

ПОДГОТОВКА К ТЕСТИРОВАНИЮ ПО ФИЗИКЕ

ЧАСТЬ 1

**КЛАССИЧЕСКАЯ И РЕЛЯТИВИСТСКАЯ МЕХАНИКА.
МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА**

ОМСК 2018

Министерство транспорта Российской Федерации
Федеральное агентство железнодорожного транспорта
Омский государственный университет путей сообщения

ПОДГОТОВКА К ТЕСТИРОВАНИЮ ПО ФИЗИКЕ

Часть 1

КЛАССИЧЕСКАЯ И РЕЛЯТИВИСТСКАЯ МЕХАНИКА.
МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА

Утверждено методическим советом университета
в качестве учебно-методического пособия
для самостоятельной работы студентов
при подготовке к тестированию по физике

Омск 2018

УДК 530.1(075.8)
ББК 22.3я73
П44

Подготовка к тестированию по физике. Часть 1. Классическая и релятивистская механика. Молекулярная физика и термодинамика: Учебно-методическое пособие / Т. А. Аронова, С. В. Вознюк, С. А. Гельвер, И. А. Дроздова, С. Н. Крохин, Л. А. Литневский, С. А. Минабудинова, С. Н. Смердин, Ю. М. Сосновский, Н. А. Хмырова; Омский гос. ун-т путей сообщения. Омск, 2018. 42 с.

Учебно-методическое пособие сформировано в соответствии с действующей рабочей программой по курсу общей физики для втузов. Оно содержит общие методические рекомендации по выполнению теоретических и практических тестовых заданий по физике в условиях аттестации, а также методические рекомендации по самостоятельной подготовке к тестированию. По каждой теме разделов физики представлены вопросы для подготовки к контрольным мероприятиям, примеры решения типовых теоретических и практических тестовых заданий, задания для самостоятельного решения с ответами.

Предназначено для самоподготовки студентов очной и заочной форм обучения к текущей и промежуточной аттестации в форме тестирования.

Библиогр.: 7 назв. Рис. 7. Табл. 1. Прил. 1.

Рецензенты: доктор физ.-мат. наук, профессор В. И. Струнин;
канд. техн. наук, доцент Т. В. Ковалева.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	5
1. Правила тестирования по физике в условиях аттестации и методические рекомендации по подготовке к тестированию	6
1.1. Структура тестов, используемых для аттестации студентов по физике	6
1.2. Правила тестирования по физике в условиях аттестации	6
1.3. Рекомендации по самостоятельной подготовке к тестированию по физике	7
1.4. Рекомендации к выполнению тестовых заданий	7
2. Контрольная работа № 1	8
2.1. Вопросы для подготовки к аттестации по теоретической части	8
2.2. Примеры решения теоретических заданий	9
2.3. Примеры решения практических заданий	10
2.4. Задания для самостоятельного решения	13
3. Контрольная работа № 2	15
3.1. Вопросы для подготовки к аттестации по теоретической части	15
3.2. Примеры решения теоретических заданий	15
3.3. Примеры решения практических заданий	18
3.4. Задания для самостоятельного решения	20
4. Контрольная работа № 3	22
4.1. Вопросы для подготовки к аттестации по теоретической части	22
4.2. Примеры решения теоретических заданий	23
4.3. Примеры решения практических заданий	25
4.4. Задания для самостоятельного решения	29
5. Контрольная работа № 4	30
5.1. Вопросы для подготовки к аттестации по теоретической части	30
5.2. Примеры решения теоретических заданий	31
5.3. Примеры решения практических заданий	34
5.4. Задания для самостоятельного решения	37
Библиографический список	40
Приложение. Ответы к заданиям для самостоятельного решения	41

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время задание для текущей и промежуточной аттестации студентов очной и заочной форм обучения часто представляет собой набор тестовых вопросов и задач. Поэтому студентам необходима самостоятельная подготовка к аттестационным мероприятиям, учитывающая специфику тестирования как формы контроля усвоения материала.

Предлагаемое читателю учебно-методическое пособие предназначено студентам первого курса ОмГУПС, изучающим дисциплину «Физика». В рамках модульно-рейтинговой системы обучения достижения и компетенции студентов оцениваются по результатам контрольных мероприятий. Рабочая программа первого семестра предусматривает четыре контрольных мероприятия в виде тестовых заданий, теоретических вопросов и задач. Цель данного пособия – организовать эффективную подготовку к тестированию и помочь студентам добиться высоких рейтинговых показателей.

Каждый пункт пособия содержит примеры решения теоретических и практических типовых тестовых заданий, а также задания для самостоятельного решения с ответами.

Относящиеся к первой части курса «Физика» типовые задачи, сформулированные в традиционной форме [1 – 3], и примеры их решения даны в учебно-методических изданиях ОмГУПС [4 – 6]. В данном пособии все задания сформулированы в тестовой форме. Они аналогичны заданиям, предлагаемым студентам ОмГУПС при проведении аттестации. Поэтому авторы надеются, что представленный в пособии материал поможет читателям подготовиться к аттестации и успешно пройти ее.

1. ПРАВИЛА ТЕСТИРОВАНИЯ ПО ФИЗИКЕ В УСЛОВИЯХ АТТЕСТАЦИИ И МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ТЕСТИРОВАНИЮ

1.1. Структура тестов, используемых для аттестации студентов по физике

Контролирующие материалы состоят из двух частей: теоретической и практической.

Теоретическая часть состоит из пяти тестовых заданий и двух вопросов в традиционной формулировке, требующих расширенного ответа. Тестовые задания содержат вопросы, связанные с определениями физических величин, единицами измерения, применением физических величин, связью физических величин друг с другом, графиками зависимости физических величин от каких-либо параметров, а также формулировками физических законов, и предполагают выбор одного правильного ответа.

Практическая часть состоит из пяти тестовых заданий, также предполагающих выбор одного правильного ответа, и одной типовой задачи.

1.2. Правила тестирования по физике в условиях аттестации

При выполнении контрольной работы необходимо нарисовать таблицу, в столбцах (строках) которой указать номер задания и соответствующий этому заданию номер выбранного варианта ответа.

Для аттестации по теоретическим заданиям достаточно указать номер варианта ответа. Приводить обоснование выбора варианта ответа на теоретические задания не требуется. Если указан правильный вариант ответа, то задание оценивается в 1 балл.

Для аттестации по практическим заданиям недостаточно указать номер варианта ответа, требуется представить развернутое решение каждого задания. Если развернутое решение не представлено, то задание оценивается как невыполненное, в 0 баллов.

При вычислениях разрешается использовать калькулятор и черновик. Черновик не проверяется и на результат аттестации не влияет.

На выполнение заданий отводится 90 минут.

1.3. Рекомендации по самостоятельной подготовке к тестированию по физике

При подготовке к тестированию для успешного выполнения теоретических заданий следует основательно поработать с вопросами к контрольной работе: выучить определения физических величин и явлений; формулировки законов, границы применимости законов и теорий; запомнить формулы, связывающие физические величины друг с другом, и единицы измерения этих величин в системе СИ. В определениях величин важно обязательно указать, является ли она векторной, скалярной или алгебраической. Это требование относится и к формулировке физических законов.

Для успешного выполнения практических заданий важно научиться распознавать и решать типовые задачи, применяя алгоритмы решения, рассмотренные на аудиторных занятиях. Во всем этом обязательно нужно тренироваться, в частности, используя материал предлагаемого пособия.

Полезно также повторить необходимые для вычислений математические выражения (например, тригонометрические соотношения, правила вычисления производных и интегралов различных функций, правила нахождения проекции векторов на координатные оси и т. п.).

К тестированию важно подготовиться психологически и физически: прийти собранным, настроенным на положительный результат, бодрым, выспавшимся.

1.4. Рекомендации к выполнению тестовых заданий

Приступать к тестированию желательно в спокойном состоянии, преодолев волнение.

Задания можно выполнять в любом порядке. Начинать лучше с понятных. Задания, которые не понятны или вызывают трудности, можно пропустить. Вы сможете возвратиться к ним после выполнения других заданий.

При выборе правильного варианта ответа на практическое задание обратите внимание на указанные в тексте задания единицы измерения искомой физической величины, в которых требуется представить ответ.

Чтобы избежать обидных ошибок, связанных скорее с личностными особенностями, чем с незнанием материала, после выполнения заданий следует проверить правильность решения и правильность представления ответа.

2. КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 1

2.1. Вопросы для подготовки к аттестации по теоретической части

«Кинематика и динамика материальной точки (частицы)»

1. Основные задачи механики.
2. Относительность механического движения. Система отсчета. Число степеней свободы.
3. Материальная точка (частица). Абсолютно твердое тело (АТТ). Поступательное и вращательное движение тел.
4. Радиус-вектор. Траектория движения материальной точки.
5. Длина пути и перемещение.
6. Скорость материальной точки.
7. Равномерное прямолинейное движение. Кинематические уравнения такого движения.
8. Ускорение материальной точки.
9. Равноускоренное прямолинейное движение. Кинематические уравнения такого движения.
10. Равноускоренное криволинейное движение в поле силы тяжести. Кинематические уравнения такого движения.
11. Неравномерное движение. Кинематические уравнения такого движения.
12. Тангенциальное (касательное) ускорение.
13. Нормальное (центростремительное) ускорение.
14. Инерция, инертность. Масса тела. Плотность.
15. Инерциальная система отсчета.
16. Преобразования Галилея. Теорема сложения скоростей в классической механике. Механический принцип относительности Галилея.
17. Законы динамики Ньютона для материальной точки.
18. Сила. Принцип суперпозиции сил.
19. Типы фундаментальных взаимодействий. Гравитационная сила. Закон всемирного тяготения. Движение искусственных спутников. Первая космическая скорость.
20. Сила тяжести. Движение тела в поле силы тяжести. Свободное падение тел.
21. Деформация растяжения и сжатия. Сила упругости. Закон Гука. Модуль Юнга. Сила реакции опоры, сила натяжения подвеса. Выталкивающая сила Архимеда.

