3N_1 = (m_1 + m_2)g; \\ (3x + 2l)N_1 = m_2 g L. \end{cases}$$

Поделив второе уравнение на первое, получим:

$$x + \frac{2}{3}l = \frac{m_2}{m_1 + m_2}L, \text{ откуда } l = \frac{3}{2}\left(\frac{m_2}{m_1 + m_2}L - x\right).$$

4. Подставляя значения физических величин, получим ответ:

$$l = \frac{3}{2}\left(\frac{0,3}{0,2 + 0,3} \cdot 1 - 0,2\right) = 0,6 \text{ м.}$$

**Ответ:**  $l = 0,6$  м.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<b>Критерий 1</b>	
Верно обоснована возможность использования законов (закономерностей). В данном случае: <i>выбор ИСО, модель твёрдого тела, условия равновесия твёрдого тела относительно поступательного и вращательного движения, третий закон Ньютона</i>	1
В обосновании отсутствует один или несколько из элементов. ИЛИ В обосновании допущена ошибка. ИЛИ Обоснование отсутствует	0
<b>Критерий 2</b>	
I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>условия равновесия твёрдого тела относительно поступательного и вращательного движения; третий закон Ньютона</i> ); II) сделан рисунок с указанием сил, действующих на стержень; III) 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> ); IV) представлены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); V) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения физической величины	3
Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования, но имеется один или несколько из следующих недостатков.  Записи, соответствующие пунктам II и III, представлены не в полном объёме или отсутствуют. И (ИЛИ) В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты. И (ИЛИ) В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги. И (ИЛИ) Отсутствует пункт V, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)	2
Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев. 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.	1

Окончание таблицы

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
ИЛИ 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.	
ИЛИ 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	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	<b>4</b>

## Вариант 2

**21**

### Возможное решение

1. Электроёмкость плоского воздушного конденсатора определяется соотношением  $C_1 = \frac{\epsilon_0 S}{d}$ , где  $\epsilon_0$  — электрическая постоянная,  $S$  — площадь пластин конденсатора,  $d$  — расстояние между ними. При увеличении расстояния между пластинами конденсатора в 2 раза его электроёмкость согласно формуле  $C_2 = \frac{\epsilon_0 S}{d_2} = \frac{\epsilon_0 S}{2d} = \frac{C_1}{2}$  уменьшается в 2 раза.
2. Поскольку конденсатор при заполнении остаётся подключённым к источнику, напряжение на нём остаётся постоянным:  $U = \text{const}$ .
3. Энергия конденсатора определяется в двух состояниях соотношениями  $W_1 = \frac{C_1 U^2}{2}$  и  $W_2 = \frac{C_2 U^2}{2} = \frac{C_1 U^2}{4} = \frac{W_1}{2}$ .
4. Таким образом, при увеличении расстояния между пластинами конденсатора накопленная в нём энергия уменьшается в 2 раза.

**22**

### Возможное решение

В случае гармонических колебаний максимальная потенциальная энергия пружины равна максимальной кинетической энергии тележки:  $\frac{kA^2}{2} = \frac{mv^2}{2}$ , где  $k$  — жёсткость пружины,  $A$  — амплитуда колебаний тележки,  $m$  — масса тележки,  $v$  — максимальная скорость тележки.

$$\text{В итоге получим: } v = A \sqrt{\frac{k}{m}} = 0,1 \sqrt{\frac{200}{2}} = 1 \text{ м/с.}$$

**Ответ:**  $v = 1$  м/с.

23

**Возможное решение**

1. Так как потери по условию отсутствуют, то всё количество теплоты, отданное водой при охлаждении от начальной температуры  $t_1$  до  $t_2 = 0^\circ\text{C}$ , пошло на плавление льда, имеющего температуру плавления. Запишем уравнение теплового баланса:

$$|Q_{\text{отд}}| = |Q_{\text{пол}}|, \text{ или } cm_{\text{вод}}(t_1 - t_2) = \lambda m_{\text{льд}}, \text{ откуда } t_1 = \frac{\lambda m_{\text{льд}}}{cm_{\text{вод}}} + t_2,$$

где  $c$  и  $m_{\text{вод}}$  — удельная теплоёмкость и масса воды соответственно,  $\lambda$  и  $m_{\text{льд}}$  — удельная теплота плавления и масса растаявшего льда.

2. Подставив числовые значения, получим искомую величину:

$$t_1 = \frac{3,3 \cdot 10^5 \cdot 0,14}{4200 \cdot 0,25} + 0 = 44^\circ\text{C}.$$

**Ответ:**  $t_1 = 44^\circ\text{C}$ .

24

**Возможное решение**

1. Согласно графику цикла гелий получает положительное количество теплоты от нагревателя на участках 1–2 и 2–3. При этом процесс 1–2 является изохорным и газ работы не совершает. В соответствии с первым началом термодинамики, формулой для внутренней энергии одноатомного идеального газа  $(U = \frac{3}{2}vRT)$ , графическим способом определения работы газа и уравнением Менделеева — Клапейрона ( $pV = vRT$ ) получим:

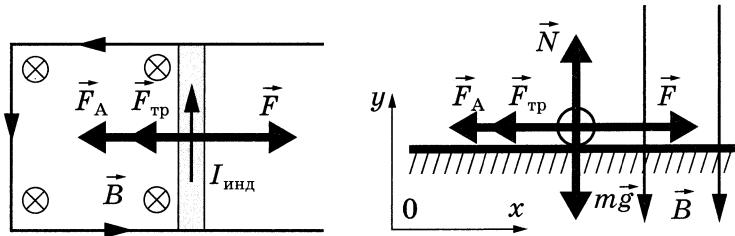
$$\begin{aligned} Q_{\text{нагр}} &= Q_{12} + Q_{23} = (U_3 - U_1) + A_{23} = \left(\frac{3}{2}vRT_3 - \frac{3}{2}vRT_1\right) + \frac{1}{2}(2p_0 + 3p_0)(4V_0 - V_0) = \\ &= \frac{3}{2}(p_3V_3 - p_1V_1) + \frac{15}{2}p_0V_0 = \frac{3}{2}(12p_0V_0 - p_0V_0) + \frac{15}{2}p_0V_0 = 24p_0V_0. \end{aligned}$$

2. Согласно графику цикла  $vRT_2 = 2p_0V_0$ , откуда:

$$Q_{\text{нагр}} = 24p_0V_0 = 12vRT_2 = 12 \cdot 2 \cdot 8,31 \cdot 250 \approx 50 \cdot 10^3 \text{ Дж} \approx 50 \text{ кДж}.$$

**Ответ:**  $Q_{\text{нагр}} \approx 50 \text{ кДж}$ .

25

**Возможное решение**

При движении перемычки в однородном магнитном поле на её концах возникает ЭДС электромагнитной индукции:  $\mathcal{E} = Bul$ , где  $B$  — модуль индукции магнитного поля,  $v$  и  $l$  — соответственно скорость и длина перемычки. Согласно закону Ома для полной цепи в замкнутом контуре возникает индукционный ток:  $I_{\text{инд}} = \frac{\mathcal{E}}{R} = \frac{Bul}{R}$ ,

где  $R$  — сопротивление перемычки. Поскольку скорость перемычки постоянна, то ЭДС и индукционный ток также будут постоянными. Согласно правилу Ленца индукционный ток, возникающий в контуре, будет направлен так, чтобы при движении перемычки своим магнитным полем препятствовать увеличению магнитного потока через площадку, охваченную контуром, т. е. индукционный ток будет направлен против часовой стрелки (см. рисунок). Благодаря появлению индукционного тока на перемычку со стороны магнитного поля начнёт действовать сила Ампера, направленная согласно правилу левой руки в противоположную движению сторону:  $F_A = BI_{\text{инд}}l = \frac{B^2 l^2 v}{R}$ .

На перемычку действуют пять сил: сила тяжести  $m\vec{g}$ , нормальная составляющая силы реакции опоры  $\vec{N}$ , сила трения  $\vec{F}_{\text{тр}}$ , сила Ампера  $\vec{F}_A$  и искомая сила  $\vec{F}$  (см. рисунок). Перемычка движется с постоянной скоростью, поэтому её ускорение равно нулю. Второй закон Ньютона в проекциях имеет вид:  $Ox: 0 = F - F_{\text{тр}} - F_A$ ;  $Oy: 0 = N - mg$ . Сила трения скольжения  $F_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg$ . В итоге получаем:

$$F = \frac{(Bl)^2 v}{R} - \mu mg = \frac{(0,1 \cdot 1)^2 \cdot 2}{0,025} + 0,2 \cdot 0,37 \cdot 10 = 1,54 \text{ Н.}$$

Ответ:  $F = 1,54$  Н.

26

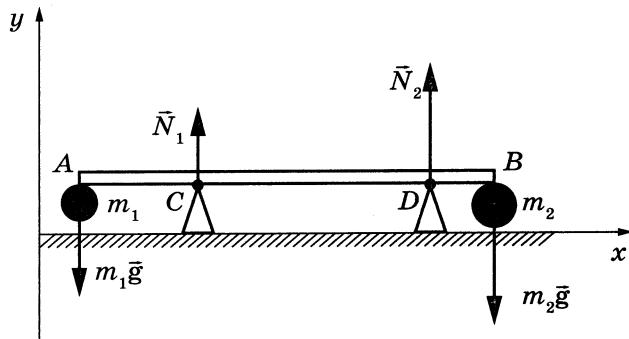
### Возможное решение

#### Обоснование

1. Рассмотрим задачу в системе отсчёта, связанной с Землёй. Будем считать эту систему отсчёта инерциальной (ИСО).
2. Описываем стержень с шарами моделью твёрдого тела (форма и размеры тела неизменны, расстояние между любыми двумя точками тела остаётся неизменным).
3. Стержень не движется поступательно, поэтому сумма сил, действующих на него, равна нулю.
4. Стержень не вращается, поэтому сумма моментов сил относительно оси, проходящей через точку А перпендикулярно плоскости рисунка, равна нулю.
5. Согласно третьему закону Ньютона силы, с которыми шары и стержень взаимодействуют друг с другом, равны по модулю и направлены в противоположные стороны.

#### Решение

1. На твёрдое тело, образованное стержнем и двумя шарами, действуют силы тяжести  $m_1\vec{g}$  и  $m_2\vec{g}$ , приложенные к центрам шаров, и силы реакции опор  $\vec{N}_1$  и  $\vec{N}_2$ . По третьему закону Ньютона модули сил реакции равны соответствующим модулям сил давления стержня на опоры, поэтому  $N_2 = 2N_1$  (в соответствии с условием задачи).



2. В инерциальной системе отсчёта  $Oxy$ , связанной с Землёй, условия равновесия тела приводят к системе уравнений:

$$\begin{cases} N_1 + N_2 - m_1 g - m_2 g = 0 & \text{— центр масс не движется вдоль } Oy; \\ N_1 x + N_2 (l+x) - m_2 g L = 0 & \text{нет вращения вокруг точки } A. \end{cases}$$

Здесь  $l = CD$ ,  $x$  — плечо силы  $N_1$  ( $x = AC$ ).

3. С учётом условия  $N_2 = 2N_1$  систему уравнений перепишем в виде:

$$\begin{cases} 3N_1 = (m_1 + m_2)g; \\ (3x + 2l)N_1 = m_2 g L. \end{cases}$$

Поделив второе уравнение на первое, получим:  $x + \frac{2}{3}l = \frac{m_2}{m_1 + m_2}L$ , откуда  $m_2 = \frac{m_1}{\frac{2}{3}l + x - 1}$ .

4. Подставляя значения физических величин, получим ответ:

$$m_2 = \frac{\frac{5}{1,8}}{\frac{2}{3} \cdot 0,6 + 0,8} - 1 = 10 \text{ кг.}$$

Ответ:  $m_2 = 10$  кг.

### Вариант 3

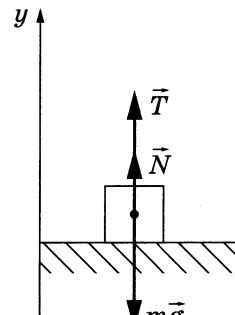
21

#### Возможное решение

1. Если сила  $\vec{F}$  достаточно мала, груз покоятся относительно стола (эту систему отсчёта будем считать инерциальной). На груз при этом действуют сила тяжести  $m\vec{g}$ , сила реакции со стороны стола  $\vec{N}$  и сила натяжения нити  $\vec{T}$ , показанные на рисунке *a*. Запишем второй закон Ньютона для груза в проекциях на ось  $y$  введённой системы отсчёта:  $N + T - mg = 0$ .

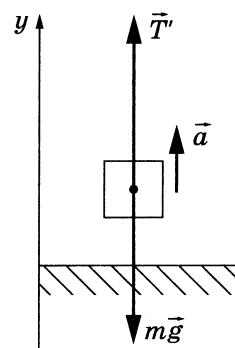
Поскольку нить лёгкая, а блок идеальный, модуль силы натяжения нити во всех точках одинаков, поэтому  $T = F$ .

Отсюда получаем:  $N = mg - F \geq 0$  при  $F \leq mg = 6$  Н.

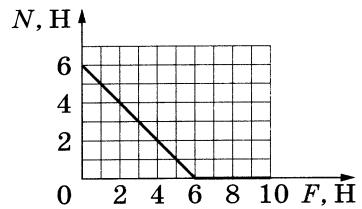
Рис. *a*

2. При  $F > mg = 6$  Н груз отрывается от стола и движется вдоль оси  $y$  с ускорением. На груз при этом действуют только сила тяжести  $m\vec{g}$  и сила натяжения нити  $\vec{T}'$ , показанные на рисунке *б*, а модуль силы реакции стола  $N = 0$ .

Таким образом: а) при  $F \leq mg = 6$  Н  $N = mg - F$ ;  
б) при  $F > mg = 6$  Н  $N = 0$ .

Рис. *б*

3. График этой зависимости представляет собой ломаную линию.



22

### Возможное решение

1. Так как после достижения теплового равновесия в воде всё ещё плавает лёд, то это означает, что конечная температура, установившаяся в калориметре,  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
2. Так как потери по условию отсутствуют, то всё количество теплоты, отданное водой при охлаждении от  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , пошло на плавление льда, имевшего температуру плавления. Запишем уравнение теплового баланса:

$$|Q_{\text{отд}}| = |Q_{\text{пол}}|, \text{ или } cm_{\text{вод}}(t_{\text{гор}} - t_{\text{хол}}) = \lambda m_{\text{льд}}, \text{ откуда } m_{\text{льд}} = \frac{cm_{\text{вод}}(t_{\text{гор}} - t_{\text{хол}})}{\lambda}, \quad (1)$$

где  $c$  и  $m_{\text{вод}}$  — удельная теплоёмкость и масса воды соответственно,  $\lambda$  и  $m_{\text{льд}}$  — удельная теплота плавления и масса растаявшего льда,  $t_{\text{гор}}$  и  $t_{\text{хол}}$  — начальная и конечная температура воды.

3. Подставив числовые значения в (1), получим искомую величину:

$$m_{\text{льд}} = \frac{4,2 \cdot 10^3 \cdot 1,1 \cdot (15 - 0)}{330 \cdot 10^3} = 0,21 \text{ кг} = 210 \text{ г.}$$

**Ответ:**  $m_{\text{льд}} = 210 \text{ г.}$

23

### Возможное решение

Максимальная энергия электрического поля конденсатора равна  $W_M = \frac{CU_M^2}{2}$ , где  $C$  — электроёмкость конденсатора колебательного контура,  $U_M$  — амплитуда напряжения на конденсаторе.

Согласно формуле Томсона период электромагнитных колебаний в контуре определяется соотношением  $T = 2\pi\sqrt{LC}$ , где  $L$  — индуктивность катушки колебательного контура.

Согласно данным, приведённым в таблице,  $U_M = 40 \text{ В}$  и  $T = 8 \cdot 10^{-6} \text{ с}$ .

$$\text{В итоге получим: } W_M = \frac{T^2 U_M^2}{8\pi^2 L} = \frac{64 \cdot 10^{-12} \cdot 40^2}{8 \cdot 3,14^2 \cdot 4,3 \cdot 10^{-3}} \approx 300 \cdot 10^{-9} \text{ Дж} = 0,3 \text{ мкДж.}$$

**Ответ:**  $W_M \approx 0,3 \text{ мкДж.}$

24

### Возможное решение

1. В соответствии с условиями равновесия поршня

$$p_a + (M+m)g/S = p_1, \quad (1)$$

$$p_a + Mg/S = p_2, \quad (2)$$

где  $p_a$  — атмосферное давление воздуха,  $p_1$  и  $p_2$  — соответственно давление воздуха в сосуде до и после удаления груза массой  $m$ .

2. Согласно закону Бойля — Мариотта

$$p_1 h_1 S = p_2 h_2 S, \text{ где } h_2 = h_1 + \Delta h. \quad (3)$$

Решая систему уравнений (1)–(3), получим:

$$h_2 = \frac{p_a S + (M+m)g}{p_a S + Mg} h_1; \quad m = \frac{(p_a S + Mg)\Delta h}{gh_1} = \frac{(10^5 \cdot 5 \cdot 10^{-4} + 1 \cdot 10) \cdot 0,02}{10 \cdot 0,15} = 0,8 \text{ кг.}$$

**Ответ:**  $m = 0,8$  кг.

25

### Возможное решение

1. 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.

2. В соответствии с законом Ома для замкнутой цепи в контуре течёт ток

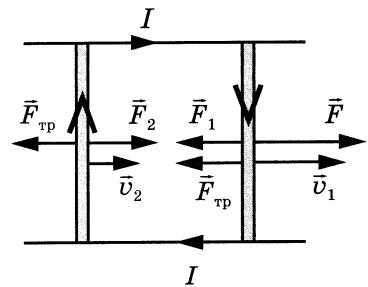
$$I = \frac{|\mathcal{E}|}{2R} = \frac{Blv_{\text{отн}}}{2R}.$$

3. 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  $\vec{F}_{\text{тр}}$ .

Так как стержни движутся равномерно, сумма сил, приложенных к каждому стержню, равна нулю:  $F - F_1 - F_{\text{тр}} = 0$ ,  $F_2 - F_{\text{тр}} = 0$ . Отсюда получим:  $F = 2F_1 = \frac{(Bl)^2}{R}v_{\text{отн}}$ .

$$\text{Следовательно, } v_{\text{отн}} = \frac{FR}{(Bl)^2} = \frac{0,1 \cdot 0,1}{(1 \cdot 0,1)^2} = 1 \text{ м/с.}$$

**Ответ:**  $v_{\text{отн}} = 1$  м/с.



26

### Возможное решение

#### Обоснование

1. Рассмотрим задачу в системе отсчёта, связанной с Землёй. Будем считать эту систему отсчёта инерциальной (ИСО).
2. Описываем стержень моделью твёрдого тела (форма и размеры тела неизменны, расстояние между любыми двумя точками тела остаётся неизменным).
3. Стержень находится в равновесии относительно вращательного движения, поэтому сумма моментов сил относительно оси, проходящей перпендикулярно плоскости рисунка через точку A, равна нулю.

4. Груз описываем моделью материальной точки, потому что он может двигаться только поступательно.
5. Нить нерастяжима, поэтому, если покойится стержень, то покойится и груз.
6. Груз находится в покое относительно поступательного движения, следовательно, сумма сил, действующих на него, равна нулю.
7. Нить невесома, блок идеален (масса блока ничтожна, трения нет), поэтому модуль силы натяжения нити в любой её точке один и тот же.

### Решение

1. Введём декартову систему координат  $xOy$ , как показано на рисунке. Поскольку груз находится в равновесии, согласно второму закону Ньютона

$$T_1 - Mg = 0. \quad (1)$$

2. На стержень с грузами  $m_1$  и  $m_2$  действуют силы  $m_1\bar{g}$  и  $m_2\bar{g}$ , а также сила натяжения нити  $\bar{T}_2$ ,  $|\bar{T}_1| = |\bar{T}_2| = T$ . Кроме того, на стержень действует сила  $\bar{F}$  со стороны шарнира. Запишем условие равенства нулю суммы моментов этих сил относительно оси вращения, проходящей через точку  $A$  — точку шарнирного закрепления стержня:

$$m_1g \cdot b \sin \alpha + m_2g \cdot l \sin \alpha - T \cdot AD = 0. \quad (2)$$

3. Решая систему уравнений (1) и (2), с учётом  $AD = l \sin \varphi = l \sin(\alpha + \beta)$ , получим:

$$m_1 = \frac{(M \sin(\alpha + \beta) - m_2 \sin \alpha)l}{b \sin \alpha} = \frac{\left(0,25 \frac{\sqrt{3}}{2} - 0,2 \frac{\sqrt{2}}{2}\right) \cdot 0,4}{0,25 \frac{\sqrt{2}}{2}} \approx 0,17 \text{ кг.}$$

**Ответ:**  $m_1 \approx 0,17$  кг.

### Вариант 4

21

#### Возможное решение

1. Если сила  $\bar{F}$  достаточно мала, груз покойится относительно стола (эту систему отсчёта будем считать инерциальной). На груз при этом действуют сила тяжести  $m\bar{g}$ , сила реакции со стороны стола  $\bar{N}$  и сила натяжения нити  $\bar{T}$ , показанные на рисунке *a*. Запишем второй закон Ньютона для груза в проекциях на ось  $y$  введённой системы отсчёта:  $N + T - mg = 0$ .

Поскольку нить лёгкая, а блок идеальный, модуль силы натяжения нити во всех точках одинаков, поэтому  $T = F$ .

Отсюда получаем:  $N = mg - F \geq 0$  при  $F \leq mg = 3$  Н.

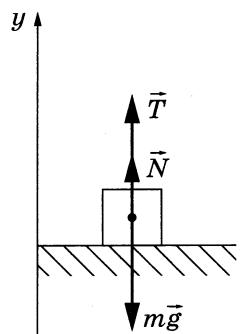


Рис. *a*

2. При  $F > mg = 3$  Н груз отрывается от стола и движется вдоль оси  $y$  с ускорением. На груз при этом действуют только сила тяжести  $mg$  и сила натяжения нити  $\vec{T}'$ , показанные на рисунке б, а модуль силы реакции стола  $N = 0$ .

Таким образом: а) при  $F \leq mg = 3$  Н  $N = mg - F$ ;  
б) при  $F > mg = 3$  Н  $N = 0$ .

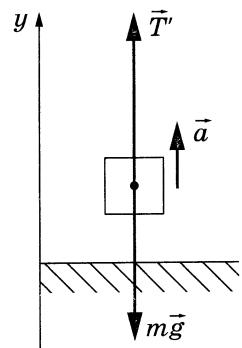
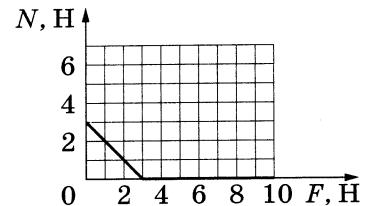


Рис. б

3. График этой зависимости представляет собой ломаную линию.



22

### Возможное решение

1. Так как после достижения теплового равновесия в воде всё ещё плавает лёд, то это означает, что конечная температура, установившаяся в калориметре,  $0$  °C.
2. Так как потери по условию отсутствуют, то всё количество теплоты, отданное водой при охлаждении от  $15$  до  $0$  °C, пошло на плавление льда, имевшего температуру плавления. Запишем уравнение теплового баланса:

$$|Q_{\text{отд}}| = |Q_{\text{пол}}|, \text{ или } cm_{\text{вод}}(t_{\text{гор}} - t_{\text{хол}}) = \lambda m_{\text{льд}}, \text{ откуда } m_{\text{вод}} = \frac{\lambda m_{\text{льд}}}{c(t_{\text{гор}} - t_{\text{хол}})}, \quad (1)$$

где  $c$  и  $m_{\text{вод}}$  — удельная теплоёмкость и масса воды соответственно,  $\lambda$  и  $m_{\text{льд}}$  — удельная теплота плавления и масса растаявшего льда,  $t_{\text{гор}}$  и  $t_{\text{хол}}$  — начальная и конечная температура воды.

3. Подставив числовые значения в (1), получим искомую величину:

$$m_{\text{вод}} = \frac{330 \cdot 10^3 \cdot 0,12}{4,2 \cdot 10^3 \cdot (15 - 0)} \approx 0,63 \text{ кг} = 630 \text{ г.}$$

Ответ:  $m_{\text{вод}} = 630$  г.

23

### Возможное решение

Максимальная энергия магнитного поля катушки равна  $W_M = \frac{LI_M^2}{2}$ , где  $L$  — индуктивность катушки колебательного контура,  $I_M$  — амплитуда силы тока в катушке.

Согласно формуле Томсона период электромагнитных колебаний в контуре определяется соотношением  $T = 2\pi\sqrt{LC}$ , где  $C$  — электроёмкость конденсатора колебательного контура.

Согласно данным, приведённым в таблице,  $I_M = 4 \cdot 10^{-3}$  А и  $T = 8 \cdot 10^{-6}$  с.

$$\text{В итоге получим: } W_M = \frac{T^2 I_M^2}{8\pi^2 C} = \frac{64 \cdot 10^{-12} \cdot 16 \cdot 10^{-6}}{8 \cdot 3,14^2 \cdot 405 \cdot 10^{-12}} \approx 32 \cdot 10^{-9} \text{ Дж} = 32 \text{ нДж.}$$

**Ответ:**  $W_M \approx 32$  нДж.

24

### Возможное решение

1. В соответствии с условиями равновесия поршня

$$p_a + (M+m)g/S = p_1, \quad (1)$$

$$p_a + Mg/S = p_2, \quad (2)$$

где  $p_a$  — атмосферное давление воздуха,  $p_1$  и  $p_2$  — соответственно давление воздуха в сосуде до и после удаления груза массой  $m$ .

2. Согласно закону Бойля — Мариотта  $p_1 h_1 S = p_2 h_2 S$ , где  $h_2 = h_1 + \Delta h$ . (3)

Решая систему уравнений (1)–(3), получим:

$$h_2 = \frac{p_a S + (M+m)g}{p_a S + Mg} h_1; \quad \Delta h = \frac{mgh_1}{p_a S + Mg} = \frac{0,5 \cdot 10 \cdot 0,13}{10^5 \cdot 5 \cdot 10^{-4} + 1 \cdot 10} \approx 0,011 \text{ м.}$$

**Ответ:**  $\Delta h \approx 1,1$  см.

25

### Возможное решение

1. 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.

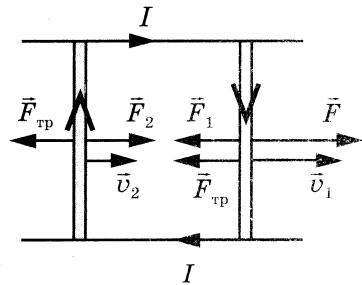
2. В соответствии с законом Ома для замкнутой цепи в контуре течёт ток:

$$I = \frac{|\mathcal{E}|}{2R} = \frac{Blv_{\text{отн}}}{2R}.$$

3. 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  $\vec{F}_{\text{тр}}$ .

Так как стержни движутся равномерно, сумма сил, приложенных к каждому стержню, равна нулю:  $F - F_1 - F_{\text{тр}} = 0$ ,  $F_2 - F_{\text{тр}} = 0$ . Отсюда получим:  $F = 2F_1 = \frac{(Bl)^2}{R}v_{\text{отн}}$ .

$$\text{Следовательно, } R = \frac{(Bl)^2 v_{\text{отн}}}{F} = \frac{(2 \cdot 0,1)^2 \cdot 0,75}{0,5} = 0,06 \text{ Ом.}$$



**Ответ:**  $R = 0,06$  Ом.

26

**Возможное решение****Обоснование**

- Рассмотрим задачу в системе отсчёта, связанной с Землёй. Будем считать эту систему отсчёта инерциальной (ИСО).
- Описываем стержень моделью твёрдого тела (форма и размеры тела неизменны, расстояние между любыми двумя точками тела остаётся неизменным).
- Стрелка находится в равновесии относительно вращательного движения, поэтому сумма моментов сил относительно оси, проходящей перпендикулярно плоскости рисунка через точку  $A$ , равна нулю.
- Груз описываем моделью материальной точки, потому что он может двигаться только поступательно.
- Нить нерастяжима, поэтому, если покоится стрелка, то покойтся и груз.
- Груз находится в покое относительно поступательного движения, следовательно, сумма сил, действующих на него, равна нулю.
- Нить невесома, блок идеален (масса блока ничтожна, трения нет), поэтому модуль силы натяжения нити в любой её точке один и тот же.

**Решение**

- Введём декартову систему координат  $xOy$ , как показано на рисунке. Поскольку груз находится в равновесии, согласно второму закону Ньютона

$$T_1 - Mg = 0. \quad (1)$$

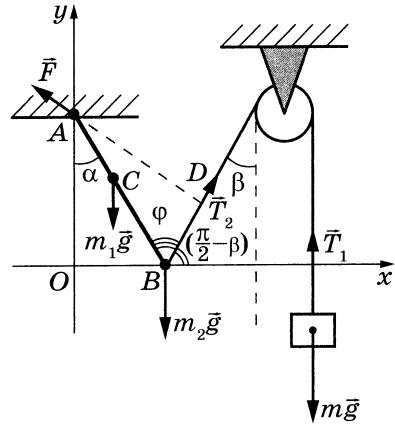
- На стрелку с грузами  $m_1$  и  $m_2$  действуют силы  $m_1\bar{g}$  и  $m_2\bar{g}$ , а также сила натяжения нити  $\bar{T}_2$ ,  $|\bar{T}_1| = |\bar{T}_2| = T$ . Кроме того, на стрелку действует сила  $\bar{F}$  со стороны шарнира. Запишем условие равенства нулю суммы моментов этих сил относительно оси вращения, проходящей через точку  $A$  — точку шарнирного закрепления стрелки:

$$m_1g \cdot b \sin \alpha + m_2g \cdot l \sin \alpha - T \cdot AD = 0. \quad (2)$$

- Решая систему уравнений (1) и (2), с учётом  $AD = l \sin \varphi = l \sin(\alpha + \beta)$ , получим:

$$l = \frac{m_1 \cdot b \sin \alpha}{M \sin(\alpha + \beta) - m_2 \sin \alpha} = \frac{100 \cdot 25 \frac{\sqrt{2}}{2}}{200 \frac{\sqrt{3}}{2} - 200 \frac{\sqrt{2}}{2}} \approx 55,6 \text{ см.}$$

**Ответ:**  $l \approx 55,6$  см.



## Вариант 5

**21**

### Возможное решение

- Электроёмкость плоского воздушного конденсатора определяется соотношением  $C_1 = \frac{\epsilon_0 S}{d}$ , где  $\epsilon_0$  — электрическая постоянная,  $S$  — площадь пластин конденсатора,  $d$  — расстояние между ними. При заполнении пространства между пластинами конденсатора диэлектриком с относительной диэлектрической проницаемостью  $\epsilon = 2,5$  электроёмкость конденсатора согласно формуле  $C_2 = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$  возрастает в 2,5 раза.
- Поскольку конденсатор изолирован, согласно закону сохранения электрического заряда его заряд остаётся постоянным:  $q = \text{const}$ .
- Энергия конденсатора определяется в двух состояниях соотношениями  $W_1 = \frac{q^2}{2C_1}$  и  $W_2 = \frac{q^2}{2C_2} = \frac{q^2}{2\epsilon C_1} = \frac{W_1}{\epsilon}$ .
- Таким образом, при заполнении пространства между пластинами диэлектриком энергия конденсатора уменьшилась в  $\epsilon = 2,5$  раза.

**22**

### Возможное решение

- Шарики испытывают абсолютно неупругое соударение. Для системы из двух шариков в инерциальной системе отсчёта выполняется закон сохранения импульса (ЗСИ), так как при малом времени взаимодействия действием внешней силы (силы тяжести) можно пренебречь.
- Взаимодействие шаров можно изобразить так, как показано на рисунке.



- С учётом того, что  $|\vec{v}_1| = |\vec{v}_2| = v$ , а совместная скорость после соударения равна  $u$ , запишем ЗСИ в проекциях на ось  $Ox$ :

$$3mv - mv = 4mu, \text{ откуда } v = 2u = 2 \cdot 0,5 = 1 \text{ м/с.}$$

**Ответ:**  $v = 1$  м/с.

**23**

### Возможное решение

- Так как после достижения теплового равновесия температура воды выше нуля, то это означает, что весь первоначальный кусок льда растаял.
- Так как потери по условию отсутствуют, а лёд первоначально находится при температуре плавления, то всё количество теплоты, полученное льдом при охлаждении воды от 55 до 5 °C, пошло на плавление льда и нагревание талой воды от 0 до 5 °C. Запишем уравнение теплового баланса:

$$|Q_{\text{отд}}| = |Q_{\text{пол}}|, \text{ или } cm_{\text{вод}}(t_{\text{гор}} - t_{\text{хол}}) = \lambda m_{\text{лед}} + cm_{\text{лед}}(t_{\text{хол}} - t_{\text{плав}}),$$

$$\text{откуда } m_{\text{вод}} = \frac{m_{\text{лед}} (\lambda + c(t_{\text{хол}} - t_{\text{плав}}))}{c(t_{\text{топ}} - t_{\text{хол}})}, \quad (1)$$

где  $c$  и  $m_{\text{вод}}$  — удельная теплоёмкость и масса воды соответственно,  $\lambda$  и  $m_{\text{лед}}$  — удельная теплота плавления и масса растаявшего льда,  $t_{\text{топ}}$  и  $t_{\text{хол}}$  — начальная и конечная температура воды,  $t_{\text{плав}}$  — температура плавления льда.

