



# АБИТУРИЕНТ

Ю.Г. ПАВЛЕНКО

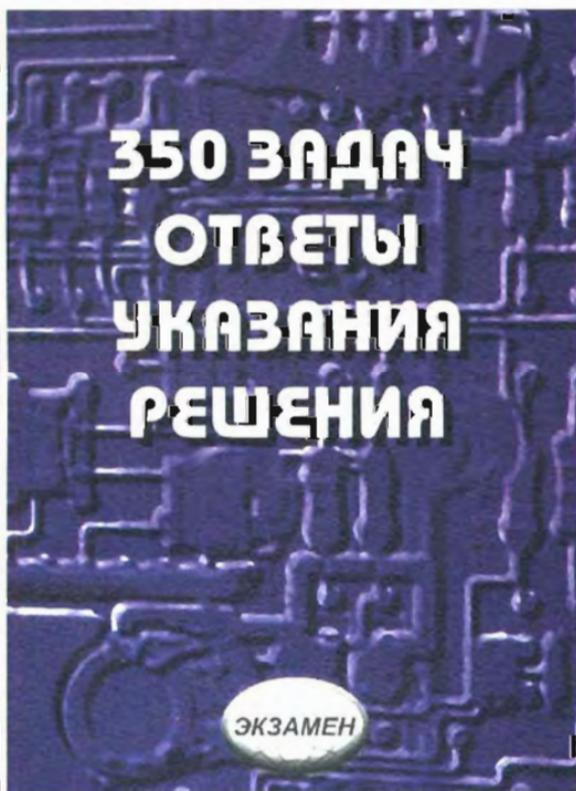
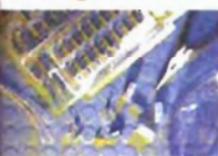
# ТЕСТ- ФИЗИКА

МЕХАНИКА. МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА.

МЕХАНИКА ЖИДКОСТЕЙ И ГАЗОВ. ЭЛЕКТРОДИНАМИКА.

КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ. ОПТИКА.

ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ. КВАНТОВАЯ ФИЗИКА



**350 ЗАДАЧ  
ОТВЕТЫ  
УКАЗАНИЯ  
РЕШЕНИЯ**

ЭКЗАМЕН



Ю.Г. Павленко

# ТЕСТ-ФИЗИКА

## 350 задач

### Ответы, указания, решения



- ♦ МЕХАНИКА
- ♦ МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА
- ♦ МЕХАНИКА ЖИДКОСТЕЙ И ГАЗОВ
- ♦ ЭЛЕКТРОДИНАМИКА
- ♦ КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ
- ♦ ОПТИКА
- ♦ ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ
- ♦ КВАНТОВАЯ ФИЗИКА

*Учебно-методическое пособие*

*Издание третье, переработанное и дополненное*

**Издательство  
«ЭКЗАМЕН»**

**МОСКВА  
2004**

УДК 373:53  
ББК 24.3я721  
П16

**Павленко Ю.Г.**

П16 **ТЕСТ-ФИЗИКА** — 350 задач. Ответы, указания, решения: Учебное пособие. — 3-е изд., перераб. и доп. / Ю.Г. Павленко. — М.: Издательство «Экзамен», 2004. — 256 с. Серия «Абитуриент»

ISBN 5-472-00182-X

Это пособие представляет собой сборник задач и вопросов по всем разделам курса физики средней школы: «Кинематика», «Основы динамики», «Молекулярная физика. Тепловые явления», «Механика жидкостей и газов», «Электростатика», «Электрический ток», «Магнитное поле», «Электромагнитная индукция», «Колебания и волны», «Оптика», «Элементы теории относительности» и «Квантовая физика», составленных в виде тестов. Предлагаемые 350 тестовых заданий и 90 вопросов отражают наиболее существенные для каждой темы понятия и законы. Включен материал, который, как показала практика приемных экзаменов на естественные факультеты МГУ, наиболее сложен для абитуриентов.

Приведены решения всех задач. Анализируя результаты работы с тестом, читатель получит объективную информацию об уровне своей подготовки и разделах программы, требующих дополнительного изучения.

Для учащихся старших классов, абитуриентов и преподавателей.

УДК 373:53  
ББК 24.3я721

---

Подписано в печать с диапозитивов 28.05.2004.  
Формат 84x108/32. Гарнитура «Таймс». Бумага типографская.  
Уч.-изд. л. 5,11. Усл. печ. л. 13,44. Тираж 5 000 экз. Заказ № 2371

---

ISBN 5-472-00182-X

© Павленко Ю.Г., 2004  
© Издательство «ЭКЗАМЕН», 2004

# ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие .....	5
<i>Тест 1</i> .....	9
<i>Тест 2</i> .....	13
<i>Тест 3</i> .....	18
<i>Тест 4</i> .....	22
<i>Тест 5</i> .....	25
<i>Тест 6</i> .....	29
<i>Тест 7</i> .....	34
<i>Тест 8</i> .....	39
<i>Тест 9</i> .....	44
<i>Тест 10</i> .....	48
<i>Тест 11</i> .....	54
<i>Тест 12</i> .....	59
<i>Тест 13</i> .....	63
<i>Тест 14</i> .....	67
<i>Тест 15</i> .....	72
<i>Тест 16</i> .....	76
<i>Тест 17</i> .....	80
<i>Тест 18</i> .....	84
<i>Тест 19</i> .....	89
<i>Тест 20</i> .....	93
<i>Тест 21</i> .....	97
<i>Тест 22</i> .....	101
<i>Тест 23</i> .....	105
<i>Тест 24</i> .....	110
<i>Тест 25</i> .....	115

<i>Тест 26</i> .....	119
<i>Тест 27</i> .....	124
<i>Тест 28</i> .....	128
<i>Тест 29</i> .....	132
<i>Тест 30</i> .....	136
<i>Тест 31</i> .....	140
<i>Тест 32</i> .....	144
<i>Тест 33</i> .....	148
<i>Тест 34</i> .....	152
<i>Тест 35</i> .....	156
<b>Ответы</b> .....	160
<b>Указания, комментарии, решения</b> .....	165
<b>Вопросы и блиц-ответы</b> .....	229
<b>Литература</b> .....	255

# ПРЕДИСЛОВИЕ

*Ignorantia juris nocet.*

Основная цель предлагаемого сборника состоит в том, чтобы стимулировать применение теоретических основ физики как рабочего аппарата для решения конкретных задач, помочь глубже и полнее освоить курс физики читателям, желающим в дальнейшем изучать естественные науки или инженерные дисциплины. Для этого необходимо изучить основные физические понятия и законы, овладеть элементами математики — алгеброй, тригонометрией и математической культуры — техникой тождественных преобразований.

## Тематика задач теста

Каждый из 35 тестов содержит 10 задач, которые относятся к различным разделам программы физики: Кинематика; Движение с постоянной скоростью; Движение с постоянным ускорением; Второй закон Ньютона; Законы изменения и сохранения импульса и энергии; Статика;

Идеальный газ; Термодинамика; Гидростатика и аэростатика; Электростатика; Схемы с конденсаторами; Электрический ток; Магнитное поле; Закон электромагнитной индукции;

Колебания механических систем; Электромагнитные колебания; Волны; Оптика; Элементы теории относительности; Квантовая физика.

## Цели и задачи теста

Эта книга содержит материал, соответствующий программе по физике для учащихся общеобразовательных и физико-математических школ. Предлагаемый читателю материал

представляет собой сборник комплектов задач и вопросов, составленных в виде тестов.

В отличие от традиционных сборников задач предлагаемые тесты составлены так, что образуют блоки кратких заданий, отражающие наиболее существенные для каждой темы понятия и законы. Тесты выполняют двоякую функцию — контролируемую и обучающую. Читатель должен прийти к выводу, что именно теоретические основы физики представляют собой рабочий аппарат, позволяющий решать конкретные задачи. Ограничение времени выполнения задания способствует активному приложению «запаса» знаний и самостоятельной работе в экстремальных ситуациях, в частности, на экзамене. Анализируя результаты работы с тестом, Вы получите объективную информацию об уровне своей подготовки, и разделах программы, требующих дополнительного изучения.

Решение задач — необходимый элемент изучения физики. Следует осознать, что решение любой задачи — результат решения системы уравнений. Однако в курсе физики изучают не уравнения, а физические законы, которые представляют собой математическое описание явлений природы. Поэтому в результате изучения «теории» невозможно не решить задачу. Вы записываете в математической форме физические законы, «управляющие» описанным в задаче явлением, несколько определений и конкретные следствия условия задачи, пока не получите систему некоторого числа уравнений, содержащую то же количество неизвестных. Теперь остается найти корни системы уравнений — это и есть решение задачи. Очевидно, задачи и теория — единое целое. Этот подход к решению задач — из «первых принципов» — является универсальным. В этом плане не столь уж важны условия конкретной задачи, поскольку можно составить множество задач, для решения которых достаточно применить только один «закон» и использовать несколько определений. Здесь следует отметить, что в физике утверждений в ранге закона совсем немного.

Возможно, многие читатели убедились в достоверности латинского афоризма: «незнание закона вредит». Однако сейчас в России происходит процесс «американизации» образования, ведущий к потреблению только полезных знаний (useful knowledge) в ограниченных рамках — некоторая разновидность схоластики. Наиболее близкий термин — «инженерный подход», требующий для решения счетного числа задач знание счетного числа готовых «формул», а не законов физики. Очевидно, что этот подход позволяет быстро найти решение ограниченного круга задач. В этом аспекте отличительной чертой университетов является широта и многообразие всего спектра фундаментального образования. Только университеты как исторически сложившиеся центры науки и культуры в состоянии противостоять прагматическому подходу к системе образования.

### **Стратегия работы с тестом**

Задачи, отмеченные звездочкой, представляют собой «сложные» или «трудные» задачи, хотя эти понятия весьма условны. Для решения «сложных» задач необходимо использовать те же законы, что и для «простых» задач. Разница, по видимому, в количестве уравнений, необходимых для получения решения или в нестандартной форме условия. В среднем одно задание теста, не отмеченное звездочкой, следует выполнить за 4-8 минут. Для решения задач, отмеченных звездочкой, потребуется значительно больше времени. В этом аспекте предлагаемые тесты, содержащие не только примитивные задания, но и «трудные» задачи, представляют собой избирательный сборник задач, решение которых окажется полезным для понимания основных законов физики и приобретения опыта решения задач.

После формулировки задания приведены пять ответов, отмеченных буквами А, Б, В, Г, Д. Один из них — истинное ут-

верждение. Составьте контрольную таблицу и запишите букву, соответствующую правильному ответу. Далее помещена таблица — эталон с ответами. В конце книги приведены указания к решению и решения всех задач.

Обязательно почитайте раздел «Вопросы и блиц-ответы». Здесь вы найдете среди ответов к 90 задачам множество замечаний методического характера.

Рекомендуем одну из форм работы с тестом. Сначала просмотрите задания теста и попытайтесь решить наиболее простые с Вашей точки зрения задачи. Затем приступайте к решению остальных задач.

Решение практически любой задачи следует начинать с введения системы координат. В механике — это декартова система или естественная система для описания движения по окружности. В электродинамике — произвольно задать положительное направление на участках контура, ограниченных узлами.

## **Оценка работы с тестом**

Приведем условный критерий вашей подготовки. Если полное число правильных ответов составляет менее половины, то этот результат соответствует «начальному» уровню знаний. Если вы не получили решений одной, двух (или трех, ... ) задач, то ваша подготовка достаточна для поступления в большинство технических вузов. Тем, кто собирается выбрать физику в качестве будущей профессии, желательно достичь «нормального» уровня.

Надеюсь, что эта книга, содержащая решения 440 задач, будет полезна не только учащимся, но и преподавателям.

**Желаю успеха!**

*Доктор физико-математических наук,  
Профессор*

*Ю.Г. Павленко*

## ТЕСТ 1

1.1. Автомобиль проезжает первую половину пути со скоростью  $v_1=4$  м/с, а вторую со скоростью  $v_2=6$  м/с. Средняя скорость автомобиля:

А. 5,2 м/с,

Г. 4,6 м/с,

Б. 4,8 м/с,

Д. 4,5 м/с.

В. 5 м/с,

1.2. Веревка выдерживает груз массой не более  $m_1=100$  кг, если груз неподвижен. На этой веревке поднимают груз массой  $m_2=50$  кг. За интервал времени  $T=2$  с груз можно поднять с постоянным ускорением на предельную высоту:

А. 4,9 м,

Г. 19,6 м,

Б. 9,8 м,

Д. 24,5 м.

В. 10 м,

1.3\*. Астероид представляет собой однородный шар массой  $M$  радиусом  $R$ . Первая космическая скорость частицы массой  $M$ , вращающейся по окружности радиусом  $R$ :

А.  $(2GM/R)^{1/2}$ ,

Б.  $(GM/R)^{1/2}$ ,

В.  $(GM/2R)^{1/2}$ ,

Г.  $2(GM/R)^{1/2}$ ,

Д.  $(3GM/2R)^{1/2}$ .

1.4. Объем погруженной части тела, плавающего в неподвижном сосуде,  $V_n=3V/5$ , где  $V$  — объем тела. Объем погруженной части тела в сосуде, движущемся вниз с ускорением  $a=g/3$ :

А. 0,5  $V$ ,

Б. 0,6  $V$ ,

В. 0,95  $V$ ,

Г. 0,4  $V$ ,

Д. 0,85  $V$ .

1.5. КПД тепловой машины  $\eta=0,3$ . В результате усовершенствования количество теплоты, получаемое за цикл, увеличилось на 5 %, а количество теплоты, отдаваемое холодильнику, не изменилось. КПД модифицированной машины:

А. 0,36,

Г. 0,35,

Б. 0,39,

Д. 0,4.

В. 0,33,

1.6. В точках А, В, С прямолинейного отрезка нити АС закреплены заряды  $q$ ,  $2q$  и  $4q$ . Длины отрезков нити  $AB=BC=L$ ,  $kq^2/L^2=T$ . Величина силы натяжения нити на участках АВ и ВС равны соответственно:

А.  $3T$ ,  $9T$ ,

Г.  $2T$ ,  $4T$ ,

Б.  $T$ ,  $3T$ ,

Д.  $T$ ,  $4T$ .

В.  $3T$ ,  $6T$ ,

1.7. В схеме рис. 1.7 обозначены численные значения сопротивлений резисторов в СИ. Общее сопротивление схемы

А. 12 Ом,

Г. 24 Ом,

Б. 15 Ом,

Д. 6 Ом.

В. 18 Ом,

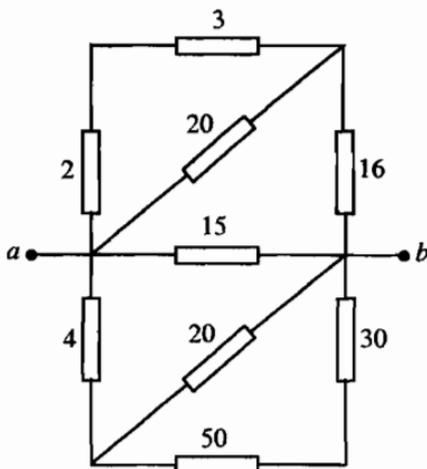


Рис. 1.7

1.8. На рис. 1.8 изображены две силовые линии магнитного поля длинного проводника с током, расположенного перпендикулярно плоскости рисунка. В одной из точек А, Б, В, Г, Д вектор индукции магнитного поля  $\vec{B}$  направлен вправо и имеет наименьшую величину:

- А. А,
- Б. Б,
- В. В,

- Г. Г,
- Д. Д.

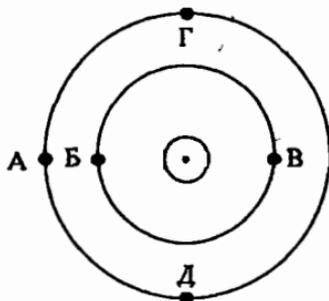


Рис. 1.8

1.9. Детектор в точке Р фиксирует изображение объекта S, с помощью зеркала, представляющего собой ограниченный прямой двугранный угол (рис. 1.9). Расстояния  $SM=2,5$  м,  $MK=1$  м,  $KP=3$  м. Расстояние от изображения объекта до детектора :

- А. 2 м,
- Б. 5,5 м,
- В. 6,5 м,

- Г. 3,5 м,
- Д. 3 м.

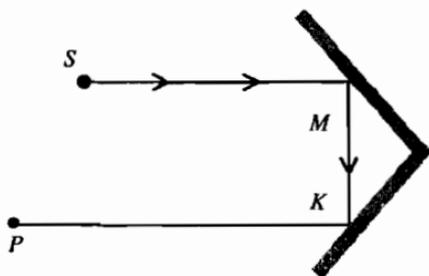


Рис. 1.9

1.10. Система отсчета  $K'$  связана с космическим кораблем, движущимся со скоростью  $\vec{u} = (u, 0, 0)$ ,  $u=0,8$  с вдоль оси  $x$ . В собственной системе отсчета астронавт находится в точке  $x_1'=0$ ,  $y_1'=0$  и посылает световой импульс к зеркалу, закрепленному в точке  $x_2'=\lambda$ ,  $y_2'=0$ ,  $\lambda=1$  м. Интервал времени распространения импульса до зеркала по часам неподвижного наблюдателя  $t_2$ :

- А.  $10^{-8}$  с,
- Б.  $1,2 \cdot 10^{-7}$  с,
- В.  $4 \cdot 10^{-7}$  с,
- Г.  $1,5 \cdot 10^{-8}$  с,
- Д.  $2 \cdot 10^{-7}$  с.

## ТЕСТ 2

2.1. Автомобиль начинает двигаться из состояния покоя. Первую половину пути он движется с постоянным ускорением. На втором участке пути он движется с постоянной скоростью  $v=18$  м/с, которой достиг в конце первого участка. Средняя скорость автомобиля:

- А. 6 м/с,
- Б. 9 м/с,
- В. 12 м/с,
- Г. 15 м/с,
- Д. 8 м/с.