22. Вес тела. Невесомость.
23. Трение (внешнее, внутреннее). Сила трения покоя, скольжения, качения. Сила вязкого трения. Учет и использование трения в быту и технике.
24. Импульс тела, импульс силы.
25. Основное уравнение динамики материальной точки (частицы) или поступательного движения АТТ.

2.2. Примеры решения теоретических заданий

Задание 1. Частица движется на плоскости так, что в момент времени 2 с она оказалась в точке с координатами (4; 5) см, имея скорость 3 см/с и ускорение 2 см/с². Проекция ее радиуса-вектора на ось Ox в указанный момент времени равна ... см.

- 1) 2. 2) 3. 3) 4. 4) 5. 5) 10.

Решение. Радиус-вектор – единственный вектор, проекции которого равны координатам: $\vec{r} = (r_x; r_y) = (x; y)$. Следовательно, $r_x = 4$ см.

Номер правильного ответа: 3.

Задание 2. Если известна зависимость радиус-вектора от времени, то чтобы найти ускорение, требуется вычислить ...

- 1) разность; 2) сумму; 3) производную;
4) вторую производную; 5) интеграл.

Решение. По определению ускорение есть векторная физическая величина, характеризующая быстроту изменения скорости тела и равная производной скорости по времени. Поскольку сама скорость также определяется как производная радиуса-вектора по времени, то ускорение есть вторая производная радиуса-вектора по времени.

Номер правильного ответа: 4.

Задание 3. Применяя для частицы второй закон Ньютона, необходимо сложить ...

- 1) все силы, действующие в системе; 2) все силы, действующие на частицу;
3) только силу тяги и силу трения; 4) только силу тяжести и вес частицы;
5) только силу тяги и силу тяжести.

Решение. Для ответа на этот вопрос необходимо вспомнить основанное на втором законе Ньютона определение уравнения движения: произведение массы тела (частицы) на его (ее) ускорение равно векторной сумме всех сил, действующих на это тело (частицу).

Номер правильного ответа: 2.

Задание 4. Сила трения скольжения всегда направлена против ...

- 1) радиуса-вектора; 2) скорости; 3) ускорения;
4) силы тяжести; 5) равнодействующей других сил.

Решение. Сила трения скольжения возникает при взаимном проскальзывании двух соприкасающихся поверхностей. Модуль силы трения скольжения пропорционален силе нормального давления, действующей между телами перпендикулярно их поверхностям, а вектор силы трения скольжения всегда направлен против скорости их относительного движения.

Номер правильного ответа: 2.

Задание 5. Лыжник соскальзывает со снежной горки, двигаясь под действием трех сил, показанных на рис. 1. Уравнение движения лыжника в проекции на ось Ox верно записано в ...

- 1) $ma = mg \sin \alpha - F_{\text{тр}}$; 2) $ma = mg \cos \alpha - F_{\text{тр}}$;
3) $0 = mg \sin \alpha - F_{\text{тр}}$; 4) $ma = -mg \cos \alpha + N$;
5) $0 = -mg \cos \alpha + N$.

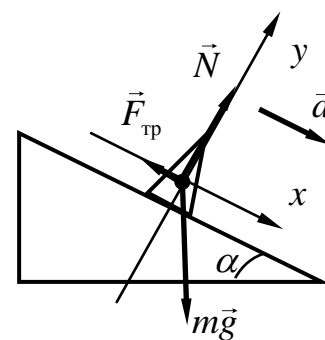


Рис. 1

Решение. Для правильного ответа на этот вопрос необходимо уметь записать уравнение движения и знать определение проекции вектора на ось.

Уравнение движения лыжника, записанное на основании второго закона Ньютона (произведение массы тела на его ускорение равно векторной сумме всех сил, действующих на это тело), имеет вид: $m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{\text{тр}}$. Ускорение направлено вдоль оси Ox , поэтому его проекция равна модулю вектора, сила тяжести направлена под острым углом к оси Ox , поэтому ее проекция положительна и равна произведению модуля вектора на косинус угла между вектором силы тяжести и осью Ox . Из рис. 1 видно (равенство соответствующих углов и сумма углов в прямоугольном треугольнике), что угол между вектором силы тяжести и осью Ox равен $(90^\circ - \alpha)$, поэтому по формуле приведения косинус этого угла равен $\sin \alpha$. Проекция силы реакции опоры на ось Ox равна нулю, так как вектор перпендикулярен оси, а проекция силы трения на эту же ось отрицательна, потому что вектор направлен против оси.

Номер правильного ответа: 1.

2.3. Примеры решения практических заданий

Задание 6. Два автомобиля начинают равноускоренное движение из состояния покоя в одном направлении с ускорением 4 м/с^2 . Второй автомобиль

стартует на 3 с позже первого. Какова скорость движения второго автомобиля относительно Земли через 5 с после начала движения первого автомобиля?

- 1) 10 м/с. 2) 8 м/с. 3) 6 м/с. 4) 4 м/с. 5) 1,5 м/с.

Дано:

$$t_2 = t_1 - 3, \text{ с}$$

$$a = 4 \text{ м/с}^2$$

$$t_1 = 5 \text{ с}$$

Найти:

$$v_2 - ?$$

Решение. Обозначим время движения автомобилей t_1 и t_2 соответственно. Поскольку второй автомобиль выехал на 3 с позже первого, то $t_2 = t_1 - 3$. Скорость второго автомобиля при его равноускоренном движении рассчитывается по одной из формул кинематики $\vec{v}_2 = \vec{v}_0 + \vec{a}t_2 = \vec{a}t_2$, учитывая, что автомобили стартовали из состояния покоя. Возьмем проекции на направление движения, подставим значения и произведем вычисления. В результате получим: $v_2 = at_2 = a(t_1 - 3) = 8 \text{ (м/с)}$.

Номер правильного ответа: 2.

Задание 7. Радиус-вектор материальной точки зависит от времени по закону: $\vec{r}(t) = At^2\vec{i} + Bt^3\vec{j} + C\vec{k}$, где $A = 2 \text{ м/с}^3$, $B = 0,5 \text{ м/с}^4$, $C = 1 \text{ м}$. Модуль скорости в момент времени 2 с равен ...

- 1) 4 м/с. 2) 5 м/с. 3) 10 м/с. 4) 15 м/с. 5) 25 м/с.

Дано:

$$A = 2 \text{ м/с}^3$$

$$B = 0,5 \text{ м/с}^4$$

$$C = 1 \text{ м}$$

$$t = 2 \text{ с}$$

Найти:

$$v - ?$$

Решение. По определению скорость равна первой производной радиуса-вектора по времени. Применяя *правила дифференцирования*, получим: $\vec{v} = \frac{d\vec{r}(t)}{dt} = 2At\vec{i} + 3Bt^2\vec{j}$. Модуль любого вектора равен квадратному корню, извлеченному из суммы квадратов проекций вектора на координатные оси. В данном представлении вектора его проекциями являются множители перед ортами соответствующих осей. Поэтому $v = \sqrt{(2At)^2 + (3Bt^2)^2}$. Подставляя числа и выполнив расчет, получим: $v = 10 \text{ м/с}$.

Номер правильного ответа: 3.

Задание 8. На брусок, лежащий на горизонтальной поверхности, действует сила 10 Н, направленная горизонтально, и он начинает двигаться с ускорением $0,5 \text{ м/с}^2$. Найти массу бруска, если коэффициент трения бруска о плоскость равен 0,2.

- 1) 2,0 кг. 2) 4,0 кг. 3) 5,0 кг. 4) 12,0 кг. 5) 20,0 кг.

Дано:

$$T = 10 \text{ Н}$$

$$a = 0,5 \text{ м/с}^2$$

$$\mu = 0,2$$

Найти:

$$m - ?$$

Решение. На брусок действуют сила тяжести, сила реакции опоры, сила тяги и сила трения (рис. 2). На основании второго закона Ньютона запишем уравнение движения: $m\vec{a} = \vec{T} + m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{\text{тр}}$. Направим ось Ox горизонтально вдоль направления движения, а ось Oy – вертикально вверх. Возьмем проекции векторов, входящих в уравнение, на координатные оси, добавим выражение для силы трения скольжения и получим систему уравнений:

$$\begin{cases} ma = T - F_{\text{тр}}; \\ 0 = -mg + N; \\ F_{\text{тр}} = \mu N. \end{cases}$$

Из второго уравнения полученной системы выразим силу реакции опоры и подставим ее в третье уравнение, а затем выражение для силы трения подставим в первое. В результате получим: $ma = T - \mu mg$. Перенесем второе слагаемое справа в левую часть и выразим массу: $m = T / (a + \mu g)$. Подставляя числовые значения в систему уравнений, получим $m = 4 \text{ кг}$.

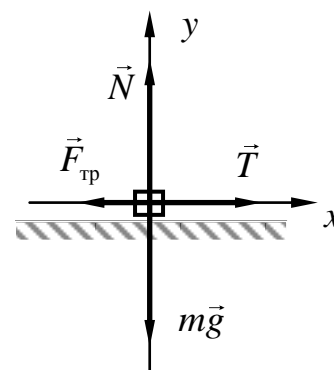


Рис. 2

Номер правильного ответа: 2.