3. Подставив числовые значения в (1), получим искомую величину:

$$m_{\text{вод}} = \frac{0,3 \cdot (3,3 \cdot 10^5 + 4200 \cdot (5 - 0))}{4200 \cdot (55 - 5)} \approx 0,5 \text{ кг.}$$

**Ответ:**  $m_{\text{вод}} \approx 0,5$  кг.

24

### Возможное решение

1. Систему отсчёта, связанную с Землёй, будем считать инерциальной. В процессе медленного подъёма поршня его ускорение считаем ничтожно малым. Поэтому сумма приложенных к поршню сил при его движении равна нулю. В проекциях на вертикальную ось  $Oy$  получаем:

$$F_1 - F_0 - Mg = 0, \text{ или } p_1 S - p_0 S - Mg = 0.$$

Отсюда получаем давление газа  $p_1$  под движущимся поршнем:

$$p_1 = p_0 + \frac{Mg}{S}.$$

2. Используем модель одноатомного идеального газа:  $\begin{cases} pV = \nu RT, \\ U = \frac{3}{2}\nu RT. \end{cases}$

Отсюда получаем:  $U = \frac{3}{2}pV$ . Внутренняя энергия газа в исходном состоянии

$$U_0 = \frac{3}{2}p_0 Sh, \text{ а в конечном состоянии } U_1 = \frac{3}{2}p_1 SH = \frac{3}{2}(p_0 S + Mg)H.$$

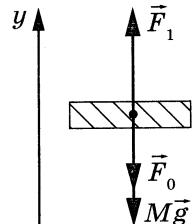
3. Процесс движения поршня идёт при постоянном давлении газа  $p_1$ . Поэтому из первого начала термодинамики получаем:

$$Q = U_1 - U_0 + p_1 \Delta V = U_1 - U_0 + p_1 S(H - h).$$

Подставляя сюда выражения для  $p_1$ ,  $U_0$  и  $U_1$ , получим:

$$Q = \frac{3}{2}Mgh + \frac{5}{2}(Mg + p_0 S) \cdot (H - h). \\ \text{Решая это уравнение относительно } S, \text{ получим: } S = \frac{Q - Mg\left(\frac{3}{2}h + \frac{5}{2}(H - h)\right)}{\frac{5}{2}p_0(H - h)}.$$

$$\text{Ответ: } S = \frac{Q - Mg\left(\frac{3}{2}h + \frac{5}{2}(H - h)\right)}{\frac{5}{2}p_0(H - h)}.$$



25

**Возможное решение**

- При изменении магнитного потока через площадь рамки в ней возникнет ЭДС индукции  $\mathcal{E}_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -\frac{\Delta B_n}{\Delta t} S$ .
- Скорость изменения проекции вектора индукции магнитного поля  $B_n$  на перпендикуляр к плоскости рамки определим из графика:  $-\frac{\Delta B_n}{\Delta t} = \frac{0,3}{3} = 0,1$  Тл/с.
- Согласно закону Джоуля — Ленца в рамке выделится количество теплоты

$$Q = \frac{\mathcal{E}_i^2}{R} \tau = \frac{\tau}{R} \left( \frac{\Delta B_n}{\Delta t} S \right)^2.$$

- Так как площадь рамки  $S = l^2$ , а её сопротивление  $R = \rho \frac{4l}{S_0}$ , то получим:

$$Q = \frac{S_0 l^3 \tau (\Delta B_n / \Delta t)^2}{4\rho} = \frac{0,1 \cdot 10^{-6} \cdot 10^{-3} \cdot 4 \cdot 10^{-2}}{4 \cdot 1,7 \cdot 10^{-8}} \approx 59 \cdot 10^{-6} \text{ Дж} = 59 \text{ мкДж.}$$

**Ответ:**  $Q \approx 59$  мкДж.

26

**Возможное решение****Обоснование**

- Рассмотрим задачу в системе отсчёта, связанной с Землёй. Будем считать эту систему отсчёта инерциальной (ИСО).
- Описываем стержень моделью твёрдого тела (форма и размеры тела неизменны, расстояние между любыми двумя точками тела остаётся неизменным).
- Сумма приложенных к стержню внешних сил равна нулю, так как он находится в равновесии относительно поступательного движения. Сумма моментов этих сил относительно оси, проходящей перпендикулярно плоскости рисунка через точку шарнирного крепления (точку  $O$ ), равна нулю, так как стержень не вращается.
- Доска движется поступательно. Движение доски в ИСО можно описать с помощью законов Ньютона, сформулированных для материальных точек.
- Согласно третьему закону Ньютона силы, с которыми доска и стержень взаимодействуют друг с другом, равны по модулю и направлены в противоположные стороны.

**Решение**

1. В инерциальной системе отсчёта, связанной с Землёй, доска по условию движется поступательно с постоянной скоростью. Поэтому, в частности, сумма горизонтальных сил  $\vec{F}$  и  $\vec{F}_{\text{tp}1}$ , приложенных к доске, равна нулю (рис. а). Отсюда получаем:  $F = F_{\text{tp}1}$ .

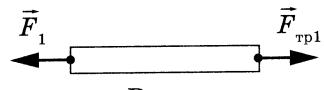


Рис. а

2. На рисунке б показаны силы, приложенные к стержню. По третьему закону Ньютона  $\vec{F}_{\text{tp}2} = -\vec{F}_{\text{tp}1}$ . Поэтому:

$$F_{\text{tp}2} = F_{\text{tp}1} = F. \quad (1)$$

3. По условию задачи стержень не вращается, поэтому выполнено условие равновесия стержня на оси шарнира  $O$  (правило моментов). Обозначив длину стержня  $L$ , запишем это условие:

$$mg \frac{L}{2} \cos \alpha - F_{\text{tp}2} L \sin \alpha - NL \cos \alpha = 0. \quad (2)$$

4. Доска движется относительно стержня, поэтому:  $F_{\text{tp}2} = \mu N$ . (3)

5. Подставив (1) в (3), а (3) в (2), получим уравнение:

$$mg \cos \alpha - 2F \sin \alpha - 2 \frac{F}{\mu} \cos \alpha = 0$$

с решением:  $m = \frac{2F}{g} \left( \frac{1}{\mu} + \tan \alpha \right) = \frac{2 \cdot 2}{10} \left( \frac{1}{0,2} + \frac{\sqrt{3}}{3} \right) = 2 \left( 1 + \frac{\sqrt{3}}{15} \right) \approx 2,2 \text{ кг.}$

**Ответ:**  $m \approx 2,2 \text{ кг.}$

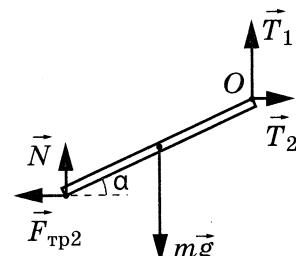


Рис. б

**Вариант 6****21****Возможное решение**

1. Электроёмкость плоского воздушного конденсатора определяется соотношением  $C_1 = \frac{\epsilon_0 S}{d}$ , где  $\epsilon_0$  — электрическая постоянная,  $S$  — площадь пластин конденсатора,  $d$  — расстояние между ними. При заполнении пространства между пластинами конденсатора диэлектриком с относительной диэлектрической проницаемостью  $\epsilon = 2,5$  электроёмкость конденсатора согласно формуле  $C_2 = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$  возрастает в 2,5 раза.

2. Поскольку конденсатор при заполнении остаётся подключённым к источнику, напряжение на нём остаётся постоянным:  $U = \text{const}$ .

3. Энергия конденсатора определяется в двух состояниях соотношениями  $W_1 = \frac{C_1 U^2}{2}$

$$\text{и } W_2 = \frac{C_2 U^2}{2} = \frac{\epsilon C_1 U^2}{2} = \epsilon W_1.$$

4. Таким образом, при заполнении пространства между пластинами диэлектриком энергия конденсатора возросла в  $\epsilon = 2,5$  раза.

22

**Возможное решение**

1. Шарики испытывают абсолютно неупругое соударение. Для системы из двух шариков в инерциальной системе отсчёта выполняется закон сохранения импульса (ЗСИ), так как при малом времени взаимодействия действием внешней силы (силы тяжести) можно пренебречь.

2. Взаимодействие шаров можно изобразить так, как показано на рисунке.



3. С учётом того, что  $|v_1| = |v_2| = v$ , а совместная скорость после соударения равна  $u$ , запишем ЗСИ в проекциях на ось  $Ox$ :

$$3mv - mv = 4mu, \text{ откуда } u = v/2 = 4/2 = 2 \text{ м/с.}$$

**Ответ:**  $u = 2$  м/с.

23

**Возможное решение**

1. Так как после достижения теплового равновесия температура воды выше нуля, то это означает, что весь первоначальный кусок льда растаял.

2. Так как потери по условию отсутствуют, а лёд первоначально находится при температуре плавления, то всё количество теплоты, полученное льдом при охлаждении воды от 45 до 5 °C, пошло на плавление льда и нагревание талой воды от 0 до 5 °C. Запишем уравнение теплового баланса:

$$|Q_{\text{отд}}| = |Q_{\text{пол}}|, \text{ или } cm_{\text{вод}}(t_{\text{гор}} - t_{\text{хол}}) = \lambda m_{\text{льд}} + cm_{\text{льд}}(t_{\text{хол}} - t_{\text{плав}}), \\ \text{откуда } m_{\text{льд}} = \frac{cm_{\text{вод}}(t_{\text{гор}} - t_{\text{хол}})}{\lambda + c(t_{\text{хол}} - t_{\text{плав}})},$$

где  $c$  и  $m_{\text{вод}}$  — удельная теплоёмкость и масса воды соответственно,  $\lambda$  и  $m_{\text{льд}}$  — удельная теплота плавления и масса растаявшего льда,  $t_{\text{гор}}$  и  $t_{\text{хол}}$  — начальная и конечная температура воды,  $t_{\text{плав}}$  — температура плавления льда.

3. Подставив числовые значения в (2), получим искомую величину:

$$m_{\text{льд}} = \frac{4200 \cdot 0,45 \cdot (45 - 5)}{3,3 \cdot 10^5 + 4200 \cdot (5 - 0)} \approx 0,215 \text{ кг} = 215 \text{ г.}$$

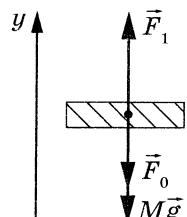
**Ответ:**  $m_{\text{льд}} \approx 215$  г.

24

**Возможное решение**

1. Систему отсчёта, связанную с Землёй, будем считать инерциальной. В процессе медленного подъёма поршня его ускорение считаем ничтожно малым. Поэтому сумма приложенных к поршню сил при его движении равна нулю. В проекциях на вертикальную ось  $y$  получаем:

$$F_1 - F_0 - Mg = 0, \text{ или } p_1S - p_0S - Mg = 0.$$



Отсюда получаем давление газа  $p_1$  под движущимся поршнем:  $p_1 = p_0 + \frac{Mg}{S}$ .

2. Используем модель одноатомного идеального газа:  $\begin{cases} pV = vRT, \\ U = \frac{3}{2}vRT. \end{cases}$

Отсюда получаем:  $U = \frac{3}{2}pV$ . Внутренняя энергия газа в исходном состоянии

$U_0 = \frac{3}{2}p_0Sh$ , а в конечном состоянии  $U_1 = \frac{3}{2}p_1SH = \frac{3}{2}(p_0S + Mg)H$ .

3. Процесс движения поршня идёт при постоянном давлении газа  $p_1$ . Поэтому из первого начала термодинамики получаем:

$$Q = U_1 - U_0 + p_1\Delta V = U_1 - U_0 + p_1S(H - h).$$

Подставляя сюда выражения для  $p_1$ ,  $U_0$  и  $U_1$ , получим:

$$Q = \frac{3}{2}Mgh + \frac{5}{2}(Mg + p_0S) \cdot (H - h).$$

Решая это уравнение относительно  $M$ , получим:  $M = \frac{Q - \frac{5}{2}p_0S(H - h)}{g\left(\frac{3}{2}h + \frac{5}{2}(H - h)\right)}$ .

Ответ:  $M = \frac{Q - \frac{5}{2}p_0S(H - h)}{g\left(\frac{3}{2}h + \frac{5}{2}(H - h)\right)}$ .

## 25

### Возможное решение

1. При изменении магнитного потока через площадь рамки в ней возникнет ЭДС индукции  $\mathcal{E}_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -\frac{\Delta B_n}{\Delta t}S$ .

2. Скорость изменения проекции вектора индукции магнитного поля  $B_n$  на перпендикуляр к плоскости рамки определим из графика:  $-\frac{\Delta B_n}{\Delta t} = \frac{0,3}{3} = 0,1$  Тл/с.

3. Согласно закону Джоуля — Ленца в рамке выделится количество теплоты

$$Q = \frac{\mathcal{E}_i^2}{R}\tau = \frac{\tau}{R} \left( \frac{\Delta B_n}{\Delta t} S \right)^2.$$

4. Так как площадь рамки  $S = l^2$ , а её сопротивление  $R = \rho \frac{4l}{S_0}$ , то получим:

$$S_0 = \frac{4\rho Q}{l^3 \tau (\Delta B_n / \Delta t)^2} = \frac{4 \cdot 1,7 \cdot 10^{-8} \cdot 53 \cdot 10^{-6}}{10^{-3} \cdot 5 \cdot 10^{-2}} \approx 0,072 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2 = 0,072 \text{ мм}^2.$$

Ответ:  $S_0 \approx 0,072 \text{ мм}^2$ .

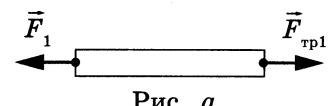
26

**Возможное решение****Обоснование**

1. Рассмотрим задачу в системе отсчёта, связанной с Землёй. Будем считать эту систему отсчёта инерциальной (ИСО).
2. Описываем стержень моделью твёрдого тела (форма и размеры тела неизменны, расстояние между любыми двумя точками тела остаётся неизменным).
3. Сумма приложенных к стержню внешних сил равна нулю, так как он находится в равновесии относительно поступательного движения. Сумма моментов этих сил относительно оси, проходящей перпендикулярно плоскости рисунка через точку шарнирного крепления (точку  $O$ ), равна нулю, так как стержень не вращается.
4. Доска движется поступательно. Движение доски в ИСО можно описать с помощью законов Ньютона, сформулированных для материальных точек.
5. Согласно третьему закону Ньютона силы, с которыми доска и стержень взаимодействуют друг с другом, равны по модулю и направлены в противоположные стороны.

**Решение**

1. В инерциальной системе отсчёта, связанной с Землёй, доска по условию движется поступательно с постоянной скоростью. Поэтому, в частности, сумма горизонтальных сил  $\vec{F}$  и  $\vec{F}_{\text{тр}1}$ , приложенных к доске, равна нулю (рисунок *а*). Отсюда получаем:  $F = F_{\text{тр}1}$ .

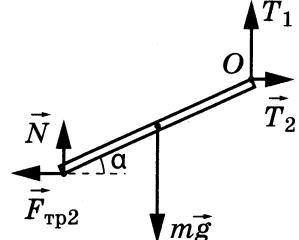
Рис. *а*

2. На рисунке *б* показаны силы, приложенные к стержню. По третьему закону Ньютона  $\vec{F}_{\text{тр}2} = -\vec{F}_{\text{тр}1}$ . Поэтому:

$$F_{\text{тр}2} = F_{\text{тр}1} = F. \quad (1)$$

3. По условию задачи стержень не вращается, поэтому выполнено условие равновесия стержня на оси шарнира  $O$  (правило моментов). Обозначив длину стержня  $L$ , запишем это условие:

$$mg \frac{L}{2} \cos \alpha - F_{\text{тр}2} L \sin \alpha - NL \cos \alpha = 0. \quad (2)$$

Рис. *б*

4. Доска движется относительно стержня, поэтому:

$$F_{\text{тр}2} = \mu N. \quad (3)$$

5. Подставив (1) в (3), а (3) в (2), получим уравнение:

$$mg \cos \alpha - 2F \sin \alpha - 2 \frac{F}{\mu} \cos \alpha = 0$$

с решением:  $F = \frac{mg}{2 \left( \frac{1}{\mu} + \tan \alpha \right)} = \frac{1,6 \cdot 10}{2 \left( \frac{1}{0,3} + \frac{\sqrt{3}}{3} \right)} \approx 2 \text{ Н.}$

**Ответ:**  $F \approx 2 \text{ Н.}$

## Вариант 7

**21**
**Возможное решение**

1. По первому закону термодинамики количество теплоты, которое газ получает, равно сумме изменения его внутренней энергии  $\Delta U$  и работы газа  $A$ :  $Q = \Delta U + A$ .

Плотность газа  $\rho = \frac{m}{V}$ , где  $m$  — масса газа,  $V$  — его объём. Для идеального одноатомного газа внутренняя энергия  $U = \frac{3}{2} \frac{m}{\mu} RT$ , где  $\mu$  — молярная масса газа. По условию задачи  $m = \text{const}$ .

2. На участке 1–2 плотность газа увеличивается прямо пропорционально его давлению, значит, согласно уравнению Менделеева — Клапейрона  $p = \frac{\rho RT}{\mu}$ , происходит изотермическое сжатие газа. Объём уменьшается, газ сжимают, следовательно, работа газа отрицательна:  $A < 0$ . Внутренняя энергия газа остаётся неизменной:  $\Delta U = 0$ . По первому закону термодинамики  $Q < 0$ . В этом процессе газ отдаёт положительное количество теплоты в окружающую среду.

3. Так как на участке 2–3 плотность газа не изменяется, его объём постоянен (изохорный процесс), значит, работа газа  $A = 0$ . В этом процессе давление газа растёт, согласно уравнению Менделеева — Клапейрона температура газа также растёт, т. е. его внутренняя энергия увеличивается:  $\Delta U > 0$ . Значит,  $Q > 0$  и газ в этом процессе получает положительное количество теплоты.

4. В процессе 1–2 газ отдаёт положительное количество теплоты, а в процессе 2–3 получает.

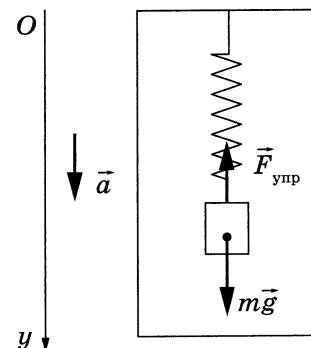
**22**
**Возможное решение**

1. Выберем инерциальную систему отсчёта «шахта лифта», направив вертикальную ось  $Oy$  вниз по ускорению и расставив силы, действующие на груз, как показано на рисунке.

2. Запишем II закон Ньютона для груза в выбранной ИСО в проекциях на ось  $Oy$ :

$$Oy: mg - F_{\text{упр}} = ma, \quad (1)$$

$$\text{откуда } a = g - \frac{F_{\text{упр}}}{m}. \quad (2)$$



3. По закону Гука модуль силы упругости:

$$F_{\text{упр}} = k\Delta y, \quad (3)$$

где  $k$  — жёсткость, а  $\Delta y$  — заданное удлинение пружины.

4. Подставив (3) в (2), находим проекцию искомого ускорения:

$$a = g - \frac{k\Delta y}{m} = 10 - \frac{100 \cdot 0,015}{0,2} = 2,5 \text{ м/с}^2.$$

**Ответ:**  $a = 2,5 \text{ м/с}^2$ .

23

**Возможное решение**

Скорость капли постоянна, если равнодействующая сил, действующих на каплю, равна нулю. На каплю действуют сила тяжести, направленная вниз, и сила со стороны электростатического поля, которая для постоянства скорости должна быть направлена вверх. Следовательно, капля заряжена отрицательно. Для того чтобы капля двигалась с постоянной скоростью, эти силы должны быть равны по модулю:  $mg = |q|E$ .

Напряжённость однородного электростатического поля конденсатора связана с напряжением между пластинами соотношением  $E = \frac{U}{d}$ .

$$\text{Следовательно, заряд капли } q = -\frac{mgd}{U} = -\frac{5 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 10^{-2} \cdot 10}{10^4} = -10^{-10} \text{ Кл.}$$

**Ответ:**  $q = -10^{-10}$  Кл.

24

**Возможное решение**

Влажный воздух представляет собой смесь паров воды и сухого воздуха, следовательно,  $m = m_v + m_n$ , где  $m$ ,  $m_v$ ,  $m_n$  — масса влажного воздуха, сухого воздуха и водяного пара соответственно. Согласно закону Дальтона,  $p = p_v + p_n$ , где  $p$ ,  $p_v$ ,  $p_n$  — давление влажного воздуха, парциальное давление сухого воздуха и парциальное давление водяного пара соответственно. Выразим из уравнения состояния идеального газа  $pV = \frac{m}{\mu}RT$  парциальное давление пара  $p_n = \frac{m_n RT}{\mu_2 V}$

и сухого воздуха  $p_v = \frac{(m - m_n)RT}{\mu_1 V}$ , где  $\mu_1$  — молярная масса сухого воздуха,  $\mu_2$  — молярная масса водяного пара.

Получаем  $p = \left\{ \frac{m}{\mu_1} + \frac{m_n}{\mu_1} \left( \frac{\mu_1}{\mu_2} - 1 \right) \right\} \cdot \frac{RT}{V}$ , откуда

$$m_n = \frac{\frac{pV\mu_1}{RT} - m}{\frac{\mu_1}{\mu_2} - 1} = \frac{\frac{2 \cdot 10^5 \cdot 10^{-2} \cdot 0,029}{8,31 \cdot 353} - 0,018}{\frac{0,029}{0,018} - 1} \approx 2,9 \cdot 10^{-3} \text{ кг} = 2,9 \text{ г.}$$

**Ответ:**  $m_n \approx 2,9$  г.

25

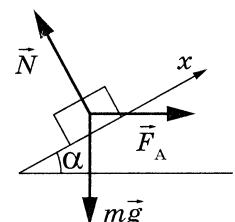
**Возможное решение**

1. На рисунке показаны силы, действующие на стержень с током:

- сила тяжести  $m\vec{g}$ , направленная вертикально вниз;
- сила реакции опоры  $\vec{N}$ , направленная перпендикулярно к наклонной плоскости;
- сила Ампера  $\vec{F}_A$ , направленная горизонтально вправо, что вытекает из правила левой руки.

2. Модуль силы Ампера  $F_A = IBL$ ,

где  $L$  — длина стержня.



(1)

3. Систему отсчёта, связанную с наклонной плоскостью, считаем инерциальной.

Запишем второй закон Ньютона в проекциях на ось  $x$  (см. рисунок):

$$ma_x = -mg \sin \alpha + IBL \cos \alpha, \quad (2)$$

где  $m$  — масса стержня.

$$\text{Отсюда: } I = \frac{m}{L} \cdot \frac{a_x + g \sin \alpha}{B \cos \alpha} = 0,1 \cdot \frac{1,5 + 10 \cdot \sin 30^\circ}{0,3 \cdot \cos 30^\circ} \approx 2,5 \text{ А.} \quad (3)$$

**Ответ:**  $I \approx 2,5$  А.

26

### Возможное решение

#### Обоснование

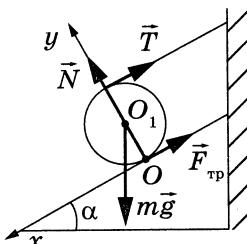
1. Рассмотрим задачу в системе отсчёта, связанной с Землёй. Будем считать эту систему отсчёта инерциальной (ИСО).
2. Описываем цилиндр моделью твёрдого тела (форма и размеры тела неизменны, расстояние между любыми двумя точками тела остаётся неизменным).
3. Поскольку тело не движется поступательно, то векторная сумма сил, действующих на тело, равна нулю.
4. Поскольку тело не вращается, то алгебраическая сумма моментов сил относительно оси, проходящей перпендикулярно рисунку через центр, равна нулю.

#### Решение

1. На цилиндр действуют четыре силы: сила тяжести  $m\vec{g}$ , нормальная составляющая силы реакции опоры  $\vec{N}$ , сила натяжения нити  $\vec{T}$  и сила трения  $\vec{F}_{\text{тр}}$ . Запишем условия равновесия цилиндра. Второй закон Ньютона в проекциях на оси инерциальной системы отсчёта  $Oxy$  имеет вид:

$$Ox : 0 = mg \sin \alpha - T - F_{\text{тр}}; \quad (1)$$

$$Oy : 0 = N - mg \cos \alpha. \quad (2)$$



2. Запишем уравнение моментов сил относительно оси, проходящей через точку  $O_1$  перпендикулярно плоскости рисунка.  $O_1$  — центр цилиндра (плечи сил реакции опоры и тяжести равны нулю, а сил трения и натяжения нити — радиусу цилиндра  $R$ ):

$$T \cdot R - F_{\text{тр}} \cdot R = 0, \text{ откуда } T = F_{\text{тр}}. \quad (3)$$

3. Поскольку в задаче спрашивают величину максимального угла наклона плоскости, рассмотрим максимальное значение модуля силы трения покоя, равное модулю силы сухого трения скольжения. Для модуля силы сухого трения скольжения запишем:

$$F_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg \cos \alpha. \quad (4)$$

4. Из формул (1)–(4) получаем:  $mg \sin \alpha = 2F_{\text{тр}} = 2\mu mg \cos \alpha$ .

Окончательно получим:  $\tan \alpha = 2\mu = 2 \cdot 0,5 = 1$ , следовательно,  $\alpha_{\max} = 45^\circ$ .

**Ответ:**  $\alpha_{\max} = 45^\circ$ .

**Вариант 8****21****Возможное решение**

1. По первому закону термодинамики количество теплоты, которое газ получает, равно сумме изменения его внутренней энергии  $\Delta U$  и работы газа  $A$ :  $Q = \Delta U + A$ .

Плотность газа  $\rho = \frac{m}{V}$ , где  $m$  — масса газа,  $V$  — его объём. Для идеального одноатомного газа внутренняя энергия  $U = \frac{3}{2} \frac{m}{\mu} RT$ , где  $\mu$  — молярная масса газа. По условию задачи  $m = \text{const}$ .

2. Так как на участке 1–2 плотность газа уменьшается при постоянном давлении, его объём увеличивается (изобарный процесс), значит, газ, расширяясь, совершает положительную работу  $A > 0$ . В этом процессе при постоянном давлении, согласно уравнению Менделеева — Клапейрона  $p = \frac{\rho RT}{\mu}$ , температура газа также растёт, т. е. его внутренняя энергия увеличивается:  $\Delta U > 0$ . Значит,  $Q > 0$  и газ в этом процессе получает положительное количество теплоты.

3. На участке 2–3 плотность газа уменьшается прямо пропорционально его давлению, значит, согласно уравнению Менделеева — Клапейрона, происходит изотермическое расширение газа. Объём увеличивается, газ расширяется, следовательно, работа газа положительна:  $A > 0$ . Внутренняя энергия газа остаётся неизменной:  $\Delta U = 0$ . По первому закону термодинамики  $Q > 0$ . В этом процессе газ также получает положительное количество теплоты.

4. В процессе 1–2–3 газ получает положительное количество теплоты.

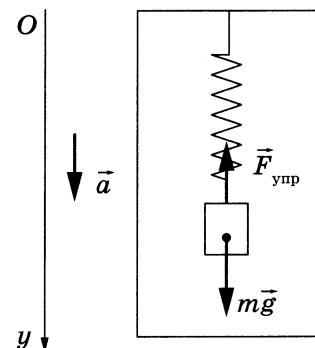
**22****Возможное решение**

1. Выберем инерциальную систему отсчёта «шахта лифта», направив вертикальную ось  $Oy$  вниз по ускорению и расставив силы, действующие на груз, как показано на рисунке.

2. Запишем II закон Ньютона для груза в выбранной ИСО в проекциях на ось  $Oy$ :

$$Oy: mg - F_{\text{упр}} = ma, \text{ откуда} \quad (1)$$

$$F_{\text{упр}} = m(g - a). \quad (2)$$



3. По закону Гука модуль силы упругости:

$$F_{\text{упр}} = k\Delta y, \quad (3)$$

где  $k$  — жёсткость, а  $\Delta y$  — заданное удлинение пружины.

4. Подставив (3) в (2), находим жёсткость пружины:

$$k = \frac{m(g - a)}{\Delta y} = \frac{0,2 \cdot (10 - 2)}{0,01} = 160 \text{ Н/м.}$$

**Ответ:**  $k = 160 \text{ Н/м.}$

23

**Возможное решение**

На каплю действуют сила тяжести, направленная вниз, и сила со стороны электростатического поля, направленная вверх, так как капля заряжена отрицательно. Для того чтобы капля двигалась с постоянной скоростью, эти силы должны быть равны по модулю:  $mg = |q|E$ .

Напряжённость однородного электростатического поля конденсатора связана с напряжением между пластинами соотношением  $E = \frac{U}{d}$ .

$$\text{Следовательно, масса капли } m = \frac{|q|U}{dg} = \frac{8 \cdot 10^{-11} \cdot 10^4}{2 \cdot 10^{-2} \cdot 10} = 4 \cdot 10^{-6} \text{ кг} = 4 \text{ мг.}$$

**Ответ:**  $m = 4$  мг.

24

**Возможное решение**

Влажный воздух представляет собой смесь паров воды и сухого воздуха, следовательно,  $m = m_b + m_n$ , где  $m$ ,  $m_b$ ,  $m_n$  — масса влажного воздуха, сухого воздуха и водяного пара. Согласно закону Дальтона,  $p = p_b + p_n$ , где  $p$ ,  $p_b$ ,  $p_n$  — давление влажного воздуха, парциальное давление сухого воздуха и парциальное давление водяного пара соответственно. Выразим из уравнения состояния

идеального газа  $pV = \frac{m}{\mu}RT$  парциальные давления пара  $p_n = \frac{m_n RT}{\mu_2 V}$  и сухого воздуха  $p_b = \frac{(m - m_n)RT}{\mu_1 V}$ , где  $\mu_1$  — молярная масса сухого воздуха,  $\mu_2$  — молярная масса водяного пара.

$$\text{Получаем } p = \left\{ \frac{m}{\mu_1} + \frac{m_n}{\mu_1} \left( \frac{\mu_1}{\mu_2} - 1 \right) \right\} \cdot \frac{RT}{V}, \text{ откуда}$$

$$p = RT \cdot \frac{m_n \left( \frac{\mu_1}{\mu_2} - 1 \right) + m}{V \mu_1} = 8,31 \cdot 353 \cdot \frac{0,0015 \cdot \left( \frac{0,029}{0,018} - 1 \right) + 0,018}{10^{-2} \cdot 0,029} \approx 1,9 \cdot 10^5 \text{ Па.}$$

**Ответ:**  $p \approx 1,9 \cdot 10^5$  Па.

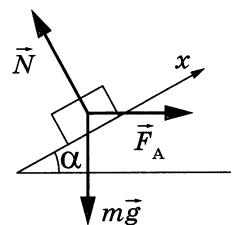
25

**Возможное решение**

1. На рисунке показаны силы, действующие на стержень с током:

- сила тяжести  $m\vec{g}$ , направленная вертикально вниз;
- сила реакции опоры  $\vec{N}$ , направленная перпендикулярно к наклонной плоскости;
- сила Ампера  $\vec{F}_A$ , направленная горизонтально вправо, что вытекает из правила левой руки.

2. Модуль силы Ампера  $F_A = IBL$ ,  
где  $L$  — длина стержня.



(1)

3. Систему отсчёта, связанную с наклонной плоскостью, считаем инерциальной.

Запишем второй закон Ньютона в проекциях на ось  $x$  (см. рисунок):

$$ma_x = -mg \sin \alpha + IBL \cos \alpha, \quad (2)$$

где  $m$  — масса стержня.

$$\text{Отсюда: } a_x = IB \left( \frac{L}{m} \right) \cos \alpha - g \sin \alpha = \frac{4 \cdot 0,2}{0,1} \cdot \cos 30^\circ - 10 \cdot \sin 30^\circ \approx 1,9 \text{ м/с}^2. \quad (3)$$

**Ответ:**  $a_x \approx 1,9 \text{ м/с}^2$ .

26

### Возможное решение

#### Обоснование

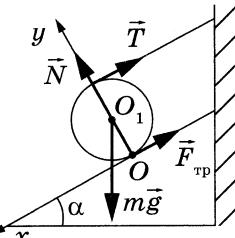
1. Рассмотрим задачу в системе отсчёта, связанной с Землёй. Будем считать эту систему отсчёта инерциальной (ИСО).
2. Описываем цилиндр моделью твёрдого тела (форма и размеры тела неизменны, расстояние между любыми двумя точками тела остаётся неизменным).
3. Поскольку тело не движется поступательно, то векторная сумма сил, действующих на тело, равна нулю.
4. Поскольку тело не вращается, то алгебраическая сумма моментов сил относительно оси, проходящей перпендикулярно рисунку через центр, равна нулю.