2.2. На рис.2.2 изображены четыре одинаковых кирпича, которые движутся по гладкой горизонтальной плоскости под действием силы  $F$ , приложенной к первому кирпичу. Величина силы, действующей на четвертый кирпич:

- А.  $F$ ,
- Б.  $F/4$ ,
- В.  $F/2$ ,
- Г.  $4F$ ,
- Д.  $3F/4$ .

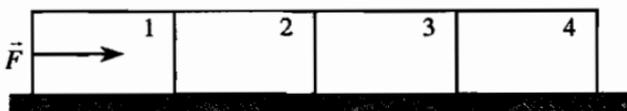


Рис. 2.2

2.3\*. Космический корабль движется по круговой орбите радиусом  $r_1=7R$ , где  $R$  — радиус Земли. В результате тормозного импульса корабль перешел на эллиптическую орбиту приземления. Интервал времени спуска на поверхность Земли ( $T_0=2\pi\sqrt{R/g}$  — период обращения спутника, вращающегося с первой космической скоростью)  $\tau$ :

- А.  $3T_0$ ,
- Б.  $2T_0$ ,
- В.  $7T_0$ ,
- Г.  $2,5T_0$ ,
- Д.  $4T_0$ .

2.4. Цилиндрический сосуд высотой  $h_1=10$  см с площадью основания  $S_1=100$  см<sup>2</sup> заполнили водой и закрыли крышкой. В крышке сделано отверстие площадью  $S_2=10$  см<sup>2</sup>, в которое вставили тонкостенную трубку. В трубку наливают воду так, что столбик воды имеет высоту  $h_2=10$  см. Величина силы давления воды на дно  $N$  и силы давления воды на крышку  $F$  соответственно равны:

- А.**  $N=19,6$  Н,  $F=8,82$  Н,
- Б.**  $N=10,78$  Н,  $F=0$  Н,
- В.**  $N=19,6$  Н,  $F=0$  Н,
- Г.**  $N=10,78$  Н,  $F=8,82$  Н,
- Д.**  $N=19,6$  Н,  $F=18,62$  Н.

2.5. Выберите верное утверждение из приведенных здесь фрагментов, дословно взятых из учебников и пособий по физике:

**А.** Макроскопические тела обладают еще и внутренней энергией, заключенной внутри самих тел.

**Б.** Причина изменения температуры в процессе сжатия состоит в следующем: при движении навстречу молекулам поршень передает им во время столкновений часть своей механической энергии, в результате чего газ нагревается.

**В.** Независимое от объема давление пара  $p_0$ , при котором жидкость находится в равновесии со своим паром, называют давлением насыщенного пара.

**Г.** При изотермическом изменении объема в цикле Карно невозможна теплопередача, т. к. температуры рабочего тела и нагревателя одинаковы.

**Д.** Внутренняя энергия газа, содержащего  $N$  молекул, в  $N$  раз больше энергии одной молекулы.

- А.** А,
- Б.** Б,
- В.** В,
- Г.** Г,
- Д.** Д.

2.6. Изолированная сфера радиусом  $R$  равномерно заряжена положительным зарядом  $Q$ . Какая из кривых на рис. 2.6 правильно иллюстрирует зависимость потенциала электрического поля как функцию расстояния от центра?

А. А,

Г. Г,

Б. Б,

Д. Д.

В. В,

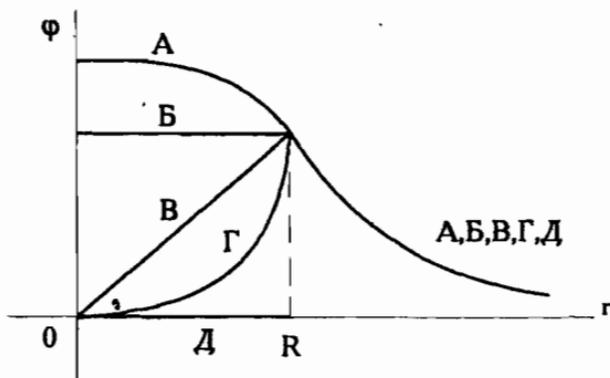


Рис. 2.6

2.7. В схеме рис. 2.7 сопротивления резисторов  $R_1=5$  Ом,  $R_2=400$  Ом,  $R_3=100$  Ом,  $R_4=25$  Ом,  $R_5=20$  Ом. Общее сопротивление схемы между точками  $a$  и  $b$ :

А. 100 Ом,

Б. 10 Ом,

В. 5 Ом,

Г. 25 Ом,

Д. 20 Ом.

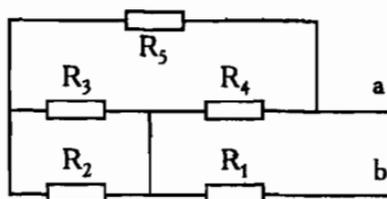


Рис. 2.7

2.8. На рис. 2.8 изображен тонкий металлический лист в плоскости  $y=0$ , по которому протекает ток постоянной плотности  $\vec{j}$  в положительном направлении оси  $x$ . Лист находится в постоянном однородном магнитном поле индукцией  $\vec{B}_0=(0, 0, B_0)$ . В результате суперпозиции магнитных полей в области  $y>0$  индукция поля  $\vec{B}_1=(0, 0, B_1)$ , а в области  $y<0$  индукция равна  $\vec{B}_2=(0, 0, B_2)$ , где  $B_1>B_2$ . Укажите правильное утверждение:

- А.  $B_0=(B_1-B_2)/2$ ,
- Б.  $B_0=B_1-B_2/2$ ,
- В.  $B_0=(B_1+B_2)/2$ ,
- Г.  $B_0=B_1+B_2$ ,
- Д.  $B_0=B_1-B_2$ .

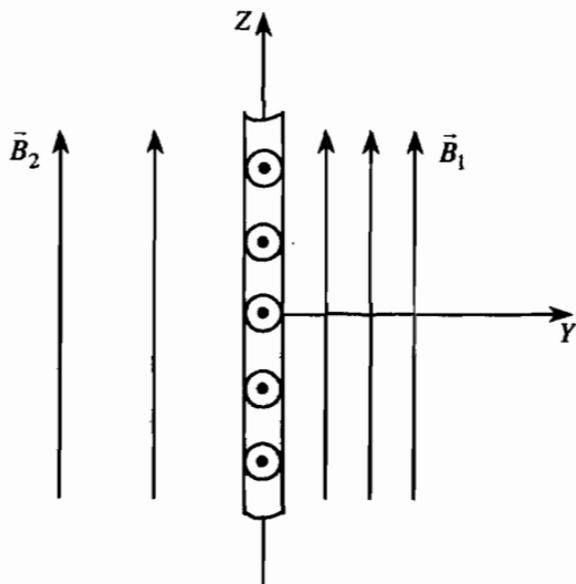


Рис. 2.8

2.9. Как изменится расстояние между предметом и его изображением в плоском зеркале, если зеркало переместить в на-

правления перпендикулярном плоскости в то место, где было изображение:

- А.** Уменьшится в четыре раза,
- Б.** Уменьшится в два раза,
- В.** Увеличится в четыре раза,
- Г.** Не изменится,
- Д.** Увеличится в два раза.

2.10. Система отсчета  $K'$  связана с космическим кораблем, движущимся со скоростью  $\vec{u} = (u, 0, 0)$ ,  $u=0,8 c$  вдоль оси  $x$ . Астронавт находится в точке  $x_1'=0$ ,  $y_1'=0$  и посылает световой импульс к зеркалу, закрепленному в точке  $x_2'=0$ ,  $y_2'=\lambda$ . Время движения импульса до зеркала по часам неподвижного наблюдателя  $t_2$ :

- А.**  $5\lambda/c$ ,
- Б.**  $3\lambda/2c$ ,
- В.**  $5\lambda/3c$ ,
- Г.**  $3\lambda/c$ ,
- Д.**  $2\lambda/c$ .

## ТЕСТ 3

3.1. Автомобиль проезжает первые  $s_1=60$  км пути со средней скоростью  $v_1=20$  км/ч и следующие  $s_2=40$  км со средней скоростью  $v_2=8$  км/ч. Средняя скорость автомобиля:

- А. 10 км/ч,
- Б. 15 км/ч,
- В. 14 км/ч,
- Г. 12,5 км/ч,
- Д. 18,5 км/ч.

3.2. Два тела равной массы находятся на гладкой горизонтальной плоскости и соединены нерастяжимой нитью пренебрежимо малой массы (рис. 3.2). К первому телу приложена сила величиной  $F_1=7$  Н, ко второму — сила величиной  $F_2=3$  Н. Силы направлены по одной прямой в противоположные стороны. Сила натяжения нити:

- А. 7 Н,
- Б. 10 Н,
- В. 5 Н,
- Г. 3 Н,
- Д. 4 Н.

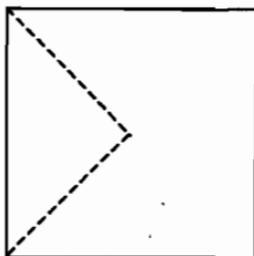


Рис. 3.2

3.3. Из однородной квадратной пластинки вырезали часть в форме треугольника (рис. 3.3). Сторона квадрата —  $a$ , вершина треугольника находится в центре квадрата. Расстояние от центра квадрата до центра тяжести оставшейся части пластинки  $s$ :

- А.  $a/5$ ,
- Б.  $a/3$ ,

- В.** а/4,
- Г.** а/6,
- Д.** а/9.



*Рис. 3.3*

3.4. Макросистема находится в равновесном состоянии. Выберите верное утверждение из приведенных здесь фрагментов, дословно взятых из учебников физики:

**А.** Законъ Бойля-Мариотта и Гей-Люссака представляют собой частные случаи уравнения состояния идеального газа.

**Б.** Соотношение  $p = knT$ , где  $n$  — концентрация молекул газа, является математическим выражением результатов экспериментальных исследований.

**В.** Температура — характеристика равновесного состояния макроскопической системы.

**Г.** Молекулы идеального газа не взаимодействуют друг с другом, за исключением коротких интервалов времени, когда они сталкиваются.

**Д.** Кинетическая энергия молекул в твердом теле значительно меньше потенциальной энергии их взаимодействия.

3.5 – 3.7. На рис. 3.5 изображены точечные электрические заряды, равные по величине и одинаково удаленные от начала координат. Потенциал электрического поля, создаваемый точечным зарядом в бесконечно удаленной точке, равен нулю.

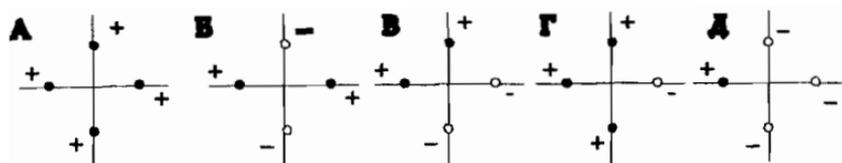


Рис. 3.5

3.5. Напряженность и потенциал электрического поля в начале координат равны нулю в случае:

- |       |       |
|-------|-------|
| А. А, | Г. Г, |
| Б. Б, | Д. Д. |
| В. В, |       |

3.6. Напряженность электрического поля в начале координат равна нулю, а потенциал отличен от нуля в случае:

- |       |       |
|-------|-------|
| А. А, | Г. Г, |
| Б. Б, | Д. Д. |
| В. В, |       |

3.7. Потенциал электрического поля в начале координат равен нулю, а напряженность — отлична от нуля в случае:

- |       |       |
|-------|-------|
| А. А, | Г. Г, |
| Б. Б, | Д. Д. |
| В. В, |       |

3.8. В схеме на рис. 3.8 сопротивления резисторов  $R_1=5$  Ом,  $R_2=20$  Ом,  $R_3=10$  Ом,  $R_4=6$  Ом. Общее сопротивление схемы:

- |           |          |
|-----------|----------|
| А. 10 Ом, | Г. 4 Ом, |
| Б. 20 Ом, | Д. 1 Ом. |
| В. 5 Ом,  |          |

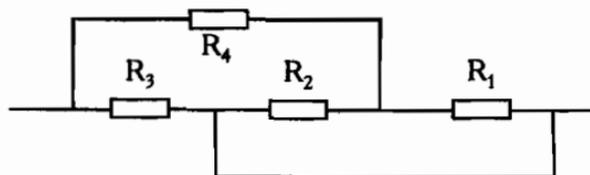


Рис. 3.8

3.9\*. Планета радиусом  $R$  имеет сферически симметричную атмосферу с коэффициентом преломления

$$n(r) = \begin{cases} \sqrt{4-2r/R}, & R \leq r \leq 3R/2, \\ 1, & r \geq 3R/2, \end{cases}$$

где  $r$  — расстояние от центра планеты. Радиус окружности, по которой световой луч распространяется вокруг планеты:

А.  $6R/5$ ,

Б.  $4R/3$ ,

В.  $7R/5$ ,

Г.  $5R/4$ ,

Д.  $7R/6$ .

3.10. На самом большом в мире линейном ускорителе встречных пучков (Stanford Linear Collider, Стэнфорд, США, 1989 г.) электроны и позитроны приобретают кинетические энергии по  $T=50$  ГэВ (энергия покоя электрона  $mc^2=0,5$  МэВ). Длина ускорителя  $\lambda=3,2$  км. Длина ускорителя в системе отсчета, связанной с электронами или позитронами  $\lambda'$ :

А. 3,2 см,

Б. 16 см,

В. 64 см,

Г. 6,4 см,

Д. 32 см.

## ТЕСТ 4

4.1. Проплывая под мостом против течения, гребец потерял соломенную шляпу. Обнаружив пропажу через  $\tau=10$  мин, он повернул назад и, гребя по течению с тем же темпом, подобрал шляпу на расстоянии  $s=900$  м ниже моста. Скорость течения реки:

- А. 0,25 м/с,
- Б. 0,5 м/с,
- В. 0,75 м/с,
- Г. 1 м/с,
- Д. 2 м/с.

4.2. Два тела массами  $m_1=3$  кг и  $m_2=2$  кг движутся по гладкой горизонтальной плоскости, под действием силы  $F=10$  Н, приложенной к первому телу (рис. 4.2). На второе тело в горизонтальном направлении действует сила:

- А. 4 Н,
- Б. 5 Н,
- В. 10 Н,
- Г. 3 Н,
- Д. ни одно из приведенных утверждений не верно.

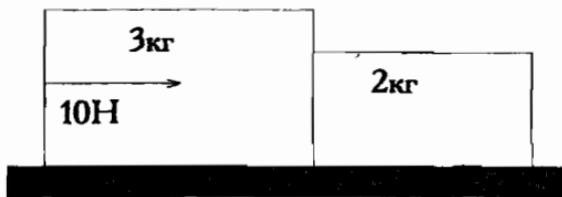


Рис. 4.2

4.3 – 4.4. Однородный стержень изогнут в форме прямого угла  $AOB$  со сторонами  $AO=a$ ,  $BO=b$ , ( $b>a$ ) и подвешен на горизонтально расположенную ось.

4.3. Тангенс угла  $\alpha$  между стороной АО и вертикалью:

А.  $(a/b)^2$ ,

Б.  $b/a$ ,

В.  $(1-b/a)$ ,

Г.  $(b/a)^2$ ,

Д.  $a/b$ .

4.4. Расстояние ОС от вершины угла до центра тяжести прямого угла:

А.  $(b^2 - a^2)^{1/2}/2(a+b)$ ,

Б.  $(a^2 + b^2)/2(a+b)$ ,

В.  $(a^2 + b^2)^{1/2}/2$ ,

Г.  $(a+b)/2$ ,

Д.  $(a^4 + b^4)^{1/2}/2(a+b)$ .

4.5. Три одинаковых точечных заряда находятся в вершинах равностороннего треугольника со стороной  $a$ . Величина напряженности поля, создаваемого одним зарядом на расстоянии  $a$ , равна  $E_0$ . Найти величину напряженности электростатического поля в точке, находящейся на середине одной из сторон треугольника:

А.  $E_0/2$ ,

Г.  $2E_0/3$ ,

Б.  $3E_0/4$ ,

Д.  $4E_0/3$ .

В.  $4E_0$ ,

4.6. Ребра правильного тетраэдра ABCD образуют проводочный каркас. Сопротивление каждого ребра равно  $r$ . Найдите сопротивление между любыми двумя вершинами тетраэдра:

А.  $r$ ,

Г.  $3r/2$ ,

Б.  $r/2$ ,

Д.  $r/3$ .

В.  $2r$ ,

4.7. По круговому витку радиусом  $a$  протекает ток. Сила тока —  $I$ . Величина магнитной индукции в центре витка

А.  $\mu_0 I/2a$ ,

Г.  $\mu_0 I/4a$ ,

Б.  $\mu_0 I/2\pi a$ ,

Д.  $2\mu_0 I/a$ .

В.  $\mu_0 I/3a$ ,

4.8. Колебательный контур состоит из катушки индуктивности и конденсатора. В начальный момент времени  $t=0$  конденсатор не заряжен, начальное значение силы тока через катушку не равно нулю. После замыкания цепи возникают колебания периодом  $T$ . Энергия электрического поля в конденсаторе достигает максимального значения в моменты времени:

- А.*  $T/2, T, 3T/2, \dots$ ,
- Б.*  $T/4, 3T/4, 5T/4, \dots$ ,
- В.*  $T/4, 5T/4, 9T/4, \dots$ ,
- Г.*  $T/2, 3T/2, 5T/2, \dots$ ,
- Д.*  $T/2, 3T/4, T, \dots$ .

4.9\*. Кубик, изготовленный из прозрачной пластмассы, поставлен на лист газеты. Текст нельзя увидеть через боковую грань, если коэффициент преломления материала кубика превосходит значение:

- А.* 1,73,
- Б.*  $4/3$ ,
- В.* 1,5,
- Г.* 1,2,
- Д.* 1,41.

4.10. На самом большом в мире линейном ускорителе встречных пучков (Stanford Linear Collider, Стэнфорд, США, 1989 г.) электроны и позитроны приобретают кинетические энергии по  $T=50$  ГэВ. Скорость электронов или позитронов меньше скорости света на величину:

- А.* 3 см/с,
- Б.* 1,5 см/с,
- В.* 5 см/с,
- Г.* 1 км/с,
- Д.* 200 км/с.