Задание 9. Сила, равная по модулю 20 Н, направлена под углом 30° к оси Ox декартовой системы координат. Если ее представить в виде двух составляющих – F_1 и F_2 , направленных вдоль осей Ox и Oy соответственно, то модули сил F_1 и F_2 будут равны соответственно:

1) 20 и 20 Н.

2) 17,3 и 10 Н.

3) 10 и 10 Н.

4) 8,7 и 5 Н.

5) 5 и 8,7 Н.

Дано:

$$F = 20 \text{ Н}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

Найти:

$$F_1 \text{ и } F_2 - ?$$

Решение. Составляющие любого вектора направлены вдоль (или против) осей координат так, чтобы их сумма была равна исходному вектору, а их ненулевые проекции были бы равны проекциям исходного вектора на соответствующие оси координат (рис. 3).

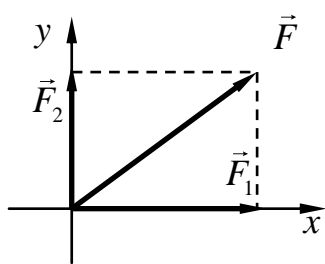


Рис. 3

Тогда модуль вектора \vec{F}_1 равен модулю проекции вектора \vec{F} на ось Ox , а модуль вектора \vec{F}_2 равен модулю проекции вектора \vec{F} на ось Oy , т. е. $F_1 = F \cos \alpha$, $F_2 = F \cos(90^\circ - \alpha)$. Подставив в эти выражения числовые данные), получим: $F_1 = 17,3 \text{ Н}$; $F_2 = 10 \text{ Н}$.

Номер правильного ответа: 2.

Задание 10. Небольшой груз массой 7 кг подвешен к потолку лифта с помощью нити. Лифт поднимается с ускорением $2,2 \text{ м/с}^2$. Найти силу натяжения нити.

- 1) 18 Н. 2) 50 Н. 3) 60 Н. 4) 84 Н. 5) 100 Н.

Дано:

$$m = 7 \text{ кг}$$

$$a = 2,2 \text{ м/с}^2$$

Найти:

$$T = ?$$

Решение. На груз, подвешенный на нити, действуют две силы – сила тяжести и сила натяжения нити. Равнодействующая этих сил сообщает грузу ускорение (рис. 4).

На основании второго закона Ньютона запишем уравнение движения груза: $m\vec{a} = \vec{T} + m\vec{g}$.

В проекции на выбранную вверх ось Ox уравнение принимает вид: $ma = T - mg$. Выразим силу натяжения и, подставив числовые значения, получим: $T = m(a + g) = 84 \text{ Н}$.

Номер правильного ответа: 4.

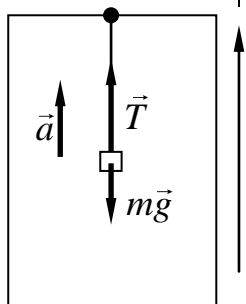


Рис. 4

2.4. Задания для самостоятельного решения

Теоретическая часть

Задание 1. Равномерным называется движение с постоянным ...

- 1) модулем скорости; 2) модулем ускорения;
3) вектором скорости; 4) вектором ускорения; 5) радиус-вектором.

Задание 2. За изменение модуля вектора скорости отвечает ...

- 1) радиус-вектор; 2) модуль ускорения; 3) перемещение;
4) тангенциальное ускорение; 5) нормальное ускорение.

Задание 3. Если сумма сил, действующих на тело, равна нулю и при этом тело движется по прямой с постоянной скоростью, то система отсчета, связанная с этим телом, будет

- 1) покоящейся; 2) замкнутой; 3) инерциальной;
 4) незамкнутой; 5) неинерциальной.

Задание 4. Сила тяжести – это сила, с которой все тела ...

- 1) действуют на опору; 2) растягивают нить подвеса ;
 3) взаимодействуют между собой; 4) выталкиваются из жидкости;
 5) притягиваются к Земле.

Практическая часть

Задание 5. На частицу, движущуюся ускоренно вдоль оси Ox , действуют четыре силы, показанные на рис. 5. Уравнение движения в проекции на ось Ox верно записано в ...

- 1) $ma = T \cos \alpha + F_{\text{тр}}$; 2) $ma = T \sin \alpha - F_{\text{тр}}$;
 3) $ma = T \cos \alpha - F_{\text{тр}}$; 4) $ma = T \sin \alpha - mg + N$;
 5) $0 = T \sin \alpha - mg + N$.

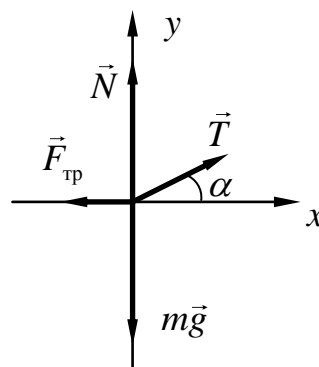


Рис. 5

Задание 6. На горизонтальной поверхности находится тело массой 2 кг и на него действует горизонтально направленная сила, значение которой 15 Н. Под действием этой силы тело перемещается по закону: $S_x(t) = Bt + C$, где $B = 3$ м/с, $C = 8$ м. Определить силу трения между телом и этой поверхностью.

- 1) 1 Н. 2) 3 Н. 3) 5 Н. 4) 10 Н. 5) 15 Н.

Задание 7. Движения двух велосипедистов заданы уравнениями $x_1 = At$ и $x_2 = C - Bt$, где $A = 3$ м/с, $B = 12$ м/с, $C = 150$ м. Найдите координату x места встречи велосипедистов.

- 1) 8 м. 2) 10 м. 3) 20 м. 4) 30 м. 5) 50 м.

Задание 8. Пароход движется по реке против течения со скоростью 7 м/с относительно берега. Определить скорость течения воды в реке, если скорость парохода относительно воды равна 11 м/с.

- 1) 2 м/с. 2) 3 м/с. 3) 4 м/с. 4) 9 м/с. 5) 18 м/с.

Задание 9. Велосипедист начал двигаться из состояния покоя с ускорением $1,5 \text{ м/с}^2$. Найти время, за которое он преодолел первые 19 м пути.

- 1) 3 с. 2) 4 с. 3) 5 с. 4) 13 с. 5) 25 с.

Задание 10. Тело массой 2 кг соскальзывает с наклонной плоскости, расположенной под углом 30° к горизонту. Какова величина силы трения, если коэффициент трения равен 0,3?

- 1) 3 Н. 2) 5 Н. 3) 6 Н. 4) 10 Н. 5) 20 Н.

3. КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 2

3.1. Вопросы для подготовки к аттестации по теоретической части

«Кинематика и динамика вращательного движения АТТ вокруг неподвижной оси»

1. Абсолютно твердое тело. Поступательное и вращательное движение АТТ. Центр инерции (центр масс) АТТ и закон его движения. Система центра инерции. Вращение АТТ вокруг неподвижной оси.
2. Угловое перемещение АТТ.
3. Угловая скорость.
4. Равномерное вращение АТТ вокруг неподвижной оси. Кинематические уравнения такого движения. Линейная частота и период вращения.
5. Угловое ускорение.
6. Равнопеременное вращательное движение АТТ вокруг неподвижной оси. Кинематические уравнения такого движения.
7. Неравномерное вращательное движение АТТ вокруг неподвижной оси. Кинематические уравнения такого движения
8. Связь между кинематическими характеристиками вращательного и поступательного движений.
9. Момент импульса частицы. Момент импульса АТТ. Собственный момент импульса АТТ.
10. Момент силы. Плечо силы. Вращающий и тормозящий моменты.
11. Инертность. Момент инерции частицы. Момент инерции АТТ. Вычисление момента инерции однородного стержня, цилиндра, диска. Теорема Штейнера.
12. Связь между моментом импульса и моментом инерции АТТ, вращающегося относительно неподвижной оси.
13. Основное уравнение динамики вращательного движения АТТ относительно неподвижной оси. Импульс момента силы.
14. Произвольное движение АТТ. Мгновенная ось вращения.
15. Статика. Условия равновесия АТТ.

3.2. Примеры решения теоретических заданий

З а д а н и е 1. Угловое ускорение абсолютно твердого тела, вращающегося вокруг неподвижной оси, –

- 1) векторная характеристика движения;
- 2) скалярная характеристика движения;

- 3) мера действия одного тела на другое;
- 4) быстрота изменения угла поворота абсолютно твердого тела вокруг неподвижной оси;
- 5) среди представленных ответов нет правильного.

Решение. Угловое ускорение – это векторная физическая величина, характеризующая быстроту изменения угловой скорости и равная изменению угловой скорости за единицу времени (или первая производная от угловой скорости по времени).

Номер правильного ответа: 1.

З а д а н и е 2. Формула $M_z = I_z \varepsilon_z$ является:

- 1) определением момента инерции;
- 2) основным законом вращательного движения относительно неподвижной оси;
- 3) определением угловой скорости;
- 4) определением момента сил;
- 5) определением углового ускорения.

Основное уравнение динамики вращательного движения АТТ относительно неподвижной оси:

в инерциальной системе отсчета для АТТ, вращающегося вокруг неподвижной оси, произведение момента инерции АТТ на его угловое ускорение равно векторной сумме моментов всех внешних сил, действующих на это тело:

$$I \vec{\varepsilon} = \vec{M}_1 + \vec{M}_2 + \dots + \vec{M}_n.$$

Для записи этого векторного уравнения в скалярной форме выбирают удобную инерциальную систему отсчета (ось Oz направляют вдоль неподвижной оси вращения) и находят проекции всех векторов на ось Oz :

$$Oz: I_z \varepsilon_z = M_{1z} + M_{2z} + \dots + M_{nz}.$$

Номер правильного ответа: 2.