#### Решение

1. На цилиндр действуют четыре силы: сила тяжести  $m\vec{g}$ , нормальная составляющая силы реакции опоры  $\vec{N}$ , сила натяжения нити  $\vec{T}$  и сила трения  $\vec{F}_{\text{тр}}$ . Запишем условия равновесия цилиндра. Второй закон Ньютона в проекциях на оси инерциальной системы отсчёта  $Oxy$  имеет вид:

$$Ox : 0 = mg \sin \alpha - T - F_{\text{тр}}; \quad (1)$$

$$Oy : 0 = N - mg \cos \alpha. \quad (2)$$



2. Запишем уравнение моментов сил относительно оси, проходящей через точку  $O_1$  перпендикулярно плоскости рисунка.  $O_1$  — центр цилиндра (плечи сил реакции опоры и тяжести равны нулю, а сил трения и натяжения нити — радиусу цилиндра  $R$ ):

$$T \cdot R - F_{\text{тр}} \cdot R = 0, \text{ откуда } T = F_{\text{тр}}. \quad (3)$$

3. Поскольку в задаче спрашивают величину минимального коэффициента трения между цилиндром и плоскостью, при котором цилиндр будет находиться в равновесии, рассмотрим максимальное значение модуля силы трения покоя, равное модулю силы сухого трения скольжения. Для модуля силы сухого трения скольжения запишем:

$$F_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg \cos \alpha. \quad (4)$$

4. Из формул (1)–(4) получаем:  $mg \sin \alpha = 2F_{\text{тр}} = 2\mu mg \cos \alpha$ .

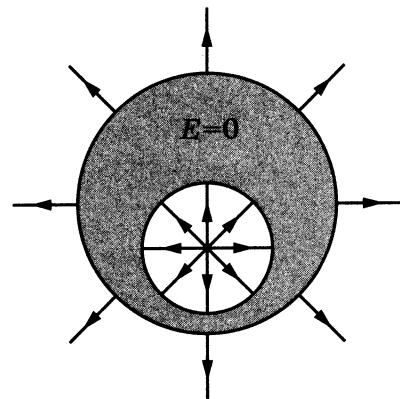
Окончательно получим:  $\mu = \frac{\tan \alpha}{2} = \frac{\sqrt{3}}{6} \approx 0,29$ , следовательно,  $\mu_{\min} \approx 0,29$ .

**Ответ:**  $\mu_{\min} \approx 0,29$ .

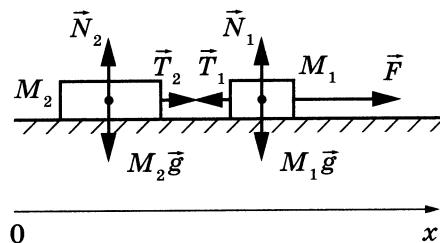
### Вариант 9

**21**
**Возможное решение**

- Приведён схематический рисунок картины линий напряжённости: внутри полости — семейство прямых лучей, исходящих из заряда и приходящих на поверхность полости по нормали; снаружи шара — семейство прямых лучей, исходящих с поверхности шара по нормали к ней и уходящих в бесконечность.
- Внутри проводника — электростатическое поле  $\vec{E} = 0$ .
- Заряд  $q$  помещён в центр шарообразной полости. Поэтому его электростатическое поле в полости обладает центральной симметрией и выглядит как поле уединённого точечного заряда  $q > 0$ , находящегося в центре полости. Линии напряжённости этого поля подходят по нормали к поверхности полости, где равномерно распределён отрицательный индуцированный заряд  $-q < 0$ .
- На наружной поверхности шара находится (в силу нейтральности шара в целом) положительный заряд  $q > 0$ . В силу того, что внутри проводника  $\vec{E} = 0$ , а снаружи окружающие предметы расположены далеко от шара, этот заряд распределён по поверхности шара равномерно. Его поле вне шара выглядит как поле уединённого точечного заряда  $q > 0$ , расположенного в центре шара. Линии напряжённости отходят от шара по нормали к его поверхности.

**22**
**Возможное решение**

- Поскольку нить, связывающая грузы, нерастяжима, то оба груза движутся с одинаковым ускорением, т. е.  $|\ddot{a}_1| = |\ddot{a}_2| = a$ . Поскольку эта нить невесома, модули сил натяжения нити, действующих на грузы, одинаковы, т. е.  $|\vec{T}_1| = |\vec{T}_2| = T$ .



- Рассмотрим случай, когда  $F = 18$  Н, а  $T = 10$  Н.

Запишем второй закон Ньютона для грузов в проекциях на горизонтальную ось  $Ox$ : для первого тела:  $F - T = M_1 a$ , для второго тела:  $T = M_2 g$ .

$$\text{В итоге получим: } M_1 = \frac{F - T}{a} = \frac{(F - T)M_2}{T} = \frac{(18 - 10) \cdot 3}{10} = 2,4 \text{ кг.}$$

**Ответ:**  $M_1 = 2,4$  кг.

**23**
**Возможное решение**

После прохождения светом дифракционной решётки на экране будет формироваться дифракционный спектр, представляющий собой симметричные относительно центра повторяющиеся светлые полосы. Под углом  $\alpha$  к нормали будет наблюдаться  $k$ -й максимум, если  $d \sin \alpha = k\lambda$ , где  $\lambda = \frac{c}{v}$ . Максимальный порядок спектра будет наблюдаться под углом  $\alpha = 90^\circ$ .

Следовательно, для максимального порядка спектра получим:

$$k = \frac{dv}{c} = \frac{10^{-3} \cdot 5,6 \cdot 10^{14}}{300 \cdot 3 \cdot 10^8} \approx 6,2.$$

Максимальный порядок спектра  $k = 6$ .

Ответ:  $k = 6$ .

24

### Возможное решение

1. Систему отсчёта, связанную с Землёй, будем считать инерциальной. В процессе медленного движения поршня его ускорение считаем ничтожно малым. Поэтому сумма приложенных к поршню сил при его движении равна нулю (рис. а). В проекциях на горизонтальную ось  $x$  получаем:  $F_1 - F_0 - F_{\text{упр}} = 0$ , где  $F_0$  — сила давления атмосферы на поршень,  $F_1$  — сила давления газа в цилиндре на поршень,  $F_{\text{упр}}$  — упругая сила, действующая на поршень со стороны пружины.

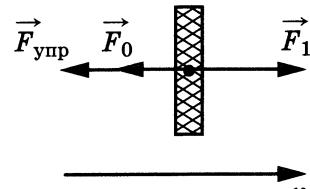


Рис. а

2. Из равенства давлений слева и справа от поршня в начальном состоянии и гладкости стенок следует, что в начальном состоянии пружина не деформирована. Поэтому при смещении поршня вправо от начального положения на величину  $x$  модуль упругой силы  $F_{\text{упр}} = kx$ . Тогда

$$F_1 = p(x)S = F_0 + F_{\text{упр}} = p_0S + kx,$$

и давление в цилиндре при смещении поршня вправо от начального положения на величину  $x$  определяется по формуле  $p(x) = p_0 + \frac{kx}{S}$  (рис. б).

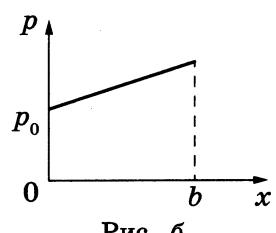


Рис. б

3. Используем модель одноатомного идеального газа  $\begin{cases} pV = vRT, \\ U = \frac{3}{2}vRT. \end{cases}$

Отсюда получаем:  $U = \frac{3}{2}pV$ . Внутренняя энергия газа в исходном состоянии  $U_1 = \frac{3}{2}p_0SL$ , а в конечном состоянии  $U_2 = \frac{3}{2}p(b) \cdot S(L+b) = \frac{3}{2}\left(p_0 + \frac{kb}{S}\right)S(L+b)$ .

4. Из первого начала термодинамики получаем:  $Q = U_2 - U_1 + A_{12}$ .

Работа газа  $A_{12}$  при сдвиге поршня из начального состояния в конечное равна произведению величины  $S$  и площади трапеции под графиком  $p(x)$  на рисунок б:

$A_{12} = \frac{1}{2}[p(0) + p(b)]Sb = \left(p_0S + \frac{kb}{2}\right)b$ . Подставляя в выражение для  $Q$  значения  $U_1$ ,  $U_2$  и  $A_{12}$ , получим:

$$Q = \frac{3}{2}(p_0S + kb)(L+b) - \frac{3}{2}p_0SL + \left(p_0S + \frac{kb}{2}\right)b = \frac{3}{2}kbL + \frac{5}{2}p_0Sb + 2kb^2.$$

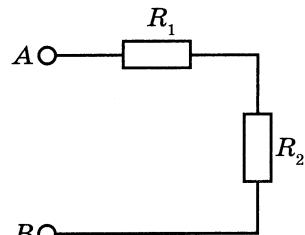
Решая это уравнение относительно  $k$ , получим:  $k = \frac{2Q - 5p_0Sb}{3bL + 4b^2}$ .

Ответ:  $k = \frac{2Q - 5p_0Sb}{3bL + 4b^2}$ .

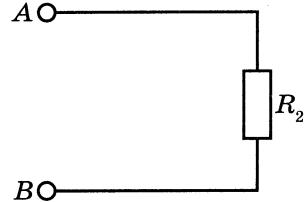
25

**Возможное решение**

1. При подключении положительного вывода батареи к точке  $A$  потенциал точки  $A$  оказывается выше, чем потенциал точки  $B$ ,  $\Phi_A > \Phi_B$ , поэтому ток через диод, подключённый параллельно резистору  $R_1$ , не течёт. Эквивалентная схема цепи в этом случае имеет вид, изображённый на рисунке *а*. Суммарное сопротивление последовательно соединённых резисторов  $R_0 = R_1 + R_2$ , а потребляемая мощность  $P_1 = \frac{\mathcal{E}^2}{R_1 + R_2}$ .

Рис. *а*

2. При изменении полярности подключения батареи  $\Phi_A < \Phi_B$  открытый диод оказывается подключён к резистору  $R_1$  параллельно, шунтируя его. Эквивалентная схема цепи в этом случае изображена на рисунке *б*. При этом потребляемая мощность увеличивается (так как знаменатель дроби уменьшается):  $P_2 = \frac{\mathcal{E}^2}{R_2} > P_1$ .

Рис. *б*

3. Из этих уравнений:  $R_1 = \frac{\mathcal{E}^2}{P_1} - \frac{\mathcal{E}^2}{P_2}$ ,  $R_2 = \frac{\mathcal{E}^2}{P_2}$ .

4. Подставляя значения физических величин, указанные в условии, получаем:  $R_1 = 10 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 20 \text{ Ом}$ .

**Ответ:**  $R_1 = 10 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 20 \text{ Ом}$ .

26

**Возможное решение****Обоснование**

Задачу будем решать в инерциальной системе отсчёта, связанной с поверхностью Земли. Будем считать все тела материальными точками. Трением снаряда и осколков о воздух пренебрежём.

Поскольку время разрыва снаряда мало, импульсом внешних сил (сил тяжести) можно пренебречь, а значит, для решения задачи можно воспользоваться законом сохранения импульса.

Так как при решении задачи мы пренебрегаем силой трения, то можно использовать закон сохранения энергии для снаряда с учётом энергии разрыва.

**Решение**

1. Запишем законы сохранения импульса и сохранения энергии для снаряда:

$$2m \cdot v_0 = mv_1 - mv_2, \quad 2m \cdot \frac{v_0^2}{2} + \Delta E = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2},$$

где  $2m$  — масса снаряда до взрыва;  $v_0$  — модуль скорости снаряда до взрыва;  $v_1$  — модуль скорости осколка, летящего вперёд;  $v_2$  — модуль скорости осколка, летящего назад.

2. Выразим  $v_0$  из первого уравнения:  $v_0 = \frac{1}{2}(v_1 - v_2)$  — и подставим во второе уравнение.

3. Получим:  $\Delta E = \frac{m}{4}(v_1 + v_2)^2 = \frac{1}{4}(900 + 100)^2 = 250$  кДж.

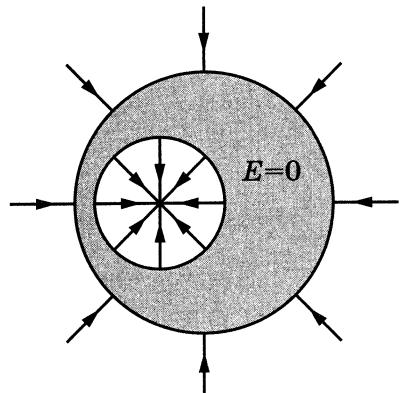
Ответ:  $\Delta E = 250$  кДж.

### Вариант 10

21

#### Возможное решение

1. Приведён схематический рисунок картины линий напряжённости: внутри полости — семейство прямых лучей, направленных к заряду и исходящих с поверхности полости по нормали; снаружи шара — семейство прямых лучей, направленных к поверхности шара по нормали к ней из бесконечности.



2. Внутри проводника — электростатическое поле  $\vec{E} = 0$ .

3. Заряд  $q$  помещён в центр шарообразной полости. Поэтому его электростатическое поле в полости обладает центральной симметрией и выглядит как поле уединённого точечного заряда  $q < 0$ , находящегося в центре полости. Линии напряжённости этого поля подходит по нормали к поверхности полости, где равномерно распределён положительный индуцированный заряд  $+q > 0$ .

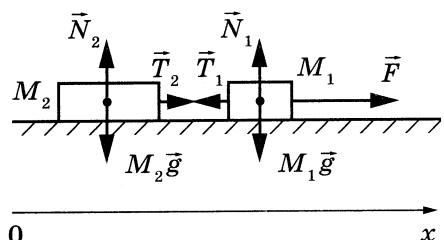
4. На наружной поверхности шара находится (в силу нейтральности шара в целом) отрицательный заряд  $q < 0$ . В силу того, что внутри проводника  $\vec{E} = 0$ , а снаружи окружающие предметы расположены далеко от шара, этот заряд распределён по поверхности шара равномерно. Его поле вне шара выглядит как поле уединённого точечного заряда  $q < 0$ , расположенного в центре шара. Линии напряжённости направлены к шару по нормали к его поверхности.

22

#### Возможное решение

1. Поскольку нить, связывающая грузы, нерастяжима, то оба груза движутся с одинаковым ускорением, т. е.  $|\ddot{a}_1| = |\ddot{a}_2| = a$ .

Поскольку эта нить невесома, модули сил натяжения нити, действующих на грузы, одинаковы, т. е.  $|\vec{T}_1| = |\vec{T}_2| = T$ .



2. Рассмотрим случай, когда  $F = 18$  Н, а  $T = 10$  Н. Запишем второй закон Ньютона для грузов в проекциях на горизонтальную ось  $Ox$ : для первого тела:  $F - T = M_1a$ , для второго тела:  $T = M_2a$ .

В итоге получим:  $M_2 = \frac{T}{a} = \frac{M_1T}{F - T} = \frac{2 \cdot 10}{18 - 10} = 2,5$  кг.

Ответ:  $M_2 = 2,5$  кг.

23

**Возможное решение**

После прохождения светом дифракционной решётки на экране будет формироваться дифракционный спектр, представляющий собой симметричные относительно центра повторяющиеся светлые полосы. Под углом  $\alpha$  к нормали будет наблюдаться  $k$ -й максимум, если  $d \sin \alpha = k\lambda$ , где  $\lambda = \frac{c}{v}$ . Максимальный порядок спектра будет наблюдаваться под углом  $\alpha = 90^\circ$ .

Следовательно, для максимального порядка спектра получим:

$$k = \frac{dv}{c} = \frac{10^{-3} \cdot 5 \cdot 10^{14}}{500 \cdot 3 \cdot 10^8} \approx 3,3.$$

Максимальный порядок спектра  $k = 3$ .

**Ответ:**  $k = 3$ .

24

**Возможное решение**

1. Систему отсчёта, связанную с Землёй, будем считать инерциальной. В процессе медленного движения поршня его ускорение считаем ничтожно малым. Поэтому сумма приложенных к поршню сил при его движении равна нулю (рис. а). В проекциях на горизонтальную ось  $x$  получаем:  $F_1 - F_0 - F_{\text{упр}} = 0$ , где  $F_0$  — сила давления атмосферы на поршень,  $F_1$  — сила давления газа в цилиндре на поршень,  $F_{\text{упр}}$  — упругая сила, действующая на поршень со стороны пружины.

2. Из равенства давлений слева и справа от поршня в начальном состоянии и гладкости стенок следует, что в начальном состоянии пружина не деформирована. Поэтому при смещении поршня вправо от начального положения на величину  $x$  модуль упругой силы  $F_{\text{упр}} = kx$ . Тогда

$$F_1 = p(x)S = F_0 + F_{\text{упр}} = p_0S + kx,$$

и давление в цилиндре при смещении поршня вправо от начального положения на величину  $x$  определяется по формуле  $p(x) = p_0 + \frac{kx}{S}$  (рис. б).

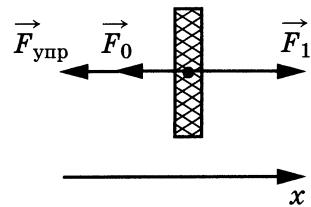


Рис. а

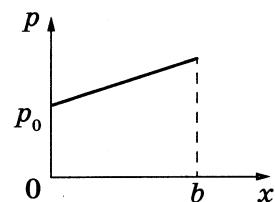


Рис. б

3. Используем модель одноатомного идеального газа

$$\begin{cases} pV = \nu RT, \\ U = \frac{3}{2}\nu RT. \end{cases}$$

Отсюда получаем:  $U = \frac{3}{2}pV$ . Внутренняя энергия газа в исходном состоянии  $U_1 = \frac{3}{2}p_0SL$ , а в конечном состоянии

$$U_2 = \frac{3}{2}p(b) \cdot S(L+b) = \frac{3}{2} \left( p_0 + \frac{kb}{S} \right) S(L+b).$$

4. Из первого начала термодинамики получаем:  $Q = U_2 - U_1 + A_{12}$ .

Работа газа  $A_{12}$  при сдвиге поршня из начального состояния в конечное равна произведению величины  $S$  и площади трапеции под графиком  $p(x)$  на рисунок б:

$$A_{12} = \frac{1}{2} [p(0) + p(b)] S b = \left( p_0 S + \frac{kb}{2} \right) b. \text{ Подставляя в выражение для } Q \text{ значения } U_1, U_2 \text{ и } A_{12}, \text{ получим:}$$

$$Q = \frac{3}{2} (p_0 S + kb)(L + b) - \frac{3}{2} p_0 S L + \left( p_0 S + \frac{kb}{2} \right) b = \frac{3}{2} kbL + \frac{5}{2} p_0 S b + 2kb^2.$$

$$\text{Решая это уравнение относительно } S, \text{ получим: } S = \frac{Q - \frac{3}{2} kbL - 2kb^2}{\frac{5}{2} p_0 b}.$$

$$\text{Ответ: } S = \frac{Q - \frac{3}{2} kbL - 2kb^2}{\frac{5}{2} p_0 b}.$$

25

### Возможное решение

1. При подключении положительного вывода батареи к точке А потенциал точки А оказывается выше, чем потенциал точки В,  $\varphi_A > \varphi_B$ , поэтому ток через диод, подключённый параллельно резистору  $R_1$ , не течёт. Эквивалентная схема цепи в этом случае имеет вид, изображённый на рисунке а. Общее сопротивление соединённых резисторов в первом случае равно

$$R_{01} = \frac{(R_1 + R_2) R_2}{R_1 + 2R_2}, \text{ а потребляемая мощность } P_1 = \frac{\mathcal{E}^2 (R_1 + 2R_2)}{(R_1 + R_2) R_2}.$$

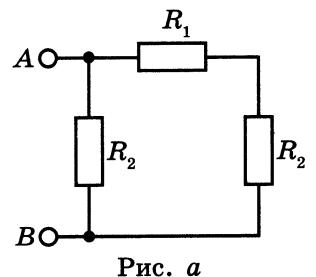


Рис. а

2. При изменении полярности подключения батареи  $\varphi_A < \varphi_B$  открытый диод оказывается подключён к резистору  $R_1$  параллельно, шунтируя его. Эквивалентная схема цепи в этом случае изображена на рисунке б. Общее сопротивление соединённых резисторов во втором случае равно  $R_{02} = \frac{R_2}{2}$ ,

$$\text{а потребляемая мощность } P_2 = \frac{2\mathcal{E}^2}{R_2}.$$

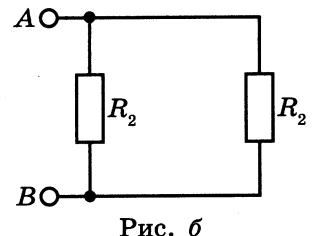


Рис. б

$$3. \text{ Из этих уравнений получим: } R_2 = \frac{2\mathcal{E}^2}{P_2} = \frac{2 \cdot 12^2}{7,2} = 40 \text{ Ом.}$$

$$R_1 = \frac{2\mathcal{E}^2 R_2 - P_1 R_2^2}{P_1 R_2 - \mathcal{E}^2} = \frac{2 \cdot 12^2 \cdot 40 - 6 \cdot 40^2}{6 \cdot 40 - 12^2} = 20 \text{ Ом.}$$

**Ответ:**  $R_1 = 20$  Ом,  $R_2 = 40$  Ом.

26

**Возможное решение****Обоснование**

Задачу будем решать в инерциальной системе отсчёта, связанной с поверхностью Земли. Будем считать все тела материальными точками. Трением снаряда и осколков о воздух пренебрежём.

Поскольку время разрыва снаряда мало, импульсом внешних сил (сил тяжести) можно пренебречь, а значит, для решения задачи можно воспользоваться законом сохранения импульса.

Так как при решении задачи мы пренебрегаем силой трения, то можно использовать закон сохранения энергии для снаряда с учётом энергии разрыва.

**Решение**

1. Запишем законы сохранения импульса и сохранения энергии для снаряда:

$$mv_0 = \frac{m}{2}v_1 - \frac{m}{2}v_2; m \cdot \frac{v_0^2}{2} + \Delta E = \frac{mv_1^2}{4} + \frac{mv_2^2}{4},$$

где  $m$  — масса снаряда до взрыва;  $v_0$  — модуль скорости снаряда до взрыва;  $v_1$  — модуль скорости осколка, летящего вперёд;  $v_2$  — модуль скорости осколка, летящего назад.

2. Выразим  $v_0$  из первого уравнения:  $v_0 = \frac{1}{2}(v_1 - v_2)$  — и подставим во второе уравнение.

$$3. \text{ Получим: } m = \frac{8\Delta E}{(v_1 + v_2)^2} = \frac{8 \cdot 600 \cdot 10^3}{(900 + 100)^2} = 4,8 \text{ кг.}$$

**Ответ:**  $m = 4,8$  кг.

**Вариант 11**

21

**Возможное решение**

1. Стрелка и стержень электрометра, соединённые с нижней пластиной, но изолированные от корпуса, заряжаются положительно, и стрелка отклоняется на некоторый угол.

Благодаря заземлению в верхней пластине и металлическом корпусе электрометра происходит перераспределение свободных электронов таким образом, что верхняя пластина заряжается отрицательно. Заряды перераспределяются до тех пор, пока корпус электрометра и верхняя пластина не станут эквипотенциальной поверхностью с одним потенциалом, а стрелка и нижняя пластина — эквипотенциальной поверхностью с другим потенциалом.

2. Заряды пластин одинаковы по модулю и противоположны по знаку, пластины образуют конденсатор с ёмкостью  $C = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d}$ , где  $S$  — площадь перекрытия пластин,  $d$  — расстояние между ними,  $\epsilon$  — диэлектрическая проницаемость диэлектрика между пластинами.

Характер изменения угла отклонения стрелки совпадает с изменением разности потенциалов между пластинами: при увеличении разности потенциалов увеличивается угол отклонения, при уменьшении разности потенциалов угол уменьшается.

3. При уменьшении расстояния  $d$  между пластинами ёмкость конденсатора увеличивается, заряд конденсатора практически не меняется, так как его ёмкость много больше ёмкости системы «корпус + стрелка электрометра», а нижняя пластина вместе со стержнем и стрелкой электрометра образуют изолированную систему заряженных тел. Поэтому разность потенциалов  $\Delta\phi = \frac{q}{C}$  уменьшается и угол отклонения стрелки электрометра уменьшается.

22

### Возможное решение

Скорость тела определяется изменением его координаты с течением времени. Анализируя график зависимости координаты автомобиля от времени  $x(t)$ , видим, что в промежутке от 2 до 3 мин его координата изменяется линейно и быстрее всего. Следовательно, в этот промежуток времени автомобиль движется равномерно с максимальной скоростью. Определим модуль максимальной скорости автомобиля:

$$v_{\max} = \frac{x(3) - x(2)}{\Delta t} = \frac{900 - 300}{60} = 10 \text{ м/с.}$$

Таким образом, максимальная кинетическая энергия автомобиля равна

$$E_{\max} = \frac{mv_{\max}^2}{2} = \frac{2500 \cdot 10^2}{2} = 125 \cdot 10^3 \text{ Дж} = 125 \text{ кДж.}$$

**Ответ:**  $E_{\max} = 125 \text{ кДж.}$

23

### Возможное решение

Запишем формулу для рассеивающей линзы:  $-\frac{1}{|F|} = \frac{1}{d} - \frac{1}{f}$ , где  $d$  — расстояние от предмета до линзы. В формуле учтено, что изображение предмета — мнимое.

Из условия задачи следует, что  $\frac{d}{f} = 4$ . Проведя преобразования, для модуля фокуса

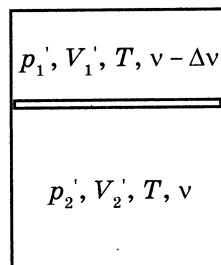
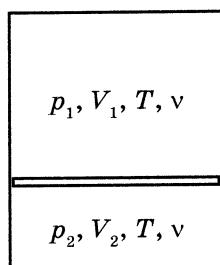
$$\text{линзы получим: } |F| = \frac{4f}{3} = \frac{4 \cdot 9}{3} = 12 \text{ см.}$$

**Ответ:**  $|F| = 12 \text{ см.}$

24

### Возможное решение

1. Запишем уравнение Менделеева — Клапейрона для газа в верхней и нижней частях сосуда в начальном равновесном состоянии:  $p_1 V_1 = v RT$ ,  $p_2 V_2 = v RT$ , где  $p_1$ ,  $p_2$  — давление воздуха в верхней и нижней частях сосуда,  $V_1$ ,  $V_2$  — объёмы верхней и нижней частей сосуда.



2. Запишем уравнение Менделеева — Клапейрона для газа в верхней и нижней частях сосуда после откачки воздуха:  $p_1' V_1' = (v - \Delta v) RT$ ,  $p_2' V_2' = v RT$ , где  $p_1'$ ,  $p_2'$  — давление воздуха в верхней и нижней частях сосуда,  $V_1'$ ,  $V_2'$  — объёмы верхней и нижней частей сосуда.

3. Условие механического равновесия поршня в начальном состоянии:  $p_2 - p_1 = \frac{Mg}{S}$ , а после откачки воздуха:  $p_2' - p_1 = \frac{Mg}{S}$ , где  $M$  — масса поршня,  $S$  — площадь его горизонтального сечения.

4. Из условия задачи:  $V = V_1 + V_2 = V_1' + V_2'$ ,

$$\frac{V_1}{V_2} = 2; \frac{V_1'}{V_2'} = \frac{2}{3} \Rightarrow V_2 = \frac{V}{3}, V_1 = \frac{2V}{3}, V_1' = \frac{2V}{5}, V_2' = \frac{3V}{5},$$

где  $V$  — объём всего сосуда.

5. После объединения записанных выше выражений получим уравнение:

$$\frac{3vRT}{V} - \frac{3vRT}{2V} = \frac{5vRT}{3V} - \frac{5(v - \Delta v)RT}{2V},$$

откуда получим:  $\Delta v = \frac{14}{15}v = \frac{14 \cdot 1}{15} \approx 0,93$  моль.

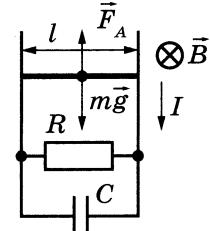
Ответ:  $\Delta v \approx 0,93$  моль.

25

### Возможное решение

1. Напряжение  $U$  на конденсаторе равно ЭДС индукции  $\epsilon$  в проводнике, которая пропорциональна скорости движения проводника. Заряд конденсатора  $q = CU$ .

2. При движении проводника на него действуют две силы (силой трения пренебрегаем): сила тяжести  $mg$  и сила Ампера  $F_A = IBl$  ( $I$  — сила тока в цепи), которая направлена против движения проводника (см. рисунок). Проводник движется равномерно. Согласно второму закону Ньютона при этом сила тяжести и сила Ампера компенсируют друг друга:  $mg = IBl$ .



3. Напряжение на резисторе равно напряжению на конденсаторе, так как они соединены параллельно. Согласно закону Ома для участка цепи сила тока через резистор  $I = \frac{U}{R} = \frac{q}{CR}$ .

4. Подставляя выражение для силы тока в п. 2, получаем выражение для искомого сопротивления проводника:

$$R = \frac{qBl}{Cmg} = \frac{10^{-6} \cdot 0,5 \cdot 0,1}{20 \cdot 10^{-6} \cdot 0,025 \cdot 10} = 0,01 \text{ Ом.}$$

Ответ:  $R = 0,01$  Ом.

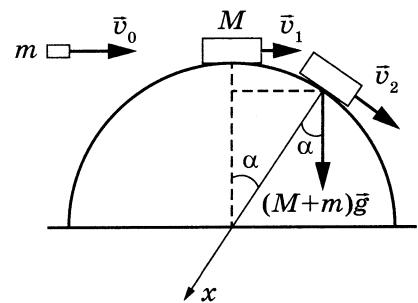
26

### Возможное решение

#### Обоснование

1. Систему отсчёта, связанную с Землёй, будем считать инерциальной. Тела можно считать материальными точками, так как их размеры пренебрежимо малы в условиях задачи.

2. При соударении для системы «пуля — тело» в ИСО выполняется закон сохранения импульса в проекциях на горизонтальную ось, так как внешние силы (сила тяжести и сила реакции опоры) вертикальны.



3. При движении составного тела от вершины полусферы выполняется закон сохранения механической энергии, так как полусфера гладкая и работа силы реакции опоры равна нулю (эта сила перпендикулярна скорости тела).

4. В момент отрыва сила реакции опоры  $\vec{N}$  обращается в нуль.

5. Второй закон Ньютона выполняется в ИСО для модели материальной точки.

### Решение

1. Закон сохранения импульса связывает скорость пули перед ударом со скоростью составного тела массой  $m + M$  сразу после удара:  $mv_0 = (m + M)v_1$ .

Закон сохранения механической энергии связывает скорость составного тела сразу после удара с его скоростью в момент отрыва от полусферы:

$$\frac{(m + M)v_1^2}{2} + (m + M)gR = \frac{(m + M)v_2^2}{2} + (m + M)gR\cos\alpha,$$

где  $v_2$  — скорость составного тела в момент отрыва;  $h = R\cos\alpha$  — высота точки отрыва (см. рисунок).

2. Второй закон Ньютона в проекциях на ось  $x$  (направленную в центр полусферы), в момент отрыва тела принимает вид:

$$(m + M)g\cos\alpha = \frac{(m + M)v_2^2}{R}.$$

3. Объединяя уравнения, получим:  $\frac{v_1^2}{2} + gR = \frac{3}{2}gh$ .

$$\text{Отсюда } h = \frac{1}{3g} \cdot \left( \frac{mv_0}{M+m} \right)^2 + \frac{2}{3}R = \frac{1}{3 \cdot 10} \cdot \left( \frac{0,01 \cdot 200}{0,99 + 0,01} \right)^2 + \frac{2}{3} \cdot 1 = 0,8 \text{ м.}$$

**Ответ:**  $h = 0,8$  м.

## Вариант 12

21

### Возможное решение

1. Стрелка и стержень электрометра, соединённые с нижней пластиной, но изолированные от корпуса, заряжаются положительно, и стрелка отклоняется на некоторый угол.

Благодаря заземлению в верхней пластине и металлическом корпусе электрометра происходит перераспределение свободных электронов таким образом, что верхняя пластина заряжается отрицательно. Заряды перераспределяются до тех пор, пока корпус электрометра и верхняя пластина не станут эквипотенциальной поверхностью с одним потенциалом, а стрелка и нижняя пластина — эквипотенциальной поверхностью с другим потенциалом.