## ТЕСТ 5

5.1. Две яхты принимают участие в гонках. Первая яхта проходит всю дистанцию со скоростью  $v=20$  км/ч. Вторая яхта проходит первую половину пути со скоростью  $v_1=18$  км/ч. Для того чтобы догнать на финише соперника скорость яхты  $v_2$  должна быть не менее:

А. 21 км/ч,

Г. 22,5 км/ч,

Б. 21,5 км/ч,

Д. 23 км/ч.

В. 22 км/ч,

5.2. Груз массой  $m_1=m$  прикреплен к невесомой нерастяжимой нити, перекинутой через два невесомых блока (рис. 5.2). К оси подвижного блока прикреплен груз массой  $m_2=m$ . Сила, действующая на неподвижную ось первого блока  $N$ :

А.  $0,2 mg$ ,

Г.  $0,6 mg$ ,

Б.  $1,8 mg$ ,

Д.  $1,2 mg$ .

В.  $2 mg$ ,

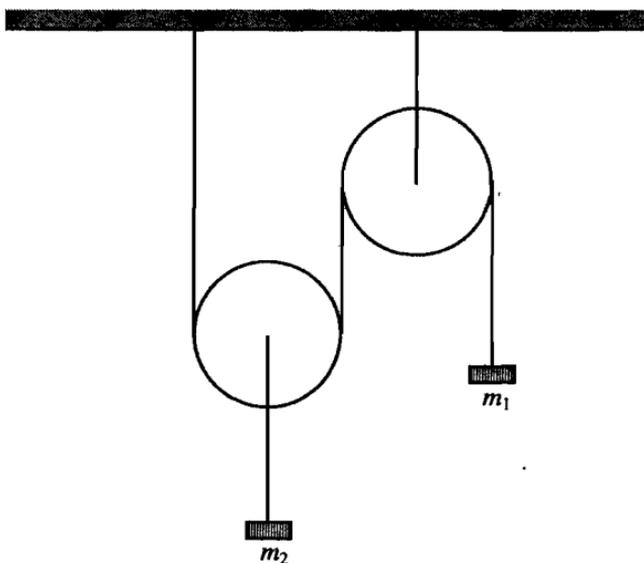


Рис. 5.2

5.3. Квадратная рамка, из однородной проволоки, у которой отрезана одна сторона, висит на горизонтальной оси. Тангенс угла  $\alpha$  между средней стороной и вертикалью:

- |            |            |
|------------|------------|
| А. 1,      | Г. $1/2$ , |
| Б. 2,      | Д. $3/2$ . |
| В. $2/3$ , |            |

5.4. На рис. 5.4 изображена диаграмма цикла в координатах  $pV$ , проведенного с  $\nu$  моль идеального газа. В состояниях  $a$  и  $b$  температура газа равны соответственно  $T_a$  и  $T_b$ . Температура газа в состоянии  $c$ :

- |                        |                    |
|------------------------|--------------------|
| А. $(T_a T_b)^{1/2}$ , | Г. $T_a + T_b$ ,   |
| Б. $T_a - T_b$ ,       | Д. $T_a + T_b/2$ . |
| В. $2T_a^2/T_b$ ,      |                    |

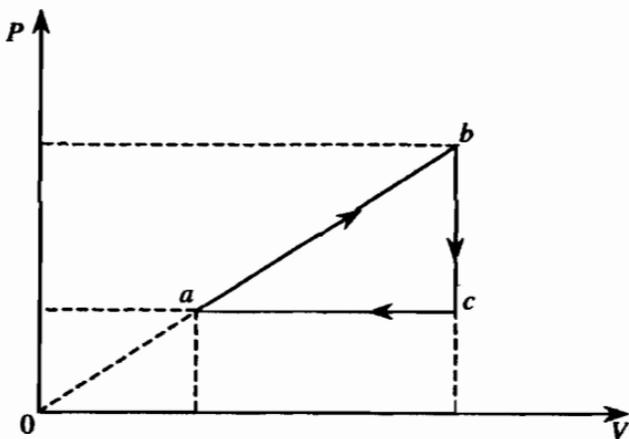


Рис. 5.4

5.5. В центр металлической изолированной сферы поместили заряд  $Q$ . Затем сферу заземлили. Укажите правильное утверждение.

- А. Поле вне сферы совпадает с полем равномерно заряженной сферы.
- Б. Напряженность поля внутри сферы равна нулю.
- В. На внутренней поверхности сферы распределен заряд  $Q$ .

Г. Поле вне сферы отсутствует.

Д. На внешней поверхности сферы распределен заряд  $Q$ .

А. А,

Б. Б,

В. В,

Г. Г,

Д. Д.

5.6. На схеме рис. 5.6 сопротивления резисторов  $R_1=8$  Ом,  $R_2=12$  Ом,  $R_3=10$  Ом,  $R_4=20$  Ом, разность потенциалов  $\varphi_a - \varphi_b = V$ ,  $V=60$  В. Разность потенциалов между точками  $n$  и  $m$ :

А. 16 В,

Б. 60 В,

В. 20 В,

Г. 36 В,

Д. 24 В.

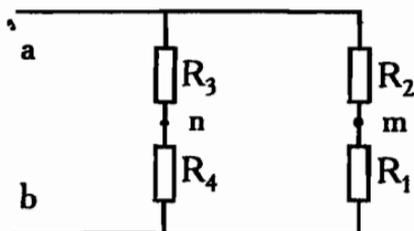


Рис. 5.6

5.7. Компоненты вектора магнитной индукции в декартовых координатах  $\vec{B} = (0, 0, b)$ ,  $b > 0$ . Из начала координат вылетает электрон со скоростью  $\vec{v} = (v_1, v_2, 0)$ , где  $v_1 > 0$ ,  $v_2 > 0$ . Центр окружности, по которой движется электрон, находится в области:

А.  $x > 0$ ,  $y > 0$ ,

Б.  $x < 0$ ,  $y > 0$ ,

В.  $x < 0$ ,  $y < 0$ ,

Г.  $x > 0$ ,  $y < 0$ ,

Д.  $x > 0$ .

5.8. В схеме рис. 5.8 колебательный контур, имеющий катушку индуктивностью  $L=0,1$  Гн и конденсатор емкостью  $C=0,1$  мкФ, присоединен через ключ к источнику ЭДС  $\mathcal{E}=3$  В и внутренним сопротивлением  $r=100$  Ом. Вначале ключ замкнут. После установления стационарного режима ключ размыкают. Амплитуда колебаний напряжения на индуктивности или емкости равна:

- А. 30 В,
- Б. 200 В,
- В. 300 В,
- Г. 100 В,
- Д. 3 В.

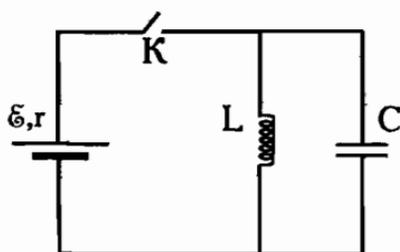


Рис. 5.8

5.9. Дно реки рассматривают с мостика, глядя вертикально вниз. Глубина реки  $H=2$  м, показатель преломления воды  $n=4/3$ . Кажущаяся глубина реки  $h$ :

- А. 8/3 м,
- Б. 2,5 м,
- В. 2 м,
- Г. 1,5 м,
- Д. 1 м.

5.10\*. Самосветящийся стержень длиной  $\lambda$ , находящийся на оси  $x$ , приближается со скоростью  $u=0,8c$  к наблюдателю, стоящему в начале координат. Наблюдаемая длина стержня  $d$ :

- А.  $5\lambda/2$ ,
- Б.  $2\lambda$ ,
- В.  $3\lambda$ ,
- Г.  $\lambda/2$ ,
- Д.  $\lambda/3$ .

## ТЕСТ 6

6.1. Координата первой частицы, движущейся по прямой представляет собой функцию  $x_1(t)=s-5vt+3at^2$ . Вторая частица движется с постоянной скоростью относительно первой частицы, если

- А.  $x_2(t)=2s+2vt+3at^2$ ,
- Б.  $x_2(t)=-6s+5vt-3at^2$ ,
- В.  $x_2(t)=s-5vt-3at^2$ ,
- Г.  $x_2(t)=6s+5vt$ ,
- Д.  $x_2(t)=2s-3at^2$

6.2\*. Через три невесомых блока перекинута невесомая нерастяжимая нить, концы которой закреплены на балке (рис. 6.2). К осям двух подвижных блоков прикреплены грузы массами  $m_1=\frac{1}{4}m$  и  $m_2=4m$ . Ось третьего блока неподвижна. Величина силы, действующей на ось этого блока со стороны нити, прикрепленной к балке:

- А.  $0,8mg$ ,
- Б.  $1,6mg$ ,
- В.  $3,2mg$ ,
- Г.  $2,4mg$ ,
- Д.  $4,8mg$ .

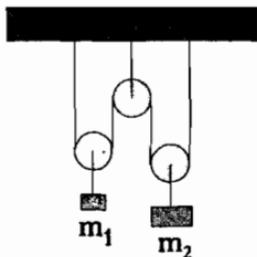


Рис. 6.2

6.3. На столе лежат три книги. Значения сил тяжести, действующих на каждую книгу, указаны на рис. 6.3. Величина силы, действующей на книгу № 2 равна:

**А.** 3 Н,

**Г.** 8 Н,

**Б.** 4 Н,

**Д.** ни одно утверждение не верно.

**В.** 7 Н,

№1	3Н
№2	4Н
№3	5Н

Рис. 6.3

6.4. На рис. 6.4 изображена  $pV$ -диаграмма цикла, проведенного с  $\nu$  молями идеального газа.  $T_a = T_0$  — температура газа в состоянии  $a$ , отношение максимальной и минимальной температур в цикле  $T_{\max}/T_{\min} = 4$ . В состояниях  $b$  и  $c$  температуры газа соответственно равны:

**А.**  $4T_0, 8T_0$ ,

**Г.**  $4T_0, 3T_0$ ,

**Б.**  $T_0, 2T_0$ ,

**Д.**  $2T_0, 4T_0$ .

**В.**  $4T_0, 2T_0$ ,

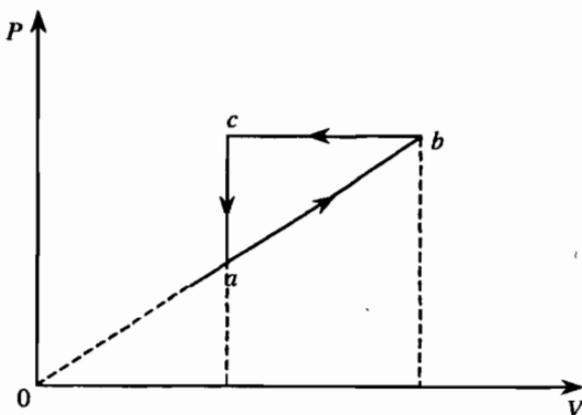


Рис. 6.4

6.5. Частица находится на прямой, проходящей через центр тонкого кольца, перпендикулярно плоскости кольца,  $q_1 = -Q$ ,  $m$  — заряд и масса частицы. По кольцу массой  $m$  равномерно распределен заряд  $q_2 = Q$ . В начальном положении частица находилась на расстоянии  $s = \sqrt{3}R$  от центра кольца. Величина относительной скорости  $v_0$  в момент прохождения частицей центра кольца:

А.  $2Q\sqrt{k/3mR}$ ,

Б.  $Q\sqrt{3k/2mR}$ ,

В.  $Q\sqrt{k/2mR}$ ,

Г.  $Q\sqrt{2k/mR}$ ,

Д.  $Q\sqrt{2k/3mR}$ .

6.6. На схеме на рис. 6.6 сопротивления резисторов  $R_1 = 8$  Ом,  $R_2 = 12$  Ом,  $R_3 = 10$  Ом, разность потенциалов  $\varphi_a - \varphi_b = V$ ,  $V = 60$  В. Разность потенциалов между точками  $m$  и  $n$ :

А. 16 В,

Б. 60 В,

В. 20 В,

Г. 36 В,

Д. 24 В.

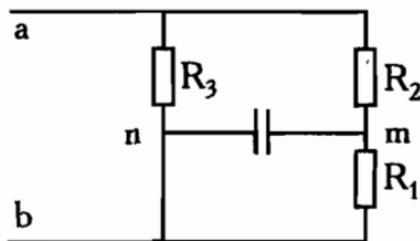


Рис. 6.6

6.7. Протон и  $\alpha$ -частица ускоряются из состояния покоя в электростатическом поле и, попадая в однородное магнитное поле, движутся по окружностям. Протон движется по окруж-

ности радиусом  $R$ ,  $\alpha$ -частица движется по окружности радиусом:

- А.  $2R$ ,
- Б.  $\sqrt{2}R$ ,
- В.  $R/2$ ,
- Г.  $2\sqrt{2}R$ ,
- Д.  $4R$ .

6.8. В схеме на рис. 6.8 индуктивность каждой катушки  $L=25$  мГн, емкость каждого конденсатора  $C=4$  нФ. Частота электромагнитных колебаний:

- А. 8 кГц,
- Б. 16 кГц,
- В. 32 кГц,
- Г. 100 кГц,
- Д. 4 кГц.

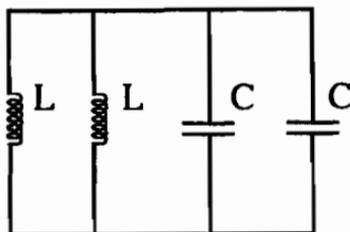


Рис. 6.8

6.9. Луч света падает из воздуха под углом  $\alpha=\pi/3$  к плоской границе раздела воздух-жидкость. Отраженный и преломленный лучи перпендикулярны друг другу. Показатель преломления жидкости:

- А.  $\sqrt{2}$ ,
- Б.  $3/2$ ,
- В.  $\sqrt{3}$ ,
- Г.  $4/3$ ,
- Д.  $5/4$ .

6.10. Величина скорости каждой из частиц, движущихся по оси  $x$  в противоположные стороны, равна  $0,5 c$ . Величина относительной скорости:

**A.**  $c/3$ ,

**B.**  $0,6 c$ ,

**B.**  $0,01 c$ ,

**Г.**  $c/4$ ,

**Д.**  $0,8 c$ .



действуют сила реакции  $\vec{P}$ , сила упругости сухожилий  $\vec{T}$  и сила давления голени на лодыжку  $\vec{N}$ . Плечо силы  $\vec{P}$  относительно оси, проходящей через точку  $O$ , в 2 раза больше плеча силы  $\vec{T}$ . Величина силы  $N$ :

А.  $2,5P$ ,

Г.  $2P$ ,

Б.  $3P$ ,

Д.  $4P$ .

В.  $P$ ,

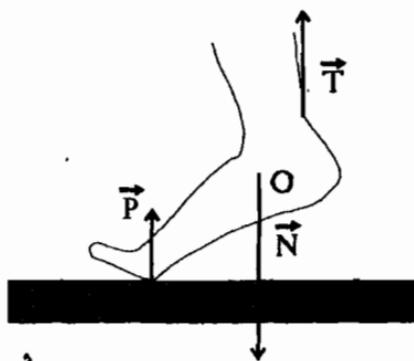


Рис. 7.3

7.4. Сухой и влажный воздух при одинаковых температуре и давлении занимают каждый объемы по  $1 \text{ м}^3$ . Отметьте правильное утверждение

А. Число молекул сухого воздуха больше числа молекул влажного воздуха.

Б. Число молекул влажного воздуха больше числа молекул сухого воздуха.

В. Плотность влажного воздуха меньше плотности сухого воздуха.

Г. Плотность сухого воздуха и плотность влажного воздуха одинаковы.

Д. Плотность влажного воздуха больше плотности сухого воздуха.

А. А,

Г. Г,

Б. Б,

Д. Д.

В. В,

7.5 – 7.6. Заряд равномерно распределен по окружности радиусом  $R$ , расположенной в плоскости  $xy$  с центром в начале координат. На бесконечно большом расстоянии от начала координат потенциал электрического поля равен нулю. Потенциал поля в начале координат равен  $\varphi_0$ . Потенциал поля в точке  $P(0, 0, R)$  на оси  $z$  равен  $\varphi_1$ .

7.5. Отношение  $\varphi_1/\varphi_0$  имеет значение равное:

- А.  $1/\sqrt{2}$ ,
- Б.  $1/\sqrt{5}$ ,
- В.  $1/\sqrt{10}$ ,
- Г.  $1/5$ ,
- Д.  $1/2$ .

7.6. Для того, чтобы переместить заряд  $q$  из начала координат в точку  $P$  необходимо совершить работу:

- А.  $Q\varphi_1$ ,
- Б.  $q(\varphi_0 - \varphi_1)$ ,
- В.  $-q\varphi_1$ ,
- Г.  $q(\varphi_1 - \varphi_0)$ ,
- Д.  $q(\varphi_1 + \varphi_0)$ .

7.7. На схеме рис. 7.7 сопротивления резисторов  $R_1=8$  Ом,  $R_2=12$  Ом, разность потенциалов  $\varphi_a - \varphi_b = V$ ,  $V=60$  В. Разность потенциалов  $\varphi_n - \varphi_m$  равна:

- А. 16 В,
- Б. 60 В,
- В. 20 В,
- Г. 36 В,
- Д. 24 В.

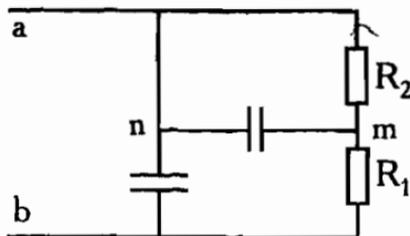


Рис. 7.7

7.8. Пять LC-контуров, имеют различные индуктивности:  $L_1=10^{-3}$  Гн,  $L_2=2 \cdot 10^{-3}$  Гн,  $L_3=3 \cdot 10^{-3}$  Гн,  $L_4=4 \cdot 10^{-3}$  Гн,  $L_5=5 \cdot 10^{-3}$  Гн и конденсаторы емкостями  $C_1=C_2=C_3=C_4=C_5$ . Энергия электромагнитных колебаний в каждом контуре одинакова. Амплитуда тока максимальна в контуре с номером:

- А. 1,
- Б. 2,
- В. 3,
- Г. 4,
- Д. 5.