З а д а н и е 3. В ответах приведены единицы измерения физических величин в системе СИ. Какая из приведенных единиц является единицей измерения момента инерции?

- 1) $\frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$.
- 2) $\text{кг} \cdot \text{м}^2$.
- 3) $\text{кг} \cdot \text{м}$.
- 4) $\frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2}{\text{с}^2}$.
- 5) $\text{кг} \cdot \text{м}^3$.

Решение. Моментом инерции материальной точки (частицы) относительно данной оси называется скалярная физическая величина, равная произведению массы материальной точки (частицы) на квадрат кратчайшего расстояния от частицы до оси вращения:

$$I_{iz} = m_i R_i^2.$$

Исходя из этого определения будем иметь:

$$[I_{iz}] = [m_i] \cdot [R_i^2] = \text{кг} \cdot \text{м}^2.$$

Номер правильного ответа: 2.

З а д а н и е 4. Направления векторов момента импульса \vec{L} и момента силы \vec{M} для равнозамедленного вращения твердого тела относительно неподвижной оси за счет действия тормозящей силы правильно показаны на рис. 6 под номером ...

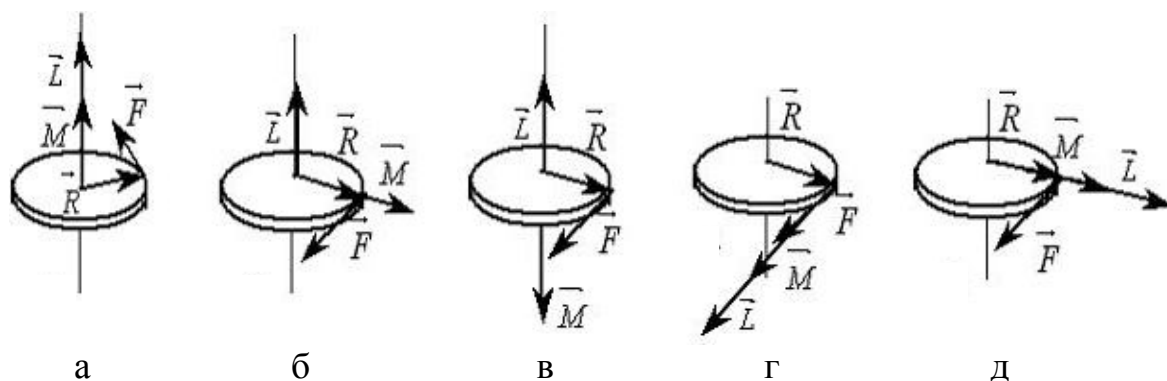


Рис. 6

Решение. При вращении твердого тела вокруг неподвижной оси момент силы \vec{M} направлен вдоль оси вращения в соответствии с правилом «правой руки»: четыре пальца правой руки направляют по направлению силы, а отогнутый на 90° большой палец покажет направление \vec{M} . Тогда позиции б, г и д на рис. 6 содержат неверные ответы.

Момент импульса АТТ \vec{L} равен произведению момента инерции АТТ на его угловую скорость, значит, направление \vec{L} совпадает с направлением угловой скорости, а ее направление тоже совпадает с осью вращения по правилу «правой руки»: четыре полусогнутых пальца правой руки направить по направлению движения частиц АТТ и отогнутый на 90° большой палец укажет

направление угловой скорости, а значит, и направление \vec{L} . Поскольку вращение равнозамедленное, то векторы \vec{M} и \vec{L} противоположны.

Номер правильного ответа: 3.

З а д а н и е 5. Величина, характеризующая вращательное воздействие силы на абсолютно твердое тело, – это...

- 1) момент силы; 2) момент импульса; 3) момент инерции;
4) момент времени; 5) момент количества движения.

Решение. Момент силы относительно точки O – векторное произведение радиуса-вектора, проведенного в точку приложения силы, на вектор силы:

$$\vec{M}_i = [\vec{r}_i \cdot \vec{F}_i].$$

Направление \vec{M} определяется правилом векторного произведения, или правилом «буравчика».

Номер правильного ответа: 1.

3.3. Примеры решения практических заданий

З а д а н и е 6. Твердое тело вращается вокруг неподвижной оси по закону $\varphi(t) = A - Bt + Ct^2$, где $A = 2$ рад, $B = 1$ рад/с, $C = 1,5$ рад/с². Величина углового ускорения в момент времени 1 с равна 1) 2,5 рад/с²; 2) 0,5 рад/с²; 3) 2 рад/с²; 4) 3 рад/с²; 5) 4 рад/с².

Дано:

$$\varphi(t) = A - Bt + Ct^2$$

$$A = 2 \text{ рад}$$

$$B = 1 \text{ рад/с}$$

$$C = 1,5 \text{ рад/с}^2$$

$$t_1 = 1 \text{ с}$$

Найти:

$$\varepsilon(t_1) - ?$$

Решение. Угловое ускорение – вторая производная по времени от угла поворота:

$$\varepsilon(t_1) = \frac{d^2\varphi}{dt^2} = 2C = 2 \cdot 1,5 = 3 \text{ (рад/с}^2\text{)}.$$

Номер правильного ответа: 4.

З а д а н и е 7. Момент инерции обруча массой m и радиусом R относительно оси, находящейся на расстоянии $3R$ от оси, проходящей через его центр масс, равен 1) $4mR^2$; 2) $(7/2)mR^2$; 3) $(19/2)mR^2$; 4) $10mR^2$; 5) $5mR^2$.

Дано: $d = 3R$ Найти: $I_z - ?$	<i>Решение.</i> $I_z = I_o + md^2$. Для вычисления момента инерции АТТ (обруча) относительно оси вращения, не проходящей через центр инерции (ось симметрии обруча), воспользуемся теоремой Штейнера:
--	--

$I_o = mR^2$ – момент инерции обруча относительно оси, проходящей через центр инерции;

$d = 3R$ – расстояние между осями.

Производим подстановку этих выражений в формулу момента инерции:

$$I_z = mR^2 + m(3R)^2 = 10 mR^2.$$

Номер правильного ответа: 4.

З а д а н и е 8. Некоторое тело вращается вокруг закрепленной оси Oz без трения. Его момент импульса изменяется по закону $\vec{L}(t) = (At^2 + Bt)\vec{k}$, кг · м²/с, где $A = 2$ кг·м²/с³, $B = 3$ кг·м²/с². В момент времени $t = 1$ с на тело действует вращающий момент

- 1) 4 Н·м. 2) 5 Н·м. 3) 0,7 Н·м. 4) 9 Н·м. 5) 7 Н·м.

Дано: $\vec{L}(t) = (At^2 + Bt)\vec{k}$ $A = 2$ кг·м ² /с ³ $B = 3$ кг·м ² /с ² $t = 1$ с Найти: $M_z - ?$	<i>Решение.</i> Согласно основному закону динамики вращательного движения (теореме об изменении момента импульса)
--	---

$$M_z = \frac{dL_z}{dt} = 2At + B = 2 \cdot 2 + 3 = 7 \text{ (Н·м)}.$$

Номер правильного ответа: 5.

З а д а н и е 9. Пластмассовый шар массой 2 кг и радиусом 6 см вращается вокруг неподвижной оси, проходящей через его центр, под действием постоянной касательной силы. При этом угловая скорость возрастает от 200 до 300 рад/с за 1 мин. Найти величину приложенного момента сил.

- 1) 0,06 Н·м. 2) 0,12 Н·м. 3) 0,24 Н·м. 4) 0,048 Н·м. 5) 0,29 мН·м.

Дано:

$$m = 2 \text{ кг}$$

$$R = 6 \text{ см} = 0,06 \text{ м}$$

$$\omega_{0z} = 200 \text{ рад/с}$$

$$\omega_z = 300 \text{ рад/с}$$

$$\Delta t = 1 \text{ мин} = 60 \text{ с}$$

Найти:

$$M_z - ?$$

Решение. При вращении АТТ вокруг неподвижной оси величину приложенного момента сил определим по формуле (основной закон вращения АТТ вокруг неподвижной оси)

$$M_z = I_z \varepsilon_z,$$

где $I_z = \frac{2}{5} m R^2$ – момент инерции шара относительно оси вращения;

$$\varepsilon_z = \frac{\omega_z - \omega_{0z}}{\Delta t} \text{ – проекция углового ускорения на ось вращения.}$$

Производим подстановку численных значений в расчетную формулу:

$$M_z = \frac{2}{5} m R^2 \frac{(\omega_z - \omega_{0z})}{\Delta t} = \frac{2}{5} \cdot 2 \cdot 0,06^2 \cdot \frac{(300 - 200)}{60} = 0,29 (\text{мН} \cdot \text{м})$$

Номер правильного ответа: 5.

З а д а н и е 10. Найти время равноускоренного вращения тела из состояния покоя с угловым ускорением 2 рад/с^2 , если угол поворота равен 16 рад .

1) 4 с.

2) 5 с.

3) 16 с.

4) 7 с.

5) 8 с.

Дано:

$$\omega_{0z} = 0$$

$$\varepsilon_z = 2 \text{ рад/с}^2$$

$$\varphi = 16 \text{ рад}$$

Найти:

$$t - ?$$

Решение. При равноускоренном вращении угол поворота определяется по выражению

$$\varphi = \omega_{0z} t + \frac{\varepsilon_z t^2}{2}.$$

Из этого выражения найдем время (учитывая, что начальная угловая скорость равна нулю):

$$t = \sqrt{\frac{2\varphi}{\varepsilon_z}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 16}{2}} = 4 \text{ (с)}.$$

Номер правильного ответа: 1.