2. Заряды пластин одинаковы по модулю и противоположны по знаку, пластины образуют конденсатор с ёмкостью  $C = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d}$ , где  $S$  — площадь перекрытия пластин,  $d$  — расстояние между ними,  $\epsilon$  — диэлектрическая проницаемость диэлектрика между пластинами.

Характер изменения угла отклонения стрелки совпадает с изменением разности потенциалов между пластинами: при увеличении разности потенциалов увеличивается угол отклонения, при уменьшении разности потенциалов угол уменьшается.

3. При увеличении расстояния  $d$  между пластинами ёмкость конденсатора уменьшается, заряд конденсатора практически не меняется, так как его ёмкость много больше ёмкости системы «корпус + стрелка электрометра», а нижняя пластина вместе со стержнем и стрелкой электрометра образуют изолированную систему заряженных тел. Поэтому разность потенциалов  $\Delta\phi = \frac{q}{C}$  увеличивается и угол отклонения стрелки электрометра увеличивается.

22

### Возможное решение

Скорость тела определяется изменением его координаты с течением времени. Анализируя график зависимости координаты автомобиля от времени  $x(t)$ , видим, что в промежутке от 4 до 5 мин его координата изменяется линейно и быстрее всего. Следовательно, в этот промежуток времени автомобиль движется равномерно с максимальной скоростью. Определим модуль максимальной скорости автомобиля:

$$v_{\max} = \frac{|x(5) - x(4)|}{\Delta t} = \frac{|300 - 900|}{60} = 10 \text{ м/с.}$$

Таким образом, максимальная кинетическая энергия автомобиля равна

$$E_{\max} = \frac{mv_{\max}^2}{2} = \frac{1700 \cdot 10^2}{2} = 85 \cdot 10^3 \text{ Дж} = 85 \text{ кДж.}$$

Ответ:  $E_{\max} = 85 \text{ кДж.}$

23

### Возможное решение

Запишем формулу для рассеивающей линзы:  $-\frac{1}{|F|} = \frac{1}{d} - \frac{1}{f}$ , где  $d$  — расстояние от предмета до линзы. В формуле учтено, что изображение предмета мнимое.

Из условия задачи следует, что  $\frac{d}{f} = 5$ .

Проведя преобразования, для модуля фокуса линзы получим:  $|F| = \frac{d}{4} = \frac{20}{4} = 5 \text{ см.}$

Ответ:  $|F| = 5 \text{ см.}$

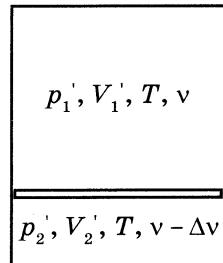
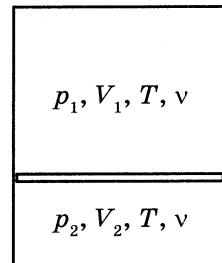
24

### Возможное решение

1. Запишем уравнение Менделеева — Клапейрона для газа в верхней и нижней частях сосуда в начальном равновесном состоянии:

$$p_1 V_1 = v RT, \quad p_2 V_2 = v' RT,$$

где  $p_1, p_2$  — давление воздуха в верхней и нижней частях сосуда,  $V_1, V_2$  — объёмы верхней и нижней частей сосуда.



2. Запишем уравнение Менделеева — Клапейрона для газа в верхней и нижней частях сосуда после откачки воздуха:

$$p_1'V_1' = vRT, \quad p_2'V_2' = (v - \Delta v)RT,$$

где  $p_1'$ ,  $p_2'$  — давление воздуха в верхней и нижней частях сосуда,  $V_1'$ ,  $V_2'$  — объёмы верхней и нижней частей сосуда.

3. Условие механического равновесия поршня в начальном состоянии:  $p_2 - p_1 = \frac{Mg}{S}$ , а после откачки воздуха:  $p_2' - p_1' = \frac{Mg}{S}$ , где  $M$  — масса поршня,  $S$  — площадь его горизонтального сечения.

4. Из условия задачи:  $V = V_1 + V_2 = V_1' + V_2'$ ,

$$\frac{V_1}{V_2} = 2; \quad \frac{V_1'}{V_2'} = 3 \Rightarrow V_2 = \frac{V}{3}, \quad V_1 = \frac{2V}{3}, \quad V_2' = \frac{V}{4}, \quad V_1' = \frac{3V}{4},$$

где  $V$  — объём всего сосуда.

5. После объединения записанных выше выражений получим уравнение:

$$\frac{3vRT}{V} - \frac{3vRT}{2V} = \frac{4(v - \Delta v)RT}{V} - \frac{4vRT}{3V},$$

откуда:  $\Delta v = \frac{7v}{24} = \frac{7 \cdot 1}{24} \approx 0,29$  моль.

Ответ:  $\Delta v \approx 0,29$  моль.

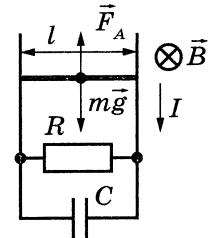
25

### Возможное решение

1. Напряжение  $U$  на конденсаторе равно ЭДС индукции  $\mathcal{E}$  в проводнике, которая пропорциональна скорости движения проводника. Заряд конденсатора  $q = CU$ .

2. При движении проводника на него действуют две силы (силой трения пренебрегаем): сила тяжести  $mg$  и сила Ампера  $F_A = IBl$  ( $I$  — сила тока в цепи), которая направлена против движения проводника (см. рисунок). Проводник движется равномерно. Согласно второму закону Ньютона при этом сила тяжести и сила Ампера компенсируют друг друга:

$$mg = IBl.$$



3. Напряжение на резисторе равно напряжению на конденсаторе, так как они соединены параллельно. Согласно закону Ома для участка цепи сила тока через резистор  $I = \frac{U}{R} = \frac{q}{CR}$ .

4. Подставляя выражение для силы тока в п. 2, получаем выражение для искомой электротомкости конденсатора:

$$C = \frac{qBl}{Rmg} = \frac{10^{-6} \cdot 0,5 \cdot 0,1}{0,02 \cdot 0,025 \cdot 10} = 10 \cdot 10^{-6} \Phi = 10 \text{ мкФ.}$$

Ответ:  $C = 10 \text{ мкФ.}$

26

**Возможное решение****Обоснование**

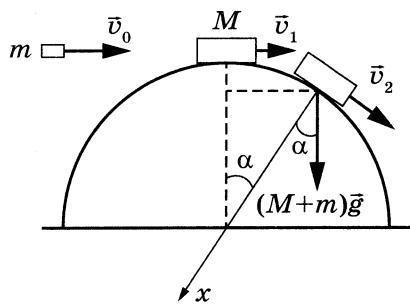
1. Систему отсчёта, связанную с Землёй, будем считать инерциальной. Тела можно считать материальными точками, так как их размеры пренебрежимо малы в условиях задачи.

2. При соударении для системы «пуля — тело» в ИСО выполняется закон сохранения импульса в проекциях на горизонтальную ось, так как внешние силы (сила тяжести и сила реакции опоры) вертикальны.

3. При движении составного тела от вершины полусферы выполняется закон сохранения механической энергии, так как полусфера гладкая и работа силы реакции опоры равна нулю (эта сила перпендикулярна скорости тела).

4. В момент отрыва сила реакции опоры  $\vec{N}$  обращается в нуль.

5. Второй закон Ньютона выполняется в ИСО для модели материальной точки.

**Решение**

1. Закон сохранения импульса связывает скорость пули перед ударом со скоростью составного тела массой  $m + M$  сразу после удара:  $mv_0 = (m + M)v_1$ .

Закон сохранения механической энергии связывает скорость составного тела сразу после удара с его скоростью в момент отрыва от полусферы:

$$\frac{(m + M)v_1^2}{2} + (m + M)gR = \frac{(m + M)v_2^2}{2} + (m + M)gR \cos \alpha,$$

где  $v_2$  — скорость составного тела в момент отрыва;  $h = R \cos \alpha$  — высота точки отрыва (см. рисунок).

2. Второй закон Ньютона в проекциях на ось  $x$  (направленную в центр полусферы) в момент отрыва тела принимает вид:  $(m + M)g \cos \alpha = \frac{(m + M)v_2^2}{R}$ .

3. Объединяя уравнения, получим:  $\frac{v_1^2}{2} + gR = \frac{3}{2}gh$ .

$$\text{Отсюда: } R = \frac{3}{2}h - \frac{1}{2g} \cdot \left( \frac{mv_0}{M+m} \right)^2 = \frac{3}{2} \cdot 1 - \frac{1}{2 \cdot 10} \cdot \left( \frac{0,01 \cdot 200}{0,99 + 0,01} \right)^2 = 1,3 \text{ м.}$$

**Ответ:**  $R = 1,3$  м.

**Вариант 13**

21

**Возможное решение**

1. По условию задачи сопротивлением амперметра можно пренебречь, а сопротивление вольтметра бесконечно велико. При перемещении движка вправо сопротивление реостата  $R_2$  увеличивается, что ведёт к увеличению сопротивления  $R$  всей внешней цепи:  $R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$ .

2. В соответствии с законом Ома для полной цепи сила тока через амперметр уменьшается:  $I = \frac{\mathcal{E}}{r + R}$  (знаменатель дроби растёт, а числитель остаётся неизменным).

Напряжение, измеряемое вольтметром, при этом растёт:  $U = IR = \mathcal{E} - Ir$ .

3. Ответ: напряжение, измеренное вольтметром, растёт, а сила тока через амперметр уменьшается.

22

### Возможное решение

В случае гармонических колебаний максимальная потенциальная энергия пружины равна максимальной кинетической энергии тележки:  $\frac{kA^2}{2} = \frac{mv^2}{2}$ , где  $k$  — жёсткость пружины,  $A$  — амплитуда колебаний тележки,  $m$  — масса тележки,  $v$  — максимальная скорость тележки.

$$\text{В итоге получим: } A = v\sqrt{\frac{m}{k}} = 3 \cdot \sqrt{\frac{0,5}{200}} = 0,15 \text{ м.}$$

**Ответ:**  $A = 0,15$  м.

23

### Возможное решение

В теплообмене участвуют лёд и вода. Так как лёд тающий, то его начальная температура равно 0 °C. В момент, когда кусочки льда перестают таять, вода охлаждается до температуры плавления льда и, следовательно, температура смеси становится равной 0 °C.

Уравнение теплового баланса:  $cm_1(t_1 - 0 \text{ } ^\circ\text{C}) = \lambda m_2$ .

Для начальной температуры воды получим:

$$t_1 = \frac{\lambda m_2}{cm_1} = \frac{3,3 \cdot 10^5 \cdot 63 \cdot 10^{-3}}{4200 \cdot 330 \cdot 10^{-3}} = 15 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

**Ответ:**  $t_1 = 15$  °C.

24

### Возможное решение

1. Водяной пар в воздухе до момента конденсации является разреженным газом и описывается уравнением Менделеева — Клапейрона:  $pV = \frac{m}{M}RT$ , где  $p$  — парциальное давление пара,  $m$  — масса пара в рассматриваемом объёме  $V$ ,  $T$  — абсолютная температура, а  $M = 18 \cdot 10^{-3}$  кг/моль — молярная масса воды. При комнатной температуре  $T_1$  и парциальном давлении  $p_1$  в выделенном объёме  $V$  содержится  $m_1 = M \frac{p_1 V}{RT_1}$  водяного пара, а в выдыхаемом воздухе при температуре  $T_2$

и парциальном давлении  $p_2$  содержится  $m_2 = M \frac{p_2 V}{RT_2}$ .

2. Масса испарённой воды в этом объёме:

$$m = m_2 - m_1 = M \frac{p_2 V}{RT_2} - M \frac{p_1 V}{RT_1} = \frac{MV}{R} \left( \frac{p_2}{T_2} - \frac{p_1}{T_1} \right).$$

При  $t_1 = 17^\circ\text{C}$  ( $T_1 = 273 + 17 = 290\text{ K}$ ) и относительной влажности 40 % парциальное давление водяного пара  $p_1 = 0,6 p_{\text{H}1} = 0,6 \cdot 1,94 \cdot 10^3 \text{ Па} = 1164 \text{ Па}$ , а при  $t_2 = 34^\circ\text{C}$  ( $T_2 = 273 + 34 = 307\text{ K}$ ) и относительной влажности 100 % парциальное давление водяного пара  $p_2 = p_{\text{H}2} = 5320 \text{ Па}$ .

Здесь  $p_{\text{H}1} = 1,94 \cdot 10^3 \text{ Па}$  — давление насыщенного водяного пара при  $t_1 = 17^\circ\text{C}$ , а  $p_{\text{H}2} = 5320 \text{ Па}$  — давление насыщенного водяного пара при  $t_2 = 34^\circ\text{C}$ .

3. Через лёгкие за 1 мин проходит 15 л воздуха, а за 20 мин. — 300 л, т. е.  $V = 0,3 \text{ м}^3$ . Подставляя значения физических величин, получим количество потеряной за час воды:

$$m = \frac{MV}{R} \left( \frac{p_2}{T_2} - \frac{p_1}{T_1} \right) = \frac{18 \cdot 10^{-3} \cdot 0,3}{8,31} \cdot \left( \frac{5320}{307} - \frac{1164}{290} \right) \approx 8,65 \cdot 10^{-3} \text{ кг} = 8,65 \text{ г.}$$

Ответ:  $m \approx 8,65 \text{ г.}$

25

### Возможное решение

Центростремительное ускорение иона в конденсаторе  $a = \frac{v^2}{R}$  определяется силой  $F = qE$ , действующей со стороны электрического поля. По второму закону Ньютона  $qE = m \frac{v^2}{R}$ , где  $q$ ,  $m$  и  $v$  — соответственно заряд, масса и скорость иона,  $E$  — напряжённость электрического поля. Отсюда:  $R = m \frac{v^2}{qE}$ . Если заряд иона  $q$  увеличивается в 2 раза, то для сохранения прежнего значения радиуса траектории при прежней скорости напряжённость поля нужно уменьшить в 2 раза. Поскольку напряжённость электрического поля  $E$  прямо пропорциональна напряжению между обкладками конденсатора:  $U = Ed$  ( $d$  — расстояние между обкладками конденсатора), то напряжение  $U$  нужно уменьшить в 2 раза.

Ответ: уменьшить в 2 раза.

26

### Возможное решение

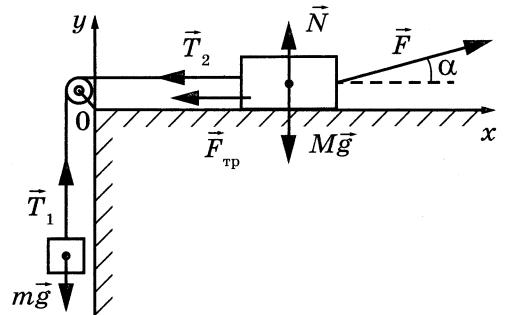
#### Обоснование

1. Задачу будем решать в инерциальной системе отсчёта, связанной со столом. При нахождении ускорений тел будем применять второй закон Ньютона, сформулированный для материальных точек, поскольку тела движутся поступательно. Трением в оси блока и о воздух пренебрежём; блок будем считать невесомым.

На рисунке показаны силы, действующие на бруск и груз.

2. Так как нить нерастяжима, ускорения бруска и груза равны по модулю:

$$|\vec{a}_1| = |\vec{a}_2| = a. \quad (1)$$



3. Так как блок и нить невесомы и трения в блоке нет, то силы натяжения нити, действующие на груз и брусков, одинаковы по модулю:

$$|\vec{T}_1| = |\vec{T}_2| = T. \quad (2)$$

### Решение

1. Запишем второй закон Ньютона в проекциях на оси  $Ox$  и  $Oy$  выбранной системы координат. Учитывая (1) и (2), получим:  $F\cos\alpha - T - F_{tp} = Ma$ ,  $N + F\sin\alpha = Mg$ ,  $T - mg = ma$ .

Сила трения, действующая на брусков,  $F_{tp} = \mu N$ .

Решая полученную систему уравнений, найдём ускорение тел:

$$a = \frac{F(\cos\alpha + \mu\sin\alpha) - mg - \mu M g}{M + m}.$$

2. Так как начальная скорость груза была равна нулю,  $L = \frac{v^2}{2a}$ .

3. Окончательно получим:

$$\begin{aligned} v &= \sqrt{2aL} = \sqrt{2L \left( \frac{F(\cos\alpha + \mu\sin\alpha) - mg - \mu M g}{M + m} \right)} = \\ &= \sqrt{2 \cdot 0,32 \cdot \left( \frac{9 \cdot (\sqrt{3}/2 + 0,3 \cdot 0,5) - 0,5 \cdot 10 - 0,3 \cdot 1 \cdot 10}{1 + 0,5} \right)} \approx 0,7 \text{ м/с.} \end{aligned}$$

Ответ:  $v \approx 0,7$  м/с.

## Вариант 14

**21**

### Возможное решение

1. По условию задачи сопротивлением амперметра можно пренебречь, а сопротивление вольтметра бесконечно велико. При перемещении движка влево сопротивление реостата  $R_2$  уменьшается, что ведёт к уменьшению сопротивления  $R$  всей внешней цепи:  $R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$ .

2. В соответствии с законом Ома для полной цепи сила тока через амперметр увеличивается:  $I = \frac{\mathcal{E}}{r + R}$  (знаменатель дроби уменьшается, а числитель остаётся неизменным). Напряжение, измеряемое вольтметром, при этом уменьшается:  $U = IR = \mathcal{E} - Ir$ .

3. Ответ: напряжение, измеренное вольтметром, уменьшается, а сила тока через амперметр увеличивается.

22

**Возможное решение**

В случае гармонических колебаний максимальная потенциальная энергия пружины равна максимальной кинетической энергии тележки:

$\frac{kA^2}{2} = \frac{mv^2}{2}$ , где  $k$  — жёсткость пружины,  $A$  — амплитуда колебаний тележки,  $m$  — масса тележки,  $v$  — максимальная скорость тележки.

В итоге получим:  $v = A\sqrt{\frac{k}{m}} = 0,1\sqrt{\frac{200}{2}} = 1$  м/с.

Ответ:  $v = 1$  м/с.

23

**Возможное решение**

В теплообмене участвуют лёд и вода. Так как лёд тающий, то его начальная температура равна 0 °С. В момент, когда кусочки льда перестают таять, вода охлаждается до температуры плавления льда и, следовательно, температура смеси становится равной 0 °С.

Уравнение теплового баланса:  $cm_1(t_1 - 0)$  °С  $= \lambda m_2$ .

Для массы воды получим:

$$m_1 = \frac{\lambda m_2}{ct_1} = \frac{3,3 \cdot 10^5 \cdot 140 \cdot 10^{-3}}{4200 \cdot 20} = 0,55 \text{ кг.}$$

Ответ:  $m_1 = 0,55$  кг.

24

**Возможное решение**

1. Водяной пар в воздухе до момента конденсации является разреженным газом и описывается уравнением Менделеева — Клапейрона:  $pV = \frac{m}{M}RT$ , где  $p$  — парциальное давление пара,  $m$  — масса пара в рассматриваемом объёме  $V$ ,  $T$  — абсолютная температура, а  $M = 18 \cdot 10^{-3}$  кг/моль — молярная массы воды. При комнатной температуре  $T_1$  и парциальном давлении  $p_1$  в выделенном объёме  $V$  содержится  $m_1 = M \frac{p_1 V}{RT_1}$  водяного пара, а в выдыхаемом воздухе при температуре  $T_2$  и парциальном давлении  $p_2$  содержится  $m_2 = M \frac{p_2 V}{RT_2}$ .

2. Масса испарённой воды в этом объёме:

$$m = m_2 - m_1 = M \frac{p_2 V}{RT_2} - M \frac{p_1 V}{RT_1} = \frac{MV}{R} \left( \frac{p_2}{T_2} - \frac{p_1}{T_1} \right).$$

При  $t_1 = 20$  °С ( $T_1 = 273 + 20 = 293$  К) и относительной влажности 40 % парциальное давление водяного пара  $p_1 = 0,4 p_{h1} = 0,4 \cdot 2,34 \cdot 10^3$  Па = 936 Па, а при  $t_2 = 34$  °С ( $T_2 = 273 + 34 = 307$  К) и относительной влажности 100 % парциальное давление водяного пара  $p_2 = p_{h2} = 5320$  Па.

Здесь  $p_{h1} = 2,34 \cdot 10^3$  Па — давление насыщенного водяного пара при  $t_1 = 20$  °С, а  $p_{h2} = 5320$  Па — давление насыщенного водяного пара при  $t_2 = 34$  °С.

3. Через лёгкие за 1 мин. проходит 15 л воздуха, а за 1 ч — 900 л, т. е.  $V = 0,9 \text{ м}^3$ . Подставляя значения физических величин, получим количество потерянной за час воды:

$$m = \frac{MV}{R} \left( \frac{p_2}{T_2} - \frac{p_1}{T_1} \right) = \frac{18 \cdot 10^{-3} \cdot 0,9}{8,31} \cdot \left( \frac{5320}{307} - \frac{936}{293} \right) \approx 27,6 \cdot 10^{-3} \text{ кг} = 27,6 \text{ г.}$$

**Ответ:**  $m \approx 27,6 \text{ г.}$

**25****Возможное решение**

Центростремительное ускорение иона в конденсаторе  $a = \frac{v^2}{R}$  определяется силой  $F = qE$ , действующей со стороны электрического поля. По второму закону Ньютона  $qE = m \frac{v^2}{R}$ , где  $q$ ,  $m$  и  $v$  — соответственно заряд, масса и скорость иона,  $E$  — напряжённость электрического поля. Напряжённость электрического поля  $E$  прямо пропорциональна напряжению между обкладками конденсатора:  $U = Ed$  ( $d$  — расстояние между обкладками конденсатора). Отсюда:  $R = m \frac{v^2}{qE} = m \frac{mv^2 d}{qU}$ . Если заряд иона  $q$  увеличивается в 2 раза, то для сохранения прежнего значения радиуса траектории при прежнем напряжении на обкладках конденсатора скорость движения частиц нужно увеличить в  $\sqrt{2}$  раза.

**Ответ:** увеличить в  $\sqrt{2}$  раза.

**26****Возможное решение****Обоснование**

1. Задачу будем решать в инерциальной системе отсчёта, связанной со столом. При нахождении ускорений тел будем применять второй закон Ньютона, сформулированный для материальных точек, поскольку тела движутся поступательно. Трением в оси блока и о воздух пренебрежём; блок будем считать невесомым.

На рисунке показаны силы, действующие на бруск и груз.

2. Так как нить нерастяжима, ускорения бруска и груза равны по модулю:

$$|\ddot{a}_1| = |\ddot{a}_2| = a. \quad (1)$$

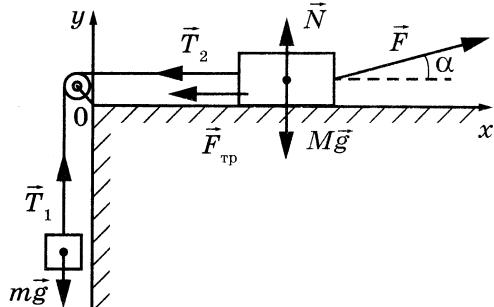
3. Так как блок и нить невесомы и трения в блоке нет, то силы натяжения нити, действующие на груз и бруск, одинаковы по модулю:

$$|\ddot{T}_1| = |\ddot{T}_2| = T. \quad (2)$$

**Решение**

1. Запишем второй закон Ньютона в проекциях на оси  $Ox$  и  $Oy$  выбранной системы координат. Учитывая (1) и (2), получим:  $F \cos \alpha - T - F_{tp} = Ma$ ,  $N + F \sin \alpha = Mg$ ,  $T - mg = ma$ .

Сила трения, действующая на бруск,  $F_{tp} = \mu N$ .



Решая полученную систему уравнений, найдём ускорение тел:

$$a = \frac{F(\cos \alpha + \mu \sin \alpha) - mg - \mu Mg}{M + m}.$$

2. Так как начальная скорость груза была равна нулю,  $L = \frac{at^2}{2}$ .

3. Окончательно получим:

$$\begin{aligned} t &= \sqrt{\frac{2L}{a}} = \sqrt{2L \left( \frac{M+m}{F(\cos \alpha + \mu \sin \alpha) - mg - \mu Mg} \right)} = \\ &= \sqrt{2 \cdot 0,32 \cdot \left( \frac{1+0,5}{9 \cdot (\sqrt{3}/2 + 0,3 \cdot 0,5) - 0,5 \cdot 10 - 0,3 \cdot 1 \cdot 10} \right)} \approx 0,92 \text{ с.} \end{aligned}$$

Ответ:  $t \approx 0,92$  с.

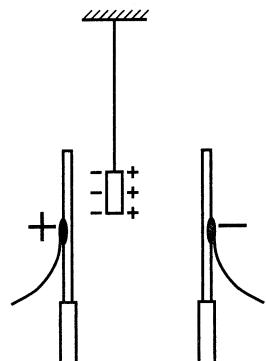
## Вариант 15

21

### Возможное решение

1. Под действием электрического поля пластин изменится распределение электронов в гильзе: левая сторона будет иметь отрицательный заряд, а правая сторона — положительный (см. рисунок).

Сила взаимодействия заряженных тел уменьшается с ростом расстояния между ними. Поэтому притяжение к пластинам ближних к ним сторон гильзы будет больше отталкивания противоположных сторон гильзы. Гильза первоначально находится ближе к левой, положительно заряженной пластине. Поэтому согласно второму закону Ньютона равнодействующая сил Кулона, действующих на гильзу, будет направлена в сторону положительно заряженной пластины и гильза будет двигаться к этой пластине, пока не коснётся её.



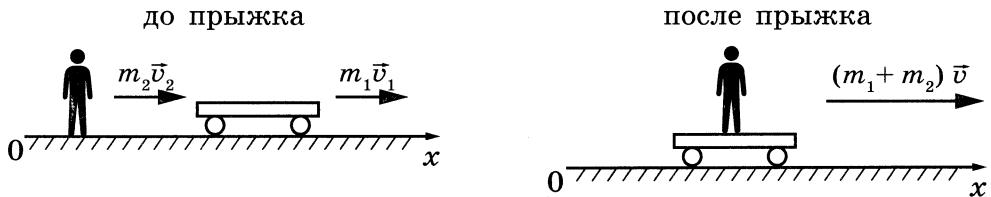
2. В момент касания пластины гильза приобретёт заряд того же знака, какой имеется у пластины, оттолкнётся от неё и будет двигаться к противоположной пластине. Так как нить достаточно длинная, то гильза на нити дойдёт до противоположной пластины. Коснувшись противоположной пластины, гильза поменяет знак заряда, вернётся к первой пластине, и такое движение будет периодически повторяться.

3. Ответ: гильза начнёт двигаться влево, после касания пластины станет двигаться вправо, затем — опять влево. Начнутся колебания гильзы между пластинами.

22

### Возможное решение

1. Для системы тел «мальчик — тележка» в системе отсчёта «дорога» запишем закон сохранения импульса (см. рисунок) для неупругого столкновения в проекциях на горизонтальную ось, направленную вдоль движения тележки:  $m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2) v$ , где  $v$  — скорость тележки с мальчиком после того, как он запрыгнет на тележку.



2. Отсюда

$$v_2 = \frac{(m_1 + m_2)v - m_1 v_1}{m_2} = \frac{(30 + 50) \cdot 3 - 30 \cdot 2}{50} = 3,6 \text{ м/с.}$$

**Ответ:**  $v_2 = 3,6 \text{ м/с.}$

23

### Возможное решение

Запишем формулу для собирающей линзы  $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$ , где  $d$  — расстояние от предмета до линзы,  $f$  — расстояние от линзы до изображения. Оптическая сила линзы  $D = \frac{1}{F}$ .

Проведя преобразования, для расстояния от линзы до предмета получим:

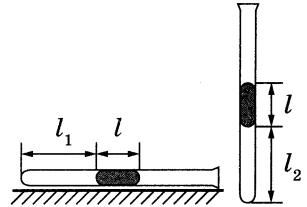
$$d = \frac{f}{Df - 1} = \frac{0,12}{15 \cdot 0,12 - 1} = 0,15 \text{ м.}$$

**Ответ:**  $d = 0,15 \text{ м.}$

24

### Возможное решение

1. Относительная влажность воздуха в трубке в первом случае:  $\Phi_1 = \frac{p_1}{p_n}$ , где  $p_1$  — давление водяных паров в трубке,  $p_n$  — давление насыщенных водяных паров при той же температуре. Для второго случая относительная влажность воздуха в трубке:  $\Phi_2 = \frac{p_2}{p_n}$ , где  $p_2$  — парциальное давление водяных паров в трубке.



2. Давление влажного воздуха в первом случае равно атмосферному давлению:  $p_{\text{вл}} = p_0$ , а во втором случае —  $p_{\text{вл}} = p_0 + \rho gl$ , где  $\rho$  — плотность ртути, а  $l$  — длина столбика ртути. Заметим, что  $p_0 = \rho g H$ , где  $H = 760 \text{ мм}$ .

3. Объём влажного воздуха при изменении положения трубки изменился так, как изменились длины столбиков воздуха, запертых ртутью. Считаем влажный воздух идеальным газом. Поэтому по закону Бойля — Мариотта можем записать  $\frac{V_2}{V_1} = \frac{l_2}{l_1} = \frac{p_0}{p_0 + \rho gl}$ .

4. Из уравнения Менделеева — Клапейрона следует, что  $p = \frac{\nu RT}{V}$ ,  $p_{\text{вл}} = \frac{(\nu + \nu_{\text{св}})RT}{V}$ , где  $p$  — парциальное давление водяного пара,  $p_{\text{вл}}$  — давление влажного воздуха,  $\nu$  — количество моль водяного пара в трубке,  $\nu_{\text{св}}$  — количество моль сухого воздуха в трубке.

Отсюда следует, что  $\frac{p}{p_{\text{вл}}} = \frac{\nu}{\nu + \nu_{\text{св}}} = \text{const.}$

Поэтому  $\frac{p_1}{p_2} = \frac{p_{1\text{вл}}}{p_{2\text{вл}}}$ , и для изотермического процесса для парциальных давлений водяного пара имеем:

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{V_2}{V_1} = \frac{p_0}{p_0 + \rho gl}.$$

5. После объединения записанных выше уравнений получим выражение для относительной влажности воздуха во втором случае:

$$\varphi_2 = \varphi_1 \cdot \frac{p_0 + \rho gl}{p_0} = \varphi_1 \cdot \frac{\rho gH + \rho gl}{\rho gH} = \varphi_1 \frac{H + l}{H} = 60 \cdot \frac{760 + 100}{760} \approx 68\%.$$

Ответ:  $\varphi_2 \approx 68\%$ .

25

### Возможное решение

1. Так как сопротивление всех ламп одинаково, то  $\varphi_A = \varphi_B$  (см. рисунок). Между точками равного потенциала ток не течёт, и участок  $AB$  можно исключить из схемы.

2. Из эквивалентной схемы видно, что сопротивление внешней цепи  $R_0 = \frac{4R^2}{2R + 2R} = R$ .

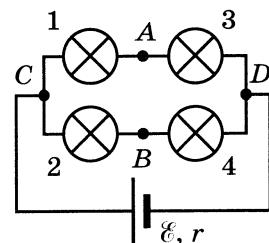
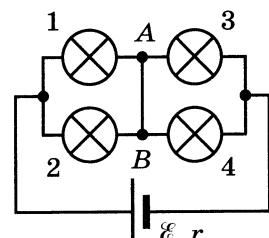
3. По закону Ома для полной цепи ток, текущий через источник в схеме,  $I = \frac{\mathcal{E}}{R + r}$ .

4. По закону Ома для участка цепи ток, текущий по цепи из ламп 1 и 3,  $I_{13} = U_{CD}/(2R)$ . Аналогично ток, текущий по цепи из ламп 2 и 4,  $I_{24} = U_{CD}/(2R)$ . Таким образом,  $I_{13} = I_{24} = I/2$ .

5. По закону Джоуля — Ленца мощность, выделяющаяся на лампе 2,

$$P = \left(\frac{I}{2}\right)^2 R = \frac{\mathcal{E}^2 R}{4(R + r)^2} = \frac{12100 \cdot 20}{4 \cdot 484} = 125 \text{ Вт.}$$

Ответ:  $P = 125$  Вт.



26

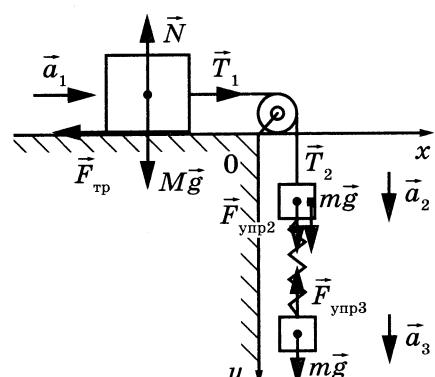
### Возможное решение

#### Обоснование

Задачу будем решать в инерциальной системе отсчёта, связанной с поверхностью стола. Будем применять для грузов и бруска законы Ньютона, справедливые для материальных точек, поскольку тела движутся поступательно. Трением в оси блока и трением о воздух, а также массой блока пренебрежём.