7.9. Луч света падает перпендикулярно плоскости основания призмы, сечение которой представляет собой правильный треугольник (рис. 7.9). Коэффициент преломления  $n > 2/\sqrt{3}$ . Угол между падающим лучом и лучом, вышедшим из призмы в вакуум:

- А.  $30^\circ$ ,
- Б.  $45^\circ$ ,
- В.  $60^\circ$ ,
- Г.  $90^\circ$ ,
- Д.  $120^\circ$ .

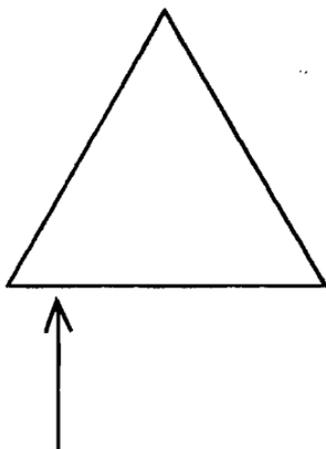


Рис. 7.9

7.10. Астронавт, движущийся со скоростью  $u=0,4$  с, наблюдает объект, обгоняющий его со скоростью  $v_0=0,5$  с относительно корабля. Скорость объекта в неподвижной системе отсчета:

**А.** 0,2 с,

**Б.** 0,5 с,

**В.** 0,6 с,

**Г.** 0,75 с,

**Д.** с.

## ТЕСТ 8

8.1. Автомобиль начинает двигаться из состояния покоя с постоянным ускорением и за десятую секунду проходит путь  $s=19$  м. Ускорение автомобиля:

- А.  $6 \text{ м/с}^2$ ,
- Б.  $9 \text{ м/с}^2$ ,
- В.  $2 \text{ м/с}^2$ ,
- Г.  $3 \text{ м/с}^2$ ,
- Д.  $1 \text{ м/с}^2$ .

8.2\*. К нерастяжимой, невесомой нити, перекинутой через невесомый блок, прикреплены грузы массами  $m_1=3m$  и  $m_2=2m$ . Вначале блок заторможен и уравновешен на весах (рис. 8.2). Затем блок освобождают. Равновесие весов сохраняется, если массу гирь на чашке уменьшить на величину

- А.  $0,2 m$ ,
- Б.  $2 m$ ,
- В.  $0,4 m$ ,
- Г.  $0,3 m$ ,
- Д.  $m$ .

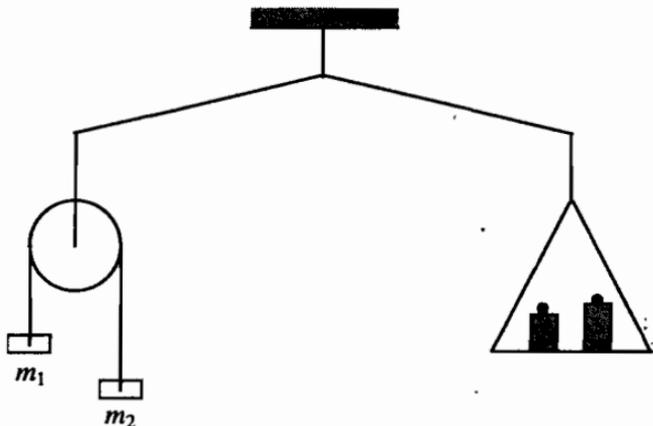


Рис. 8.2

8.3. Брусок, на который действует сила тяжести 5 Н, прижимают к стене с силой 12 Н, направленной горизонтально (рис. 8.3). Если коэффициент трения скольжения равен 0,5, то величина силы, действующая на брусок со стороны стенки R:

- А. 6 Н,
- Б. 5 Н,
- В. 13 Н,
- Г. 17 Н,
- Д. ни одно из утверждений не верно.

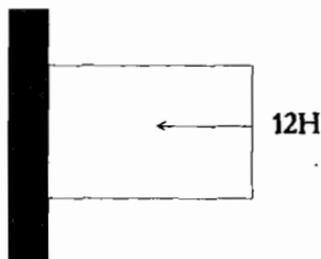


Рис. 8.3.

8.4. На рис. 8.4 изображен график процесса в координатах давление-температура. Рабочее тело — идеальный газ. Отношение максимального объема к минимальному объему:

- А. 1,5,
- Б. 6,
- В. 2,5,
- Г. 2,
- Д. 3.

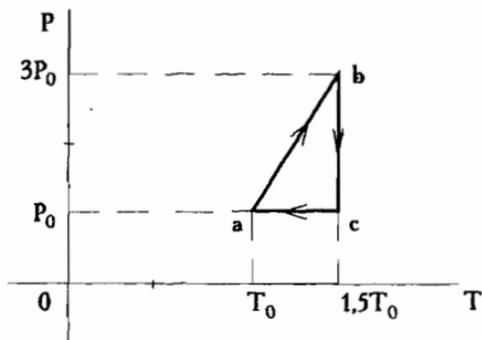


Рис. 8.4

8.5\* – 8.6\*. Рассмотрим две параллельные плоскости: плоскость  $z=0$  с поверхностной плотностью заряда  $\sigma_1$  и плоскость  $z=a$  с поверхностной плотностью заряда  $\sigma_2$ . На рис. 8.5 изображена зависимость компоненты напряженности электрического поля  $E_z$  от координаты  $z$  при различных значениях  $\sigma_1$  и  $\sigma_2$ . Величина  $n=\sigma/2\epsilon_0$ .

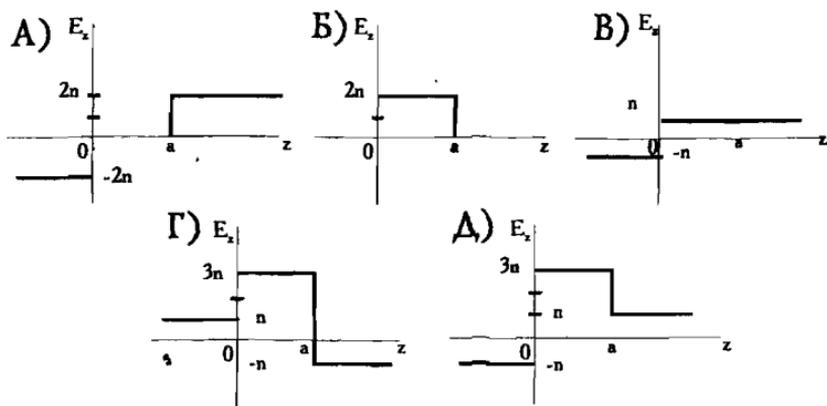


Рис. 8.5

8.5\*. Укажите график, соответствующий значениям  $\sigma_1=\sigma$ ,  $\sigma_2=-\sigma$ ,  $\sigma>0$ .

- А. А,
- Б. Б,
- В. В,
- Г. Г,
- Д. Д.

8.6\*. Укажите график, соответствующий значениям  $\sigma_1=2\sigma$ ,  $\sigma_2=-\sigma$ ,  $\sigma>0$ .

- А. А,
- Б. Б,
- В. В,
- Г. Г,
- Д. Д.

8.7\*. В схеме на рис. 8.7 разности потенциалов  $\varphi_a - \varphi_b = V$ ,  $V = 60$  В,  $\varphi_m - \varphi_n = -16$  В, отношение сопротивлений резисторов  $R_4/R_3 = 2$ . Разность потенциалов  $\varphi_a - \varphi_m$  равна:

- А. 16 В,
- Б. 60 В,
- В. 24 В,
- Г. 36 В,
- Д. 40 В.

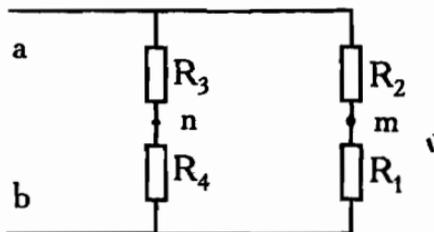


Рис. 8.7

8.8 – 8.9. В схеме на рис. 8.8 ЭДС батареи  $\epsilon = 10$  В, индуктивность катушки  $L = 10^{-4}$  Гн, емкости конденсаторов  $C_1 = 2$  нФ,  $C_2 = 8$  нФ. Вначале ключ находится в положении *a*. После переключения ключа в положение *b*

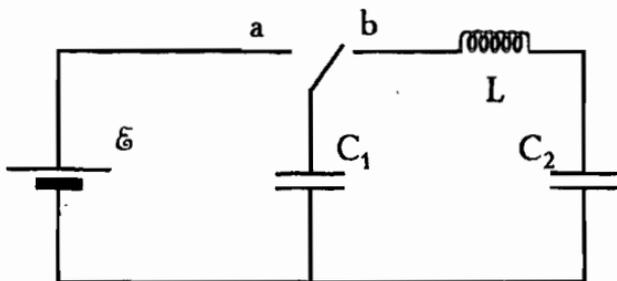


Рис. 8.8

8.8. Частота электромагнитных колебаний:

- А. 40 кГц,
- Б. 200 кГц,
- В. 100 кГц,
- Г. 20 кГц,
- Д. 400 кГц.

8.9. Постоянная составляющая напряжения на конденсаторе  $C_1$ :

- А.** 2 В,
- Б.** 4 В,
- В.** 6 В,
- Г.** 8 В,
- Д.** 1 В.

8.10. Точечный источник света находится в фокусе рассеивающей линзы с фокусным расстоянием  $F = -F_0$  (рис. 8.10). Изображение расположено на оптической оси:

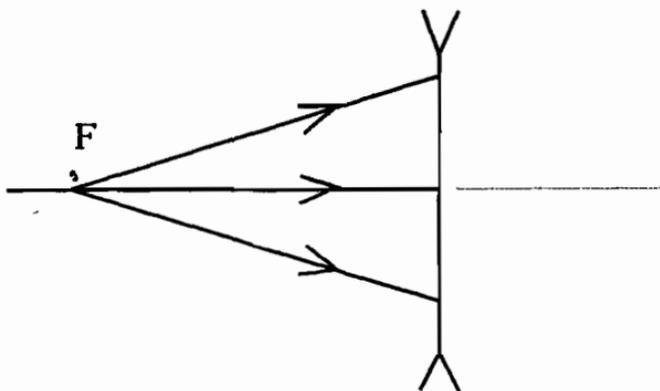


Рис. 8.10

- А.** слева от линзы на расстоянии  $F_0$ ,
- Б.** слева от линзы на расстоянии  $F_0/2$ ,
- В.** справа от линзы на расстоянии  $F_0$ ,
- Г.** справа от линзы на расстоянии  $F_0/2$ ,
- Д.** слева от линзы на бесконечности.

## ТЕСТ 9

9.1. Частица начинает двигаться по прямой из состояния покоя с постоянным ускорением. В момент времени  $t_1=3$  с скорость частицы в точке А равна  $v_1=6$  м/с. Расстояние между частицей и точкой А за секунду до пересечения частицей точки А:

- А. 6,5 м,
- Б. 9 м,
- В. 3 м,
- Г. 4 м,
- Д. 5 м.

9.2. Тело находится на горизонтальной плоскости, движущейся в горизонтальном направлении с ускорением  $a=1$  м/с<sup>2</sup>. Коэффициент трения между телом и плоскостью  $\mu=0,2$ . Величина ускорения тела:

- А. 2,96 м/с<sup>2</sup>,
- Б. 1,96 м/с<sup>2</sup>,
- В. 1 м/с<sup>2</sup>,
- Г. 0,5 м/с<sup>2</sup>,
- Д. 0,2 м/с<sup>2</sup>.

9.3. Доска длиной  $L$  лежит на крае стола так, что часть доски длиной  $2L/3$  находится на столе. Расстояние  $s$  от края стола до точки приложения силы реакции, действующей на доску со стороны стола:

- А.  $L/6$ ,
- Б.  $L/4$ ,
- В.  $L/9$ ,
- Г.  $L/3$ ,
- Д.  $2L/9$ .

9.4. Состояние идеального газа задается значениями температуры и давления. Внутренняя энергия газа имеет наибольшее значение в состоянии:

- А.  $T_0, 5 p_0,$
- Б.  $T_0, 2 p_0,$
- В.  $2 T_0, p_0,$
- Г.  $T_0, p_0,$
- Д.  $T_0, 10 p_0.$

9.5\* – 9.6\*. Две тонкие заряженные металлические пластинки в форме прямоугольника площадью  $S$  находятся в однородном электростатическом поле напряженностью

$$\vec{E}_{ext} = (0, 0, G).$$

9.5\*. Пластинки изолированы. На первой пластинке, расположенной в плоскости  $z=0$ , распределен заряд  $q_1 = -2q$ , а на второй, находящейся в плоскости  $z=d$ , распределен заряд  $q_2 = q$ . На рис. 9.5 изображена зависимость компоненты напряженности электрического поля  $E_z$  от координаты  $z$ , где  $n = q/2\epsilon_0 S$ . Величина  $G$  имеет значение:

- А.  $2 n,$
- Б.  $n,$
- В.  $3 n,$
- Г.  $4 n,$
- Д.  $6 n.$

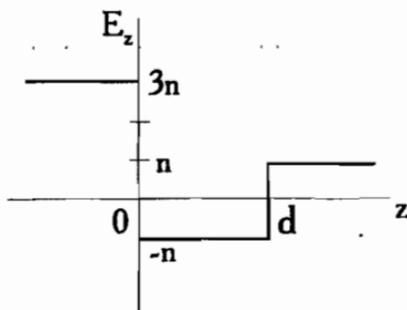


Рис. 9.5

9.6\*. Пластинки соединяют проводником. Приращение заряда первой пластинки:

- |           |             |
|-----------|-------------|
| А. $q$ ,  | Г. $-q/2$ , |
| Б. $2q$ , | Д. $q/2$ .  |
| В. $-q$ , |             |

9.7. В схеме на рис. 9.7 сопротивления резисторов  $R_1=8$  Ом,  $R_3=10$  Ом, разность потенциалов  $\phi_a-\phi_b=V$ .  $V=60$  В. Разность потенциалов между точками  $m$  и  $n$ :

- |          |          |
|----------|----------|
| А. 16 В, | Г. 36 В, |
| Б. 60 В, | Д. 24 В. |
| В. 20 В, |          |

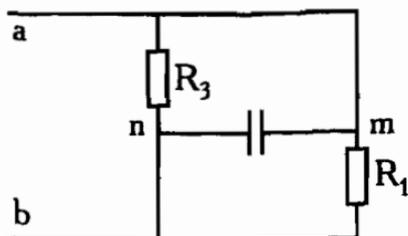


Рис. 9.7

9.8\* – 9.9\*. В схеме рисунка 9.8 ЭДС батареи  $\varepsilon=10$  В, индуктивность катушки  $L=10^{-4}$  Гн, емкости конденсаторов  $C_1=2$  нФ,  $C_2=8$  нФ. Вначале ключ находится в положении  $a$ . После переключения ключа в положение  $b$

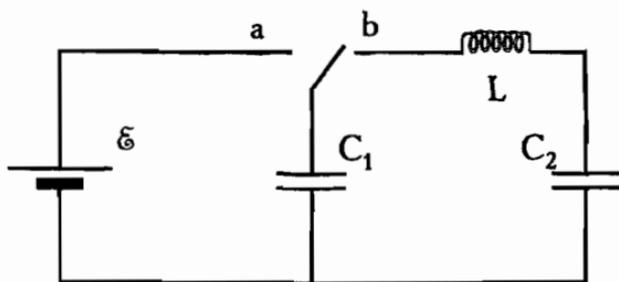


Рис. 9.8

9.8\*. Энергия электростатического поля конденсаторов:

А. 50 нДж,

Б. 100 нДж,

В. 80 нДж,

Г. 20 нДж,

Д. 60 нДж.

9.9\*. Энергия электромагнитных колебаний:

А. 30 нДж,

Б. 120 нДж,

В. 20 нДж,

Г. 50 нДж,

Д. 80 нДж.

9.10. На рис. 9.10 изображена собирающая линза с фокусным расстоянием  $F=F_0$ , на которую падает сходящийся пучок лучей. Координаты вершины пучка  $(H, 0, 2F_0)$ . Изображение вершины пучка находится в точке:

А.  $(-H/2, 0, F_0)$ ,

Б.  $(H, 0, 2F_0)$ ,

В.  $(H/3, 0, 2F_0/3)$ ,

Г.  $(H/2, 0, -F_0/2)$ ,

Д.  $(3H/2, 0, 3F_0)$ .

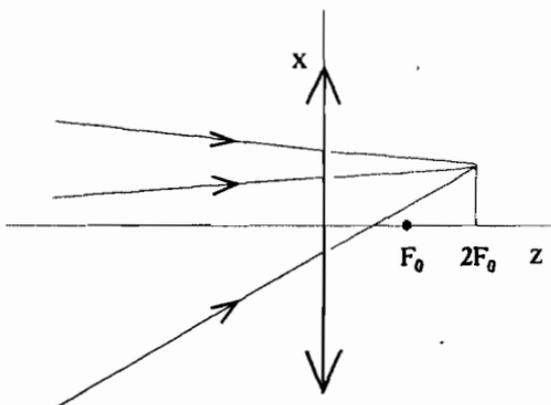


Рис. 9.10

## ТЕСТ 10

10.1\*. Поезд начинает двигаться по прямой, параллельной оси  $x$ . На рис. 10.1 изображен график зависимости проекции скорости  $v_x(t)$  от времени. За время  $2\tau=20$  мин поезд прошел путь  $s=18$  км. Величина ускорения поезда на отрезке времени  $(0, \tau)$ :

А.  $0,02 \text{ м/с}^2$ ,

Б.  $0,05 \text{ м/с}^2$ ,

В.  $0,1 \text{ м/с}^2$ ,

Г.  $0,5 \text{ м/с}^2$ ,

Д.  $0,2 \text{ м/с}^2$ .