3.4. Задания для самостоятельного решения

Теоретическая часть

З а д а н и е 1. Угловое ускорение абсолютно твердого тела, вращающегося вокруг неподвижной оси,

1) скалярная характеристика движения;

2) мера действия одного тела на другое;
 3) быстрота изменения угла поворота твердого тела вокруг неподвижной оси;
 4) быстрота изменения угловой скорости абсолютно твердого тела вокруг неподвижной оси;

5) численно равно производной угла поворота по времени.

З а д а н и е 2. Какое из определений угловой скорости верно:

- 1) это производная от углового перемещения по времени;
- 2) угловое ускорение за единицу времени;
- 3) изменение углового ускорения за единицу времени;
- 4) изменение радиуса-вектора за единицу времени;
- 5) производная от углового перемещения по координате?

З а д а н и е 3. В теореме об изменении момента импульса утверждается, что изменение момента импульса механической системы происходит

- 1) только за счет действия моментов внешних сил;
- 2) за счет действия внешних сил;
- 3) за счет действия моментов любых сил;
- 4) за счет действия любых сил;
- 5) за счет действия моментов внутренних сил.

З а д а н и е 4. На диск, изображенный на рис. 7, действует сила торможения $F_{\text{тр}}$, касательная к его ободу. На какой позиции рис. 7 правильно указаны направления векторов?

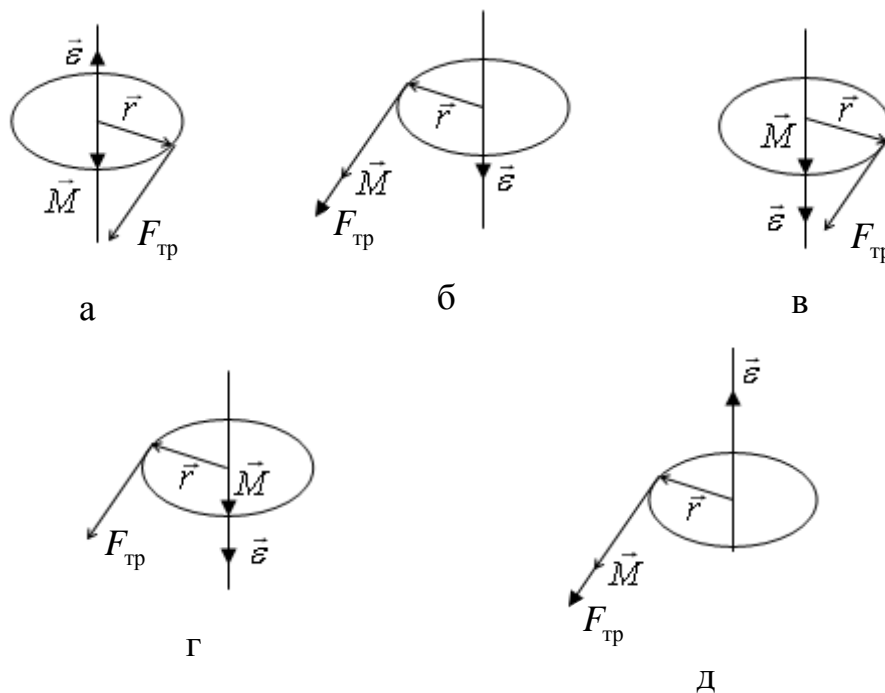


Рис. 7

З а д а н и е 5. В ответах приведены единицы измерения физических величин в системе СИ. Какая из приведенных единиц является единицей измерения момента импульса?

- 1) $\frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$. 2) $\text{кг} \cdot \text{м}^2$. 3) $\text{кг} \cdot \text{м}$. 4) $\frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2}{\text{с}^2}$. 5) $\frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2}{\text{с}}$.

Практическая часть

З а д а н и е 6. Период вращения материальной точки, движущейся равномерно по окружности, увеличился в два раза. Угловая скорость

- 1) возросла в 2 раза; 2) уменьшилась в 2 раза; 3) возросла в 4 раза;
4) уменьшилась в 4 раза; 5) не изменилась.

З а д а н и е 7. Найти величину углового ускорения шара, вращающегося вокруг неподвижной оси, проходящей через центр масс, под действием вращающего момента сил $2 \text{ Н} \cdot \text{м}$. Масса шара 2 кг , его радиус 5 см .

- 1) 20 рад/с^2 . 2) 30 рад/с^2 . 3) 200 рад/с^2 . 4) 5 рад/с^2 . 5) 2 рад/с^2 .

З а д а н и е 8. Момент инерции тонкостенного цилиндра массой m и радиусом R относительно оси, находящейся на расстоянии $2R$ от оси, проходящей через его центр масс вдоль цилиндра, равен

- 1) $4mR^2$. 2) $(7/2)mR^2$. 3) $(9/2)mR^2$. 4) $5mR^2$. 5) $20mR^2$.

З а д а н и е 9. Найти время равнозамедленного вращения колеса, если угловая скорость уменьшилась от 100 до 50 рад/с . Угловое ускорение равно 2 рад/с^2 .

- 1) 30 с . 2) 25 с . 3) 40 с . 4) 20 с . 5) 5 с .

З а д а н и е 10. Кинематический закон вращательного движения тела задан уравнением $\varphi = ct^3 + b$, где $c = 1 \text{ рад/с}^3$, $b = 5 \text{ рад}$. Угловая скорость тела в конце третьей секунды равна...

- 1) 6 рад/с . 2) 3 рад/с . 3) 9 рад/с . 4) 27 рад/с . 5) 32 рад/с .

4. КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 3

4.1. Вопросы для подготовки к аттестации по теоретической части

«Законы сохранения и специальная теория относительности»

1. Изолированная (замкнутая) система тел.
2. Механическая работа, мощность.

3. Работа постоянной силы и постоянного момента силы при вращательном движении.
4. Работа переменной силы и переменного момента силы при вращательном движении.
5. Консервативные силы. Работа консервативных сил.
6. Потенциальная энергия (в гравитационном поле, поле силы тяжести, поле упругих сил).
7. Связь между силой и потенциальной энергией.
8. Кинетическая энергия при поступательном и вращательном движении. Кинетическая энергия плоского движения симметричных тел.
9. Теорема об изменении кинетической энергии.
10. Механическая энергия. Закон сохранения механической энергии.
11. Движение частицы в потенциальном поле. «Потенциальная яма» и «потенциальный барьер». Финитное и инфинитное движение.
12. Диссипация энергии. Работа силы трения. Общефизический закон сохранения энергии.
13. Импульс (количество движения) тела. Импульс системы тел. Закон сохранения импульса.
14. Центр инерции (центр масс) механической системы. Закон сохранения центра инерции (центра масс).
15. Абсолютно упругое столкновение частиц.
16. Абсолютно неупругое столкновение частиц.
17. Момент импульса (момент количества движения, кинетический момент) АТТ, вращающегося относительно неподвижной оси. Момент импульса системы тел. Закон сохранения момента импульса.
18. Неинерциальные системы отсчета. Силы инерции.
19. Постулаты специальной теории относительности.
20. Преобразования Лоренца и следствия из них.
21. Релятивистский закон сложения скоростей.
22. Масса покоя частицы, релятивистская масса.
23. Релятивистский импульс. Уравнение движения релятивистской частицы.
24. Энергия покоя. Полная энергия частицы. Взаимосвязь массы и энергии.
25. Кинетическая энергия релятивистской частицы.

4.2. Примеры решения теоретических заданий

Задание 1. Импульс (количество движения) материальной точки

- 1) обратно пропорционален массе точки;

- 2) прямо пропорционален скорости точки;
- 3) обратно пропорционален скорости точки;
- 4) равен ее кинетической энергии;
- 5) равен ее потенциальной энергии.

Решение. Импульсом материальной точки называют векторную физическую величину, равную произведению массы точки на ее скорость: $\vec{p} = m\vec{v}$.

Номер правильного ответа: 2.

Задание 2. Кинетическая энергия частицы

- 1) равна импульсу частицы;
- 2) равна половине импульса частицы;
- 3) прямо пропорциональна квадрату скорости частицы;
- 4) обратно пропорциональна массе частицы;
- 5) обратно пропорциональна скорости частицы.

Решение. Кинетической энергией частицы W_k называют скалярную физическую величину, связанную с движением частицы и являющуюся частью ее полной механической энергии.

$$W_k = \frac{mv^2}{2}.$$

Из приведенной формулы видно, что кинетическая энергия прямо пропорциональна квадрату скорости частицы.

Номер правильного ответа: 3.

Задание 3. Энергию механического движения и взаимодействия тел называют

- 1) кинетической; 2) потенциальной; 3) консервативной;
- 4) полной механической; 5) диссипативной.

Решение. Энергию механического движения и взаимодействия тел называют полной механической энергией.

Номер правильного ответа: 4.

Задание 4. Тело массой m_1 движется со скоростью \vec{v}_1 навстречу телу массой m_2 , движущемуся со скоростью \vec{v}_2 . Происходит абсолютно упругий удар. При этом

- 1) выполняются законы сохранения импульса и механической энергии;
- 2) не выполняются законы сохранения импульса и механической энергии;
- 3) выполняется только закон сохранения импульса, часть энергии переходит в тепло;

4) выполняется закон сохранения механической энергии, а импульс системы уменьшается;

5) среди предложенных ответов нет правильного.

Решение. При абсолютно упругом ударе выполняются законы сохранения импульса и механической энергии.

Номер правильного ответа: 1.