Так как нить нерастяжима и длина пружины постоянна, ускорения обоих брусков и груза равны по модулю:

$$|\vec{a}_1| = |\vec{a}_2| = |\vec{a}_3| = a. \quad (1)$$



На рисунке показаны силы, действующие на бруски и груз.

Так как блок и нити невесомы, а трение отсутствует, то модули сил натяжения нити, действующих на груз и верхний брусок, одинаковы:

$$|\vec{T}_1| = |\vec{T}_2| = T. \quad (2)$$

Равны по модулю и силы

$$|\vec{F}_{\text{упр}2}| = |\vec{F}_{\text{упр}3}|, \quad (3)$$

так как пружина лёгкая.

### Решение

1. Запишем второй закон Ньютона в проекциях на оси  $Ox$  и  $Oy$  выбранной системы координат. С учётом (1)–(3) получим:

$$Ox: Ma = T - F_{\text{тр}},$$

$$Oy: N = Mg, ma = mg - T + F_{\text{упр}}, ma = mg - F_{\text{упр}}.$$

Сложив эти уравнения, найдём ускорение тел:  $a = \frac{2mg - F_{\text{тр}}}{M + 2m}$ .

2. Сила трения  $F_{\text{тр}} = \mu N = \mu Mg$ .

3. Из последнего уравнения в п. 1 получим  $F_{\text{упр}} = m(g - a) = \frac{mMg(1 + \mu)}{M + 2m}$ .

По закону Гука  $F_{\text{упр}} = k\Delta l = k(L - l)$ , тогда

$$L = l + \frac{mMg(1 + \mu)}{k(M + 2m)} = 0,1 + \frac{0,4 \cdot 0,8 \cdot 10 \cdot (1 + 0,2)}{80 \cdot (0,8 + 2 \cdot 0,4)} = 0,13 \text{ м.}$$

**Ответ:**  $L = 0,13$  м.

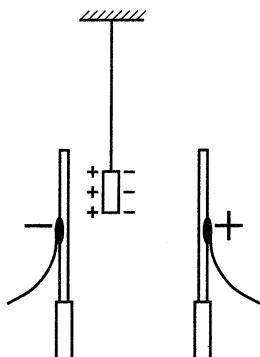
## Вариант 16

**21**

### Возможное решение

1. Под действием электрического поля пластин изменится распределение электронов в гильзе: левая сторона будет иметь положительный заряд, а правая сторона — отрицательный (см. рисунок).

Сила взаимодействия заряженных тел уменьшается с ростом расстояния между ними. Поэтому притяжение к пластинам близких к ним сторон гильзы будет больше отталкивания противоположных сторон гильзы. Гильза первоначально находится ближе к левой, отрицательно заряженной пластине. Поэтому согласно второму закону Ньютона равнодействующая сил Кулона, действующих на гильзу, будет направлена в сторону отрицательно заряженной пластины и гильза будет двигаться к этой пластине, пока не коснётся её.



2. В момент касания пластины гильза приобретёт заряд того же знака, какой имеется у пластины, оттолкнётся от неё и будет двигаться к противоположной пластине. Так как нить достаточно длинная, то гильза на нити дойдёт до противоположной пластины. Коснувшись противоположной пластины, гильза поменяет знак заряда, вернётся к первой пластине, и такое движение будет периодически повторяться.

3. Ответ: гильза начнёт двигаться влево, после касания пластины станет двигаться вправо, затем — опять влево. Начнутся колебания гильзы между пластинаами.

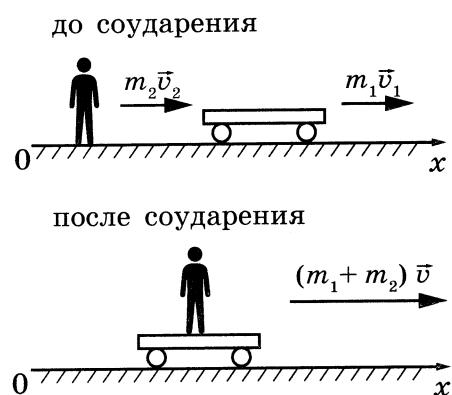
22

### Возможное решение

1. Для системы тел «мальчик — тележка» в системе отсчёта «дорога» запишем закон сохранения импульса (см. рисунок) для неупругого столкновения в проекциях на горизонтальную ось, направленную вдоль движения тележки:  $m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2) v$ , где  $v$  — скорость тележки с мальчиком после того, как он запрыгнет на тележку.

$$2. \text{ Отсюда } v = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2} = \frac{50 \cdot 1 + 50 \cdot 2}{50 + 50} = 1,5 \text{ м/с.}$$

Ответ:  $v = 1,5$  м/с.



23

### Возможное решение

Запишем формулу для собирающей линзы  $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$ , где  $d$  — расстояние от предмета до линзы,  $f$  — расстояние от линзы до изображения. Оптическая сила линзы  $D = \frac{1}{F}$ .

Проведя преобразования, для расстояния от линзы до предмета получим:

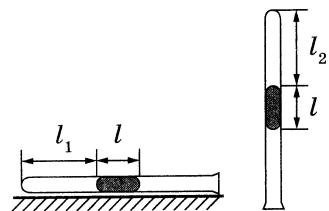
$$f = \frac{d}{Dd - 1} = \frac{0,25}{5 \cdot 0,25 - 1} = 1 \text{ м.}$$

Ответ:  $f = 1$  м.

24

### Возможное решение

1. Относительная влажность воздуха в трубке в первом случае:  $\phi_1 = \frac{p_1}{p_n}$ , где  $p_1$  — давление водяных паров в трубке,  $p_n$  — давление насыщенных водяных паров при той же температуре. Для второго случая относительная влажность воздуха в трубке:  $\phi_2 = \frac{p_2}{p_n}$ , где  $p_2$  — парциальное давление водяных паров в трубке.



2. Давление влажного воздуха в первом случае равно атмосферному давлению:  $p_{1\text{вл}} = p_0$ , а во втором случае —  $p_{2\text{вл}} = p_0 - \rho g l$ , где  $\rho$  — плотность ртути, а  $l$  — длина столбика ртути. Заметим, что  $p_0 = \rho g H$ , где  $H = 760$  мм.

3. Объём влажного воздуха при изменении положения трубы изменился так, как изменились длины столбиков воздуха, запертых ртутью. Считаем влажный воздух идеальным газом. Поэтому по закону Бойля — Мариотта можем записать  $\frac{V_2}{V_1} = \frac{l_2}{l_1} = \frac{p_0}{p_0 - \rho g l}$ .

4. Из уравнения Менделеева — Клапейрона следует, что  $p = \frac{vRT}{V}$ ,  $p_{\text{вл}} = \frac{(v + v_{\text{св}})RT}{V}$ , где  $p$  — парциальное давление водяного пара,  $p_{\text{вл}}$  — давление влажного воздуха,  $v$  — количество моль водяного пара в трубке,  $v_{\text{св}}$  — количество моль сухого воздуха в трубке.

Отсюда следует, что  $\frac{p}{p_{\text{вл}}} = \frac{v}{v + v_{\text{св}}} = \text{const.}$

Поэтому  $\frac{p_1}{p_2} = \frac{p_{1\text{вл}}}{p_{2\text{вл}}}$ , и для изотермического процесса для парциальных давлений водяного пара имеем:  $\frac{p_1}{p_2} = \frac{V_2}{V_1} = \frac{p_0}{p_0 - \rho g l}$ .

5. После объединения записанных выше уравнений получим выражение для относительной влажности воздуха во втором случае:

$$\varphi_2 = \varphi_1 \cdot \frac{p_0 - \rho g l}{p_0} = \varphi_1 \cdot \frac{\rho g H - \rho g l}{\rho g H} = \varphi_1 \frac{H - l}{H} = 80 \cdot \frac{760 - 76}{760} = 72 \text{ \%}.$$

Ответ:  $\varphi_2 = 72 \text{ \%}$ .

25

### Возможное решение

1. Так как сопротивление всех ламп одинаково, то  $\Phi_A = \Phi_B$  (см. рисунок). Между точками равного потенциала ток не течёт, и участок  $AB$  можно исключить из схемы.

2. Из эквивалентной схемы видно, что сопротивление внешней цепи  $R_0 = \frac{4R^2}{2R + 2R} = R = 20 \text{ Ом}$ .

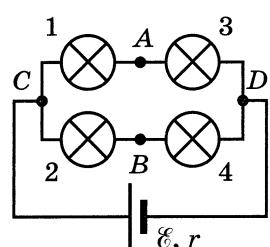
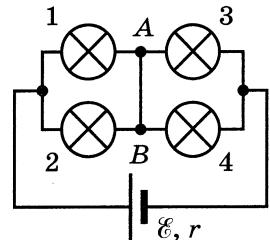
3. По закону Ома для полной цепи ток, текущий через источник в схеме,  $I = \frac{\mathcal{E}}{R + r} = \frac{110}{20 + 2} = 5 \text{ А.}$

4. По закону Джоуля — Ленца полезная мощность, выделяющаяся во внешней цепи,  $P_1 = I^2 R_0 = 5^2 \cdot 20 = 500 \text{ Вт.}$

5. Полная мощность источника равна  $P_2 = \mathcal{E}I = 110 \cdot 5 = 550 \text{ Вт.}$

6. В итоге КПД источника  $\eta = \frac{P_1}{P_2} = \frac{500}{550} \approx 0,91 = 91 \text{ \%}$ .

Ответ:  $\eta \approx 0,91 = 91 \text{ \%}$ .



26

**Возможное решение****Обоснование**

Задачу будем решать в инерциальной системе отсчёта, связанной с поверхностью стола. Будем применять для грузов и бруска законы Ньютона, справедливые для материальных точек, поскольку тела движутся поступательно. Трением в оси блока и трением о воздух, а также массой блока пренебрежём.

Так как нить нерастяжима и длина пружины постоянна, ускорения обоих брусков и груза равны по модулю:

$$|\ddot{a}_1| = |\ddot{a}_2| = |\ddot{a}_3| = a. \quad (1)$$

На рисунке показаны силы, действующие на бруски и груз.

Так как блок и нити невесомы, а трение отсутствует, то модули сил натяжения нити, действующих на груз и верхний брусков, одинаковы:

$$|\vec{T}_1| = |\vec{T}_2| = T. \quad (2)$$

Равны по модулю и силы

$$|\vec{F}_{\text{упр}2}| = |\vec{F}_{\text{упр}3}|, \quad (3)$$

так как пружина лёгкая.

**Решение**

1. Запишем второй закон Ньютона в проекциях на оси  $Ox$  и  $Oy$  выбранной системы координат. С учётом (1)–(3) получим:

$$Ox: Ma = T - F_{\text{тр}},$$

$$Oy: N = Mg, ma = mg - T + F_{\text{упр}}, ma = mg - F_{\text{упр}}.$$

Сложив эти уравнения, найдём ускорение тел:  $a = \frac{2mg - F_{\text{тр}}}{M + 2m}$ .

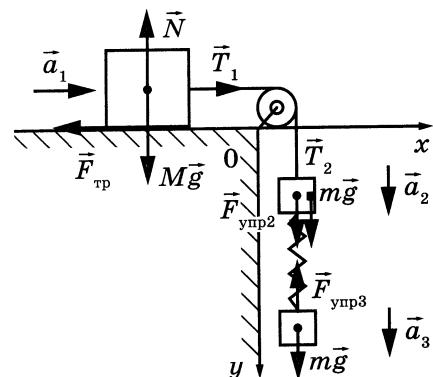
2. Сила трения  $F_{\text{тр}} = \mu N = \mu Mg$ .

3. Из последнего уравнения в п. 1 получим  $F_{\text{упр}} = m(g - a) = \frac{mMg(1 + \mu)}{M + 2m}$ .

По закону Гука  $F_{\text{упр}} = k\Delta l = k(L - l)$ , тогда

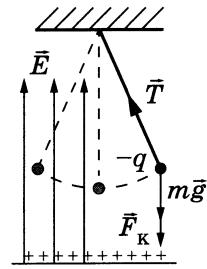
$$k = \frac{mMg(1 + \mu)}{(L - l)(M + 2m)} = \frac{0,4 \cdot 0,8 \cdot 10 \cdot (1 + 0,2)}{(0,14 - 0,1) \cdot (0,8 + 2 \cdot 0,4)} = 60 \text{ H/m.}$$

**Ответ:**  $k = 60 \text{ H/m.}$



**Вариант 17****21****Возможное решение**

1. Колеблющийся шарик на нити можно считать при малых колебаниях математическим маятником. Первоначально, когда шарик не заряжен, электрическое поле пластины не оказывает влияния на колебательное движение, колебания происходят только за счёт периодически изменяющейся касательной составляющей силы тяжести. Поэтому период свободных колебаний зависит только от длины нити  $l$  и ускорения свободного падения  $g$  ( $T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ ).



2. Протяжённая равномерно заряженная пластина создаёт однородное электрическое поле  $\bar{E}$ . Если шарику сообщить отрицательный заряд, то со стороны электрического поля пластины на него начнёт действовать постоянная сила Кулона, равная по величине  $F_K = E|q|$  и направленная вертикально вниз (см. рисунок).

3. В этом случае равнодействующая сил тяжести и Кулона, которая будет определять период свободных колебаний маятника, равна по модулю  $mg + |q|E > mg$ . Возвращающая сила, действующая на шарик (касательная составляющая силы  $m\ddot{g} + q\ddot{E}$ ), увеличится, шарик будет быстрее возвращаться к положению равновесия, а значит, период свободных колебаний маятника уменьшится ( $T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{l}{a}} = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g+Eq/m}}$ , т. е.  $T_2 < T_1$ ).

**22****Возможное решение**

1. Модуль ускорения поезда на всём пути является постоянной величиной и равен

$$a = \frac{v^2}{2s}, \quad (1)$$

где  $v$  — скорость поезда в начале последнего километра пути, а  $s=1$  км — длина этого участка пути.

2. Модуль изменения скорости на этом участке пути равен

$$\Delta v = v = at. \quad (2)$$

3. Решая уравнения (1) и (2), получим выражение для скорости поезда в начале последнего километра пути:

$$v = \frac{2s}{t} = \frac{2 \cdot 1000}{250} = 8 \text{ м/с.}$$

**Ответ:**  $v = 8$  м/с.

23

**Возможное решение**

Запишем уравнение Эйнштейна для фотоэффекта для первого случая:

$$hv_1 = hv_{\text{кр}} + E_1, \text{ где } v_1 = 3,5v_{\text{кр}}.$$

Следовательно:  $E_1 = 2,5hv_{\text{кр}}$ .

Для второго случая:  $hv_2 = hv_{\text{кр}} + E_2$  и по условию  $v_2 = 2v_1$ . Следовательно,  $E_2 = 6hv_{\text{кр}}$ .

Отсюда:  $E_2 = 2,4E_1$ . Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов, вылетающих из металла, увеличится в 2,4 раза.

**Ответ:** в 2,4 раза.

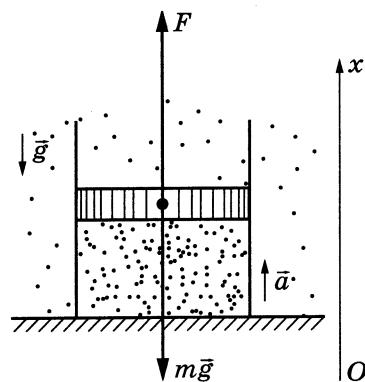
24

**Возможное решение**

1. Запишем в инерциальной системе отсчёта второй закон Ньютона для неподвижного поршня в неподвижном сосуде:

$$(p_1 - p_0)S - mg = 0,$$

где  $m$  — масса поршня,  $S$  — площадь его поперечного сечения,  $p_0$  — внешнее давление,  $p_1$  — давление газа под поршнем в покоящемся сосуде.



2. В проекциях на ось  $Ox$  второй закон Ньютона для поршня, неподвижного относительно сосуда, движущегося с ускорением  $\bar{a}$ :  $(p_2 - p_0)S - mg = ma$ , где  $p_2$  — давление газа в сосуде, движущемся с ускорением. При этом результирующая сила давления  $F = (p_2 - p_0)S$  (см. рисунок).

3. По закону Бойля — Мариотта для газа под поршнем имеем:

$$p_1 V_1 = p_2 V_2 \Rightarrow p_1 S h_1 = p_2 S h_2 \Rightarrow p_1 = p_2 (1 - \eta),$$

где  $h_1$  и  $h_2$  — начальная и конечная высота столба газа под поршнем соответственно, а  $\eta = \frac{h_1 - h_2}{h_1}$  — относительное изменение высоты столба газа.

4. Решая систему уравнений

$$\begin{cases} p_1 S = p_0 S + mg; \\ p_2 S = p_0 S + mg + ma; \\ p_1 = p_2 (1 - \eta), \end{cases}$$

получим выражение для массы поршня:

$$m = \frac{p_0 \eta S}{(1 - \eta)a - \eta g} = \frac{28 \cdot 10^3 \cdot 0,05 \cdot 50 \cdot 10^{-4}}{(1 - 0,05) \cdot 2 - 0,05 \cdot 10} = 5 \text{ кг.}$$

**Ответ:**  $m = 5$  кг.

25

**Возможное решение**

1. При прохождении ускоряющей разности потенциалов  $U$  заряженная частица массой  $m$  с зарядом  $q$  приобретает кинетическую энергию

$$\frac{mv^2}{2} = qU. \quad (1)$$

Здесь учтено, что начальная скорость частицы равна нулю.

2. При движении заряженной частицы в однородном магнитном поле  $\vec{B}$  по окружности радиусом  $R$  сила Лоренца вызывает центростремительное ускорение частицы  $ma_{\text{ц}} = \frac{mv^2}{R} = F_{\text{л}} = qvB$ .

$$\text{Отсюда } R = \frac{mv}{qB}. \quad (2)$$

3. Из (1) следует, что  $v = \sqrt{\frac{2qU}{m}}$ .

Подставляя этот результат в (2), получим:

$$R = \frac{1}{B} \sqrt{\frac{2mU}{q}}.$$

$$\text{Отсюда } B = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{2mU}{q}}.$$

$$B = \frac{1}{0,3} \sqrt{\frac{2 \cdot 1,5 \cdot 10^{-25} \cdot 10^3}{3,2 \cdot 10^{-19}}} \approx 0,1 \text{ Тл.}$$

**Ответ:**  $B \approx 0,1$  Тл.

26

**Возможное решение****Обоснование**

1. Рассмотрим задачу в системе отсчёта, связанной с Землёй. Будем считать эту систему отсчёта инерциальной (ИСО).
2. Описываем стержень моделью твёрдого тела (форма и размеры тела неизменны, расстояние между любыми двумя точками тела остаётся неизменным).
3. Любое движение твёрдого тела является суперпозицией поступательного и вращательного движений. Поэтому условий равновесия твёрдого тела в ИСО ровно два; одно — для поступательного движения, другое — для вращательного движения.
4. В качестве оси, относительно которой будем считать сумму моментов сил, действующих на стержень, выберем ось, проходящую перпендикулярно плоскости рисунка через точку шарнирного крепления (точку  $A$ ).
5. Нить невесома, блок идеален (масса блока ничтожна, трения нет), поэтому модуль силы натяжения нити в любой её точке один и тот же.

**Решение**

1. Введём декартову систему координат  $xOy$ , как показано на рисунке. Поскольку груз  $M$  находится в равновесии, согласно второму закону Ньютона

$$T_1 - Mg = 0. \quad (1)$$

2. На стержень с грузами  $m_1$  и  $m_2$  действуют силы  $m_1\vec{g}$  и  $m_2\vec{g}$ , а также сила натяжения нити  $\bar{T}_2$ . Поскольку нить невесома, а блок идеален, то  $|\bar{T}_1|=|\bar{T}_2|=T$ . Кроме того, на стержень действует сила  $\bar{F}$  со стороны шарнира. Запишем условие равенства нулю суммы моментов этих сил относительно оси вращения, проходящей через точку  $A$  — точку шарнирного закрепления стержня:

$$m_1g \cdot b \sin \alpha + m_2g \cdot l \sin \alpha - T \cdot AD = 0. \quad (2)$$

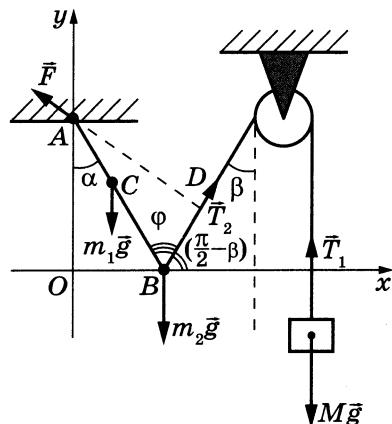
3. Решая систему уравнений (1) и (2), с учётом

$$AD = l \sin \phi = l \sin(\alpha + \beta)$$

получим:

$$l = \frac{m_1 \cdot b \sin \alpha}{M \sin(\alpha + \beta) - m_2 \sin \alpha} = \frac{200 \cdot 25 \cdot \frac{1}{2}}{\frac{100\sqrt{3}}{2} - 100 \cdot \frac{1}{2}} \approx 68,3 \text{ см.}$$

Ответ:  $l \approx 68,3$  см.

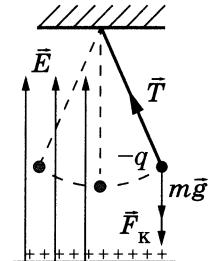


### Вариант 18

21

#### Возможное решение

1. Колеблющийся шарик на нити можно считать при малых колебаниях математическим маятником. Первоначально, когда шарик не заряжен, электрическое поле пластины не оказывает влияния на колебательное движение, колебания происходят только за счёт периодически изменяющейся касательной составляющей силы тяжести. Поэтому частота свободных колебаний зависит только от длины нити  $l$  и ускорения свободного падения  $g$  ( $v_1 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{l}}$ ).



2. Протяжённая равномерно заряженная пластина создаёт однородное электрическое поле  $\bar{E}$ . Если шарику сообщить отрицательный заряд, то со стороны электрического поля пластины на него начнёт действовать постоянная сила Кулона, равная по величине  $F_K = E|q|$  и направленная вертикально вниз (см. рисунок).

3. В этом случае равнодействующая сил тяжести и Кулона, которая будет определять период свободных колебаний маятника, равна по модулю  $mg + |q|E > mg$ . Возвращающая сила, действующая на шарик (касательная составляющая силы  $m\vec{g} + q\vec{E}$ ), увеличится, шарик будет быстрее возвращаться к положению равновесия, а значит, частота свободных колебаний маятника увеличится ( $v_2 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{a}{l}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g + Eq/m}{l}}$ , т. е.  $v_2 > v_1$ ).

22

#### Возможное решение

1. Модуль ускорения поезда на всём пути является постоянной величиной и равен

$$a = \frac{v^2}{2s}, \quad (1)$$

где  $v$  — скорость поезда в начале последнего километра пути, а  $s = 1$  км — длина этого участка пути.

2. Модуль изменения скорости на этом участке пути равен  $\Delta v = v = at$ . (2)
3. Решая уравнения (1) и (2), получим выражение для времени прохождения поездом последнего километра пути:

$$t = \frac{2s}{v} = \frac{2 \cdot 1000}{10} = 200 \text{ с.}$$

Ответ:  $t = 200$  с.

### 23 Возможное решение

Запишем уравнение Эйнштейна для фотоэффекта для первого случая:

$$h \frac{c}{\lambda_1} = h \frac{c}{\lambda_{\text{кр}}} + E_1, \text{ где } \lambda_{\text{кр}} = 3\lambda_1.$$

Следовательно:  $E_1 = h \frac{2c}{3\lambda_1}$ . Для второго случая:  $h \frac{c}{\lambda_2} = h \frac{c}{\lambda_{\text{кр}}} + E_2$ , причём по условию  $\lambda_2 = \frac{3}{2}\lambda_1$ .

Следовательно,  $E_2 = h \frac{c}{3\lambda_1}$ .

Отсюда:  $E_1 = 2E_2$ . Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов, вылетающих из металла, уменьшится в 2 раза.

Ответ: в 2 раза.

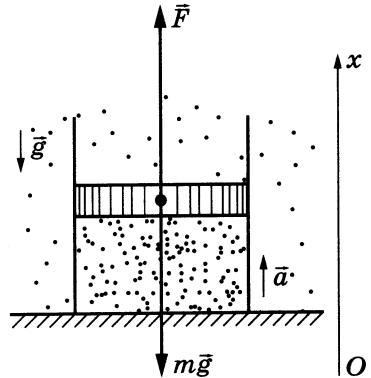
### 24 Возможное решение

1. Запишем в инерциальной системе отсчёта второй закон Ньютона для неподвижного поршня в неподвижном сосуде:

$$(p_1 - p_0)S - mg = 0,$$

где  $m$  — масса поршня,  $S$  — площадь его поперечного сечения,  $p_0$  — внешнее давление,  $p_1$  — давление газа под поршнем в покоящемся сосуде.

2. В проекциях на ось  $Ox$  второй закон Ньютона для поршня, неподвижного относительно сосуда, движущегося с ускорением  $\vec{a}$ :  $(p_2 - p_0)S - mg = ma$ , где  $p_2$  — давление газа в сосуде, движущемся с ускорением. При этом результирующая сила давления  $F = (p_2 - p_0)S$  (см. рисунок).



3. По закону Бойля — Мариотта для газа под поршнем имеем:

$$p_1 V_1 = p_2 V_2 \Rightarrow p_1 Sh_1 = p_2 Sh_2 \Rightarrow p_1 = p_2 (1 - \eta),$$

где  $h_1$  и  $h_2$  — начальная и конечная высота столба газа под поршнем соответственно, а  $\eta = \frac{h_1 - h_2}{h_1}$  — относительное изменение высоты столба газа.

4. Решая систему уравнений

$$\begin{cases} p_1 S = p_0 S + mg; \\ p_2 S = p_0 S + mg + ma; \\ p_1 = p_2(1 - \eta), \end{cases}$$

получим выражение для внешнего давления:

$$p_0 = \frac{m}{\eta S} \{(1 - \eta)a - \eta g\} = \frac{10}{0,05 \cdot 50 \cdot 10^{-4}} \cdot (0,95 \cdot 1 - 0,05 \cdot 10) = 18 \cdot 10^3 \text{ Па.}$$

Ответ:  $p_0 = 18 \cdot 10^3 \text{ Па} = 18 \text{ кПа.}$

25

### Возможное решение

1. При прохождении ускоряющей разности потенциалов  $U$  заряженная частица массой  $m$  с зарядом  $q$  приобретает кинетическую энергию

$$\frac{mv^2}{2} = qU. \quad (1)$$

Здесь учтено, что начальная скорость частицы равна нулю.

2. При движении заряженной частицы в однородном магнитном поле  $\vec{B}$  по окружности радиусом  $R$  сила Лоренца вызывает центростремительное ускорение частицы  $ma_{\text{ц}} = \frac{mv^2}{R} = F_{\text{Л}} = qvB$ .

$$\text{Отсюда } R = \frac{mv}{qB}. \quad (2)$$

3. Из (1) следует, что  $v = \sqrt{\frac{2qU}{m}}$ .

Подставляя этот результат в (2), получим:  $R = \frac{1}{B} \sqrt{\frac{2mU}{q}}$ .

$$R = \frac{1}{0,2} \sqrt{\frac{2 \cdot 1,5 \cdot 10^{-25} \cdot 10^3}{3,2 \cdot 10^{-19}}} \approx 0,15 \text{ м.}$$

Ответ:  $R \approx 0,15 \text{ м.}$

26

### Возможное решение

#### Обоснование

1. Рассмотрим задачу в системе отсчёта, связанной с Землёй. Будем считать эту систему отсчёта инерциальной (ИСО).

2. Описываем стержень моделью твёрдого тела (форма и размеры тела неизменны, расстояние между любыми двумя точками тела остаётся неизменным).

3. Любое движение твёрдого тела является суперпозицией поступательного и вращательного движений. Поэтому условий равновесия твёрдого тела в ИСО ровно два; одно для поступательного движения, другое — для вращательного движения.

4. В качестве оси, относительно которой будем считать сумму моментов сил, действующих на стержень, выберем ось, проходящую перпендикулярно плоскости рисунка через точку шарнирного крепления (точку  $A$ ).

5. Нить невесома, блок идеален (масса блока ничтожна, трения нет), поэтому модуль силы натяжения нити в любой её точке один и тот же.

**Решение**

1. Введём декартову систему координат  $xOy$ , как показано на рисунке. Поскольку груз  $M$  находится в равновесии, согласно второму закону Ньютона

$$T_1 - Mg = 0. \quad (1)$$

2. На стержень с грузами  $m_1$  и  $m_2$  действуют силы  $m_1\bar{g}$  и  $m_2\bar{g}$ , а также сила натяжения нити  $\bar{T}_2$ . Поскольку нить невесома, а блок идеален, то  $|\bar{T}_1| = |\bar{T}_2| = T$ . Кроме того, на стержень действует сила  $\bar{F}$  со стороны шарнира. Запишем условие равенства нулю суммы моментов этих сил относительно оси вращения, проходящей через точку  $A$  — точку шарнирного закрепления стержня:

$$m_1g \cdot b \sin \alpha + m_2g \cdot l \sin \alpha - T \cdot AD = 0. \quad (2)$$

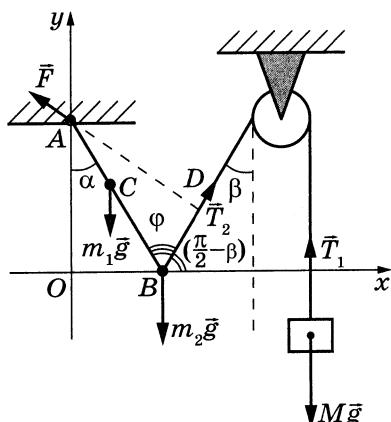
3. Решая систему уравнений (1) и (2), с учётом

$$AD = l \sin \phi = l \sin(\alpha + \beta)$$

получим:

$$M = \frac{(m_1 \cdot b + m_2 \cdot l) \sin \alpha}{l \sin(\alpha + \beta)} = \frac{(200 \cdot 25 + 100 \cdot 0,4) \cdot 0,5}{0,4 \cdot 0,866} \approx 130 \text{ г.}$$

**Ответ:**  $M \approx 130$  г.

**Вариант 19**

21

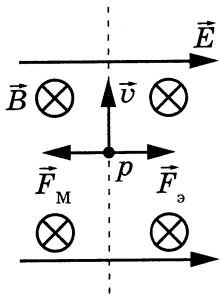
**Возможное решение**

1. Траектория протона будет отклоняться от первоначального направления вправо.

2. На протон действуют магнитное поле силой, равной по модулю  $F_M = qvB$ , и электрическое поле силой, равной по модулю  $F_E = qE$ . 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 не зависит от скорости протона, а сила действия магнитного поля с уменьшением его скорости уменьшается. Поскольку в результате уменьшения скорости протона равнодействующая сил  $\vec{F}_e$  и  $\vec{F}_M$ , а также вызываемое ею ускорение направлены вправо, траектория протона будет отклоняться от первоначального направления вправо.



22

**Возможное решение**

1. Согласно законам равноускоренного прямолинейного движения

$$s = v_0 t + \frac{at^2}{2}, \quad (1)$$

$$4v_0 = v_0 + at, \quad (2)$$

где  $v_0$  — начальная скорость тела,  $a$  — модуль ускорения тела,  $s$  — путь, пройденный телом.

2. Решая уравнения (1) и (2), получим выражение для пути, пройденного телом:

$$s = \frac{5v_0 t}{2} = \frac{5 \cdot 3 \cdot 2}{2} = 15 \text{ м.}$$

**Ответ:**  $s = 15$  м.

23

**Возможное решение**

Так как в калориметре лёд и вода находятся в тепловом равновесии, то температура смеси равна 0 °С. При опускании в смесь болта в теплообмене будут участвовать лёд и болт. При минимальной массе болта он охладится до 0 °С. Уравнение теплового баланса:  $c m_1 (t_1 - 0 \text{ } ^\circ\text{C}) = \lambda m_2$ .