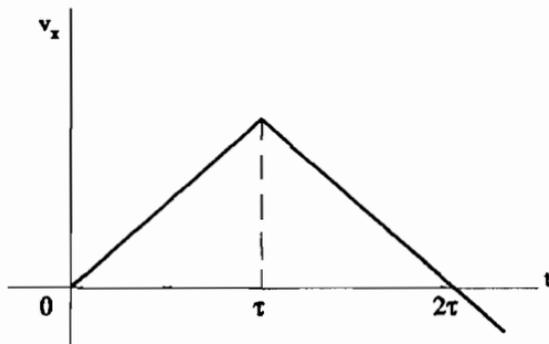


Рис. 10.1

10.2 – 10.3. На горизонтальной плоскости находятся две пластинки равных масс  $m=1$  кг, положенные друг на друга (рис. 10.2). Коэффициенты трения между пластинками и пластинкой и плоскостью  $\mu=0,1$ . К нижней пластинке приложили горизонтально направленную силу  $\vec{F}$ .

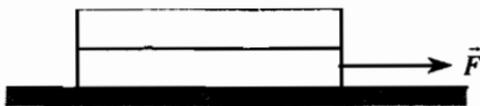


Рис. 10.2

10.2. Наименьшее значение величины силы, при котором вся система движется как целое

- А. 0,98 Н,
- Б. 4,2 Н,
- В. 2,94 Н,
- Г. 3,92 Н,
- Д. 1,96 Н.

10.3. Наименьшее значение величины силы, при котором верхняя пластинка соскользнет с нижней пластинки:

- А. 3,92 Н,
- Б. 1,96 Н,
- В. 2,94 Н,
- Г. 0,98 Н,
- Д. 4,8 Н.

10.4. В баллоне содержится газ объемом  $V=3 \text{ м}^3$  при температуре  $T=450 \text{ К}$  и давлении  $p=2 \cdot 10^5 \text{ Па}$ . При температуре  $T_0=300 \text{ К}$  и давлении  $p_0=10^5 \text{ Па}$  объем газа

- А.  $9 \text{ м}^3$ ,
- Б.  $3 \text{ м}^3$ ,
- В.  $1 \text{ м}^3$ ,
- Г.  $4 \text{ м}^3$ ,
- Д.  $8 \text{ м}^3$ .

10.5\*. Заряженная металлическая пластинка в форме тонкого параллелепипеда с площадью грани  $S$  находится в однородном электростатическом поле напряженностью  $\vec{E}_{ext}=(0, 0, G)$ . Одна грань пластинки совпадает с плоскостью  $z=0$ , другая — с плоскостью  $z=d$ . На рис. 10.5 изображена зависимость компоненты напряженности электрического поля  $E_z$  от координаты  $z$ , перпендикулярной граням пластинки, где  $\rho=q/2\epsilon_0 S$ . Заряд пластинки  $Q$  и проекция напряженности внешнего поля  $G$  соответственно равны:

- А.  $q, 2n$ ,
- Б.  $2q, 2n$ ,
- В.  $-q, 2n$ ,
- Г.  $2q, 4n$ ,
- Д.  $-q, 3n$ .

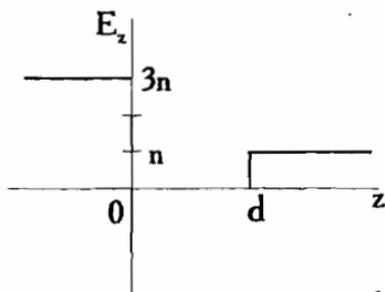


Рис. 10.5

10.6. Разность потенциалов между пластинами конденсатора уменьшили в два раза. Как изменится энергия электростатического поля конденсатора:

- А. Увеличится в 2 раза,
- Б. Уменьшится в 2 раза,
- В. Увеличится в 4 раза,
- Г. Уменьшится в 4 раза,
- Д. Не изменится.

10.7. В схеме рис. 10.7 сопротивления резисторов  $R_1 = R_2 = R_3 = R$ ,  $R = 3 \text{ Ом}$ . ЭДС батарей  $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = \varepsilon$ ,  $\varepsilon = 4,5 \text{ В}$ , внутренние сопротивления  $r_1 = r_2 = r$ ,  $r = 1 \text{ Ом}$ . Сила тока  $I_2$  через резистор  $R_2$ :

- А. 2 А,
- Б. 0,6 А,
- В. 3 А,
- Г. 1,2 А,
- Д. 0,9 А.

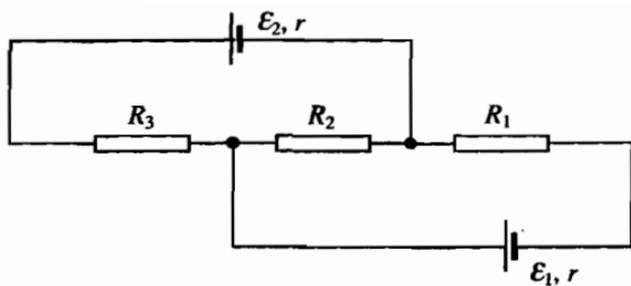


Рис. 10.7

10.8. В схеме, изображенной на рис. 10.8 три одинаковых лампы А, В и С подключены к генератору синусоидального напряжения. Как изменится яркость свечения ламп при увеличении частоты генератора:

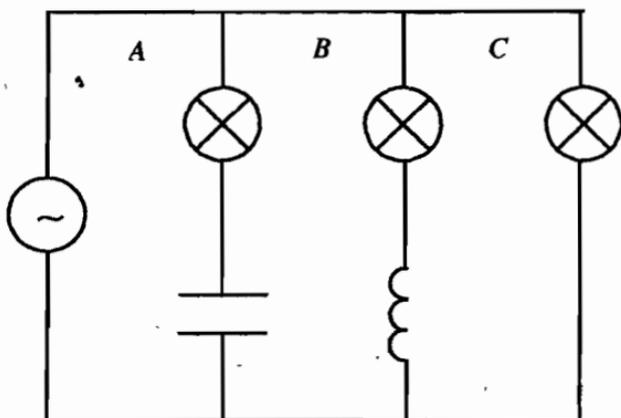


Рис. 10.8

- А. Яркость свечения лампы В увеличится.
- Б. Яркость свечения лампы А увеличится.
- В. Яркость свечения лампы С уменьшится.
- Г. Яркость свечения лампы А уменьшится.
- Д. Яркость свечения ламп не изменится.

- А. А,
- Б. Б,
- В. В,
- Г. Г,
- Д. Д.

10.9. На рис. 10.9 изображена рассеивающая линза с фокусным расстоянием  $F = -F_0$ , на которую падает сходящийся пучок лучей. Координаты вершины пучка  $(L, 0, 2F_0)$ . Изображение вершины находится в точке:

- А.  $(L/4, 0, -F_0/2)$ ,
- Б.  $(-L/2, 0, -F_0)$ ,
- В.  $(-L, 0, -2F_0)$ ,
- Г.  $(L/2, 0, F_0/2)$ ,
- Д.  $(L, 0, F_0)$ .

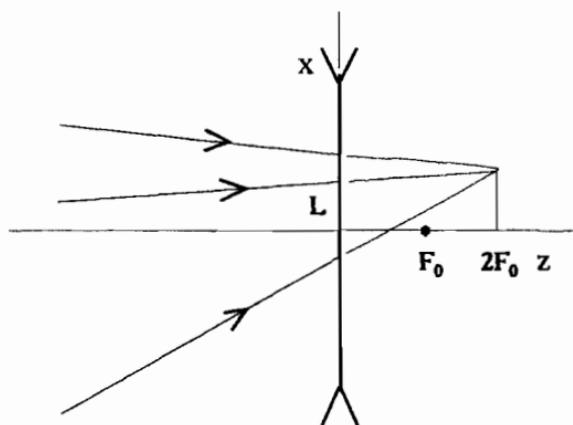


Рис. 10.9

10.10. В неподвижной системе отсчета две частицы движутся со скоростями  $\vec{v}_1 = (v_1, 0, 0)$  и  $\vec{v}_2 = (v_2, 0, 0)$ , где  $v_1 = 0,98c$ ,

$v_2=0,99c$ . Скорость второй частицы в системе отсчета, связанной с первой частицей:

*А.*  $c/3$ ,

*Б.*  $c/2$ ,

*В.*  $0,01c$ ,

*Г.*  $c/4$ ,

*Д.*  $3c/2$ .

## ТЕСТ 11

11.1. Частица движется по оси  $x$ . На рис. 11.1 приведена зависимость проекции ускорения на ось  $x$  от времени. Скорость частицы  $v_x(t)$  достигает наибольшего значения в момент времени:

- А.  $\tau$ ,
- Б. 0,
- В.  $3\tau$ ,
- Г.  $4\tau$ ,
- Д.  $2\tau$ .

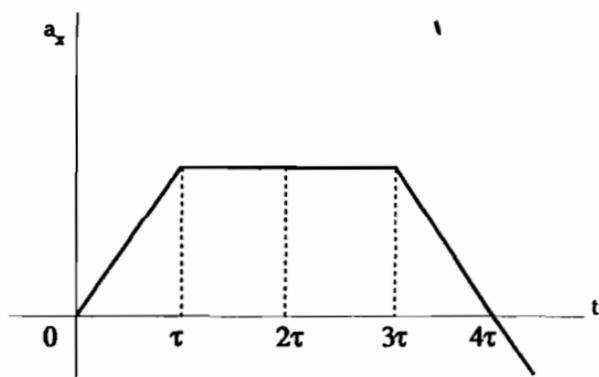


Рис. 11.1

11.2. Наклонная плоскость образует угол  $\alpha=\pi/6$  с горизонтальной плоскостью. Если телу, находящемуся у основания наклонной плоскости, сообщить начальную скорость, то оно остановится через интервал времени  $t_n$  и соскользнет до основания за интервал времени  $t_{сп}$ . Отношение  $t_{сп}/t_n=2$ . Коэффициент трения между телом и плоскостью:

- |                    |                   |
|--------------------|-------------------|
| А. $\sqrt{3}/5$ ,  | Г. $\sqrt{5}/8$ , |
| Б. $\sqrt{2}/5$ ,  | Д. $\sqrt{3}/8$ . |
| В. $\sqrt{3}/10$ , |                   |

11.3. Балка  $OA$  массой  $m$  укреплена на шарнире  $O$  и поддерживается тросом  $AB$  в горизонтальном положении. Угол  $OAB$  равен  $\pi/6$  (рис. 11.3). Величина силы натяжения троса

- А.  $2mg$ ,
- Б.  $mg/2$ ,
- В.  $mg/3$ ,
- Г.  $mg$ ,
- Д.  $\sqrt{3}mg/4$ .

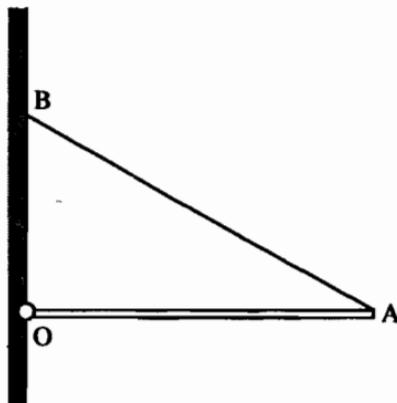


Рис. 11.3

11.4\* – 11.5\*. В двух сосудах находятся  $\nu_1=2$  моль и  $\nu_2=3$  моль идеальных газов. Объемы и температуры газов соответственно равны  $V_1=10$  л,  $T_1=T_0$  и  $V_2=12,4$  л,  $T_2=1,5T_0$ ,  $T_0=273$  К. Затем сосуды соединяют и смесь газов переходит в равновесное состояние.

11.4\*. Температура смеси газов:

- А.  $1,3T_0$ ,
- Б.  $1,4T_0$ ,
- В.  $T_0$ ,
- Г.  $0,8T_0$ ,
- Д.  $1,2T_0$ .

11.5\*. Давление в смеси газов:

- А. 3,2 МПа,
- Б. 1,2 МПа,
- В. 0,4 МПа,
- Г. 5 МПа,
- Д. 0,65 МПа.

11.6. В плоский конденсатор емкостью  $C$  внесли металлическую пластину толщиной  $d/4$ , где  $d$  — расстояние между пластинами конденсатора. Плоскость пластины параллельна обкладкам конденсатора. Приращение емкости конденсатора:

- А.  $C/3$ ,
- Б.  $-C/3$ ,
- В.  $-C/4$ ,
- Г.  $C/4$ ,
- Д.  $C/2$ .

11.7. В схеме рис. 11.7 емкости конденсаторов одинаковы, разность потенциалов  $\varphi_a - \varphi_b = V$ ,  $V = 18$  В. Разность потенциалов  $\varphi_m - \varphi_n$  равна:

- А. 9 В,
- Б. 12 В,
- В. 15 В,
- Г. 6 В,
- Д. 3 В.

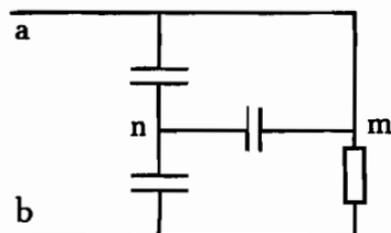


Рис. 11.7

11.8\*. В схеме рис. 11.8 последовательно соединенные резистор, конденсатор и катушка индуктивности подключены к генератору переменного напряжения с амплитудой  $\varepsilon_0=5$  В. Амплитуда напряжения на резисторе  $V_{R0}=3$  В, амплитуда напряжения на емкости  $V_{C0}=250$  В, сдвиг фаз между током и напряжением генератора — положительная величина. Амплитуда напряжения на катушке:

- А. 248 В,
- Б. 245 В,
- В. 254 В,
- Г. 4 В,
- Д. 246 В.

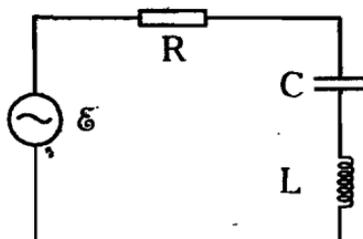


Рис. 11.8

11.9. Предмет в виде стрелки MN находится на прямой, проходящей через главный фокус собирающей линзы с фокусным расстоянием  $F=s$  (рис. 11.9). Точка M находится на расстоянии  $3s/2$  от линзы и на расстоянии  $H/2$  от главной оптической оси. Точка N расположена на расстоянии  $2s$  от линзы и на расстоянии  $H$  от главной оптической оси,  $s=0,08$  м,  $H=0,06$  м. Длина изображения:

- А. 0,05 м,
- Б. 0,04 м,
- В. 0,06 м,
- Г. 0,08 м,
- Д. 0,12 м.

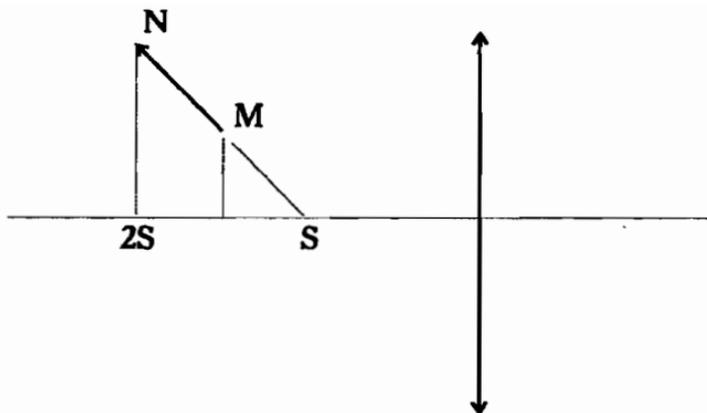


Рис. 11.9

11.10\*. Интенсивность монохроматической волны  $\mathcal{J}=9$  кВт/м<sup>2</sup>, длина волны  $\lambda=662,6$  нм. Плотность фотонов:

- А.  $5 \cdot 10^{14}$  фот/м<sup>3</sup>,
- Б.  $2 \cdot 10^{12}$  фот/м<sup>3</sup>,
- В.  $10^{14}$  фот/м<sup>3</sup>,
- Г.  $4 \cdot 10^{13}$  фот/м<sup>3</sup>,
- Д.  $10^{10}$  фот/м<sup>3</sup>.

## ТЕСТ 12

12.1. Пассажир первого вагона прогуливался по перрону. Когда он подошел к двери последнего вагона, поезд начал движение с постоянным ускорением  $a=0,072$  м/с<sup>2</sup>. В этот момент времени пассажир побежал к своему вагону. Для того чтобы успеть сесть в свой вагон, пассажир должен пробежать расстояние  $s=250$  м с наименьшей постоянной скоростью:

А. 1 м/с,

Г. 5 м/с,

Б. 3 м/с,

Д. 6 м/с.

В. 4 м/с,

12.2. Половина доски длиной  $L$  лежит на полу кузова грузовика, другая половина — снаружи. Доску необходимо втолкнуть в кузов грузовика. Коэффициент трения  $\mu$ . Наименьшая начальная скорость доски  $v_0$ :

А.  $\sqrt{2\mu gL}$ ,

Г.  $\sqrt{3\mu gL/2}$ ,

Б.  $2\sqrt{\mu gL}$ ,

Д.  $\sqrt{\mu gL}$ .

В.  $\frac{1}{2}\sqrt{3\mu gL}$ ,

12.3. Центр тяжести  $C$  шара радиусом  $R$  находится на расстоянии  $b=R/\sqrt{2}$  от геометрического центра шара  $O$ . Шар поставили на шероховатую наклонную плоскость, образующую угол  $\alpha=\pi/6$  с горизонтальной плоскостью. Угол, образуемый отрезком  $CO$  с вертикалью в положении равновесия:

А.  $\pi/8$ ,

Б.  $\pi/6$ ,

В.  $\pi/3$ ,

Г.  $3\pi/4$ ,

Д.  $\pi/4$ .

12.4\* – 12.5\*. Две равной массы идеальных газов находятся в разных сосудах соответственно с температурой  $T_1=300$  К, давлением  $p_1=p_0$  и температурой  $T_2=400$  К, давлением  $p_2=2p_0$ . Затем сосуды соединяют.