Задание 5. В релятивистской механике масса тела

1) зависит от скорости движения;

2) уменьшается с увеличением скорости;

3) остается постоянной;

4) увеличивается с уменьшением скорости;

5) среди предложенных ответов нет правильного.

Решение. В релятивистской механике масса тела зависит от скорости движения:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}.$$

Номер правильного ответа: 1.

4.3. Примеры решения практических заданий

Задание 6. Как изменится потенциальная энергия упругодеформированного тела при увеличении его деформации в 3 раза:

1) уменьшится в 9 раз; 2) уменьшится в 3 раза; 3) не изменится;

4) увеличится в 3 раза; 5) увеличится в 9 раз?

Дано:

$$x_2 = 3x_1$$

Найти:

$$W_{p2}/W_{p1} - ?$$

Решение. Потенциальная энергия упругодеформированного тела W_p прямо пропорциональна квадрату деформации x .

Потенциальная энергия при первоначальной деформации

$$W_{p1} = k x_1^2 / 2,$$

потенциальная энергия при изменении деформации

$$W_{p2} = k x_2^2 / 2.$$

Отношение этих энергий

$$W_{p2}/W_{p1} = (kx_2^2/2)/(kx_1^2/2) = x_2^2/x_1^2.$$

Подставим $x_2 = 3x_1$ в предыдущую формулу:

$$W_{p2}/W_{p1} = x_2^2/x_1^2 = (3x_1)^2/x_1^2 = 9x_1^2/x_1^2 = 9.$$

Потенциальная энергия увеличится в 9 раз.

Номер правильного ответа: 5.

Задание 7. Скорость релятивистской частицы в 2 раза меньше скорости света в вакууме. Отношение кинетической энергии частицы к ее энергии покоя равно

1) 0; 2) 0,33; 3) 0,5; 4) 0,2; 5) 0,16.

Дано:

$$v = c/2$$

Найти:

$$W_k/W_0 = ?$$

Решение. Кинетическая энергия релятивистской частицы равна разности полной энергии частицы и ее энергии покоя:

$$W_k = mc^2 - m_0c^2,$$

где m и m_0 релятивистская масса и масса покоя соответственно; c – скорость света в вакууме.

$$\frac{W_k}{W_0} = \frac{mc^2 - m_0c^2}{m_0c^2} = \frac{m}{m_0} - 1.$$

Релятивистская масса и масса покоя связаны соотношением

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}.$$

Подставим в приведенное соотношение $v = c/2$:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{(c/2)^2}{c^2}}} = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{1}{4}}} = \frac{2m_0}{\sqrt{3}}.$$

Подставим массу в выражение для расчета кинетической энергии:

$$\frac{W_k}{W_0} = \frac{m}{m_0} - 1 = \frac{2m_0}{\sqrt{3}m_0} - 1 = 0,156.$$

Отношение кинетической энергии релятивистской частицы к ее энергии покоя равно 0,16

Номер правильного ответа: 5.

Задание 8. Снаряд массой 10 кг, летевший горизонтально вдоль рельсов со скоростью 20 м/с, попал в покоившуюся вагонетку массой 100 кг и застрял в ней. Скорость вагонетки со снарядом стала равна

- 1) 1,8 м/с. 2) 2 м/с. 3) 10 м/с. 4) 18 м/с. 5) 20 м/с.

Дано:

$$m_1 = 10 \text{ кг}$$

$$v_1 = 20 \text{ м/с}$$

$$m_2 = 100 \text{ кг}$$

$$v_2 = 0 \text{ м/с}$$

Найти:

u – ?

Решение. Так как по условию задачи снаряд, попав в вагонетку, застревает в ней и движется вместе с вагонеткой с одинаковой скоростью, то столкновение можно считать абсолютно неупругим.

Запишем закон сохранения импульса для такого случая:

$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = (m_1 + m_2) \vec{u}.$$

В проекции на направление движения вагонетки со снарядом

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2) u.$$

$$\text{Вычислим скорость: } u = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2} = \frac{10 \cdot 20 + 100 \cdot 0}{10 + 100} = \frac{200}{110} = 1,8 \text{ (м/с)}.$$

Номер правильного ответа: 1.

Задание 9. В центре круглой платформы стоит человек, прижав руки к груди. Платформа вращается вокруг вертикальной оси симметрии. Во сколько раз изменится частота вращения платформы с человеком, если человек раскинет руки в стороны, тем самым изменив момент инерции системы в 1,1 раза:

- 1) не изменится; 2) увеличится в 1,1 раза; 3) увеличится в 1,21 раза;
4) уменьшится в 1,1 раза; 5) уменьшится в 1,21 раза?

Дано:

$$I_2 = 1,1 \cdot I_1$$

Найти:

$$\frac{\omega_2}{\omega_1} = ?$$

Решение. Когда человек раскидывает руки в стороны, то его момент инерции возрастает. Значит, увеличивается и суммарный момент инерции системы:

$$I_2 = 1,1 \cdot I_1.$$

Момент импульса системы «человек – платформа» относительно вертикальной оси, проходящей через центр круглой платформы, не изменяется, так как система замкнутая (моменты силы тяжести и реакции опоры относительно оси вращения равны нулю, трение отсутствует):

$$I_1 \omega_1 = I_2 \omega_2.$$

Вычислим отношение угловой скорости: $\frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{I_1}{I_2} = \frac{I_1}{1,1 \cdot I_1} = \frac{1}{1,1}.$

$\omega_2 = \frac{\omega_1}{1,1}$, т. е. угловая скорость уменьшится в 1,1 раза.

Номер правильного ответа: 4.

Задание 10. Мяч, брошенный вертикально вниз с высоты 5 м, подпрыгнул после абсолютно упругого удара о землю на высоту 10 м. Мяч бросили со скоростью

- 1) 4 м/с. 2) 5 м/с. 3) 10 м/с. 4) 15 м/с. 5) 20 м/с.

Дано:

$$h_1 = 5 \text{ м}$$

$$h_2 = 10 \text{ м}$$

$$v_2 = 0$$

Найти:

$$v_1 = ?$$

Решение. На высоте h_1 полная механическая энергия мяча равна сумме кинетической и потенциальной энергий. После абсолютно упругого удара о землю полная механическая энергия системы «мяч – земля» сохраняется. Эта энергия переходит в потенциальную на высоте h_2 :

$$mgh_1 + \frac{mv_1^2}{2} = mgh_2.$$

Из полученного соотношения найдем:

$$v_1 = \sqrt{2g(h_2 - h_1)} = \sqrt{2 \cdot 9,8(10 - 5)} = 9,9 \text{ м/с.}$$

Скорость мяча была 10 м/с.

Номер правильного ответа: 3.

4.4. Задания для самостоятельного решения

Теоретическая часть

Задание 1. Физическая величина, определяемая как работа, производимая в единицу времени, называется

- 1) элементарной работой;
- 2) мощностью;
- 3) быстротой работы;
- 4) действием;
- 5) энергией.

Задание 2. Единицами измерения работы и мощности в системе СИ являются

- 1) Дж и Вт.
- 2) Дж и В.
- 3) $\text{Н} \cdot \text{м}^2$ и Вт.
- 4) $\text{Н} \cdot \text{м}^2$ и В.
- 5) среди предложенных ответов нет правильного.

Задание 3. Процесс перехода механической энергии в тепловую под действием силы трения – это

- 1) дифракция;
- 2) деструкция;
- 3) диссипация;
- 4) дефрагментация;
- 5) деформация.

Задание 4. «Момент импульса замкнутой системы сохраняется» является формулировкой

- 1) закона сохранения энергии;
- 2) закона сохранения импульса;
- 3) закона сохранения момента импульса;
- 4) теоремы об изменении кинетической энергии;
- 5) теоремы об изменении потенциальной энергии.

Задание 5. Работа консервативной силы равна

- 1) импульсу силы; моменту силы; убыли потенциальной энергии;
- 2) возрастанию кинетической энергии; убыли механической энергии.

Практическая часть

Задание 6. Как изменится потенциальная энергия упругодеформированного тела при уменьшении его деформации в 4 раза:

- 1) уменьшится в 16 раз;
- 2) уменьшится в 2 раза;
- 3) не изменится;
- 4) увеличится в 16 раз;
- 5) уменьшится в 8 раз?

Задание 7. Скорость релятивистской частицы в 3 раза меньше скорости света в вакууме. Отношение кинетической энергии частицы к ее энергии покоя равно

- 1) 0,08. 2) 0,06. 3) 9. 4) 0,9. 5) 0.

Задание 8. Вагонетка массой 100 кг, двигавшаяся горизонтально вдоль рельсов со скоростью 10 м/с, сталкивается с другой вагонеткой массой 200 кг, которая двигалась в том же направлении со скоростью 5 м/с. После столкновения обе вагонетки движутся вместе с одинаковой скоростью, равной

- 1) 0. 2) 6,7 м/с. 3) 15 м/с. 4) 7,1 м/с. 5) 5 м/с.

Задание 9. В центре круглой платформы стоит человек, раскинув руки в стороны. Платформа вращается вокруг вертикальной оси симметрии. Во сколько раз изменится частота вращения платформы с человеком, если человек прижмет руки к груди, тем самым изменив момент инерции системы в 1,21 раза:

- 1) не изменится; 2) увеличится в 1,1 раза; 3) увеличится в 1,21 раза;
4) уменьшится в 1,1 раза; 5) уменьшится в 1,21 раза?

Задание 10. На какую высоту подпрыгнул после абсолютно упругого удара о землю мяч, если его бросили вниз с высоты 3 м со скоростью 10 м/с:

- 1) 6 м/с. 2) 5 м/с. 3) 10 м/с. 4) 15 м/с. 5) 8 м/с?

5. КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 4

5.1. Вопросы для подготовки к аттестации по теоретической части

«Молекулярная физика и термодинамика»

1. Термодинамические параметры (определение, единицы измерения).
2. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории.
3. Идеальный газ.
4. Уравнение состояния идеального газа (уравнение Клапейрона – Менделеева).
5. Закон Дальтона.
6. Изопроцессы. Уравнения изопроцессов, графическое изображение изопроцессов в разных термодинамических диаграммах.
7. Классическое распределение Максвелла для молекул идеального газа по абсолютным значениям скоростей. График функции (анализ). Наиболее вероятная скорость молекул идеального газа.
8. Влияние температуры и массы молекул на вид функции распределения Максвелла (анализ). Рассеяние земной атмосферы.

9. Экспериментальная проверка распределения Максвелла (опыт Штерна).
10. Классическое распределение Больцмана для молекул газа, находящихся в поле силы тяжести. График функции (анализ).
11. Влияние температуры и массы молекул на вид функции распределения Больцмана (анализ).
12. Барометрическая формула, ее практическое использование.
13. Внутренняя энергия, изменение внутренней энергии.
14. Работа газа при расширении.
15. Первый закон термодинамики.
16. Адиабатный процесс. Уравнение Пуассона.
17. Приведенная теплота. Энтропия. Вычисление энтропии.
18. Теплоемкость. Удельная и молярная теплоемкости. Теплоемкость многоатомных газов, ее зависимость от температуры.
19. Эффективный диаметр и средняя длина свободного пробега молекул.
20. Явления переноса и их молекулярно-кинетическое толкование.
21. Тепловые двигатели и их КПД. Цикл Карно.
22. «Вечные двигатели» 1-го и 2-го рода.
23. Статистический вес системы частиц. Связь энтропии со статистическим весом. Статистическое толкование энтропии.
24. Второй закон термодинамики (закон возрастания энтропии).
25. «Тепловая смерть» Вселенной. Теорема Нернста.

5.2. Примеры решения теоретических заданий

Задание 1. Чему равна кинетическая энергия вращательного движения всех молекул одного моля двухатомного газа:

- 1) $3RT$. 2) RT . 3) $\frac{1}{2}RT$. 4) $\frac{3}{2}RT$. 5) $\frac{5}{2}RT$?

Решение. Двухатомный газ имеет пять степеней свободы, из которых две приходятся на вращательные. Кинетическая энергия вращательного движения всех молекул – это часть внутренней энергии газа, которая складывается из кинетической энергии поступательного движения и кинетической энергии вращательного движения всех молекул. Кинетическая энергия вращательного движения всех молекул, содержащихся в одном моле двухатомного газа, определяется по формуле:

$$W_{\text{вращ}} = \frac{i_{\text{вращ}}}{2} \nu RT,$$

где $i_{\text{вращ}} = 2$; $\nu = 1$. Таким образом, $W_{\text{вращ}} = RT$.

Номер правильного ответа: 2.

Задание 2. Идеальный одноатомный газ неизменной массы в изотермическом процессе совершает работу расширения. Как изменяются в этом процессе объем, давление и внутренняя энергия газа?

А – объем увеличивается;

Б – объем уменьшается;

В – давление увеличивается;

Г – давление уменьшается;

Д – внутренняя энергия не изменяется;

Е – внутренняя энергия увеличивается;

З – внутренняя энергия уменьшается.

1) А, В, Е. 2) Б, Г, Д. 3) А, Г, Д. 4) Б, Г, З. 5) А, В, З.

Решение. Работа в изотермическом процессе определяется уравнениями

$$A = \nu RT \ln \frac{V_2}{V_1}; \quad A = \nu RT \ln \frac{P_2}{P_1},$$

из которых видно, что при совершении положительной работы объем должен увеличиваться, а давление – уменьшаться.

Изменение внутренней энергии определяется по формуле:

$$\Delta W = \frac{i}{2} \frac{m}{M} R \Delta T.$$

Так как процесс изотермический, то $\Delta T = 0$. Следовательно, внутренняя энергия газа не изменяется

Номер правильного ответа: 3.

Задание 3. «Количество тепловой энергии, подведенное к системе частиц, расходуется на работу системы над внешними телами при ее расширении» – это формулировка

1) первого закона термодинамики для изотермического процесса;

2) первого закона термодинамики для изохорного процесса;

3) первого закона термодинамики для изобарного процесса;

4) первого закона термодинамики для адиабатного процесса;

5) второго закона термодинамики.

Решение. Первый закон термодинамики представляет собой закон сохранения энергии для тепловых процессов и может быть выражен формулой

$$Q = \Delta W + A,$$

где Q – количество теплоты, переданное термодинамической системе;

ΔW – приращение внутренней энергии системы;

A – работа, совершенная системой над окружающей средой.

Поскольку для данного процесса теплота на изменение внутренней энергии не расходуется, то $\Delta W = 0$, но изменение внутренней энергии определяется формулой

$$\Delta W = \frac{i}{2} \frac{m}{M} R \Delta T,$$

откуда следует, что $\Delta T = 0$. Значит, $T = \text{const}$. Следовательно, дана формулировка первого закона термодинамики для изотермического процесса.

Номер правильного ответа: 1.

Задание 4. При адиабатическом расширении идеального газа не изменяется

- 1) средняя кинетическая энергия молекул;
- 2) температура;
- 3) энтропия;
- 4) давление;
- 5) все перечисленные выше величины.

Решение. Адиабатическим называется процесс, происходящий в газе без теплообмена с окружающей средой.

Из первого закона термодинамики для адиабатического процесса следует, что работа газа при его расширении совершается только за счет убыли внутренней энергии. При адиабатическом расширении газа его объем увеличивается, а давление уменьшается (в противном случае это был бы изобарный процесс). Температура газа уменьшается, так как уменьшается внутренняя энергия. Средняя кинетическая энергия молекул прямо пропорциональна абсолютной температуре, следовательно, также уменьшается.

Адиабатический процесс называют также изоэнтروпийным, т. е. процессом, протекающим без изменения энтропии.

Номер правильного ответа: 3.

Задание 5. Чему равно отношение $\frac{c_{vP}}{c_{vV}}$ молярных теплоемкостей при

постоянном давлении c_{vP} и постоянном объеме c_{vV} для неона:

- 1) $\frac{5}{3}$. 2) $\frac{7}{5}$. 3) $\frac{9}{7}$. 4) 2. 5) 3?

Решение. Молярные теплоемкости газа при постоянном давлении и постоянном объеме определяются соответственно формулами:

$$c_{vP} = \frac{i+2}{2} R;$$

$$c_{vV} = \frac{i}{2} R.$$

Тогда отношение теплоемкостей при постоянном давлении и постоянном объеме

$$\frac{c_{vP}}{c_{vV}} = \frac{i+2}{i}$$

и зависит только от числа степеней свободы молекул газа.

Неон Ne – инертный газ, молекула которого одноатомная и имеет три поступательные степени свободы. Таким образом, для неона

$$\frac{c_{vP}}{c_{vV}} = \frac{3+2}{3} = \frac{5}{3}.$$

Номер правильного ответа: 1.

5.3. Примеры решения практических заданий

Задание 6. В газе объемом 2 м^3 при давлении 150 кПа и температуре 27°C содержится примерно ... молекул.

- 1) 10^{21} . 2) 10^{22} . 3) 10^{24} . 4) 10^{26} . 5) 10^{27} .

Дано:

$$V = 2 \text{ м}^3$$

$$P = 150 \text{ кПа}$$

$$t^\circ = 27^\circ \text{ C}$$

Найти:

$$N - ?$$

Решение. Из уравнения состояния идеального газа $P = nk_B T$ выразим концентрацию молекул. Получим формулу:

$$n = \frac{P}{k_B T}.$$

Концентрация молекул определяется следующим образом:

$$n = \frac{N}{V}.$$

Следовательно, число N молекул газа, содержащихся в объеме V , рассчитывается так:

$$N = \frac{PV}{k_B T} = \frac{150 \cdot 10^3 \cdot 2}{1,38 \cdot 10^{-23} \cdot (27 + 273)} = 7,3 \cdot 10^{25} \approx 10^{26}.$$

Номер правильного ответа: 4.

Задание 7. В стеклянный сосуд закачивают воздух, одновременно нагревая его. При этом абсолютная температура воздуха в сосуде повысилась в три раза, а его давление выросло в пять раз. Во сколько раз увеличилась масса воздуха в сосуде:

- 1) в 1,67 раза; 2) в 2 раза; 3) в 3 раза; 4) в 5 раз; 5) в 15 раз?

Дано:

$$T_2 = 3T_1$$

$$P_2 = 5P_1$$

Найти:

$$\frac{m_2}{m_1} - ?$$

Решение. Составим систему из уравнений состояния, считая воздух идеальным газом:

$$PV = \frac{m_1}{M} RT;$$

$$5PV = \frac{m_2}{M} R \cdot 3T.$$

Выразим m_1 и m_2 из этих уравнений и найдем их отношение:

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{5}{3} = 1,67.$$

Номер правильного ответа: 1.

Задание 8. Как изменится давление идеального газа, если в данном объеме средняя скорость молекул газа увеличится в два раза, а концентрация молекул останется прежней:

- 1) увеличится в 2 раза; 2) уменьшится в 2 раза; 3) увеличится в 4 раза;
4) уменьшится в 4 раза; 5) увеличится в $\sqrt{2}$ раз?