Для массы болта получим:

$$m_1 = \frac{\lambda m_2}{c t_1} = \frac{3,3 \cdot 10^5 \cdot 5 \cdot 10^{-3}}{500 \cdot 66} = 0,05 \text{ кг.}$$

**Ответ:**  $m_1 = 0,05$  кг.

24

**Возможное решение**

1. Определим степень изотермического сжатия, при которой пар станет насыщенным. При этом учтём, что при 100 °С давление насыщенного водяного пара равно нормальному атмосферному давлению  $p_{\text{H}} = p_{\text{атм}} = 10^5$  Па. Для этого воспользуемся законом Бойля — Мариотта  $p_{\text{n}1}V_1 = p_{\text{H}}V_{\text{H}}$ . Поскольку начальная относительная влажность воздуха равна  $\phi = \frac{p_{\text{n}1}}{p_{\text{H}}} = 0,7$ , то  $\frac{V_1}{V_{\text{H}}} = \frac{p_{\text{H}}}{p_{\text{n}1}} = \frac{p_{\text{H}}}{0,7 p_{\text{H}}} = \frac{10}{7} < 3$ . Следовательно, при изотермическом уменьшении объёма в 3 раза пар станет насыщенным.

2. Определим начальное и конечное парциальное давление сухого воздуха, воспользовавшись законами Дальтона и Бойля — Мариотта:

$$p_{\text{B}1} = p_1 - p_{\text{n}1} = p_1 - \phi p_{\text{H}} = 10^5 - 0,7 \cdot 10^5 = 0,3 \cdot 10^5 \text{ Па,}$$

$$p_{\text{B}2} = \frac{p_{\text{B}1} V_1}{V_2} = 3 \cdot 0,3 \cdot 10^5 = 0,9 \cdot 10^5 \text{ Па.}$$

3. Определим конечное давление влажного воздуха в сосуде с помощью закона Дальтона:  $p_2 = p_{\text{B}2} + p_{\text{n}2} = p_{\text{B}2} + p_{\text{H}} = 10^5 + 0,9 \cdot 10^5 = 1,9 \cdot 10^5$  Па.

4. При нагревании влажного воздуха без изменения объёма водяной пар будет оставаться ненасыщенным, а значит, влажный воздух можно считать идеальным газом с постоянным количеством вещества, для изохорного нагревания которого можно применить закон Шарля:  $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$ . Таким образом, для того чтобы получить такое же конечное давление без изменения объёма, абсолютную температуру газа необходимо увеличить до  $T_2 = T_1 \frac{p_2}{p_1} = 373 \cdot \frac{1,9 \cdot 10^5}{10^5} \approx 709$  К.

**Ответ:**  $T_2 \approx 709$  К.

25

### Возможное решение

1. При последовательном включении сила тока, протекающего по резистору и лампе, одна и та же, а напряжения на резисторе и лампе в сумме равны напряжению сети:  $U = U_R + U_L$ .

2. Напряжение на лампе  $U_L = 140$  В определяется по графику при силе тока в цепи  $I = 0,4$  А.

3. Напряжение на резисторе  $U_R = U - U_L = 80$  В.

4. Мощность, выделяющаяся на резисторе, определяется законом Джоуля — Ленца:

$$P_R = U_R I = (U - U_L)I = 80 \cdot 0,4 = 32 \text{ Вт.}$$

**Ответ:**  $P_R = 32$  Вт.

26

### Возможное решение

#### Обоснование

1. Рассмотрим задачу в системе отсчёта, связанной с Землёй. Будем считать эту систему отсчёта инерциальной (ИСО).

2. Описываем стержень моделью твёрдого тела (форма и размеры тела неизменны, расстояние между любыми двумя точками тела остаётся неизменным).

3. Любое движение твёрдого тела является суперпозицией поступательного и вращательного движений. Поэтому условий равновесия твёрдого тела в ИСО ровно два: одно для поступательного движения, другое — для вращательного движения.

4. Сумма приложенных к твёрдому телу внешних сил равна нулю (условие равновесия твёрдого тела относительно поступательного движения). Поэтому сумма моментов этих сил относительно любых двух параллельных осей одна и та же. Для удобства выберем ось, проходящую перпендикулярно плоскости рисунка через центр масс стержня (точку  $O$ ).

**Решение**

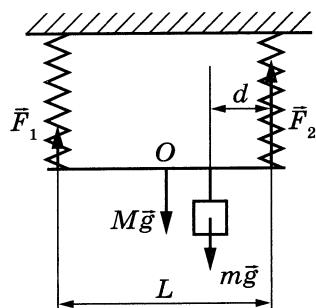
1. По закону Гука модуль силы упругости равен  $F = k\Delta l$ .

Так как растяжения пружин одинаковы, то  $\frac{F_2}{F_1} = \frac{k_2}{k_1} = 3$ ,

где  $F_1$ ,  $F_2$  — модули сил упругости левой и правой пружин соответственно.

2. Условия равновесия стержня с грузом имеют вид

$$F_1 + F_2 = Mg + mg.$$



$F_1 \cdot \frac{L}{2} + mg \cdot \left(\frac{L}{5} - d\right) = F_2 \cdot \frac{L}{2}$  — правило моментов относительно оси  $O$ , проходящей через центр масс стержня перпендикулярно плоскости рисунка (см. рисунок).

3. Объединяя пункты 1 и 2, получаем систему уравнений:

$$\begin{cases} 4F_1 = Mg + mg \\ mg \cdot \left(\frac{L}{2} - d\right) = F_1 L. \end{cases}$$

4. Из системы уравнений пункта 3 получаем  $m = \frac{ML}{L - 4d} = \frac{2 \cdot 0,4}{0,4 - 0,2} = 4$  кг.

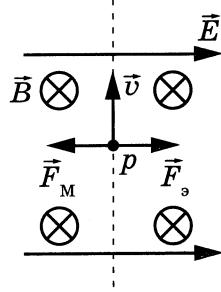
**Ответ:**  $m = 4$  кг.

**Вариант 20****21****Возможное решение**

1. Траектория протона будет отклоняться от первоначального направления влево.

2. На протон действуют магнитное поле силой, равной по модулю  $F_M = qvB$ , и электрическое поле силой, равной по модулю  $F_E = qE$ . 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 не зависит от скорости протона, а сила действия магнитного поля с увеличением его скорости увеличивается. Поскольку в результате увеличения скорости протона равнодействующая сила  $\vec{F}_e$  и  $\vec{F}_M$ , а также вызываемое ею ускорение направлены влево, траектория протона будет отклоняться от первоначального направления влево.

**22****Возможное решение**

1. Согласно законам равноускоренного прямолинейного движения

$$s = v_0 t + \frac{at^2}{2}, \quad (1)$$

$$4v_0 = v_0 + at, \quad (2)$$

где  $v_0$  — начальная скорость тела,  $a$  — модуль ускорения тела,  $s$  — путь, пройденный телом.

2. Решая уравнения (1) и (2), получим выражение для начальной скорости тела:

$$v_0 = \frac{s}{2t} = \frac{20}{2 \cdot 2} = 5 \text{ м/с.}$$

**Ответ:**  $v_0 = 5 \text{ м/с.}$

23

### Возможное решение

Так как в калориметре лёд и вода находятся в тепловом равновесии, то температура смеси равна  $0^\circ\text{C}$ . При опускании в смесь болта в теплообмене будут участвовать лёд и болт. При минимальной удельной теплоёмкости материала болта он охладится до  $0^\circ\text{C}$ . Уравнение теплового баланса:  $cm_1(t_1 - 0^\circ\text{C}) = \lambda m_2$ .

Для массы болта получим:

$$c = \frac{\lambda m_2}{m_1 t_1} = \frac{3,3 \cdot 10^5 \cdot 5 \cdot 10^{-3}}{50 \cdot 10^{-3} \cdot 66} = 500 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}.$$

**Ответ:**  $c = 500 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$ .

24

### Возможное решение

1. Определим степень изотермического сжатия, при которой пар станет насыщенным. При этом учтём, что при  $100^\circ\text{C}$  давление насыщенного водяного пара равно нормальному атмосферному давлению  $p_{\text{H}} = p_{\text{атм}} = 10^5 \text{ Па}$ . Для этого воспользуемся законом Бойля — Мариотта:  $p_{\text{n1}}V_1 = p_{\text{H}}V_{\text{H}}$ . Поскольку начальная относительная влажность воздуха равна  $\varphi = \frac{p_{\text{n1}}}{p_{\text{H}}} = 0,6$ , то  $\frac{V_1}{V_{\text{H}}} = \frac{p_{\text{H}}}{p_{\text{n1}}} = \frac{p_{\text{H}}}{0,6 p_{\text{H}}} = \frac{5}{3} < 2,5$ . Следовательно, при изотермическом уменьшении объёма в 2,5 раза пар станет насыщенным.

2. Определим начальное и конечное парциальное давление сухого воздуха, воспользовавшись законами Дальтона и Бойля — Мариотта:

$$p_{\text{в1}} = p_1 - p_{\text{n1}} = p_1 - \varphi p_{\text{H}} = 10^5 - 0,6 \cdot 10^5 = 0,4 \cdot 10^5 \text{ Па},$$

$$p_{\text{в2}} = \frac{p_{\text{в1}}V_1}{V_2} = 2,5 \cdot 0,4 \cdot 10^5 = 10^5 \text{ Па.}$$

3. Определим конечное давление влажного воздуха в сосуде с помощью закона Дальтона:

$$p_2 = p_{\text{в2}} + p_{\text{n2}} = p_{\text{в2}} + p_{\text{H}} = 10^5 + 10^5 = 2 \cdot 10^5 \text{ Па.}$$

4. При нагревании влажного воздуха без изменения объёма водяной пар будет оставаться ненасыщенным, а значит, влажный воздух можно считать идеальным газом с постоянным количеством вещества, для изохорного нагревания которого можно применить закон Шарля:  $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$ . Таким образом, для того чтобы получить такое же конечное давление без изменения объёма, абсолютную температуру газа необходимо увеличить в  $\frac{T_2}{T_1} = \frac{p_2}{p_1} = \frac{2 \cdot 10^5}{10^5} = 2$  раза.

**Ответ:**  $\frac{T_2}{T_1} = 2$ .

25

**Возможное решение**

- При последовательном включении сила тока, протекающего по резистору и лампе, одна и та же, а напряжения на резисторе и лампе в сумме равны напряжению сети:  $U = U_R + U_L$ .
- Напряжение на лампе  $U_L = 90$  В определяется по графику при силе тока в цепи  $I = 0,3$  А.
- Напряжение на резисторе  $U_R = U - U_L = 120 - 90 = 30$  В.
- Мощность, выделяющаяся на резисторе, определяется законом Джоуля — Ленца:

$$P_R = U_R I = (U - U_L) I = (120 - 90) \cdot 0,3 = 9 \text{ Вт.}$$

**Ответ:**  $P_R = 9$  Вт.

26

**Возможное решение****Обоснование**

- Рассмотрим задачу в системе отсчёта, связанной с Землёй. Будем считать эту систему отсчёта инерциальной (ИСО).
- Описываем стержень моделью твёрдого тела (форма и размеры тела неизменны, расстояние между любыми двумя точками тела остаётся неизменным).
- Любое движение твёрдого тела является суперпозицией поступательного и вращательного движений. Поэтому условий равновесия твёрдого тела в ИСО ровно два: одно для поступательного движения, другое — для вращательного движения.
- Сумма приложенных к твёрдому телу внешних сил равна нулю (условие равновесия твёрдого тела относительно поступательного движения). Поэтому сумма моментов этих сил относительно любых двух параллельных осей одна и та же. Для удобства выберем ось, проходящую перпендикулярно плоскости рисунка через центр масс стержня (точку  $O$ ).

**Решение**

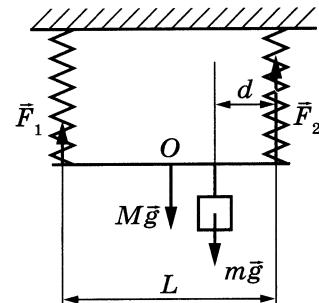
- По закону Гука модуль силы упругости равен  $F = k\Delta l$ .

Так как растяжения пружин одинаковы, то  $\frac{F_2}{F_1} = \frac{k_2}{k_1} = 3$ , где  $F_1$ ,  $F_2$  — модули сил упругости левой и правой пружин соответственно.

- Условия равновесия стержня с грузом имеют вид

$$F_1 + F_2 = Mg + mg.$$

$F_1 \cdot \frac{L}{2} + mg \cdot \left(\frac{L}{5} - d\right) = F_2 \cdot \frac{L}{2}$  — правило моментов относительно оси  $O$ , проходящей через центр масс стержня перпендикулярно плоскости рисунка (см. рисунок).



3. Объединяя пункты 1 и 2, получаем систему уравнений:

$$\begin{cases} 4F_1 = Mg + mg \\ mg \cdot \left(\frac{L}{2} - d\right) = F_1 L. \end{cases}$$

4. Из системы уравнений пункта 3 получаем  $M = \frac{m(L - 4d)}{L} = \frac{3 \cdot (0,4 - 0,2)}{0,4} = 1,5$  кг.

**Ответ:**  $M = 1,5$  кг.

## Вариант 21

21

### Возможное решение

- Электрометр 1 имеет отрицательный заряд, а электрометр 2 — положительный.
- При поднесении положительно заряженной палочки к шару электрометра 1 электроны в шаре, стержне и стрелке электрометра 2 по алюминиевому стержню в электрическом поле, созданном палочкой, стали перемещаться на поверхность шара электрометра 1. Благодаря этому электрометр 1 приобретает отрицательный заряд. Движение электронов будет происходить до тех пор, пока все точки металлических частей двух электрометров не будут иметь одинаковые потенциалы.
- 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.
- После того как убрали стержень, показания электрометров не изменились.

22

### Возможное решение

- Пусть  $M$  — масса линейки,  $m$  — масса груза. При максимальной массе груза, который неподвижен относительно линейки, сила реакции стола действует на линейку только по краю стола.
- Запишем уравнение моментов для первого случая относительно оси вращения, проходящей через край стола перпендикулярно плоскости рисунка:

$$Mg(l/4) = m_1 g(l/4). \quad (1)$$

- Уравнение моментов для второго случая относительно оси вращения, проходящей через край стола перпендикулярно плоскости рисунка:

$$Mgl/6 = m_2 gl/3, \quad (2)$$

где  $m_2$  — искомая масса второго груза.

- Решая уравнения (1) и (2), получим:

$$m_2 = \frac{m_1}{2} = \frac{0,1}{2} = 0,05 \text{ кг} = 50 \text{ г.}$$

**Ответ:**  $m_2 = 50$  г.

23

**Возможное решение**

В теплообмене участвуют лёд и вода. В момент, когда лёд перестал таять, вода охладится до температуры плавления льда и, следовательно, температура смеси становится равной 0 °C.

Уравнение теплового баланса:  $cm_1(t_1 - 0) = \lambda m_2$ .

Для массы воды получим:

$$m_1 = \frac{\lambda m_2}{ct_1} = \frac{3,3 \cdot 10^5 \cdot 210 \cdot 10^{-3}}{4200 \cdot 50} = 0,33 \text{ кг.}$$

Суммарная масса воды в термосе после установления теплового равновесия

$$M = 330 + 210 = 540 \text{ г.}$$

**Ответ:**  $M = 540 \text{ г.}$

24

**Возможное решение**

Для того чтобы шарики подняли в воздух изобретателя, необходимо, чтобы сила Архимеда, действующая на шарики, превышала силу тяжести, действующую на изобретателя и гелий в шариках:  $F_{\text{Apx}} \geq Mg + m_r g$ ; где  $F_{\text{Apx}} = \rho_v N V_0 g = m_v g$ ;  $N$  — количество шариков;  $V_0$  — объём одного шарика;  $\rho_v$  и  $m_v$  — соответственно плотность и масса вытесненного шариками атмосферного воздуха;  $m_r$  — масса гелия в шариках.

Для атмосферного воздуха и гелия справедливо уравнение Менделеева — Клапейрона:  $p_0 N V_0 = \frac{m_v}{\mu_v} RT$  и  $p_0 N V_0 = \frac{m_r}{\mu_r} RT$ , где  $p_0$  — атмосферное давление;  $\mu_v$  и  $\mu_r$  — молярные массы соответственно воздуха и гелия.

Выражая массы газов, окончательно получим:

$$N \geq \frac{MRT}{p_0 V_0 (\mu_v - \mu_r)} = \frac{60 \cdot 8,31 \cdot 300}{10^5 \cdot 0,015 \cdot (0,29 - 0,04)} \approx 3989.$$

**Ответ:**  $N \approx 3989$ .

25

**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

$$Q = Q_1 + Q_2 = \frac{l^4}{R} \left[ \frac{(\Delta B_1)^2}{\Delta t_1} + \frac{(\Delta B_2)^2}{\Delta t_2} \right].$$

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  $R = \frac{0,1^4}{1,6 \cdot 10^{-4}} \left( \frac{1^2}{4} + \frac{0,6^2}{6} \right) \approx 0,2$  Ом.

**Ответ:**  $R \approx 0,2$  Ом.

26

### Возможное решение

#### Обоснование

1. Рассмотрим задачу в системе отсчёта, связанной с Землёй. Будем считать эту систему отсчёта инерциальной (ИСО).
2. Шарики имеют малые размеры по сравнению с длиной нити, поэтому описываем их моделью материальной точки.
3. При пережигании нити пружина толкает оба шарика, действуя на шарики внутренней силой — силой упругости, все внешние силы, действующие на систему двух шариков, направлены вертикально (силы тяжести и натяжения нитей), поэтому сохраняется горизонтальная проекция импульса системы шариков, поскольку пружины пренебрежимо малы из-за её малой массы.
4. В процессе движения каждого шарика на нити к верхней точке своей траектории на каждый из них действуют сила тяжести  $m\vec{g}$  и сила натяжения нити  $\vec{T}$ . Изменение механической энергии шарика в ИСО равно работе всех непотенциальных сил, приложенных к нему. В данном случае единственной такой силой является сила натяжения нити  $\vec{T}$ . В каждой точке траектории  $\vec{T} \perp \vec{v}$ , где  $\vec{v}$  — скорость шарика, поэтому работа силы  $\vec{T}$  равна нулю, а механическая энергия каждого шарика на этом участке его движения сохраняется.

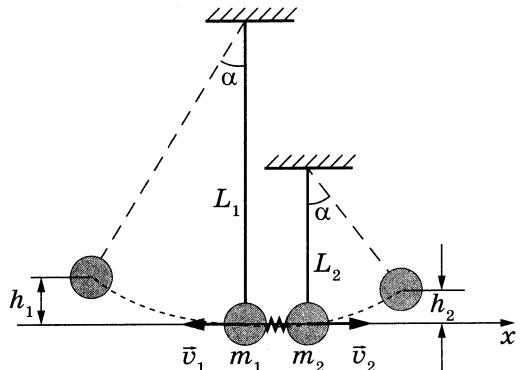
#### Решение

После пережигания нити пружина распрямится, сообщая шарикам начальные скорости  $\vec{v}_1$  и  $\vec{v}_2$ . Запишем закон сохранения импульса для системы шариков в проекциях на ось  $x$  (см. рисунок):

$$0 = -m_1 v_1 + m_2 v_2.$$

Для описания дальнейшего движения каждого шарика воспользуемся законом сохранения полной механической энергии:

$$\frac{m_1 v_1^2}{2} = m_1 g h_1 = m_1 g L_1 (1 - \cos \alpha), \quad \frac{m_2 v_2^2}{2} = m_2 g h_2 = m_2 g L_2 (1 - \cos \alpha).$$



Поделив эти равенства друг на друга почленно, получим:

$$\frac{L_1}{L_2} = \left( \frac{v_1}{v_2} \right)^2.$$

Из закона сохранения импульса следует, что  $\frac{v_1}{v_2} = \frac{m_2}{m_1}$ .

Поэтому

$$\frac{L_1}{L_2} = \left( \frac{m_2}{m_1} \right)^2 = 1,5^2 = 2,25.$$

**Ответ:**  $\frac{L_1}{L_2} = 2,25$ .

## Вариант 22

**21**

### Возможное решение

- Электрометр 1 имеет положительный заряд, а электрометр 2 — отрицательный.
- При поднесении отрицательно заряженной палочки к шару электрометра 1 электроны в шаре, стержне и стрелке электрометра 1 по медному стержню в электрическом поле, созданном палочкой, стали перемещаться на поверхность шара электрометра 2. Благодаря этому электрометр 1 приобретает положительный заряд. Движение электронов будет происходить до тех пор, пока все точки металлических частей двух электрометров не будут иметь одинаковые потенциалы.
- 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, показания электрометров не изменились.

**22**

### Возможное решение

- Пусть  $M$  — масса линейки,  $m$  — масса груза. При максимальной массе груза, который неподвижен относительно линейки, сила реакции стола действует на линейку только по краю стола.
- Запишем уравнение моментов для первого случая относительно оси вращения, проходящей через край стола перпендикулярно плоскости рисунка:

$$Mg(l/4) = m_1g(l/4). \quad (1)$$

- Уравнение моментов для второго случая относительно оси вращения, проходящей через край стола перпендикулярно плоскости рисунка:

$$Mg((l/2 - x)) = m_2gx. \quad (2)$$

где  $x$  — расстояние, на которое выдвинута линейка за край стола.

- Решая уравнения (1) и (2), получим:

$$x = \frac{m_1l}{2(m_1 + m_2)} = \frac{0,25 \cdot 0,6}{2(0,25 + 0,125)} = 0,2 \text{ м} = 20 \text{ см.}$$

**Ответ:**  $x = 20$  см.

23

**Возможное решение**

В теплообмене участвуют лёд и вода. В момент, когда лёд перестал таять, вода охладится до температуры плавления льда и, следовательно, температура смеси становится равной 0 °C.

Уравнение теплового баланса:  $cm_1(t_1 - 0 \text{ } ^\circ\text{C}) = \lambda m_2$ .

Для массы воды получим:

$$m_2 = \frac{cm_1 t_1}{\lambda} = \frac{4200 \cdot 220 \cdot 10^{-3} \cdot 50}{3,3 \cdot 10^5} = 140 \text{ г.}$$

Масса льда в термосе после установления теплового равновесия

$$M = 400 - 140 = 260 \text{ г.}$$

**Ответ:**  $M = 260 \text{ г.}$

24

**Возможное решение**

Для того чтобы шарики подняли в воздух изобретателя, необходимо, чтобы сила Архимеда, действующая на шарики, превышала силу тяжести, действующую на изобретателя и гелий в шариках:  $F_{\text{Apx}} \geq Mg + m_r g$ ; где  $F_{\text{Apx}} = \rho_v N V_0 g = m_v g$ ;  $N$  — количество шариков;  $V_0$  — объём одного шарика;  $\rho_v$  и  $m_v$  — соответственно плотность и масса вытесненного шариками атмосферного воздуха;  $m_r$  — масса гелия в шариках.

Для атмосферного воздуха и гелия справедливо уравнение Менделеева — Клапейрона:  $p_0 N V_0 = \frac{m_v}{\mu_v} RT$  и  $p_0 N V_0 = \frac{m_r}{\mu_r} RT$ , где  $p_0$  — атмосферное давление;  $\mu_v$  и  $\mu_r$  — молярные массы соответственно воздуха и гелия.

Выражая массы газов, окончательно получим:

$$V_0 \geq \frac{MRT}{N p_0 (\mu_v - \mu_r)} = \frac{60 \cdot 8,31 \cdot 300}{5000 \cdot 10^5 \cdot (0,029 - 0,004)} \approx 12 \text{ л.}$$

**Ответ:**  $V_0 \approx 12 \text{ л.}$

25

**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

$$\mathcal{E} = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = -\frac{S \Delta B_n}{\Delta t}.$$

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 выделяется 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:  $Q = 155$  мкДж.

26

### Возможное решение

#### Обоснование

1. Рассмотрим задачу в системе отсчёта, связанной с Землёй. Будем считать эту систему отсчёта инерциальной (ИСО).

2. Шарики имеют малые размеры по сравнению с длиной нити, поэтому описываем их моделью материальной точки.

3. При пережигании нити пружина толкает оба шарика, действуя на них внутренней силой — силой упругости, все внешние силы, действующие на систему двух шариков, направлены вертикально (силы тяжести и натяжения нитей), поэтому сохраняется горизонтальная проекция импульса системы шариков, поскольку импульс пружины пренебрежимо мал из-за её малой массы.

4. В процессе движения каждого шарика на нити к верхней точке своей траектории на каждый из них действуют сила тяжести  $m\bar{g}$  и сила натяжения нити  $\bar{T}$ . Изменение механической энергии шарика в ИСО равно работе всех непотенциальных сил, приложенных к нему. В данном случае единственной такой силой является сила натяжения нити  $\bar{T}$ . В каждой точке траектории  $\bar{T} \perp \bar{v}$ , где  $\bar{v}$  — скорость шарика, поэтому работа силы  $\bar{T}$  равна нулю, а механическая энергия каждого шарика на этом участке его движения сохраняется.

#### Решение

После пережигания нити пружина расправится, сообщая шарикам начальные скорости  $\bar{v}_1$  и  $\bar{v}_2$ . Запишем закон сохранения импульса для системы шариков в проекциях на ось  $x$  (см. рисунок):

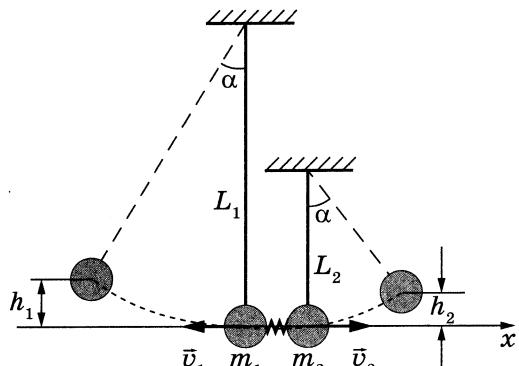
$$0 = -m_1 v_1 + m_2 v_2.$$

Для описания дальнейшего движения каждого шарика воспользуемся законом сохранения полной механической энергии:

$$\frac{m_1 v_1^2}{2} = m_1 g h_1 = m_1 g L_1 (1 - \cos \alpha),$$

$$\frac{m_2 v_2^2}{2} = m_2 g h_2 = m_2 g L_2 (1 - \cos \alpha).$$

Поделив эти равенства друг на друга почленно, получим:  $\frac{L_1}{L_2} = \left( \frac{v_1}{v_2} \right)^2$ .



Из закона сохранения импульса следует, что  $\frac{v_1}{v_2} = \frac{m_2}{m_1}$ .

Поэтому  $\frac{m_2}{m_1} = \sqrt{\frac{L_1}{L_2}} = \sqrt{2} \approx 1,4$ .

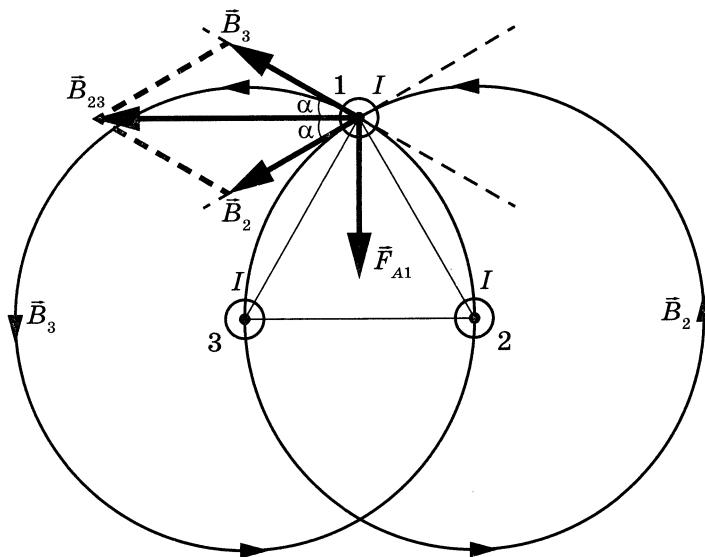
Ответ:  $\frac{m_2}{m_1} \approx 1,4$ .

### Вариант 23

21

#### Возможное решение

- На проводник 1 со стороны проводников 2 и 3 действует результирующая сила, направленная вертикально вниз (см. рисунок).
- Вокруг проводников 2 и 3 возникает магнитное поле, линии индукции которого являются окружностями. Направление линий индукции магнитного поля определяется правилом буравчика (см. рисунок). Вектор магнитной индукции результирующего магнитного поля в области проводника 1 определяется принципом суперпозиции:  $\vec{B}_{23} = \vec{B}_2 + \vec{B}_3$ , где  $\vec{B}_2$  и  $\vec{B}_3$  — векторы индукции магнитных полей, созданных проводниками 2 и 3. Поскольку проводник 1 находится на одинаковом расстоянии  $a$  от каждого из проводников 2 и 3 и по проводникам протекают токи одинаковой силы, то  $|\vec{B}_2| = |\vec{B}_3| = B$ .



- Из геометрических построений видно, что угол между векторами  $\vec{B}_2$  и  $\vec{B}_3$  составляет  $60^\circ$ , а значит,  $\alpha = 30^\circ$ . Следовательно, вектор индукции результирующего магнитного поля  $\vec{B}_{23}$ , созданного проводниками 2 и 3, направлен горизонтально влево (см. рисунок).

- Со стороны результирующего магнитного поля  $\vec{B}_{23}$  на проводник 1 с током действует сила Ампера  $\vec{F}_{A1}$ , направление которой определяется правилом левой руки. Таким образом, результирующая сила, действующая на проводник 1 со стороны проводников 2 и 3, направлена вертикально вниз.

22

**Возможное решение**

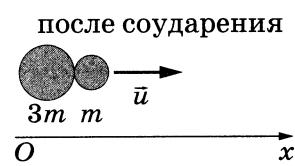
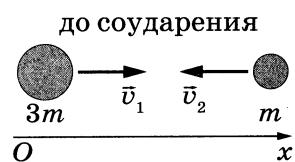
1. Шарики испытывают абсолютно неупругое соударение. Для системы из двух шариков выполняется закон сохранения импульса (ЗСИ), так как при малом времени взаимодействия действием внешней силы (силы тяжести) можно пренебречь.

2. Взаимодействие шаров можно изобразить так, как показано на рисунке.

3. С учётом того, что  $|\vec{v}_1| = |\vec{v}_2| = v$ , а совместная скорость после соударения равна  $u$ , запишем ЗСИ в проекциях на ось  $Ox$ :

$$3mv - mv = 4mu, \text{ откуда } u = v/2 = 4/2 = 2 \text{ м/с.}$$

**Ответ:**  $u = 2$  м/с.



23

**Возможное решение**

Работа гелия при переходе из состояния 1 в состояние 2 равна площади трапеции  $V_1 12 V_2$ :

$$A = \frac{1}{2}(p_1 + p_2)(V_2 - V_1).$$

Так как по графику в данном процессе  $\frac{p_1}{V_1} = \frac{p_2}{V_2}$ . Следовательно,  $p_2 = 300$  кПа.

Для работы гелия получим:  $A = \frac{1}{2}(100 + 300) \cdot 10^3 (30 - 10) \cdot 10^{-3} = 4$  кДж.

**Ответ:**  $A = 4$  кДж.

24

**Возможное решение**

После снятия перегородки суммарная масса паров воды сохраняется прежней:

$$\rho_1 V_1 + \rho_2 V_2 = \rho(V_1 + V_2), \quad (1)$$

где  $\rho_1$  и  $\rho_2$  — плотности паров воды в объёмах  $V_1$  и  $V_2$  соответственно,  $\rho$  — плотность паров после устранения перегородки. Поделим все части уравнения (1) на плотность насыщенных паров воды  $\rho_n$  при той же температуре:

$$\frac{\rho_1}{\rho_n} V_1 + \frac{\rho_2}{\rho_n} V_2 = \frac{\rho}{\rho_n} (V_1 + V_2). \quad (2)$$

Согласно определению относительной влажности

$$\varphi_1 = \frac{\rho_1}{\rho_n}, \quad \varphi_2 = \frac{\rho_2}{\rho_n}, \quad \varphi = \frac{\rho}{\rho_n},$$

так что вместо (2) имеем:  $\varphi_1 V_1 + \varphi_2 V_2 = \varphi(V_1 + V_2)$ .

Отсюда:

$$\varphi = \frac{\varphi_1 V_1 + \varphi_2 V_2}{V_1 + V_2} = \frac{\varphi_1 + \varphi_2 \frac{V_2}{V_1}}{1 + \frac{V_2}{V_1}} = \frac{0,8 + 0,6 \cdot 3}{1 + 3} = 0,65 = 65 \text{ \%}.$$

**Ответ:**  $\varphi = 65 \text{ \%}$ .

25

**Возможное решение**

1. Закон Ома для полной цепи в первом и во втором случаях:

$$I_1 = \frac{\mathcal{E}}{R_1 + r} \quad (1)$$

$$I_2 = \frac{\mathcal{E}}{R_2 + r} \quad (2)$$

2. Соответствующая им мощность, выделяющаяся во внешней цепи:

$$N_1 = I_1^2 R_1, \quad (3)$$

$$N_2 = I_2^2 R_2. \quad (4)$$

3. Решая систему уравнений (1)–(4), получаем:

$$\mathcal{E} = \frac{I_1 I_2}{I_2 - I_1} \left( \frac{N_1}{I_1^2} - \frac{N_2}{I_2^2} \right) = \frac{1 \cdot 5}{5 - 1} \left( \frac{4}{1} - \frac{10}{25} \right) = 4,5 \text{ В.}$$

**Ответ:**  $\mathcal{E} = 4,5 \text{ В.}$

26

**Возможное решение****Обоснование**

1. Рассмотрим задачу в системе отсчёта, связанной с Землёй. Будем считать эту систему отсчёта инерциальной (ИСО).
2. Шарик имеет малые размеры по сравнению с размерами пружины и дальностью полёта, поэтому описываем его моделью материальной точки.
3. В процессе движения шарика по стволу к верхней точке своей траектории на него действуют сила тяжести  $m\bar{g}$ , сила упругости  $\vec{F}_y$  и сила реакции опоры  $\vec{N}$ . Изменение механической энергии шарика в ИСО равно работе всех непотенциальных сил, приложенных к телу. В данном случае единственной такой силой является сила реакции опоры  $\vec{N}$ . В каждой точке траектории  $\vec{N} \perp \vec{v}$ , где  $\vec{v}$  — скорость шарика, поэтому работа силы  $\vec{N}$  равна нулю, следовательно, механическая энергия шарика при его движении по стволу сохраняется.