12.4\*. После соединения температура смеси газов  $T$ :

- А. 380 К,
- Б. 350 К,
- В. 340 К,
- Г. 360 К,
- Д. 320 К.

12.5\*. После соединения давление в смеси газов  $p$ :

- А.  $1,5 p_0$ ,
- Б.  $2 p_0$ ,
- В.  $1,4 p_0$ ,
- Г.  $1,6 p_0$ ,
- Д.  $0,8 p_0$ .

12.6\*. На одной из пластин плоского конденсатора емкостью  $C$  распределен заряд  $q_1=Q$ , на другой – заряд  $q_2=4 Q$ . Величина разности потенциалов между пластинами конденсатора  $\varphi_2-\varphi_1$ :

- А.  $3Q/C$ ,
- Б.  $Q/3C$ ,
- В.  $2Q/3C$ ,
- Г.  $Q/C$ ,
- Д.  $3Q/2C$ .

12.7. В схеме рис. 12.7 емкости конденсаторов одинаковы, сопротивления резисторов  $R_1=4$  Ом,  $R_2=6$  Ом, разность потенциалов  $\varphi_a-\varphi_b=V$ ,  $V=30$  В. Разность потенциалов  $\varphi_m-\varphi_n$  равна:

- А. 2 В,
- Б. 14 В,

- В.** 16 В,
- Г.** 12 В,
- Д.** 18 В.

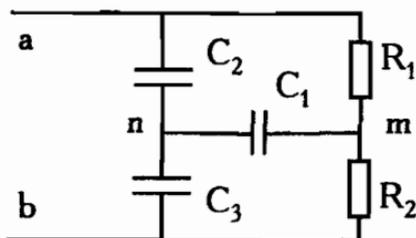


Рис. 12.7

12.8. В схеме рис. 11.8 ЭДС генератора переменного напряжения  $\epsilon(t) = \epsilon_0 \cos \omega t$ , где  $\epsilon_0 = 1$  В, частота  $\nu = \omega/2\pi = 50$  Гц, сопротивление резистора  $R = 1$  Ом, индуктивность катушки  $L = 0,02$  Гн. Сила тока в цепи  $I(t) = (\epsilon_0/R) \cos \omega t$ . Амплитуда напряжения на конденсаторе:

- А.** 16 В,
- Б.** 32 В,
- В.** 6,28 В,
- Г.** 62,8 В,
- Д.** 31,4 В.

12.9. Фокусное расстояние собирающей линзы  $F_0 = 8$  см. Точечный предмет находится на главной оптической оси слева от линзы на расстоянии  $F_0/2$ . Изображение предмета:

**А.** Мнимое изображение находится слева от линзы на расстоянии 8 см,

**Б.** Мнимое изображение находится слева от линзы на бесконечно большом расстоянии,

**В.** Мнимое изображение находится слева от линзы на расстоянии 16 см,

**Г.** Действительное изображение находится справа от линзы на бесконечно большом расстоянии,

**Д.** Действительное изображение находится справа от линзы на расстоянии 8 см.

**А.** А,

**Б.** Б,

**В.** В,

**Г.** Г,

**Д.** Д.

12.10. Система отсчета  $K'$  движется относительно системы отсчета  $K$  со скоростью  $\vec{u} = (u, 0, 0)$ ,  $u = 0,8 c$ . В системе  $K$  скорость частицы  $\vec{v} = (0,5 c, c\sqrt{3}/2, 0)$ . Величина скорости частицы в системе  $K'$ :

**А.**  $0,5 c$ ,

**Б.**  $c$ ,

**В.**  $0,8 c$ ,

**Г.**  $c\sqrt{3}/2$ ,

**Д.**  $0,6 c$ .

## ТЕСТ 13

13.1. Две частицы начинают одновременно двигаться из начала координат по оси  $x$ . Зависимость проекции скоростей частиц от времени изображена на рис. 13.1. В момент времени  $\tau=1$  с скорости частиц одинаковы. Первая частица догонит вторую в момент времени  $T$ :

А. 2 с,

Г. 4 с,

Б. 3 с,

Д. 1 с.

В. 5 с,

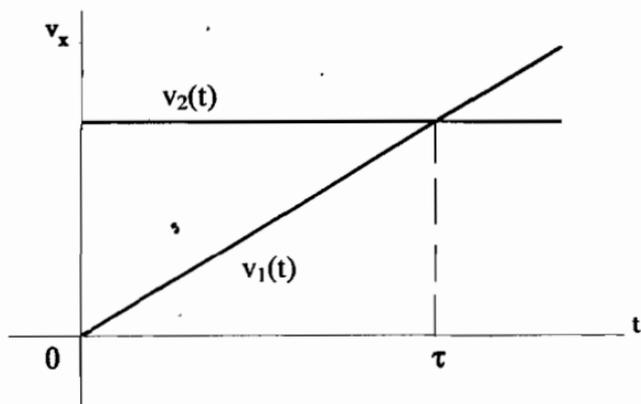


Рис. 13.1

13.2. На гладкой горизонтальной плоскости лежит пробирка массой  $m_1=2m$ , длиной  $L$ . Шарик массой  $m_2=3m$  влетает в пробирку, упруго сталкивается с дном и вылетает из пробирки. Расстояние  $s$ , которое пройдет пробирка к моменту вылета из нее шарика:

А.  $L$ ,

Б.  $3L/2$ ,

В.  $2L/3$ ,

Г.  $3L$ ,

Д.  $4L/5$ .

13.3. Однородный стержень АВ длиной  $l=5$  м опирается одним концом на вертикальную стенку, другим — в прямоугольную выемку (рис. 13.3). Расстояние  $OA=4$  м. Тангенс угла  $\alpha$  между силой реакции, приложенной в точке А, и отрезком прямой  $OA$ :

- |            |            |
|------------|------------|
| А. 1,      | Г. $2/3$ , |
| Б. $3/2$ , | Д. $1/2$ . |
| В. 2,      |            |

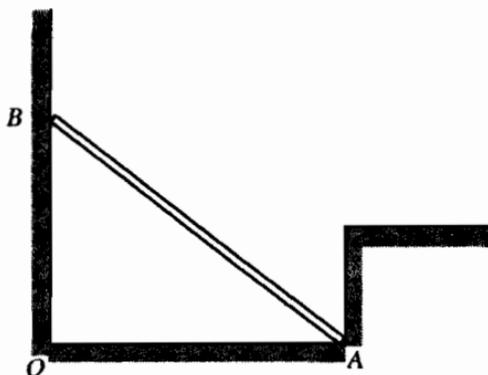


Рис. 13.3

13.4. Внутренняя энергия идеального одноатомного газа  $U=300$  Дж. Газ занимает объем  $V=2$  л. Давление газа:

- |               |               |
|---------------|---------------|
| А. 100 Па,    | Г. $10^5$ Па, |
| Б. $10^3$ Па, | Д. $10^6$ Па. |
| В. $10^4$ Па, |               |

13.5. На схеме рис. 13.5 емкости всех конденсаторов одинаковы и равны  $C$ . Эквивалентная емкость схемы между точками  $a$  и  $b$ :

- |             |
|-------------|
| А. $6C$ ,   |
| Б. $2C$ ,   |
| В. $3C$ ,   |
| Г. $C$ ,    |
| Д. $5/3C$ . |

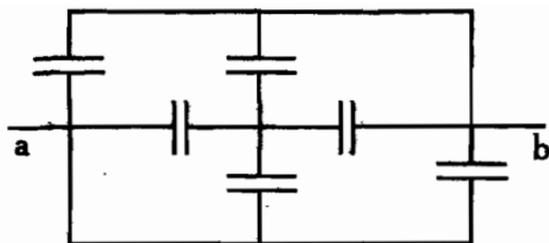


Рис. 13.5

13.6. В схеме рис. 13.6 сопротивления резисторов  $R_1=R_2=R_3=R$ ,  $R=10$  Ом, ЭДС батареи  $\epsilon=30$  В, внутреннее сопротивление  $r=5$  Ом. Сопротивление амперметра равно нулю. Показание амперметра:

- А. 0,25 А,
- Б. 0,5 А,
- В. 0,75 А,
- Г. 1 А,
- Д. 1,25 А

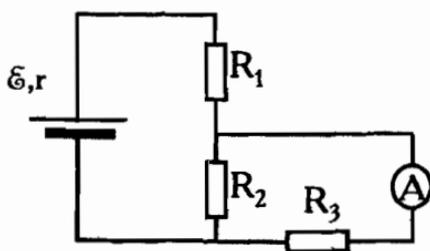


Рис. 13.6

13.7.  $\alpha$ -частица и протон движутся в однородном постоянном магнитном поле по окружностям. Отношение угловых скоростей вращения  $\alpha$ -частицы и протона:

- А. 4,
- Б. 1/2,
- В. 2,
- Г. 1/4,
- Д. 1.

13.8\*. Схема состоит из последовательно соединенных резистора, конденсатора, катушки и генератора переменного напряжения. Величина  $Q=R^{-1}\sqrt{L/C}$ , называемая добротностью контура, равна 100. Амплитуда тока при резонансе  $I_m=0,3$  А. Амплитуда тока при частоте равной половине резонансной частоты:

- А. 2 мА,
- Б. 3 мА,
- В. 1 мА,
- Г. 4 мА,
- Д. 8 мА.

13.9\*. С помощью тонкой собирающей линзы с фокусным расстоянием  $F=12$  см получено изображение предмета. Когда к линзе вплотную приложили такую же линзу, то линейное увеличение не изменилось. Расстояние от предмета до линзы:

- А. 2 см,
- Б. 4 см,
- В. 6 см,
- Г. 8 см,
- Д. 10 см.

13.10\*. Источник излучения с собственной частотой  $\nu_0$  удаляется от начала координат со скоростью  $v=0,8$  с. Частота излучения, принимаемого наблюдателем, находящимся в начале координат:

- А.  $5\nu_0/9$ ,
- Б.  $2\nu_0$ ,
- В.  $3\nu_0$ ,
- Г.  $\nu_0/2$ ,
- Д.  $\nu_0/3$ .

## ТЕСТ 14

14.1\* – 14.3\*. Частица начинает двигаться по оси  $x$  из начала координат. На рис. 14.1 приведена зависимость проекции скорости на ось  $x$  от времени ( $v_0=10$  м/с,  $\tau=1$  с).

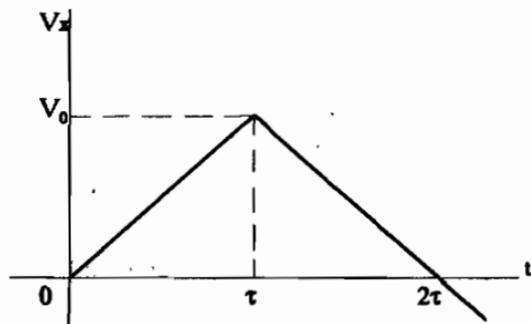


Рис. 14.1

14.1\*. Через промежуток времени равный  $2\tau$  координата частицы:

- А. 5 м,
- Б. 20 м,
- В. 15 м,
- Г. 25 м,
- Д. 10 м.

14.2\*. Частица окажется в исходном положении через интервал времени  $T$ :

- А. 2,5 с,
- Б. 1,73 с,
- В. 3,41 с,
- Г. 3,73 с,
- Д. 2,41 с.

14.3\*. Среднее значение величины проекции скорости частицы в интервале  $[0, 2\tau]$  равно:

- А. 2,5 м/с,
- Б. 5 м/с,
- В. 7,5 м/с,
- Г. 10 м/с,
- Д. 12,5 м/с.

14.4. Идеальный двухатомный газ находится в сосуде объемом  $V=2$  л при давлении  $p_1=2 p_0$ , где  $p_0=10^5$  Па — атмосферное давление. При изохорическом изменении давления до значения  $p_2= p_0$ , газ передает внешней среде количество теплоты  $Q'$  равное

- А. 500 Дж,
- Б.  $10^3$  Дж,
- В. 300 Дж,
- Г. 250 Дж,
- Д.  $10^5$  Дж.

14.5. В схеме рис. 14.5 обозначены емкости четырех из пяти конденсаторов. Общая емкость схемы равна  $2C$ , если емкость  $C_x$  равна:

- |            |            |
|------------|------------|
| А. $3 C$ , | Г. $2 C$ , |
| Б. $5 C$ , | Д. $1 C$ . |
| В. $4 C$ , |            |

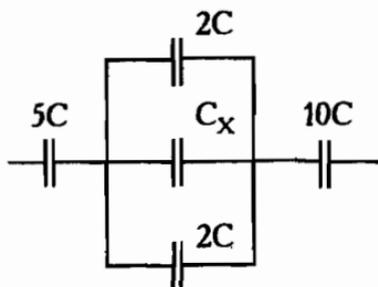


Рис. 14.5

14.6. В магнитном поле находятся пять проводников. Направления токов и вектора индукции магнитного поля показаны на рис. 14.6. В каком случае сила Ампера направлена вверх от плоскости рисунка?

- А. А,
- Б. Б,
- В. В,

Г. Г,  
Д. Д.

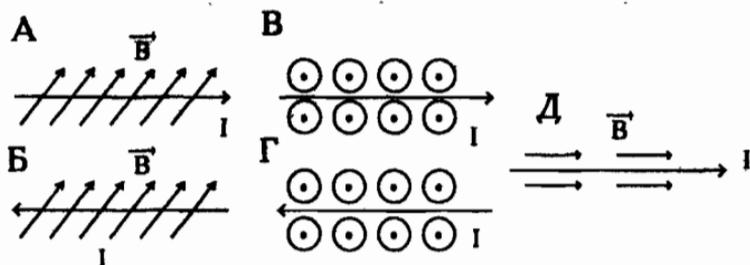


Рис. 14.6

14.7. На рис. 14.7 изображен проводник в виде окружности радиусом  $a=5$  см. Сопротивление схемы между точками М и N равно  $R=0,25$  Ом. К этим точкам подключен генератор напряжения, создающий разность потенциалов  $V=1$  В. Вся система находится в постоянном однородном магнитном поле индукцией  $\vec{B}=(0, b, 0)$ ,  $b=10^{-3}$  Тл. Сила Ампера  $\vec{F}=(0, 0, F_z)$ , действующая на проводник:

А.  $F_z=10^{-5}$  Н,

Б.  $F_z=-4 \cdot 10^{-4}$  Н,

В.  $F_z=12,56 \cdot 10^{-4}$  Н,

Г.  $F_z=4 \cdot 10^{-4}$  Н,

Д.  $F_z=0$ .

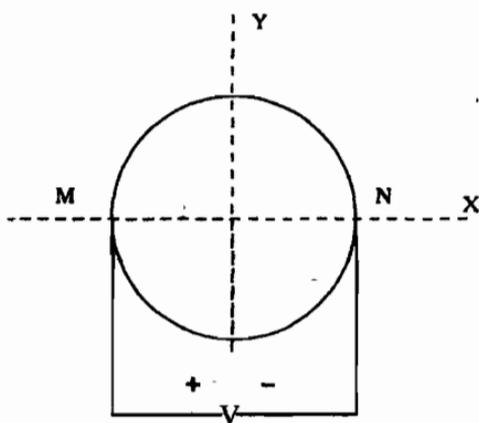


Рис. 14.7

14.8\*. В схеме рис. 14.8 ЭДС генератора  $\varepsilon(t)=E_0\cos\omega t$ ,  $E_0=25$  В. Амплитуда напряжения на резисторах  $V_R=15$  В, амплитуда напряжения на конденсаторах  $V_C=20$  В. Амплитуда разности потенциалов точек  $m$  и  $n$ :

- А. 0 В,
- Б. 5 В,
- В. 25 В,
- Г. 35 В,
- Д. 40 В.

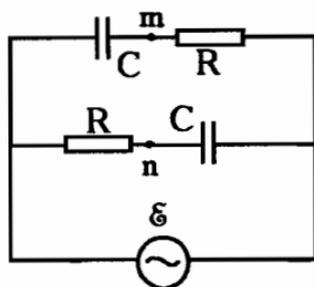


Рис. 14.8

14.9 – 14.10\*. Оптическая система состоит из собирающей линзы с фокусным расстоянием  $F=s$  и плоского зеркала, расположенного перпендикулярно главной оптической оси на расстоянии  $s$  от линзы.

14.9. Предмет помещают в фокальную плоскость. Изображение предмета:

- А. Действительное, прямое, на расстоянии  $s$  от линзы,
- Б. Мнимое, прямое, на расстоянии  $2s$  от линзы,
- В. Действительное, перевернутое, на расстоянии  $s$  от линзы,
- Г. Действительное, перевернутое, на расстоянии  $s/2$  от линзы,
- Д. Действительное, перевернутое, на расстоянии  $2s$  от линзы.

зы.

- |       |       |
|-------|-------|
| А. А, | Г. Г, |
| Б. Б, | Д. Д. |
| В. В, |       |

14.10. Линза находится на расстоянии  $s$  с левой стороны от плоского зеркала. Предмет помещают перед линзой слева на расстоянии  $d > s$ . Изображение мнимое, перевернутое, находится справа на расстоянии  $s$  от линзы. Величина  $d$  равна:

**А.**  $4s$ ,

**Б.**  $3s$ ,

**В.**  $2,5s$ ,

**Г.**  $2s$ ,

**Д.**  $1,5s$ .

## ТЕСТ 15

15.1. Плита движется вверх с постоянной скоростью  $u=4$  м/с. На нее падает шарик перпендикулярно плоскости плиты. В момент столкновения с плитой скорость шарика  $v_0=6$  м/с. В результате абсолютно упругого столкновения величина скорости шарика после отскока:

- А. 8 м/с,
- Б. 10 м/с,
- В. 5 м/с,
- Г. 14 м/с,
- Д. 7 м/с.

15.2. На гладкой горизонтальной плоскости лежит частица массой  $m$ . На нее налетает частица массой  $m$  с кинетической энергией  $K$ . После неупругого нецентрального соударения величины скоростей частиц одинаковы, угол между скоростями  $\alpha=\pi/3$ . Внутренняя энергия частиц возросла на величину  $Q$ :

- А.  $K/3$ ,
- Б.  $K/4$ ,
- В.  $K/5$ ,
- Г.  $K/6$ ,
- Д.  $K/2$ .