Дано:

$$\langle v \rangle_2 = 2\langle v \rangle_1$$

$$n_2 = n_1$$

Найти:

$$\frac{P_2}{P_1} - ?$$

Решение. Давление идеального газа в соответствии с основным уравнением молекулярно-кинетической теории (МКТ) определяется как

$$P = nk_B T,$$

а средняя скорость молекул идеального газа – по формуле

$$\langle v \rangle = \sqrt{\frac{3RT}{M}}.$$

Для того чтобы скорость увеличилась в два раза, температуру необходимо увеличить в четыре раза, значит, согласно уравнению МКТ давление возрастет тоже в четыре раза.

Номер правильного ответа: 3.

Задание 9. В некотором термодинамическом процессе внутренняя энергия газа уменьшилась на 300 Дж, а газ совершил работу расширения в 500 Дж. Количество теплоты, сообщенное газу, равно

- 1) 800 Дж. 2) 400 Дж. 3) 200 Дж. 4) –800 Дж. 5) –200 Дж.

Дано:

$$\Delta W = -300 \text{ Дж}$$

$$A = 500 \text{ Дж}$$

Найти:

$$Q - ?$$

Решение. Запишем уравнение первого закона термодинамики:

$$Q = \Delta W + A,$$

где Q – количество теплоты, переданное газу;

ΔW – приращение внутренней энергии газа;

A – работа, совершенная газом над окружающей средой.

Так как внутренняя энергия газа уменьшилась, то $\Delta W = -300$ Дж. Поэтому количество теплоты, сообщенное газу,

$$Q = -300 + 500 = 200 \text{ Дж}.$$

Номер правильного ответа: 3.

Задание 10. Тепловая машина, работающая по циклу Карно, за цикл получает от нагревателя количество теплоты $Q_1 = 2,512$ кДж. Температура нагревателя $T_1 = 400$ К, температура холодильника $T_2 = 300$ К. Количество теплоты Q_2 , отдаваемое холодильнику за один цикл, равно

- 1) 0,63 Дж. 2) 1,88 Дж. 3) 2,88 Дж. 4) 3,35 Дж. 5) 4,88 Дж.

Дано:

$$Q_1 = 2,512 \text{ кДж}$$

$$T_1 = 400 \text{ К}$$

$$T_2 = 300 \text{ К}$$

Найти:

$$Q_2 = ?$$

Решение. Коэффициент полезного действия (КПД) определяется по формуле

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}.$$

КПД цикла Карно при данных значениях температуры нагревателя T_1 и холодильника T_2 определяется по формуле

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}.$$

Приравнивая правые части этих выражений друг к другу, получим:

$$\frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}.$$

Найдем отсюда Q_2 :

$$Q_2 = Q_1 \frac{T_2}{T_1} = 2,512 \cdot \frac{300}{400} = 1,884 \text{ (кДж)}.$$

Номер правильного ответа: 2.

5.4. Задания для самостоятельного решения

Теоретическая часть

Задание 1. Изменение внутренней энергии системы равно сумме сообщенного ей количества теплоты и работы, произведенной над системой внешними силами. Это формулировка

- 1) первого закона термодинамики;
- 2) второго закона термодинамики;
- 3) закона Дальтона;
- 4) закона Бойля – Мариотта;
- 5) закона Шарля.

Задание 2. Второе начало термодинамики формулируется следующим образом:

1) Тепло, полученное системой, идет на приращение ее внутренней энергии и на совершение работы над окружающими телами.

2) Вне зависимости от начального состояния изолированной системы в конце концов в ней установится термодинамическое равновесие, при котором все части системы будут иметь одинаковую температуру.

3) Приращение энтропии при абсолютном нуле температуры стремится к конечному пределу, не зависящему от того, в каком равновесном состоянии находится система.

4) Невозможен круговой процесс, единственным результатом которого было бы совершение работы за счет охлаждения теплового резервуара.

5) Изменение внутренней энергии системы равно сумме сообщенного ей количества теплоты и работы, произведенной над системой внешними силами.

Задание 3. Число вращательных степеней свободы молекулы метана CH_4 равно

- 1) 8. 2) 7. 3) 5. 4) 3. 5) 2?

Задание 4. Какой процесс в газе происходит без изменения энтропии:

- 1) изохорный;
2) изобарный;
3) изотермический;
4) адиабатный;
5) все перечисленные выше?

Задание 5. Средняя длина свободного пробега – это

- 1) среднее расстояние, которое пролетает молекула за время 1 с;
2) среднее расстояние, которое пролетает молекула за время 1 с, двигаясь со средней скоростью хаотического теплового движения;
3) среднее расстояние, которое пролетает молекула, имея энергию, равную средней кинетической энергии хаотического теплового движения;
4) среднее расстояние, которое пролетает молекула от одной стенки сосуда до другой стенки;
5) среднее расстояние, которое пролетает молекула от одного столкновения до следующего.

Практическая часть

Задание 6. При температуре 27°C и давлении 10^5 Па объем газа 1 м^3 . При какой температуре этот газ будет занимать объем $0,5\text{ м}^3$ при том же давлении 10^5 Па:

- 1) 400 К . 2) 150 К . 3) 450 К . 4) 600 К . 5) 300 К ?

Задание 7. На сколько увеличится внутренняя энергия трех молей идеального двухатомного газа при изохорном нагревании его от 19 до 21°C :

- 1) 360 Дж . 2) 200 Дж . 3) 100 Дж . 4) 125 Дж . 5) 75 Дж ?

Задание 8. Газ получил количество теплоты 800 Дж и совершил работу 500 Дж . Изменение внутренней энергии газа равно

- 1) 300 Дж . 2) 500 Дж . 3) 800 . 4) 1300 Дж . 5) 0 ?

Задание 9. Тепловая машина за один цикл работы передает холодильнику 400 Дж теплоты и производит 600 Дж работы. Каков КПД тепловой машины:

- 1) 20% . 2) 40% . 3) 50% . 4) 60% . 5) 100% ?

Задание 10. При изотермическом изменении объема некоторой массы идеального газа его давление уменьшилось вдвое. Как при этом изменится средняя квадратичная скорость молекул:

- 1) возрастет в $\sqrt{2}$ раз; 2) уменьшится в $\sqrt{2}$ раз;
3) не изменится; 4) возрастет в 2 раза;
5) уменьшится в 2 раза?

Библиографический список

1. Крохин С. Н. Краткий курс физики: Конспект лекций / С. Н. Крохин, Л. А. Литневский / Омский гос. ун-т путей сообщения. Омск, 2012. Ч. 1. 38 с.
2. Практикум по физике. Ч. 1. Механика. Молекулярная физика и термодинамика: Методические указания к решению задач по физике / С. А. Гельвер, И. И. Гончар и др. / Омский гос. ун-т путей сообщения. Омск, 2014. 43 с.
3. Крохин С. Н. Контрольная работа № 1 по физике для студентов заочного факультета: Методические указания к решению задач и выполнению контрольных работ / С. Н. Крохин, Ю. М. Сосновский / Омский гос. ун-т путей сообщения. Омск, 2012. 36 с.
4. Литневский Л. А. Кинематика и динамика частиц. Примеры решения задач / Л. А. Литневский, Ю. М. Сосновский / Омский гос. ун-т путей сообщения. Омск, 2016. 32 с.
5. Гельвер С. А. Кинематика и динамика вращательного движения абсолютно твердого тела. Примеры решения задач / С. А. Гельвер, С. Н. Смердин / Омский гос. ун-т путей сообщения. Омск, 2016. 31 с.
6. Аронова Т. А. Законы сохранения. СТО. Примеры решения задач / Т. А. Аронова, И. А. Дроздова / Омский гос. ун-т путей сообщения. Омск, 2016. 34 с.
7. Молекулярная физика и термодинамика. Примеры решения задач / С. А. Минабудинова, С. В. Вознюк и др. / Омский гос. ун-т путей сообщения. Омск, 2016. 33 с.

Ответы к заданиям для самостоятельного решения

Номер конт- рольной работы	Номер задания	Номер пра- вильного ответа	Номер конт- рольной работы	Номер задания	Номер пра- вильного ответа
1	1	3	3	1	2
	2	4		2	1
	3	3		3	3
	4	5		4	3
	5	3		5	5
	6	5		6	1
	7	4		7	2
	8	3		8	2
	9	3		9	3
	10	2		10	5
2	1	4	4	1	1
	2	1		2	4
	3	1		3	4
	4	3		4	4
	5	5		5	5
	6	2		6	2
	7	3		7	4
	8	4		8	1
	9	2		9	4
	10	4		10	3

Учебное издание

АРОНОВА Тамара Алексеевна, ВОЗНЮК Сергей Викторович,
ГЕЛЬВЕР Сергей Александрович, ДРОЗДОВА Илга Анатольевна,
КРОХИН Сергей Николаевич, ЛИТНЕВСКИЙ Леонид Аркадьевич,
МИНАБУДИНОВА Сания Анасовна, СМЕРДИН Сергей Николаевич,
СОСНОВСКИЙ Юрий Михайлович, ХМЫРОВА Наталья Анатольевна

ПОДГОТОВКА К ТЕСТИРОВАНИЮ ПО ФИЗИКЕ

Часть 1

КЛАССИЧЕСКАЯ И РЕЛЯТИВИСТСКАЯ МЕХАНИКА.
МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА

Учебно-методическое пособие

Редактор Н. А. Майорова

Корректор О. Д. Худякова

Подписано в печать 20.11.2018. Формат $60 \times 84 \frac{1}{16}$.
Офсетная печать. Бумага офсетная. Усл. печ. л. 2,5. Уч.-изд. л. 2,8.
Тираж 250 экз. Заказ .

**

Редакционно-издательский отдел ОмГУПС
Типография ОмГУПС

*

644046, г. Омск, пр. Маркса, 35