**Решение**

$$\text{По закону сохранения механической энергии } E_0 = \frac{mv_0^2}{2} + mgbs \sin \alpha, \quad (1)$$

где  $E_0$  — энергия сжатой пружины, а  $v_0$  — скорость шарика в момент вылета из дула ружья.

Согласно формулам кинематики тела, брошенного под углом к горизонту,

$$L = v_0 t \cos \alpha, \quad t = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g}, \text{ где } t \text{ — время полёта. Следовательно, расстояние}$$

$$L = \frac{v_0^2}{g} \sin 2\alpha. \quad (2)$$

Комбинируя формулы (1) и (2), находим:

$$L = \frac{2}{mg} \sin 2\alpha (E_0 - mgbs \sin \alpha) = \frac{2}{5 \cdot 10^{-2} \cdot 10} \sin 60^\circ (0,41 - 5 \cdot 10^{-2} \cdot 10 \cdot 0,5 \cdot \sin 30^\circ) \approx 1,0 \text{ м.}$$

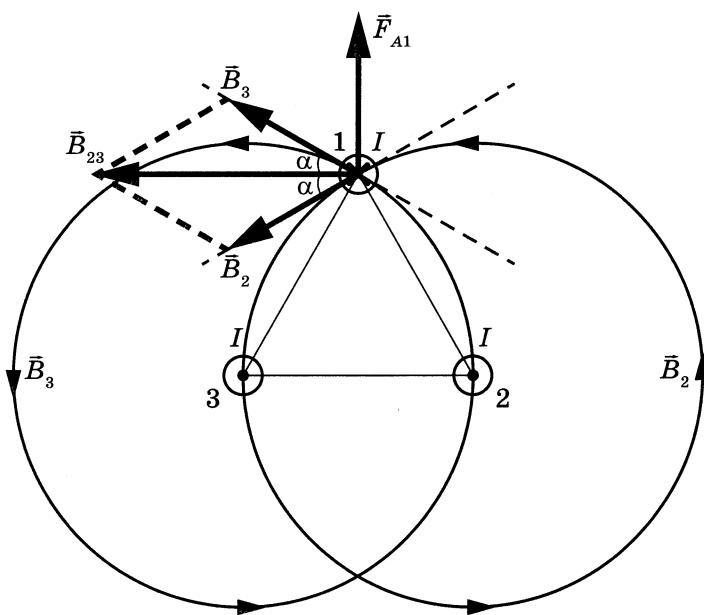
**Ответ:**  $L \approx 1,0 \text{ м.}$

### Вариант 24

21

#### Возможное решение

- На проводник 1 со стороны проводников 2 и 3 действует результирующая сила, направленная вертикально вверх (см. рисунок).
- Вокруг проводников 2 и 3 возникает магнитное поле, линии индукции которого являются окружностями. Направление линий индукции магнитного поля определяется правилом буравчика (см. рисунок). Вектор магнитной индукции результирующего магнитного поля в области проводника 1 определяется принципом суперпозиции:  $\vec{B}_{23} = \vec{B}_2 + \vec{B}_3$ , где  $\vec{B}_2$  и  $\vec{B}_3$  — векторы индукции магнитных полей, созданных проводниками 2 и 3. Поскольку проводник 1 находится на одинаковом расстоянии  $a$  от каждого из проводников 2 и 3 и по проводникам протекают токи одинаковой силы, то  $|\vec{B}_2| = |\vec{B}_3| = B$ .



- Из геометрических построений видно, что угол между векторами  $\vec{B}_2$  и  $\vec{B}_3$  составляет  $60^\circ$ , а значит,  $\alpha = 30^\circ$ . Следовательно, вектор индукции результирующего магнитного поля  $\vec{B}_{23}$ , созданного проводниками 2 и 3, направлен горизонтально влево (см. рисунок).

- Со стороны результирующего магнитного поля  $\vec{B}_{23}$  на проводник 1 с током действует сила Ампера  $\vec{F}_{A1}$ , направление которой определяется правилом левой руки. Таким образом, результирующая сила, действующая на проводник 1 со стороны проводников 2 и 3, направлена вертикально вверх.

22

#### Возможное решение

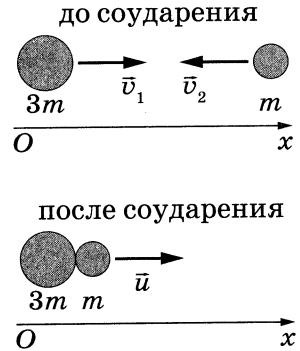
- Шарики испытывают абсолютно неупругое соударение. Для системы из двух шариков выполняется закон сохранения импульса (ЗСИ), так как при малом времени взаимодействия действием внешней силы (силы тяжести) можно пренебречь.

2. Взаимодействие шаров можно изобразить так, как показано на рисунке.

3. С учётом того, что  $|\bar{v}_1| = |\bar{v}_2| = v$ , а совместная скорость после соударения равна  $u$ , запишем ЗСИ в проекциях на ось  $Ox$ :

$$3mv - mv = 4mu, \text{ откуда } v = 2u = 2 \cdot 0,5 = 1 \text{ м/с.}$$

**Ответ:**  $v = 1$  м/с.



23

### Возможное решение

Работа внешних сил над гелием при переходе из состояния 1 в состояние 2 равна площади трапеции  $V_1 12V_2$ :

$$A = \frac{1}{2}(p_1 + p_2)(V_2 - V_1).$$

Так как по графику в данном процессе  $\frac{p_1}{V_1} = \frac{p_2}{V_2}$ . Следовательно,  $p_2 = 150$  кПа.

Для работы внешних сил над гелием получим:

$$A = \frac{1}{2}(450 + 150) \cdot 10^3 (30 - 10) \cdot 10^{-3} = 6 \text{ кДж.}$$

**Ответ:**  $A = 6$  кДж.

24

### Возможное решение

После снятия перегородки суммарная масса паров воды сохраняется прежней:

$$\rho_1 V_1 + \rho_2 V_2 = \rho(V_1 + V_2), \quad (1)$$

где  $\rho_1$  и  $\rho_2$  — плотности паров воды в объёмах  $V_1$  и  $V_2$  соответственно,  $\rho$  — плотность паров после устранения перегородки. Поделим все части уравнения (1) на плотность насыщенных паров воды  $\rho_n$  при той же температуре:

$$\frac{\rho_1}{\rho_n} V_1 + \frac{\rho_2}{\rho_n} V_2 = \frac{\rho}{\rho_n} (V_1 + V_2). \quad (2)$$

Согласно определению относительной влажности

$$\varphi_1 = \frac{\rho_1}{\rho_n}, \quad \varphi_2 = \frac{\rho_2}{\rho_n}, \quad \varphi = \frac{\rho}{\rho_n},$$

так что вместо (2) имеем:

$$\varphi_1 V_1 + \varphi_2 V_2 = \varphi(V_1 + V_2).$$

Отсюда:

$$\varphi_2 = \frac{\varphi(V_1 + V_2) - \varphi_1 V_1}{V_2} = \frac{\varphi \left( 1 + \frac{V_2}{V_1} \right) - \varphi_1}{\frac{V_2}{V_1}} = \frac{0,25}{10 \cdot \left( \frac{1}{2 \cdot 0,866} + 0,5 \cdot 0,5 \right)} \approx 0,03.$$

**Ответ:**  $\varphi_2 = 40\%$ .

25

**Возможное решение**

1. Закон Ома для полной цепи в первом и во втором случаях:

$$I_1 = \frac{\mathcal{E}}{R_1 + r} \quad (1)$$

$$I_2 = \frac{\mathcal{E}}{R_2 + r} \quad (2)$$

2. Соответствующая им мощность, выделяющаяся во внешней цепи:

$$N_1 = I_1^2 R_1, \quad (3)$$

$$N_2 = I_2^2 R_2. \quad (4)$$

3. Решая систему уравнений (1)–(4), получаем:

$$r = \frac{N_1 I_2 - N_2 I_1}{I_1 I_2 (I_2 - I_1)} = \frac{4 \cdot 5 - 10 \cdot 1}{1 \cdot 5 (5 - 1)} = 0,5 \text{ Ом.}$$

**Ответ:**  $r = 0,5$  Ом.

26

**Возможное решение****Обоснование**

1. Рассмотрим задачу в системе отсчёта, связанной с Землёй. Будем считать эту систему отсчёта инерциальной (ИСО).

2. Шарик имеет малые размеры по сравнению с размерами пружины и дальностью полёта, поэтому описываем его моделью материальной точки.

3. В процессе движения шарика по стволу к верхней точке своей траектории на него действуют сила тяжести  $m\vec{g}$ , сила упругости  $\vec{F}_y$  и сила реакции опоры  $\vec{N}$ . Изменение механической энергии шарика в ИСО равно работе всех непотенциальных сил, приложенных к телу. В данном случае единственной такой силой является сила реакции опоры  $\vec{N}$ . В каждой точке траектории  $\vec{N} \perp \vec{v}$ , где  $\vec{v}$  — скорость шарика, поэтому работа силы  $\vec{N}$  равна нулю, следовательно, механическая энергия шарика при его движении по стволу сохраняется.

**Решение**

По закону сохранения механической энергии  $E_0 = \frac{mv_0^2}{2} + mgbs \sin \alpha$ , (1)

где  $E_0$  — энергия сжатой пружины, а  $v_0$  — скорость шарика в момент вылета из дула ружья.

Согласно формулам кинематики тела, брошенного под углом к горизонту,  $L = v_0 t \cos \alpha$ ,  $t = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g}$ , где  $t$  — время полёта. Следовательно, расстояние

$$L = \frac{v_0^2}{g} \sin 2\alpha. \quad (2)$$

Комбинируя формулы (1) и (2), находим:

$$m = \frac{E_0}{g \left( \frac{L}{2 \sin 2\alpha} + b \sin \alpha \right)} = \frac{0,25}{10 \cdot \left( \frac{1}{2 \cdot 0,866} + 0,5 \cdot 0,5 \right)} \approx 0,03 \text{ кг} = 30 \text{ г.}$$

**Ответ:**  $m = 30$  г.

**Вариант 25****21****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.

**22****Возможное решение**

1. Поскольку стержень находится в равновесии (см. рисунок),

$$N_2 - N = 0, \quad (1)$$

$$mg - N_1 = 0. \quad (2)$$

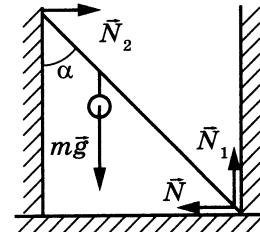
2. Запишем уравнение моментов относительно оси, проходящей через нижнюю точку стержня в точке её касания стенки:

$$mgl \sin \alpha - N_2 L \cos \alpha = 0, \quad (3)$$

где  $l$  — расстояние от правого конца стержня до точки подвеса шара,  $L$  — длина стержня.

4. Решая систему уравнений (1)–(3), получим выражение для модуля силы  $N$ :

$$N = N_2 = \frac{mgl \sin \alpha}{L \cos \alpha} = \frac{mgl \cdot \tan \alpha}{L} = \frac{5 \cdot 10 \cdot 2 \cdot \sqrt{3}}{3} \approx 57,7 \text{ Н.}$$



**Ответ:**  $N \approx 57,7$  Н.

**23****Возможное решение**

Энергия одного фотона  $E_1 = \frac{hc}{\lambda}$ , энергия  $N$  фотонов  $E = NE_1 = \frac{Nh c}{\lambda}$ . Мощность света, поглощённого сетчаткой,  $P = \frac{E}{t}$ .

Следовательно, для числа фотонов получим:  $N = \frac{\lambda P t}{hc} = \frac{480 \cdot 10^{-9} \cdot 13,2 \cdot 10^{-17} \cdot 3}{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8} = 960$ .

**Ответ:**  $N = 960$ .

24

**Возможное решение**

Поскольку сосуды теплоизолированы, а газы при открытии вентиля работу не совершают, то в соответствии с первым началом термодинамики суммарная внутренняя энергия газов сохраняется:

$$\frac{3v_1RT_1}{2} + \frac{3v_2RT_2}{2} = \frac{3}{2}(v_1 + v_2)RT_{\text{конеч}},$$

откуда  $T_{\text{конеч}} = \frac{5}{3}T_1$ .

В соответствии с уравнением Менделеева — Клапейрона для парциальных давлений газов после открывания вентиля имеем:

$$p_1 = \frac{v_1RT_{\text{конеч}}}{3V}, \quad p_2 = \frac{v_2RT_{\text{конеч}}}{3V}.$$

Согласно закону Дальтона для суммарного давления смеси газов получаем:

$$p = p_1 + p_2 = \frac{(v_1 + v_2)RT_{\text{конеч}}}{3V} = \frac{v_1RT_{\text{конеч}}}{V} = \frac{5}{3} \frac{v_1RT_1}{V}.$$

**Ответ:**  $p = \frac{5}{3} \frac{v_1RT_1}{V}$ .

25

**Возможное решение**

- На проводник с током со стороны магнитного поля действует сила Ампера  $\vec{F}_A$ , равная по модулю  $IBL$  и направленная горизонтально, перпендикулярно проводнику.
- Силы, действующие на проводник, показаны на рисунке. Считая систему отсчёта, связанную с наклонной плоскостью, инерциальной, запишем второй закон Ньютона в проекциях на оси  $Ox$  и  $Oy$  (см. рисунок):

$$Ox: F_A \cos \alpha - mg \sin \alpha - F_{\text{тр}} = 0; \quad (1)$$

$$Oy: N - mg \cos \alpha - F_A \sin \alpha = 0. \quad (2)$$

$$\text{Бруск скользит по наклонной плоскости, поэтому } F_{\text{тр}} = \mu N. \quad (3)$$

3. Решаем систему уравнений (1)–(3).

Из уравнения (2) выражаем  $N$ , подставляем полученное выражение в уравнение (3) и получаем выражение для  $F_{\text{тр}}$ . Подставив его в (1), получаем уравнение для  $F_A$ :

$$F_A \cos \alpha - mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha - \mu F_A \sin \alpha = 0.$$

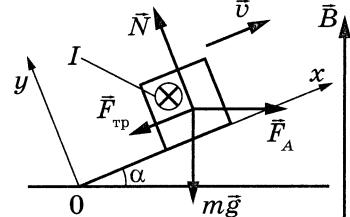
Его решение:

$$F_A = IBL = mg \frac{\sin \alpha + \mu \cos \alpha}{\cos \alpha - \mu \sin \alpha},$$

откуда

$$B = \frac{mg}{IL} \cdot \frac{\sin \alpha + \mu \cos \alpha}{\cos \alpha - \mu \sin \alpha} = \frac{14 \cdot 10^{-3} \cdot 10}{3 \cdot 0,4} \cdot \frac{\sin 30^\circ + 0,2 \cdot \cos 30^\circ}{\cos 30^\circ - 0,2 \cdot \sin 30^\circ} \approx 0,1 \text{ Тл.}$$

**Ответ:**  $B \approx 0,1 \text{ Тл.}$



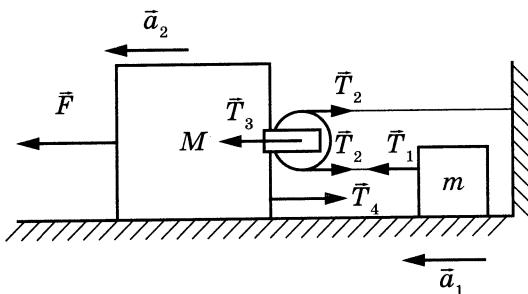
26

**Возможное решение****Обоснование**

1. Рассмотрим задачу в системе отсчёта, связанной с Землёй. Будем считать эту систему отсчёта инерциальной (ИСО).
2. Бруск и тело движутся поступательно, поэтому описываем их моделью материальной точки независимо от их размеров.
3. Из пп. 1 и 2 следует, что движение бруска и тела в ИСО описывается вторым законом Ньютона.
4. Нить невесома, блок идеален (масса блока ничтожна, трения нет), поэтому модуль силы натяжения нити в любой её точке один и тот же.
5. Нить нерастяжима, поэтому модули ускорений подвижного блока и тела  $m$  при их прямолинейном поступательном движении отличаются в 2 раза.

**Решение**

Систему отсчёта, связанную с Землёй, будем считать инерциальной. Запишем второй закон Ньютона в проекциях на горизонтальную ось для тела и бруска:  $ma_1 = T_1$ ;  $Ma_2 = F - T_4$ , где  $a_1$  и  $a_2$  — ускорения тела и бруска,  $T_1$  — сила натяжения нити,  $T_4$  — сила, с которой блок действует на бруск.



Запишем второй закон Ньютона для невесомого блока:  $0 = T_3 - 2T_2$ , где  $T_3$  — сила, с которой бруск действует на блок,  $T_2$  — сила натяжения нити, действующая на блок.

Поскольку нить невесома, то  $|T_1| = |T_2| = T$ .

По третьему закону Ньютона  $\bar{T}_3 = -\bar{T}_4$ ,  
или  $|T_3| = |T_4|$ .

Ускорение бруска массой  $M$  в 2 раза меньше ускорения тела массой  $m$ , так как за одно и то же время перемещение тела в 2 раза больше перемещения бруска:  $a_1 = 2a_2$ .

Приходим к системе уравнений:  $\begin{cases} F - 2T = Ma_2, \\ T = m \cdot 2a_2, \end{cases}$  откуда

$$a_2 = \frac{F}{M + 4m}; \quad a_1 = 2a_2 = \frac{2F}{M + 4m} = \frac{2 \cdot 10}{2 + 4 \cdot 0,75} = 4 \text{ м/с}^2.$$

**Ответ:**  $a_1 = 4 \text{ м/с}^2$ .

## Вариант 26

**21** **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.

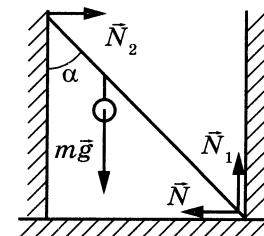
**22** **Возможное решение**

1. Поскольку стержень находится в равновесии (см. рисунок),

$$\bar{N}_2 - N = 0; \quad (1)$$

$$mg - \bar{N}_1 = 0. \quad (2)$$

2. Запишем уравнение моментов относительно оси, проходящей через верхнюю точку стержня в точке её касания стенки:



$$mglsin\alpha + NLcos\alpha - N_1Lsin\alpha = 0, \quad (3)$$

где  $l$  — расстояние от левого конца стержня до точки подвеса шара,  $L$  — длина стержня.

4. Решая систему уравнений (1)–(3), получим выражение для модуля силы  $N$ :

$$N = \frac{N_1Lsin\alpha - mglsin\alpha}{Lcos\alpha} = \frac{mg sin\alpha(L-l)}{Lcos\alpha} = \frac{3 \cdot 10 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot (3-1)}{3 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}} = 20 \text{ Н.}$$

**Ответ:**  $N = 20$  Н.

**23** **Возможное решение**

Так как резисторы  $R_1$  и  $R_2$  соединены параллельно, то напряжение на них одинаково и справедливо соотношение  $I_1R_1 = I_2R_2$ . Отсюда  $I_2 = \frac{I_1R_1}{R_2} = \frac{1 \cdot 3}{1} = 3$  А.

Найдём силу тока через резистор  $R_3$ :  $I_3 = I_1 + I_2 = 1 + 3 = 4$  А.

По закону Ома для участка цепи напряжение на резисторе  $R_3$ :

$$U_3 = I_3 R_3.$$

Следовательно,  $U_3 = 4 \cdot 5 = 20$  В.

По закону Ома для полной цепи ЭДС источника:

$$\mathcal{E} = U_3 + U_1 + I_3 r = 20 + 3 + 4 \cdot 1 = 27 \text{ В.}$$

**Ответ:**  $\mathcal{E} = 27$  В.

24

**Возможное решение**

Поскольку сосуды теплоизолированы, а газы при открытии вентиля работу не совершают, то в соответствии с первым началом термодинамики суммарная внутренняя энергия газов сохраняется:

$$\frac{3v_1RT_1}{2} + \frac{3v_2RT_2}{2} = \frac{3}{2}(v_1 + v_2)RT_{\text{конеч}},$$

откуда  $T_{\text{конеч}} = 2,5T_1$ .

В соответствии с уравнением Менделеева — Клапейрона для парциальных давлений газов после открывания вентиля имеем:

$$p_1 = \frac{v_1 RT_{\text{конеч}}}{V_1 + V_2}, \quad p_2 = \frac{v_2 RT_{\text{конеч}}}{V_1 + V_2}.$$

Согласно закону Дальтона для суммарного давления смеси газов получаем:

$$p = p_1 + p_2 = \frac{(v_1 + v_2)RT_{\text{конеч}}}{V_1 + V_2} = \frac{4v_1 RT_{\text{конеч}}}{2,5V} = \frac{4v_1 RT_1}{V}.$$

**Ответ:**  $p = \frac{4v_1 RT_1}{V}$ .

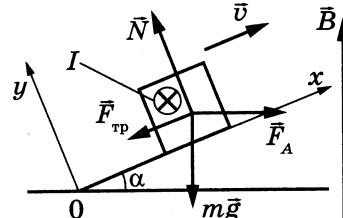
25

**Возможное решение**

- На проводник с током со стороны магнитного поля действует сила Ампера  $\vec{F}_A$ , равная по модулю  $IBL$  и направленная горизонтально, перпендикулярно проводнику.
- Силы, действующие на проводник, показаны на рисунке. Считая систему отсчёта, связанную с наклонной плоскостью, инерциальной, запишем второй закон Ньютона в проекциях на оси  $Ox$  и  $Oy$  (см. рисунок):

$$Ox: F_A \cos \alpha - mg \sin \alpha - F_{\text{tp}} = 0; \quad (1)$$

$$Oy: N - mg \cos \alpha - F_A \sin \alpha = 0. \quad (2)$$



Бруск скользит по наклонной плоскости, поэтому  $F_{\text{tp}} = \mu N$ . (3)

3. Решаем систему уравнений (1)–(3).

Из уравнения (2) выражаем  $N$ , подставляем полученное выражение в уравнение (3) и получаем выражение для  $F_{\text{tp}}$ . Подставив его в (1), получаем уравнение для  $F_A$ :

$$F_A \cos \alpha - mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha - \mu F_A \sin \alpha = 0.$$

Его решение:

$$F_A = IBL = mg \frac{\sin \alpha + \mu \cos \alpha}{\cos \alpha - \mu \sin \alpha},$$

откуда

$$I = \frac{mg}{BL} \cdot \frac{\sin \alpha + \mu \cos \alpha}{\cos \alpha - \mu \sin \alpha} = \frac{20 \cdot 10^{-3} \cdot 10}{0,04 \cdot 0,4} \cdot \frac{\sin 30^\circ + 0,2 \cdot \cos 30^\circ}{\cos 30^\circ - 0,2 \cdot \sin 30^\circ} \approx 11 \text{ A.}$$

**Ответ:**  $I \approx 11 \text{ A.}$

26

**Возможное решение****Обоснование**

- Рассмотрим задачу в системе отсчёта, связанной с Землёй. Будем считать эту систему отсчёта инерциальной (ИСО).
- Бруск и тело движутся поступательно, поэтому описываем их моделью материальной точки независимо от их размеров.
- Из пп. 1 и 2 следует, что движение бруска и тела в ИСО описывается вторым законом Ньютона.
- Нить невесома, блок идеален (масса блока ничтожна, трения нет), поэтому модуль силы натяжения нити в любой её точке один и тот же.
- Нить нерастяжима, поэтому модули ускорений подвижного блока и тела  $m$  при их прямолинейном поступательном движении отличаются в 2 раза.

**Решение**

Систему отсчёта, связанную с Землёй, будем считать инерциальной. Запишем второй закон Ньютона в проекциях на горизонтальную ось для тела и бруска:  
 $ma_1 = T_1$ ;  $Ma_2 = F - T_4$ , где  $a_1$  и  $a_2$  — ускорения тела и бруска,  $T_1$  — сила натяжения нити,  $T_4$  — сила, с которой блок действует на бруск.

Запишем второй закон Ньютона для невесомого блока:

$0 = T_3 - 2T_2$ , где  $T_3$  — сила, с которой бруск действует на блок,  $T_2$  — сила натяжения нити, действующая на блок.

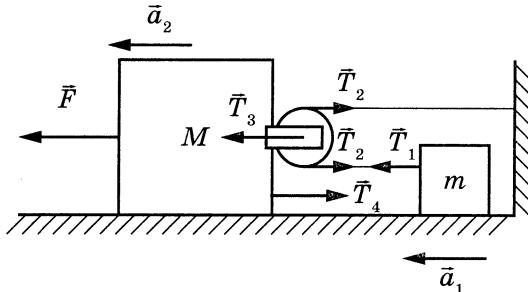
Поскольку нить невесома, то  $|T_1| = |T_2| = T$ . По третьему закону Ньютона  $T_3 = -T_4$ , или  $|T_3| = |T_4|$ .

Ускорение подвижного блока, а значит, и бруска массой  $M$ , в 2 раза меньше ускорения тела массой  $m$ , так как за одно и то же время перемещение тела в 2 раза больше перемещения бруска:  $a_1 = 2a_2$ .

Приходим к системе уравнений:  $\begin{cases} F - 2T = Ma_2, \\ T = m \cdot 2a_2, \end{cases}$  откуда

$$a_2 = \frac{F}{M + 4m} = \frac{10}{2 + 4 \cdot 0,75} = 2 \text{ м/с}^2.$$

Ответ:  $a_2 = 2 \text{ м/с}^2$ .



**Вариант 27****21 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 (рис. а).

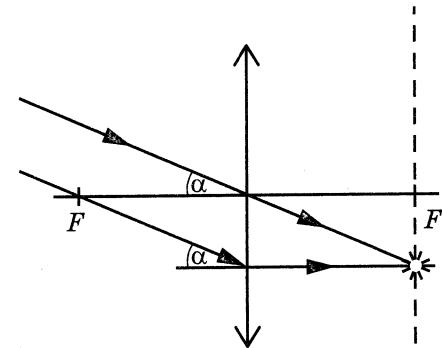


Рис. а

2. Плоскопараллельная пластина в соответствии с законом преломления света не нарушает параллельности лучей, а только смещает падающие лучи параллельно вверх (рисунок б).

3. Так как угол падения лучей на линзу не изменился, то и положение изображения не изменится (рис. б).

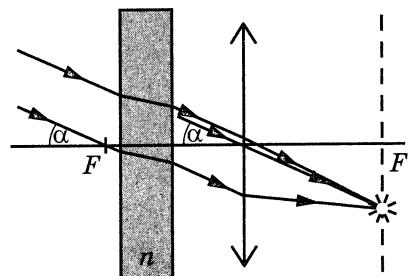


Рис. б

**22 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:**  $\Delta x = 5 \text{ см.}$

**23 Возможное решение**

Согласно первому закону термодинамики количество теплоты, полученное газом,  $Q = \Delta U + A$ , где  $\Delta U = \frac{3}{2}vR\Delta T = \frac{3}{2}p\Delta V$  — изменение внутренней энергии газа в изобарном процессе,  $A = p\Delta U$  — работа газа. Таким образом,

$$Q = \frac{3}{2}p\Delta V + p\Delta V = \frac{5}{2}p\Delta V = \frac{5}{3}\Delta U = \frac{5 \cdot 1800}{3} = 3000 \text{ кДж.}$$

**Ответ:**  $Q = 3000 \text{ кДж.}$

24

**Возможное решение**

II закон Ньютона в проекциях на вертикаль:  $F_A = m_{\text{He}}g + m_{\text{o6}}g$ .

Силы выражены через радиус оболочки  $r$ :  $\rho_B g V = m_{\text{o6}}g + m_{\text{He}}g = bSg + \rho_{\text{He}}Vg \Rightarrow$

$$\Rightarrow \rho_B g \cdot \frac{4}{3}\pi r^3 = b \cdot 4\pi r^2 \cdot g + \rho_{\text{He}} \cdot g \frac{4}{3}\pi r^3, \text{ откуда радиус: } r = \frac{3b}{\rho_B - \rho_{\text{He}}}, \text{ где } b \text{ — отношение массы оболочки к её площади.}$$

Плотности гелия и воздуха находим из уравнения Менделеева — Клапейрона:

$$pV = \frac{m}{M}RT \Rightarrow \rho = \frac{m}{V} = \frac{Mp}{RT}, \text{ откуда } \rho_{\text{He}} = \frac{M_{\text{He}}p}{RT}, \rho_B = \frac{M_B p}{RT}.$$

$$\text{Тогда радиус оболочки: } r = \frac{3bRT}{p(M_B - M_{\text{He}})}, \text{ её масса: } m = 4\pi r^2 \cdot b = 4\pi \left[ \frac{3RT}{p(M_B - M_{\text{He}})} \right]^2 b^3.$$

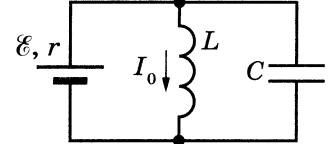
$$\text{Отсюда } b = \left\{ \frac{m}{4\pi} \left[ \frac{p(M_B - M_{\text{He}})}{3RT} \right]^2 \right\}^{\frac{1}{3}} = \left\{ \frac{500}{4 \cdot 3,14} \left[ \frac{10^5 (29 \cdot 10^{-3} - 4 \cdot 10^{-3})}{3 \cdot 8,31 \cdot 273} \right]^2 \right\}^{\frac{1}{3}} \approx 1,75 \text{ кг/м}^2.$$

**Ответ:** масса одного квадратного метра материала оболочки шара  $m_0 \approx 1,75$  кг.

25

**Возможное решение**

1. Непосредственно перед размыканием ключа К ток через конденсатор равен нулю, по катушке течёт ток  $I_0 = \frac{\mathcal{E}}{r}$ , 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:

$$\frac{LI^2}{2} + \frac{CU^2}{2} = \frac{LI_0^2}{2}, \text{ откуда получаем: } U = \sqrt{\frac{L}{C}(I_0^2 - I^2)}.$$

$$\text{Учитывая, что } I_0 = \frac{\mathcal{E}}{r}, \text{ получим: } U = \sqrt{\frac{L}{C} \left( \frac{\mathcal{E}^2}{r^2} - I^2 \right)} = \sqrt{\frac{10^{-3}}{5 \cdot 10^{-5}} \left( \frac{9}{4} - 1 \right)} = 5 \text{ В.}$$

**Ответ:**  $U = 5$  В.

26

**Возможное решение****Обоснование**

1. Рассмотрим задачу в системе отсчёта, связанной с Землёй. Будем считать эту систему отсчёта инерциальной (ИСО).
2. В ИСО изменение механической энергии тела равно работе всех приложенных к телу непотенциальных сил. При движении бруска вниз и вверх по наклонной плоскости на него действуют потенциальная сила тяжести и сила реакции опоры  $\vec{N}$ , перпендикулярная перемещению бруска (трения нет, так как поверхность гладкая). Поэтому работа силы  $\vec{N}$  при движении бруска по наклонной плоскости равна нулю. Следовательно, механическая энергия бруска при его движении до удара сохраняется. Аналогично сохраняется механическая энергия бруска и при его движении после удара.
3. Закон сохранения импульса выполняется в ИСО в проекциях на выбранную ось, если сумма проекций внешних сил на эту ось равна нулю. В данном случае выбранную ось направим параллельно движению бруска. Проекции на эту наклонную ось сил тяжести, действующих на брускок и на пулю, не равны нулю. Но надо учесть, что при столкновении бруска и пули импульс каждого из двух тел меняется на конечную величину, тогда как время столкновения мало. Следовательно, на каждое из двух тел в это время действовала огромная сила (это силы взаимодействия бруска и пули), по сравнению с которой сила тяжести ничтожна. Поэтому при столкновении тел силы тяжести не учитываем. Вследствие этого при описании столкновения бруска с пулей соблюдается закон сохранения импульса для системы тел «брускок + пуля».