15.3. Акселерометр представляет собой изогнутую под прямым углом трубку, заполненную маслом. Трубка расположена в вертикальной плоскости, угол  $\alpha=\pi/4$ . При движении трубки в горизонтальном направлении с ускорением  $\vec{w}$  уровни масла в коленах трубки соответственно равны  $h_1=8$  см и  $h_2=12$  см (рис. 15.3). Величина ускорения  $w$ :

- А. 0,5 g,
- Б. 0,4 g,
- В. 0,2 g,





15.8. Резонансная частота контура  $\nu_0$ :

- А.** 16 кГц,
- Б.** 200 кГц,
- В.** 160 кГц,
- Г.** 800 кГц,
- Д.** 400 кГц.

15.9. Амплитуда силы тока, протекающего через генератор  $I_0$ :

- А.** 4 мА,
- Б.** 5 мА,
- В.** 1 мА,
- Г.** 0 мА,
- Д.** 10 мА.

15.10. Оптическая система состоит из двух собирающих линз  $L_1$  и  $L_2$  с общей главной оптической осью и фокусными расстояниями  $F_1=s$  и  $F_2=2s$ . Расстояние между линзами  $L=3s$ ;  $s=8$  см. Предмет находится на расстоянии  $d_1>s$  от линзы  $L_1$ . Изображение предмета, формируемое системой, мнимое, перевернутое, находится в общей фокальной плоскости линз  $L_1$  и  $L_2$ . Расстояние  $d_1$  равно:

- А.** 8 см,
- Б.** 4 см,
- В.** 32 см,
- Г.** 24 см,
- Д.** 16 см.

## ТЕСТ 16

16.1. Скорость бутсы футболиста в момент удара по неподвижному мячу  $u=12\text{ м/с}$ . Удар абсолютно упругий. Скорость бутсы после удара не изменяется. Скорость мяча после удара:

- А. 24 м/с,
- Б. 18 м/с,
- В. 12 м/с,
- Г. 6 м/с,
- Д. 10 м/с.

16.2 – 16.3. По гладкой горизонтальной плоскости движутся навстречу друг другу две частицы массами  $m_1$  и  $m_2$  с одинаковыми величинами скоростей  $v$ . В результате абсолютно упругого центрального столкновения первая частица остановилась.

16.2. Отношение масс  $m_1/m_2$ :

- А. 4,
- Б. 2,
- В. 3,
- Г. 2,5,
- Д. 5.

16.3. Вторая частица приобрела скорость, величина которой

- А.  $3v/2$ ,
- Б.  $2v$ ,
- В.  $v/2$ ,
- Г.  $3v$ ,
- Д.  $4v$ .

16.4. На рис. 16.4 изображена  $pV$ -диаграмма цикла  $abcd$ , проведенного с  $\nu$  моль газа,  $p_0V_0=\nu RT_0$ . Температура газа в состояниях а, б, с:

- А.  $T_a=2 T_0$ ,  $T_b=4 T_0$ ,  $T_c=2 T_0$ ,
- Б.  $T_a=2 T_0$ ,  $T_b=T_0$ ,  $T_c=4 T_0$ ,

- В.**  $T_a=T_0, T_b=2 T_0, T_c=T_0,$   
**Г.**  $T_a=2 T_0, T_b=4 T_0, T_c=4 T_0,$   
**Д.**  $T_a=4 T_0, T_b=2 T_0, T_c=4 T_0.$

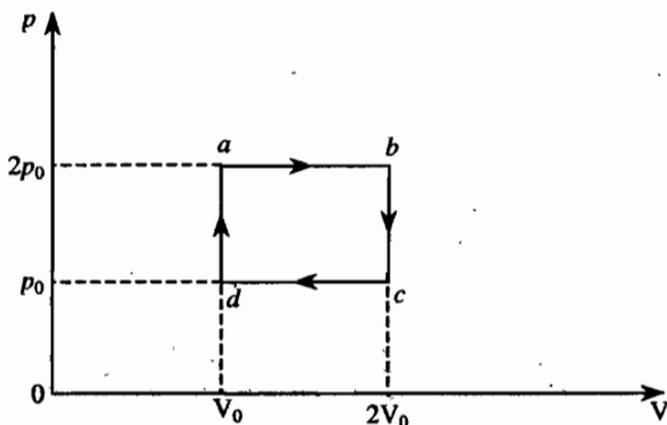


Рис. 16.4

16.5. Плоский конденсатор емкостью  $C$  поместили в плоскую металлическую коробку (рис. 16.5). Расстояния от пластин до стенок коробки в 2 раза больше толщины конденсатора. Емкость системы стала равной:

- А.**  $1,75 C,$   
**Б.**  $1,25 C,$   
**В.**  $C,$   
**Г.**  $0,5 C,$   
**Д.**  $0,25 C.$

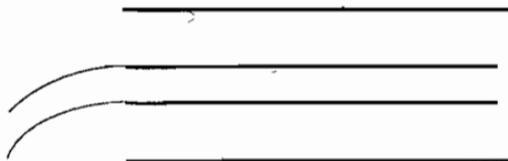


Рис. 16.5

16.6\*. В схеме рис. 16.6 сопротивление резисторов  $R_1=R_3=5$  Ом,  $R_2=R_4=20$  Ом, напряжение  $U=30$  В. Через амперметр проходит ток силой:

- А. 3 А,
- Б. 2 А,
- В. 1 А,
- Г. 4 А,
- Д. 10 А.

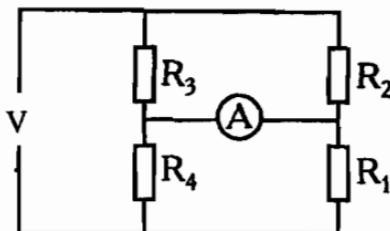


Рис. 16.6

16.7. Проводник, по которому течет ток силой  $I=0,5$  А, состоит из двух отрезков одинаковой длины  $L=0,2$  м, представляющих собой две стороны правильного треугольника. Силовые линии магнитного поля индукцией  $B=10^{-3}$  Тл перпендикулярны плоскости, в которой лежит проводник. Величина силы, действующей на проводник:

- А.  $0,5 \cdot 10^{-3}$  Н,
- Б.  $2 \cdot 10^{-4}$  Н,
- В.  $10^{-4}$  Н,
- Г.  $10^{-3}$  Н,
- Д.  $3 \cdot 10^{-4}$  Н.

16.8 – 16.9. В первичную обмотку идеального трансформатора, содержащую  $n_1$  витков, включен генератор напряжения  $\epsilon(t)=\epsilon_0 \cos \omega t$ ,  $\epsilon_0=100$  В. Вторичная обмотка, содержащая  $n_2$  витков, подключена к резистору сопротивлением  $R_2=2$  Ом. Отношение  $n_1/n_2=50$ .

16.8. Амплитуда напряжения на резисторе

- А.** 2 В,
- Б.** 5 В,
- В.** 50 В,
- Г.** 25 В,
- Д.** 1 В.

16.9. Амплитуда силы тока в первичной обмотке

- А.** 10 А,
- Б.** 0,02 А,
- В.** 5 А,
- Г.** 0,25 А,
- Д.** 0,002 А.

16.10\*. Оптическая система состоит из собирающей линзы с фокусным расстоянием  $F=8$  см и плоского зеркала, расположенного перпендикулярно главной оптической оси на расстоянии  $h=12$  см от линзы. Изображение точечного источника, находящегося на главной оптической оси, совпадает с самим источником. Расстояние от источника до линзы  $d$ :

- А.** 24 см,
- Б.** 6 см,
- В.** 32 см,
- Г.** 12 см,
- Д.** 28 см.

## ТЕСТ 17

17.1\*. По палубе теплохода ходит пассажир от кормы к носу и обратно без остановок со скоростью  $v_0$  относительно теплохода. Скорость теплохода —  $u$ . Пассажир окажется на уровне любой точки на берегу ровно 3 раза при значении отношения  $v_0/u$  равном

- А. 1/3,
- Б. 1/6,
- В. 3,
- Г. 6,
- Д. 4.

17.2. Камень брошен с поверхности земли под углом  $\alpha=\pi/6$  к горизонту. Потенциальная энергия камня в наивысшей точке траектории  $W=10$  Дж. Значение кинетической энергии камня в наивысшей точке траектории:

- А. 25 Дж,
- Б. 10 Дж,
- В. 20 Дж,
- Г. 40 Дж,
- Д. 30 Дж.

17.3. Стержень АОВ ( $АО=a$ ,  $ОВ=b$ ), который может вращаться вокруг горизонтальной оси, проходящей через точку О, используют для взвешивания частицы массой  $m$ . В точке стержня О закреплена металлическая стрелка, перпендикулярная отрезку АВ, которая в положении равновесия направлена вертикально вниз. Если частицу поместить на расстоянии  $a$  от оси, то масса гири на другом конце стержня равна  $m_2=1$  кг. Если же частица находится на расстоянии  $b$  от оси, то масса гири на другом конце  $m_1=4$  кг. Масса частицы

- А. 2 кг,
- Б. 1,5 кг,

- В. 1 кг,
- Г. 2,5 кг,
- Д. 3 кг.

17.4. При проведении процесса  $p = \text{const}/V^2$  идеальный газ переходит из состояния  $T_1 = T$ ,  $V_1 = V$  в состояние  $V_2 = 2V$  и температурой  $T_2$  равной:

- А.  $T/4$ ,
- Б.  $T/2$ ,
- В.  $4T$ ,
- Г.  $2T$ ,
- Д.  $T$ .

17.5\*. Три пластины расположены параллельно друг другу (рис. 17.5). Наружные металлические пластины, расстояние между которыми  $d = 0,5$  м, соединены заземленным проводом. Внутренняя пластина изолирована и имеет заряд  $Q = 10^{-10}$  Кл. Эту пластину смещают вниз на расстояние  $\Delta x = 0,1$  м. В результате приращение заряда верхней пластины оказывается равным:

- А.  $5 \cdot 10^{-10}$  Кл,
- Б.  $-5 \cdot 10^{-10}$  Кл,
- В.  $10^{-12}$  Кл,
- Г.  $-2 \cdot 10^{-11}$  Кл,
- Д.  $-4 \cdot 10^{-11}$  Кл.

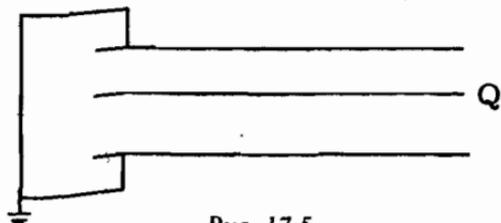


Рис. 17.5

17.6. В схеме на рис. 17.6 напряжение между электродами батареи  $\varphi_a - \varphi_b = V$ ,  $V = 4,5$  В. Сопротивления резисторов

$R_1=0,8 \text{ Ом}$ ,  $R_2=2 \text{ Ом}$ ,  $R_3=3 \text{ Ом}$ . Сила тока  $I_3$ , проходящего через резистор  $R_3$ :

- А. 1,35 А,
- Б. 0,2 А,
- В. 0,9 А,
- Г. 0,4 А,
- Д. 0,3 А.

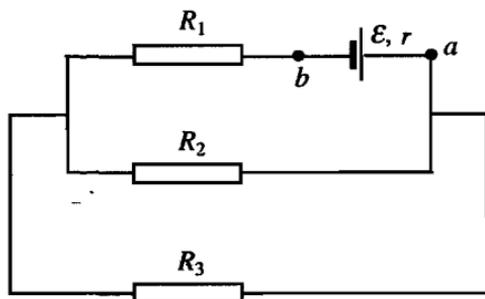


Рис. 17.6

17.7. Двигатель постоянного тока с независимым возбуждением имеет следующие номинальные параметры: мощность  $P=10 \text{ Вт}$ , напряжение на выводах двигателя  $U=5 \text{ В}$ , к.п.д.  $\eta=0,96$ , частота вращения  $\nu=16 \text{ Гц}$ . Вращательный момент  $M$  и сопротивление обмотки якоря  $R$ :

- А. 0,1 Дж; 0,096 Ом,
- Б. 0,2 Дж; 0,04 Ом,
- В. 2 Дж; 0,1 Ом,
- Г. 0,04 Дж; 0,1 Ом,
- Д. 0,96 Дж; 0,2 Ом.

17.8 – 17.9. В первичную обмотку идеального трансформатора, содержащую  $n_1$  витков, включен генератор напряжения  $\varepsilon(t)=\varepsilon_0 \cos \omega t$ ,  $\varepsilon_0=100 \text{ В}$ . Вторичная обмотка, содержащая  $n_2$  витков, подключена к резистору сопротивлением  $R_2=2 \text{ Ом}$ . Отношение  $n_1/n_2=50$ .

17.8. Амплитуда силы тока во вторичной обмотке

**А.** 0,002 А,

**Б.** 5 А,

**В.** 1 А,

**Г.** 2,5 А,

**Д.** 0,1 А.

17.9. Мощность, развиваемая генератором

**А.** 10 Вт,

**Б.** 2 Вт,

**В.** 50 Вт,

**Г.** 1 Вт,

**Д.** 0,1 Вт.

17.10. Человек читает текст на расстоянии  $d=0,2$  м, не утомляя глазные мышцы. Оптическая сила очков, которые должен носить человек (в дптр):

**А.** 1,

**Б.** -1,

**В.** 2,

**Г.** -2,

**Д.** -4.





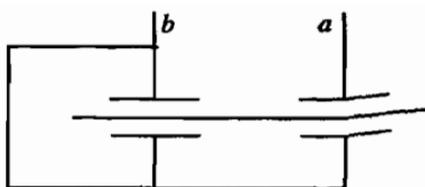


Рис. 18.5 б

18.6. В схеме рис. 18.6 сопротивления резисторов  $R_1, R_2, R_3$  одинаковы. Разности потенциалов  $\varphi_a - \varphi_b = V, V = 110$  В,  $\varphi_a - \varphi_m = V_2, V_2 = 60$  В. Напряжение  $V_4 = \varphi_a - \varphi_n$  на резисторе  $R_4$ :

- |          |          |
|----------|----------|
| А. 50 В, | Г. 40 В, |
| Б. 60 В, | Д. 70 В. |
| В. 10 В, |          |

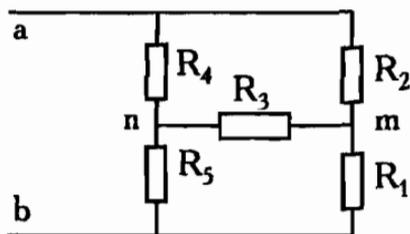


Рис. 18.6

18.7. Металлическая полоска, расположенная в горизонтальной плоскости  $xy$  параллельно оси  $y$ , может перемещаться вдоль оси  $x$  в магнитном поле индукцией  $\vec{B} = (B, 0, 0), B = 10^2$  Тл. Длина полоски  $L = 0,1$  м, вес  $P = 2 \cdot 10^{-2}$  Н. Если через полоску протекает ток силой  $I = 10$  А в положительном направлении оси  $y$ , то для смещения полоски достаточно приложить силу  $\vec{F} = (f, 0, 0)$ . Если ток силой  $I = 10$  А протекает в отрицательном направлении оси  $y$ , то для смещения полоски достаточно приложить силу величиной  $F_2$ :

- |            |
|------------|
| А. $f/3$ , |
| Б. $3f$ ,  |

- В.**  $2f$ ,
- Г.**  $f/2$ ,
- Д.**  $2f/3$ .

18.8 – 18.9. В схеме рис. 18.8 ЭДС генератора  $\varepsilon(t)=\varepsilon_0\cos\omega t$ . Амплитуды напряжения на резисторах  $V_R=3$  В, амплитуды напряжения на конденсаторах  $V_C=250$  В, амплитуды напряжения на катушках индуктивностей  $V_L=246$  В.

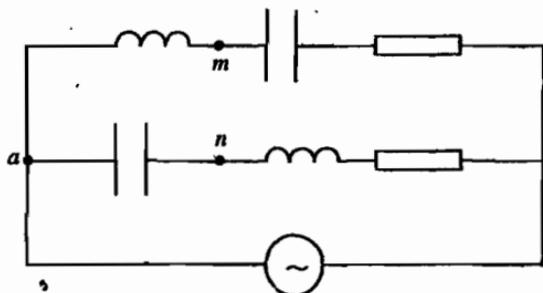


Рис. 18.8

18.8. Амплитуда напряжения генератора  $\varepsilon_0$ :

- А.** 10 В,
- Б.** 5 В,
- В.** 25 В,
- Г.** 35 В,
- Д.** 496 В.

18.9. Амплитуда разности потенциалов точек  $m$  и  $n$ :

- А.** 496 В,
- Б.** 249 В,
- В.** 25 В,
- Г.** 253 В,
- Д.** 4 В.

18.10. Оптическая сила очков дедушки равна  $D_1=4$  дптр, оптическая сила очков внучки  $D_2=-2$  дптр. Внучка взяла очки

у дедушки и читает, не утомляя глаза, на максимальном расстоянии  $s$ :

**А.** 12,5 см,

**Б.** 20 см,

**В.** 30 см,

**Г.** 5 см,

**Д.** 10 см.

## ТЕСТ 19

19.1. Палочка длиной  $L=15$  см, массой  $m_1=4,6$  г находится на гладкой горизонтальной плоскости. На одном конце палочки сидит жук массой  $m_2=0,4$  г. Величина смещения палочки при перемещении жука с одного конца на другой:

- А. 4,9 см,
- Б. 6 см,
- В. 1,8 см,
- Г. 5 см,
- Д. 1,2 см.

19.2. Колодец должен иметь глубину  $H=5$  м. Когда была выполнена  $1/4$  всей необходимой наименьшей работы, глубина колодца достигла значения  $h$ :

- А. 1 м,
- Б. 1,25 м,
- В. 2,5 м,
- Г. 3 м,
- Д. 4 м.