**Решение**

1. Найдём скорость  $v_1$ , которую брускок приобрёл, пройдя путь  $x$ . Используем закон сохранения механической энергии:

$$Mgxs \sin \alpha = \frac{Mv_1^2}{2}, v_1 = \sqrt{2gx \sin \alpha}. \quad (1)$$

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 абсолютно неупрогоудара.

3. По закону сохранения механической энергии бруска при его подъёме по наклонной плоскости на расстояние  $S$ :

$$\frac{(M + m)v_2^2}{2} = (M + m)gS \sin \alpha, v_2 = \sqrt{2gS \sin \alpha}. \quad (3)$$

$$4. Тогда m = \frac{M\sqrt{2g \sin \alpha}(\sqrt{x} + \sqrt{S})}{v - \sqrt{2gS \sin \alpha}} = \frac{0,25\sqrt{2 \cdot 10 \cdot \sin 30^\circ}(\sqrt{3,6} + \sqrt{2,5})}{555 - \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 2,5 \cdot \sin 30^\circ}} = 0,005 \text{ кг.}$$

**Ответ:**  $m = 5 \text{ г.}$

### Вариант 28

21

#### Возможное решение

1. Вначале изображением источника была точка в задней фокальной плоскости линзы, расположенная выше главной оптической оси, так как все параллельные лучи линза собирает в одной точке фокальной плоскости. Положение этой точки определяется углом падения лучей на линзу (рис. а).

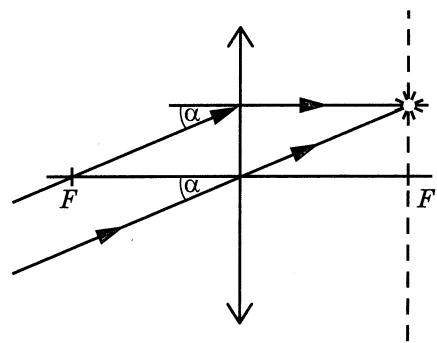


Рис. а

2. Плоскопараллельная пластина в соответствии с законом преломления света не нарушает параллельности лучей, а только смещает падающие лучи параллельно вниз (рис. б).

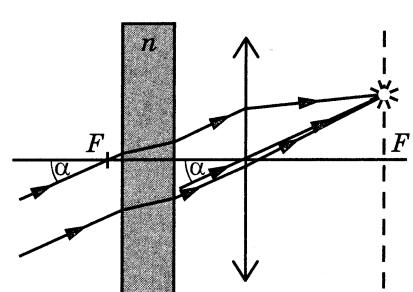


Рис. б

22

#### Возможное решение

При установившемся движении ускорение груза равно ускорению лифта и груз неподвижен относительно кабины лифта. Запишем второй закон Ньютона для груза в проекциях 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:

$$m = \frac{k\Delta x}{(g - a)} = \frac{100 \cdot 0,015}{10 - 2,5} = 0,2 \text{ кг} = 200 \text{ г.}$$

**Ответ:**  $m = 200 \text{ г.}$

23

#### Возможное решение

Согласно первому закону термодинамики количество теплоты, полученное газом,  $Q = \Delta U + A$ , где  $\Delta U = \frac{3}{2}vR\Delta T = \frac{3}{2}p\Delta V$  — изменение внутренней энергии газа в изобарном процессе,  $A = p\Delta V$  — работа газа. Таким образом,

$$Q = \frac{3}{2}p\Delta V + p\Delta V = \frac{5}{2}p\Delta V = \frac{5}{2}A = \frac{5 \cdot 1600}{2} = 4 \text{ кДж.}$$

**Ответ:**  $Q = 4 \text{ кДж.}$

24

**Возможное решение**

II закон Ньютона в проекциях на вертикаль:  $F_A = m_{\text{He}}g + m_{\text{o6}}g$ .

Силы выражены через радиус оболочки  $r$ :  $\rho_B g V = m_{\text{o6}}g + m_{\text{He}}g = bSg + \rho_{\text{He}}Vg \Rightarrow$

$$\Rightarrow \rho_B g \cdot \frac{4}{3} \pi r^3 = b \cdot 4\pi r^2 \cdot g + \rho_{\text{He}}g \cdot \frac{4}{3} \pi r^3, \text{ откуда радиус оболочки: } r = \frac{3b}{\rho_B - \rho_{\text{He}}},$$

где  $b = 2 \text{ кг/м}^2$  — отношение массы оболочки к её площади.

Плотности гелия и воздуха находим из уравнения Менделеева — Клапейрона:

$$pV = \frac{m}{M} RT \Rightarrow \rho = \frac{m}{V} = \frac{Mp}{RT}, \text{ откуда } \rho_{\text{He}} = \frac{M_{\text{He}}p}{RT}, \rho_B = \frac{M_B p}{RT}.$$

$$\text{Радиус оболочки: } r = \frac{3bRT}{p(M_B - M_{\text{He}})} = \frac{3 \cdot 2 \cdot 8,31 \cdot 273}{10^5 \cdot (29 \cdot 10^{-3} - 4 \cdot 10^{-3})} \approx 5,44 \text{ м, её масса:}$$

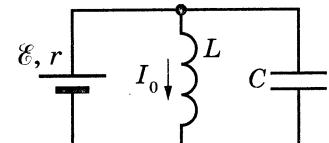
$$m = 4\pi r^2 \cdot b \approx 4 \cdot 3,14 \cdot 5,44^2 \cdot 2 \approx 743 \text{ кг.}$$

**Ответ:**  $m \approx 743$  кг.

25

**Возможное решение**

1. Непосредственно перед размыканием ключа К ток через конденсатор равен нулю, по катушке течёт ток  $I_0 = \frac{\mathcal{E}}{r}$ , 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  $U = \mathcal{E}$ ,  $I_0 = \frac{\mathcal{E}}{r}$ , получим:

$$C = L \left( \frac{1}{r^2} - \frac{I^2}{\mathcal{E}^2} \right) = 10^{-3} \cdot \left( \frac{1}{4} - 0,16 \right) = 90 \cdot 10^{-6} \Phi.$$

**Ответ:**  $C = 90 \text{ мкФ}$ .

26

**Возможное решение****Обоснование**

1. Рассмотрим задачу в системе отсчёта, связанной с Землёй. Будем считать эту систему отсчёта инерциальной (ИСО).

2. В ИСО изменение механической энергии тела равно работе всех приложенных к телу непотенциальных сил. При движении бруска вниз и вверх по наклонной плоскости на него действуют потенциальная сила тяжести и сила реакции опоры  $\vec{N}$ ,

перпендикулярная перемещению бруска (трения нет, так как поверхность гладкая). Поэтому работа силы  $\vec{N}$  при движении бруска по наклонной плоскости равна нулю. Следовательно, механическая энергия бруска при его движении до удара сохраняется. Аналогично сохраняется механическая энергия бруска и при его движении после удара.

3. Закон сохранения импульса выполняется в ИСО в проекциях на выбранную ось, если сумма проекций внешних сил на эту ось равна нулю. В данном случае выбранную ось направим параллельно движению бруска. Проекции на эту наклонную ось сил тяжести, действующих на брусок и на пулю, не равны нулю. Но надо учесть, что при столкновении бруска и пули импульс каждого из двух тел меняется на конечную величину, тогда как время столкновения мало. Следовательно, на каждое из двух тел в это время действовала огромная сила (это силы взаимодействия бруска и пули), по сравнению с которой сила тяжести ничтожна. Поэтому при столкновении тел силы тяжести не учитываем. Вследствие этого при описании столкновения бруска с пулей соблюдается закон сохранения импульса для системы тел «брусок + пуля».

### Решение

1. Найдём скорость  $v_1$ , которую брусок 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.

### Вариант 29

21

#### 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  $O$  равнодалена от каждого проводника и по проводникам протекают токи одинаковой силы, то  $|\vec{B}_1| = |\vec{B}_2| = |\vec{B}_3| = B$ .

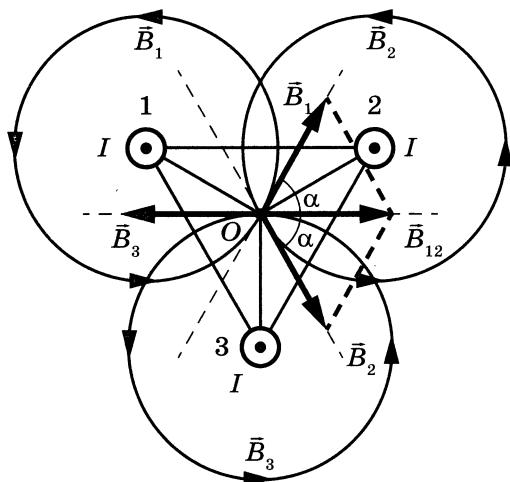


Рис. а

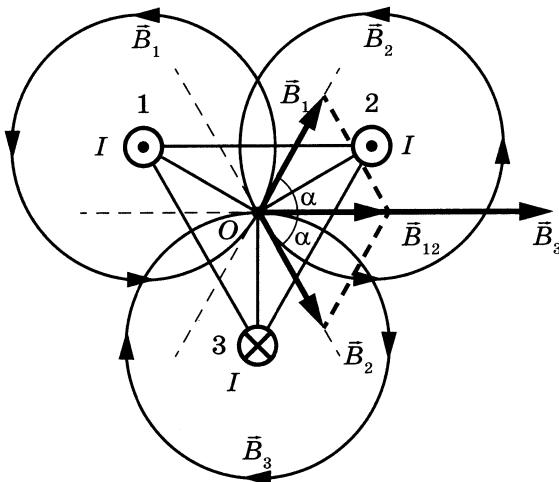


Рис. б

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 индукции 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 индукции результирующего магнитного поля в точке  $O$  будет направлен горизонтально вправо.

22

### 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:**  $T = 14 \text{ Н.}$

### 23 Возможное решение

Из уравнения Менделеева — Клапейрона  $pV = vRT$  определим объём  $V = \frac{vRT}{p}$ .

Из графика при давлении  $p = 2 \cdot 10^4 \text{ Па}$  температура газа  $T = 300 \text{ К.}$

Отсюда:  $V = \frac{3 \cdot 8,31 \cdot 300}{2 \cdot 10^4} \approx 0,37 \text{ м}^3.$

**Ответ:**  $V = 0,37 \text{ м}^3.$

### 24 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:  $\Delta U = \frac{3}{2}vR \cdot \Delta T$ . 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,  $s = \frac{100}{5 \cdot 10^5} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2.$

**Ответ:**  $s = 2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2.$

25

**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

$$I = \frac{\epsilon}{R_1 + R_2 + r} = \frac{18}{10 + 6 + 2} = 1 \text{ А. При этом напряжение на конденсаторе равно}$$

$U = IR_2 = 1 \cdot 6 = 6 \text{ В, так как напряжение на катушке равно } 0.$  Таким образом, до размыкания ключа в конденсаторе была накоплена энергия

$$W_C = \frac{CU^2}{2} = \frac{6 \cdot 10^{-6} \cdot 36}{2} = 108 \cdot 10^{-6} \text{ Дж} = 108 \text{ мкДж,}$$

а в катушке индуктивности —

$$W_L = \frac{LI^2}{2} = \frac{12 \cdot 10^{-6} \cdot 1}{2} = 6 \cdot 10^{-6} \text{ Дж} = 6 \text{ мкДж.}$$

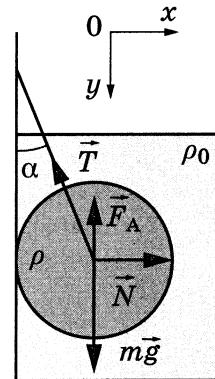
После размыкания ключа вся накопленная в элементах цепи энергия выделится в виде тепла на резисторе  $R_2$ :  $Q = W_C + W_L = 108 + 6 = 114 \text{ мкДж.}$

**Ответ:**  $Q = 114 \text{ мкДж.}$

26

**Возможное решение****Обоснование**

1. Рассмотрим задачу в системе отсчёта, связанной с Землёй. Будем считать эту систему отсчёта инерциальной (ИСО).
2. Описываем шар моделью твёрдого тела (форма и размеры тела неизменны, расстояние между любыми двумя точками тела остаётся неизменным).
3. Любое движение твёрдого тела является суперпозицией поступательного и вращательного движений. Поэтому условий равновесия твёрдого тела в ИСО ровно два: одно для поступательного движения (сумма внешних сил равна нулю), другое — для вращательного движения (сумма моментов внешних сил равна нулю).
4. В данной задаче шар целиком погружен в жидкость. Кроме того, отсутствует трение между шаром и стенкой сосуда. Поэтому все внешние силы, действующие на шар, кроме силы натяжения нити, заведомо действуют по прямым, проходящим через центр шара. Значит, сумма моментов этих сил относительно оси, проходящей через центр шара, равна нулю. Но при равновесии шара в ИСО сумма моментов всех внешних сил равна нулю. Следовательно, и момент силы натяжения нити относительно оси, проходящей через центр шара, тоже равен нулю, поэтому сама эта сила действует по прямой, проходящей через центр шара.

**Решение**

Запишем второй закон Ньютона:  $\vec{T} + m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_A = 0.$

В проекциях на оси  $Ox$  и  $Oy$  второй закон Ньютона запишем в виде:

$$Ox: N - T \sin \alpha = 0; \quad (1)$$

$$Oy: mg - T \cos \alpha - F_A = 0. \quad (2)$$

$$\text{Объем шара } V = \frac{m}{\rho}.$$

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.

Выполнив математические преобразования с формулами (2) и (3), получим:

$$T = \frac{mg(\rho - \rho_0)}{\rho \cos \alpha} = \frac{4 \cdot 10 \cdot (11300 - 1000)}{11300 \cdot 0,866} \approx 42 \text{ Н.}$$

**Ответ:**  $T \approx 42$  Н.

### Вариант 30

21

#### 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, 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 этой же точке, созданных каждым проводником отдельно. Поскольку точка  $O$  равноудалена от каждого проводника и по проводникам протекают токи одинаковой силы, то  $|\vec{B}_1| = |\vec{B}_2| = |\vec{B}_3| = B$ .

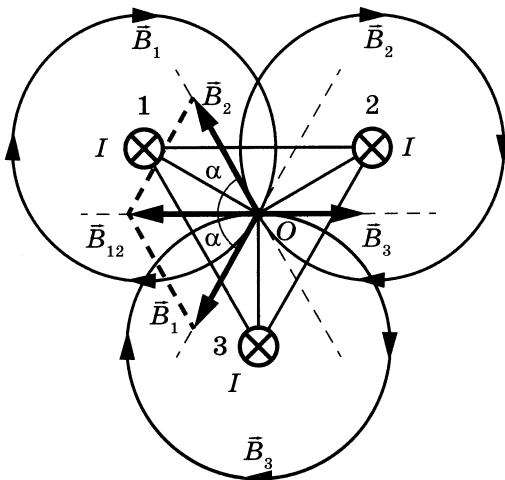


Рис. а

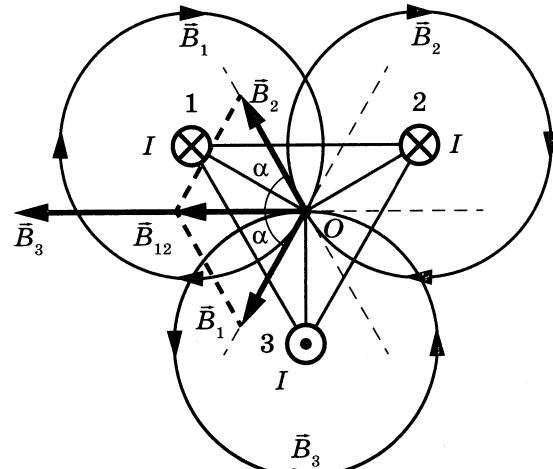


Рис. б

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 индукции 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 индукции результирующего магнитного поля будет направлен в точке  $O$  горизонтально влево.

22

### 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.

23

### Возможное решение

Из уравнения Менделеева — Клапейрона  $pV = vRT$  определим количество вещества

$$v = \frac{pV}{RT}.$$

Из графика при давлении  $p = 2 \cdot 10^4$  Па температура газа  $T = 300$  К.

Отсюда:  $v = \frac{2 \cdot 10^4 \cdot 0,25}{8,31 \cdot 300} \approx 2$  моль.

Ответ:  $v \approx 2$  моль.

24

### 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:

$$V_1 = \frac{p_0 + \rho gh}{p_0 + \rho gH} V_2.$$

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:**  $V_1 = 3 \text{ мм}^3$ .

25

### 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

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R_1 + R_2 + r} = \frac{12}{8 + 3 + 1} = 1 \text{ А.}$$

При этом напряжение на конденсаторе равно

$U = IR_2 = 1 \cdot 3 = 3 \text{ В}$ , так как напряжение на катушке равно 0. Таким образом, до размыкания ключа в конденсаторе была накоплена энергия

$$W_C = \frac{CU^2}{2} = \frac{4 \cdot 10^{-6} \cdot 9}{2} = 18 \cdot 10^{-6} \text{ Дж} = 18 \text{ мкДж},$$

а 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  $R_2$ :  $Q = W_C + W_L = 18 + 12 = 30 \text{ мкДж}$ .

**Ответ:**  $Q = 30 \text{ мкДж}$ .

26

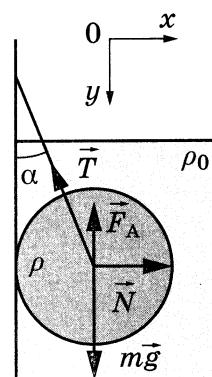
### Возможное решение

#### Обоснование

1. Рассмотрим задачу в системе отсчёта, связанной с Землёй. Будем считать эту систему отсчёта инерциальной (ИСО).

2. Описываем шар моделью твёрдого тела (форма и размеры тела неизменны, расстояние между любыми двумя точками тела остаётся неизменным).

3. Любое движение твёрдого тела является суперпозицией поступательного и вращательного движений. Поэтому условий равновесия твёрдого тела в ИСО ровно два: одно для поступательного движения (сумма внешних сил равна нулю), другое — для вращательного движения (сумма моментов внешних сил равна нулю).



4. В данной задаче шар целиком погружен в жидкость. Кроме того, отсутствует трение между шаром и стенкой сосуда. Поэтому все внешние силы, действующие на шар, кроме силы натяжения нити, заведомо действуют по прямым, проходящим через центр шара. Значит, сумма моментов этих сил относительно оси, проходящей через центр шара, равна нулю. Но при равновесии шара в ИСО сумма моментов всех внешних сил равна нулю. Следовательно, и момент силы натяжения нити относительно оси, проходящей через центр шара, тоже равен нулю, поэтому сама эта сила действует по прямой, проходящей через центр шара.

### Решение

Запишем второй закон Ньютона:  $\vec{T} + m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_A = 0$ .

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.

Выполнив математические преобразования с формулами (2) и (3), получим:

$$m = \frac{\rho T \cos \alpha}{g(\rho - \rho_0)} = \frac{11300 \cdot 30 \cdot 0,866}{10 \cdot (11300 - 1000)} \approx 2,85 \text{ кг.}$$

**Ответ:**  $m \approx 2,85$  кг.

Издание для дополнительного образования

**ЕГЭ. ФИФИ — 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 *О. Медведева*

Технический дизайнер *В. Дронов*

Компьютерная вёрстка *Е. Осипова*

Корректор *Т. Капитонова*

Подписано в печать 04.10.2023. Формат 60×90<sup>1</sup>/8.

Усл. печ. л. 42,0. Печать офсетная.

Бумага типографская. Тираж 60 000 экз. Заказ 230842.

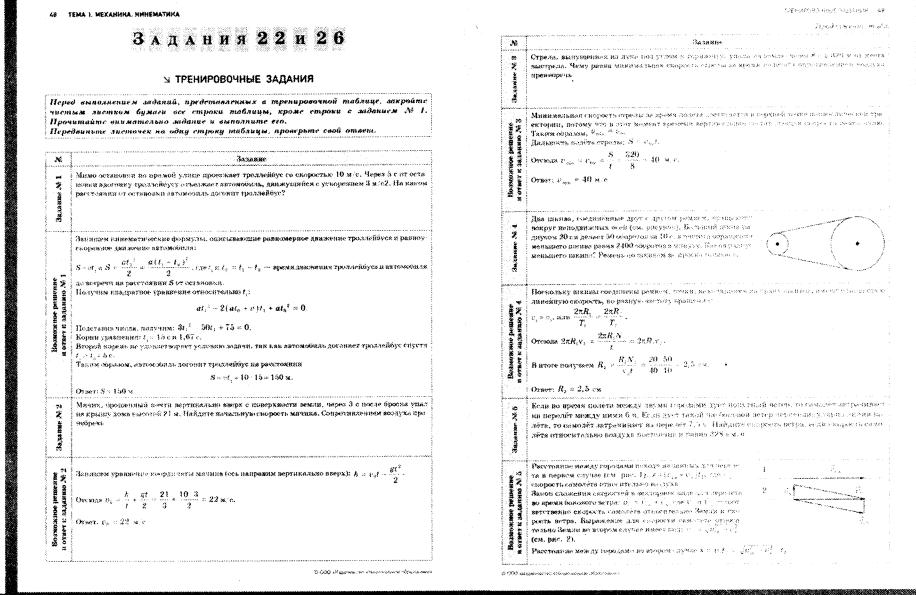
ООО «Издательство «Национальное образование»  
119021, Москва, ул. Россолимо, д. 17, стр. 1, тел.: +7 (495) 788-00-75(76)

Свои пожелания и предложения по качеству и содержанию книг  
Вы можете направлять по эл. адресу: editorial@nabr.ru

Отпечатано в ООО «Первый полиграфический комбинат»  
143405, Московская область, г. Красногорск,  
Ильинское шоссе – 4 км с. 55, п/о Красногорск-5  
[www.1pk.ru](http://www.1pk.ru)

# ЕГЭ. ОТЛИЧНЫЙ РЕЗУЛЬТАТ. УЧЕБНАЯ КНИГА

Книги серии «ЕГЭ. ОТЛИЧНЫЙ РЕЗУЛЬТАТ. УЧЕБНАЯ КНИГА» предназначены для использования в урочной и внеурочной деятельности, а также в дополнительном образовании и самообразовании детей для активизации и обобщения знаний по предмету за курс средней школы, совершенствования умений и навыков выполнения типовых экзаменационных заданий единого государственного экзамена 2024 года, развития творческих способностей старшеклассников.



Учебная книга содержит материалы, созданные разработчиками контрольных измерительных материалов ЕГЭ по физике, по каждой теме, проверяемой в ЕГЭ демоверсии 2024 года:

- характеристику каждого типа заданий;
- примеры выполнения всех типовых заданий ЕГЭ с комментариями и ответами;
- теорию, необходимую для выполнения всех типов заданий по теме;
- тренировочные материалы к каждому типу заданий ЕГЭ в рамках темы, включая диагностические работы из типовых заданий ЕГЭ;
- критерии оценивания и ответы ко всем заданиям;
- встроенный бланк ответа для тренировки навыков его правильного заполнения;
- дополнительные тренировочные материалы по темам на онлайн-ресурсе [ege.plus](#).

**В УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКТ ВХОДЯТ УЧЕБНЫЕ ИЗДАНИЯ:**

ЕГЭ. Физика. Типовые экзаменационные варианты. 10 ВАРИАНТОВ

ЕГЭ. Физика. Типовые экзаменационные варианты. 30 ВАРИАНТОВ

ЕГЭ. Физика. Отличный результат. УЧЕБНАЯ КНИГА



ИЗДАТЕЛЬСТВО  
НАЦИОНАЛЬНОЕ  
ОБРАЗОВАНИЕ  
[www.nobr.ru](http://www.nobr.ru)

Онлайн-  
поддержка  
**НИКО**



Учебно-методическое сопровождение  
АНО ДПО «Национальный  
институт качества образования»  
[niko.institute](http://niko.institute)

# Все книги издаельства можно приобрести в книжных магазинах:

## Федеральные интернет-магазины

Интернет-магазин «Озон»  
[www.ozon.ru](http://www.ozon.ru)

Интернет-магазин «Вайлдерриз»  
[www.wildberries.ru](http://www.wildberries.ru)

Интернет-магазин «Книжный Лабиринт»  
[www.labirint.ru](http://www.labirint.ru)

## Москва

ООО «Т «Абрис»  
[www.textbook.ru](http://www.textbook.ru)

(495) 139-89-40

ООО «Развитие»  
[www.razvitie.ltd](http://www.razvitie.ltd), sales@razvitie.ltd

(495) 989-14-38, (498) 647-55-66

Межрегиональный центр «Глобус»  
[www.roslit.ru](http://www.roslit.ru), sales@roslit.ru

(499) 391-74-67, (495) 728-01-54

Книжный магазин «Библио-Глобус»  
ул. Мясницкая, д. 6/3, стр. 1

[bgshop.ru](http://bgshop.ru)

(495) 788-19-00

ООО «Дидактика»  
г. Долгопрудный, Новое шоссе, д. 38

[mdr@didaktik.ru](http://mdr@didaktik.ru)

(495) 788-01-41

ГУП г. Москвы «Объединенный центр «Московский дом книги»

ул. Новый Арбат, д. 8

[www.mdk-arbat.ru](http://www.mdk-arbat.ru)

(495) 789-35-91, (495) 648-17-68

ООО «ТД «Образование»  
ул. Каспийская, д. 22, корп. 1, стр. 5

эт. 5, пом. IX

[zakaz@tdobr.ru](http://zakaz@tdobr.ru)

(495) 266-65-81

Дом книги «Медведково»  
пр. Заревый, д. 12

[www.bearbooks.ru](http://www.bearbooks.ru)

(499) 476-16-90, (495) 656-92-97

Дом книги «Молодая гвардия»

ул. Большая Полянка, д. 28

[www.dkmg.ru](http://www.dkmg.ru)

(499) 238-38-38

ООО «Новое качество образования»  
пр. Одоевского, д. 3, корп. 1

[www.nko.su](http://www.nko.su)

(800) 201-54-98, (911) 019-69-53

ООО «Иглика-Пресс»  
[www.iglika-press.ru](http://www.iglika-press.ru)

iglika-press@yandex.ru

(499) 136-62-62, (800) 770-74-86

Интернет-магазин «Рослит»

[www.roslit.ru](http://www.roslit.ru)

(495) 795-09-07, (495) 728-01-54

ИП Сергеев. Интернет-магазин

ул. 1-я Останкинская, д. 55

[www.bookschool.ru](http://www.bookschool.ru)

(926) 542-01-35

Интернет-магазин «Амиталь»

[www.amital.ru](http://www.amital.ru)

(473) 223-00-02

## Санкт-Петербург

ООО «ЧУТОРИ»

просп. Железнодорожный, д. 20

[info@prosv-spb.ru](http://info@prosv-spb.ru)

(812) 612-11-03, (812) 327-04-50

Магазин «Учебники»,

ДК им. Крупской

просп. Обуховской обороны,

д. 105, павильон № 43

(812) 335-01-61

ООО «Школьная книга»

просп. Заневский, д. 51

[www.sbooks.ru](http://www.sbooks.ru)

(812) 336-16-65

ИП Александров, «Учебная книга»

(812) 341-04-58, (812) 342-41-05

## Абакан

ГАОУ РХ ДПО «Хакасский институт развития образования и повышения квалификации»

ул. Хакасская, д. 73А

(3902) 22-70-12

## Альметьевск

Сеть магазинов «Дом Книги»

ул. Ленина, д. 60

[www.bookskazan.ru](http://www.bookskazan.ru)

(986) 911-15-80

## Астрахань

Магазин «Лобус»

ул. Красная Набережная, д. 96Б

(8512) 72-77-93

## Барнаул

Представительство

ООО «Библионик»

ул. Деповская, 7, оф. А1-106

[kulik\\_biblionik.ru](http://kulik_biblionik.ru)

(3852) 36-37-90

## Белгород

ООО «Амиталь»

Народный бул., д. 806

(4722) 42-48-42

## Бердск

Склад ООО «Библионик»  
ул. Барнаульская, д. 6

(383) 336-46-01, (913) 457-33-58

## Благовещенск

Книжный магазин «Опткнига»  
ул. Горького, д. 155

(4162) 51-27-30

## Братск

ООО «Книголюб»

ул. Наймишина, д. 34

[bookisland@mail.ru](http://bookisland@mail.ru)

(3953) 40-99-63

## Бугульма

Сеть магазинов «Дом Книги»

ул. М. Джалеева, д. 7, ТЦ «ЦУМ»

[www.bookskazan.ru](http://www.bookskazan.ru)

(987) 211-13-13

## Великий Новгород

ООО «Канцеляр»

ул. Деркавина, д. 11

[marina01802@mail.ru](mailto:marina01802@mail.ru)

(921) 022-72-62

## Владивосток

Сеть магазинов «Глобус»

ул. Овчинникова, д. 10

[globusbooks.ru](http://globusbooks.ru)

(4232) 236-26-13

## Владикавказ

Магазин «Книги»

ул. Бородинская, д. 12

[www.kmv-book.ru](http://www.kmv-book.ru)

(8672) 44-54-26

## Владимир

Владимирский областной ЦМ «Глобус»

просп. Ленина, д. 2

[www.globus-kniga.ru](http://www.globus-kniga.ru)

[vladimir@globus-kniga.ru](mailto:vladimir@globus-kniga.ru)

(4922) 38-02-58

## Волгоград

ИП Некрасов М. Ю.

[rusobr@internet.ru](http://rusobr@internet.ru)

[nekrasov@niko.institute](mailto:nekrasov@niko.institute)

(961) 320-70-00

## Вологда

ИП Некрасов М. Ю.

[rusobr@internet.ru](http://rusobr@internet.ru)

[nekrasov@niko.institute](mailto:nekrasov@niko.institute)

(961) 38-02-58

## Воронеж

ООО «Амиталь»

просп. Ленинский, д. 153

[www.amital.ru](http://www.amital.ru)

(473) 223-17-02

## Грозный

Магазин «Атлас»

ТЦ «Берката», блок автостанции, 3-й эт.

(989) 904-92-59

## Екатеринбург

ООО «Умная сова»

ул. Ленина, д. 99, цоколь

(922) 152-85-01

## Краснодар

Торговая компания «Люмна»

ул. Студенческая, д. 1B

[www.lumna.ru](http://www.lumna.ru)

(343) 228-10-70, (343) 228-10-91

## Ессентуки

Магазин «Твоя книга»

ул. Кисловодская, д. 73

(928) 704-93-87

## Зеленодольск

Сеть магазинов «Дом Книги»

ул. Комсомольская, д. 8

[www.bookskazan.ru](http://www.bookskazan.ru)

(986) 911-16-83

## Иваново

Ивановский областной МЦ «Глобус»

ул. Великская, д. 70

[ivanovo@globus-kniga.ru](mailto:ivanovo@globus-kniga.ru)

[www.globus-kniga.ru](http://www.globus-kniga.ru)

(4932) 58-55-74

## Иркутск

ООО «Сибирь-Байкал»

ул. Тракторная, д. 35

[sibirverk-baikal@mail.ru](mailto:sibirverk-baikal@mail.ru)

(3952) 482-190-190

## Казань

ООО «Легас»

ул. Гвардейская, д. 9А

[www.bookskazan.ru](http://www.bookskazan.ru)

(843) 272-72-73

## Калуга

Калужский областной МЦ «Глобус»

ул. Баумана, д. 5

[kaluga@globus-kniga.ru](mailto:kaluga@globus-kniga.ru)

[www.globus-kniga.ru](http://www.globus-kniga.ru)

(4842) 77-45-99

## Казань

ООО «Школьный мир»

ул. Достоевского, д. 29, пом. 66

(4842) 57-58-51

## Каменск-Уральский

Сеть магазинов «Живое слово»

просп. Победы, д. 4

(923) 775-52-29, (383) 233-55-65

## Кемерово

Филиал ООО «Книжный мир»

просп. Кузнецкий, д. 102

[skazka@kml.ru](mailto:skazka@kml.ru)

(923) 214-22-52, (383) 233-47-46

## Киров

ООО «Абрис Киров»

ул. Комсомольская, д. 63

(8332) 705-787, 699-668, 705-788,

705-789, 705-805

## Киселевск

ООО «КиселевскКнига»

пер. Транспортный, д. 2

[kisbook1@yandex.ru](mailto:kisbook1@yandex.ru)

(384-64) 223-52-52

## Комсомольск-на-Амуре

ООО «Планета»

просп. Первостроителей, д. 21

(4217) 27-43-96

## Краснодар

ООО «Ремикс»

ул. Восточный обход, д. 10

(861) 227-74-57

## Красноярск

Книжный магазин «Библио-Контакт»

ул. Сибирская, д. 12

[scbook@scn.ru](http://scbook@scn.ru)

(393) 201-85-81

## Красноярск

Красноярский краевой

институт повышения квалификации

просп. Мира, д. 76

(391) 227-90-00

## Красноярск

Красноярский институт

просп. Сибирской, д. 12

[scbook@scn.ru](http://scbook@scn.ru)