19.3\*. Величина силы гидростатического давления воды на вертикальную прямоугольную стенку плотины равна  $F$ . Величина силы давления на нижнюю половину плотины:

- А.  $3F/16$ ,
- Б.  $3F/4$ ,
- В.  $F/2$ ,
- Г.  $F/4$ ,
- Д.  $5F/8$ .

19.4. В объеме  $V=1$  м<sup>3</sup> при температуре  $T=373$  К находится насыщенный пар плотностью  $\rho_H=0,6$  кг/м<sup>3</sup>. Пар полностью конденсируется при изотермическом сжатии до значения объема  $V_K$ :

- А.  $6 \cdot 10^{-4}$  м<sup>3</sup>,
- Б.  $0,6$  м<sup>3</sup>,
- В.  $0,4$  м<sup>3</sup>,
- Г.  $4 \cdot 10^{-2}$  м<sup>3</sup>,
- Д.  $6 \cdot 10^{-3}$  м<sup>3</sup>.

19.5. В схеме рис. 19.5 обозначены емкости четырех конденсаторов, ЭДС батареи  $\epsilon=10$  В. Разность потенциалов между пластинами конденсатора емкостью  $5C$  равна:

- А. 2 В,
- Б. 4 В,
- В. 5 В,
- Г. 8 В,
- Д. 6 В.

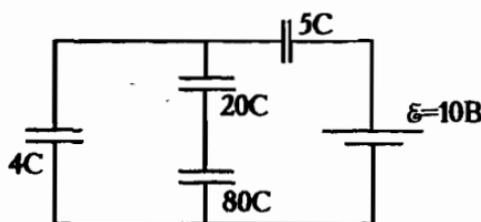


Рис. 19.5

19.6. В схеме на рис. 19.6 ЭДС батареи —  $\epsilon$ , сопротивления резисторов  $R_1=R_2=R$ . При замкнутом ключе напряжение на первом резисторе  $U_1=0,6 \epsilon$ . Напряжение на первом резисторе после размыкания ключа К:

- А.  $3\epsilon/8$ ,
- Б.  $\epsilon/4$ ,
- В.  $3\epsilon/4$ ,
- Г.  $5\epsilon/6$ ,
- Д.  $5\epsilon/8$ .

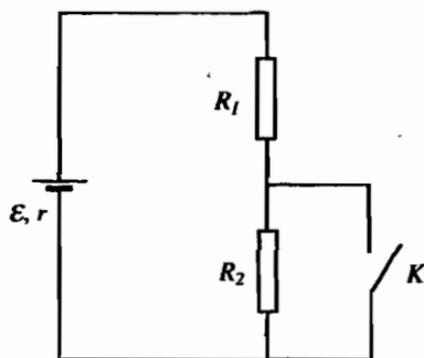


Рис. 19.6

19.7\*. На рис. 19.7 изображен график ЭДС индукции, возникающей в замкнутом контуре. Магнитный поток, через поверхность ограниченную контуром, достигает наибольшего значения в момент времени:

А.  $t=5\tau$ ,

Г.  $t=3\tau$ ,

Б.  $t=\tau$ ,

Д.  $t=4\tau$ .

В.  $t=0$ ,

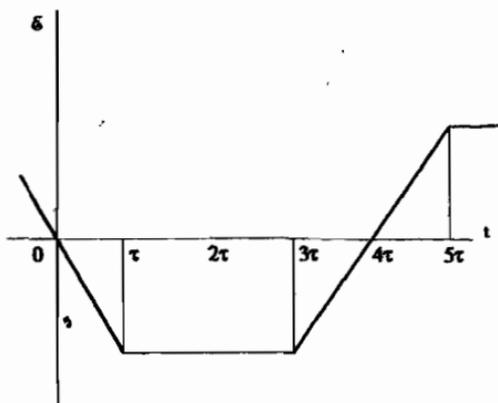


Рис. 19.7

19.8. Радиоприемник настроен на прием радиостанции, работающей на длине волны  $\lambda_1=20$  м. Как изменить емкость конденсатора колебательного контура, чтобы принимать передачи на волне длиной  $\lambda_2=10$  м?

А. уменьшить в 2 раза,

Б. увеличить в 2 раза,

В. уменьшить в 4 раза,

Г. увеличить в 4 раза,

Д. уменьшить в 8 раз.

А. А,

Б. Б,

В. В,

Г. Г,

Д. Д.

19.9 – 19.10. Оптическая система представляет собой тонкую собирающую линзу с фокусным расстоянием  $F=12$  см, которая вплотную прилегает к плоскому зеркалу.

19.9. Предмет — точечный источник — находится в фокусе линзы. Действительное изображение источника находится слева от линзы на расстоянии:

- А. 20 см,
- Б. 4 см,
- В. 6 см,
- Г. 8 см,
- Д. 12 см.

19.10. Предмет — точечный источник — находится на расстоянии  $d=4$  см от линзы. Мнимое изображение источника находится справа от линзы на расстоянии:

- А. 4 см;
- Б. 16 см,
- В. 8 см,
- Г. 12 см,
- Д. 6 см.

## ТЕСТ 20

20.1\*. Пассажир, вышедший на перрон, увидел, что предпоследний вагон прошел мимо него за интервал времени  $T_1=10$  с, а последний — за интервал времени  $T_2=8$  с. Интервал времени  $T$  между моментами времени отправления поезда и выходом пассажира на перрон:

А. 27 с,

Б. 25 с,

В. 18 с,

Г. 31 с,

Д. 40 с.

20.2. Когда к пружине длиной  $l_0=0,1$  м в ненапряженном состоянии подвесили груз, то ее длина стала равной  $l_1=0,15$  м. Если груз поднять так, что пружина окажется нерастянутой и отпустить его с нулевой начальной скоростью, то в нижней точке траектории длина пружины  $l_2$ :

А. 0,1 м,

Б. 0,2 м,

В. 0,15 м,

Г. 0,25 м,

Д. 0,3 м.

20.3. Два открытых сверху цилиндрических сосуда стоят на горизонтальной плоскости. Первый сосуд заполнен водой, второй — нефтью плотностью  $\rho_n=800$  кг/м<sup>3</sup>. Давления на уровне дна в первом и втором сосудах одинаковы. Разность давлений нефти и воды  $p_n-p_v=1,96$  кПа на высоте  $H$ :

А. 1 м,

Б. 4,9 м,

В. 2 м,

Г. 4 м,

Д. 9,8 м.

20.4\* – 20.5\*. В камере объемом  $V_1=1 \text{ м}^3$  находятся влажный воздух при давлении  $p_1=3p_{\text{атм}}$ ,  $p_{\text{атм}}=10^5 \text{ Па}$  и вода, объем которой значительно меньше  $V_1$ . После изотермического увеличения объема в два раза относительная влажность стала равной  $\varphi=h \cdot 100 \%$ ,  $h=0,8$  давление в камере  $p_2=1,8 p_{\text{атм}}$ .

20.4\*. Температура камеры  $T_1$ :

- А. 273 К,
- Б. 293 К,
- В. 323 К,
- Г. 350 К,
- Д. 373 К.

20.5\*. Полная масса воды в камере  $m_v$ :

- А. 1,56 кг,
- Б. 0,36 кг,
- В. 0,3 кг,
- Г. 0,96 кг,
- Д. 0,6 кг.

20.6. В схеме на рис. 20.6 емкости конденсаторов  $C_1=C$ ,  $C_2=4 \text{ С}$ ,  $C_3=20 \text{ С}$ . ЭДС батареи  $\varepsilon=120 \text{ В}$ . После пробоя конденсатора  $C_1$  приращение напряжения на конденсаторе  $C_3$  оказалось равным:

- А. 24 В,
- Б. 100 В,
- В. 96 В,
- Г. 20 В,
- Д. 80 В.

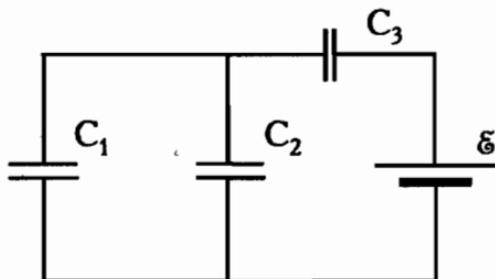


Рис. 20.6

20.7. В схеме, показанной на рис. 20.7, сопротивления резисторов  $R_1=4$  Ом,  $R_2=2$  Ом,  $R_3=1$  Ом,  $R_4=2$  Ом,  $R_5=5$  Ом. Наибольшую мощность потребляет резистор:

- А.  $R_1$ ,
- Б.  $R_2$ ,
- В.  $R_3$ ,
- Г.  $R_4$ ,
- Д.  $R_5$ .

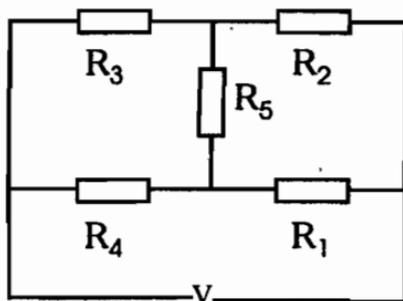


Рис. 20.7

20.8. Колебательный контур, содержащий последовательно соединенные резистор, конденсатор и катушку индуктивности, подключен к генератору переменного напряжения с ЭДС равной  $\epsilon(t)=\epsilon_0 \cos^2 \omega t$ . Резонансная частота контура равна  $\omega_0$ . Частота  $\omega$ , при которой наступит резонанс напряжений:

- А.  $\omega=4\omega_0$ ,
- Б.  $\omega=\omega_0$ ,
- В.  $\omega=2\omega_0$ ,
- Г.  $\omega=\omega_0/2$ ,
- Д.  $\omega=\omega_0/3$ .

20.9. Часовой мастер помещает лупу вплотную к глазу, а предмет располагает на расстоянии равном фокусному расстоянию лупы. Увеличение угла зрения  $k=5$ . Фокусное расстояние лупы:

- А. 0,05 м,

**Б.** 0,025 м,

**В.** 0,04 м,

**Г.** 0,075 м,

**Д.** 0,02 м.

20.10. Кинетическая энергия частицы массой  $m$  равна  $T=mc^2/4$ . Величина скорости частицы  $v$ :

**А.** 0,6 с,

**Б.**  $c/3$ ,

**В.** 0,4 с,

**Г.**  $c\sqrt{3}/2$ ,

**Д.** 0,6 с.

## ТЕСТ 21

21.1\*. Палка АВ движется в вертикальной плоскости (рис. 21.1). Величина скорости точки А, направленной вдоль палки,  $v_A = v_0/\sqrt{2}$ ; величина скорости середины палки  $v_C = v_0$ . Величина скорости точки В равна:

- А.  $\sqrt{5/2} v_0$ ,
- Б.  $v_0/\sqrt{2}$ ,
- В.  $\sqrt{3/2} v_0$ ,
- Г.  $2v_0$ ,
- Д.  $\sqrt{2} v_0$ .

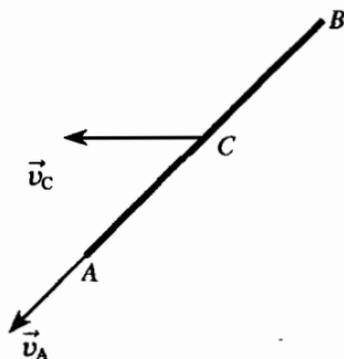


Рис. 21.1

21.2 – 21.3. На идеально гладкой горизонтальной плоскости лежит шарик массой  $m_2$ . На него налетает шар массой  $m_1$ , скорость которого  $\vec{v}$ . В результате абсолютно упругого центрального столкновения шары разлетаются в противоположные стороны с одинаковыми величинами скоростей  $u$ .

21.2. Отношение масс шариков  $k = m_2/m_1$ :

- А. 0,21,
- Б. 1/2,
- В. 2,
- Г. 3,
- Д. 1/3.

21.3. Величина скорости  $u$ :

А.  $3v/2$ ,

Б.  $3v$ ,

В.  $v$ ,

Г.  $2v$ ,

Д.  $v/2$ .

21.4\*. Молярные массы титана и молибдена соответственно равны  $M_1=0,048$  кг/моль и  $M_2=0,096$  кг/моль. Для нагревания титана массой  $m_1=1$  кг на  $\Delta T=1$  К необходимо передать количество теплоты  $Q$ . Для нагревания молибдена массой  $m_2=1$  кг на  $\Delta T=1$  К необходимо количество теплоты:

А.  $Q$ ,

Б.  $2Q$ ,

В.  $0,5Q$ ,

Г.  $4Q$ ,

Д.  $0,25Q$ .

21.5. В схеме на рис. 20.6 емкости конденсаторов одинаковы  $C_1=C_2=C_3=C$ ,  $C=1$  пФ. ЭДС батареи  $\varepsilon=12$  В. После уменьшения расстояния между пластинами конденсатора  $C_1$  на половину первоначального расстояния через батарею перетек заряд:

А. 2 пКл,

Б. 1 пКл,

В. 6 пКл,

Г. 4 пКл,

Д. 1,2 пКл.

21.6. Каркас из провода в форме правильного тетраэдра ABCD присоединен к батарее (рис. 21.6). Наибольшее количество теплоты выделится в ребре:

А. AD,

Б. BD,

В. AB,

Г. АС,  
Д. CD.

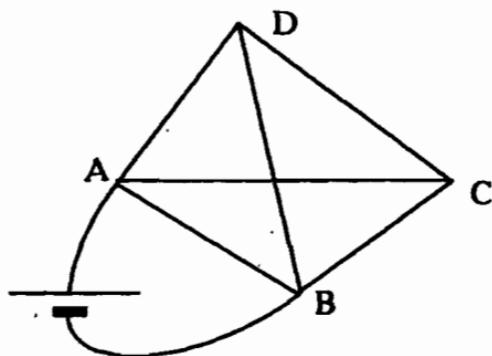


Рис. 21.6

21.7. Прямоугольная рамка ABCD находится в однородном магнитном поле, вектор индукции которого направлен перпендикулярно плоскости рамки. Поток вектора магнитной индукции через рамку равен  $\Phi_0$ . Рамку повернули вокруг стороны BC на  $180^\circ$ . Приращение потока  $\Delta\Phi$  магнитной индукции:

- А.  $-2\Phi_0$ ,
- Б. 0,
- В.  $2\Phi_0$ ,
- Г.  $\Phi_0$ ,
- Д.  $-\Phi_0$ .

21.8. Какие из перечисленных бегущих волн являются поперечными?

1. Волна на воде в глубоком бассейне.
2. Волна на струне.
3. Световая волна в неограниченной изотропной однородной среде.
4. Звуковая волна в воздухе.
5. Электромагнитная волна в полой металлической трубе.

**А.** 1, 2, 3,

**Б.** 2, 3,

**В.** 2, 5,

**Г.** 1, 4,

**Д.** 2, 3, 5.

21.9. Театральный бинокль — труба Галилея — имеет длину  $L=8$  см и дает пятикратное увеличение. Фокусное расстояние окуляра  $F_{ок}$ :

**А.** 3 см,

**Б.** 1 см,

**В.** 1,5 см,

**Г.** 2 см,

**Д.** 5 см.

21.10. Неподвижная частица массой  $M$  распалась на две одинаковые частицы массой  $m=0,3 M$  каждая. Величина скорости одной из частиц  $v$ :

**А.**  $c/3$ ,

**Б.**  $0,8 c$

**В.**  $0,4c$ ,

**Г.**  $c\sqrt{3}/2$ ,

**Д.**  $0,6 c$ .



4. Приращение внутренней энергии положительно.

5. Внутренняя энергия газа не изменяется.

А. 1,

Г. 4,

Б. 2,

Д. 5.

В. 3,

22.5. На рис. 22.5 изображена схема, содержащая две батареи с ЭДС равными  $\epsilon_1=100$  В и  $\epsilon_2=40$  В и конденсаторы емкостью  $C_1=50$  пФ,  $C_2=100$  пФ. Заряд на верхней пластине конденсатора  $C_2$  равен:

А. 5 нКл,

Г. 10 нКл,

Б. -4 нКл,

Д. -6 нКл.

В. 6 нКл,

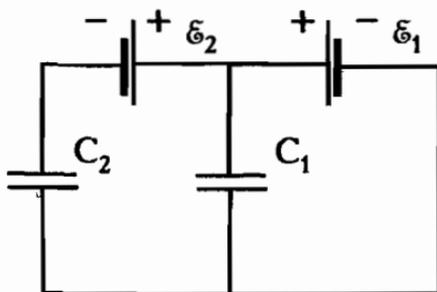


Рис. 22.5

22.6 – 22.7. В схеме рис. 22.6 сопротивления резисторов  $R_1=3$  Ом,  $R_2=4$  Ом,  $R_3=5$  Ом, разность потенциалов  $\varphi_a - \varphi_b = V$ ,  $V=12$  В.

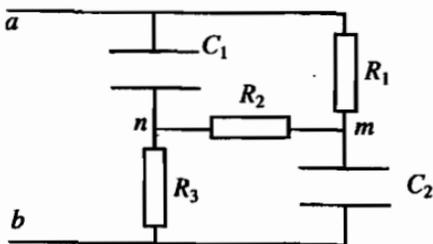


Рис. 22.6

22.6. Разность потенциалов  $\varphi_a - \varphi_b$  равна:

А. 7 В, Г. 3 В,

Б. 6 В, Д. 9 В.

В. 5 В,

22.7. Разность потенциалов  $\varphi_m - \varphi_b$  равна:

А. 7 В, Г. 3 В,

Б. 6 В, Д. 9 В.

В. 5 В,

22.8. Два параллельных гладких металлических стержня расположены в плоскости  $xy$  на расстоянии  $s=0,1$  м и соединены резистором сопротивлением  $R=3$  Ом. По стержням как направляющим перемещается проводник со скоростью  $v=2$  м/с. Вся система находится в однородном магнитном поле индукцией  $\vec{B}=(0, 0, b)$ ,  $b=0,06$  Тл. Стрелкой на рис. 22.8 обозначено положительное направление на контуре. Сила тока и направление тока:

А. 4 мА, в отрицательном направлении,

Б. 4 мА, в положительном направлении,

В. 3 мА, в отрицательном направлении,

Г. 10 мА, в положительном направлении,

Д. 5 мА, в отрицательном направлении.

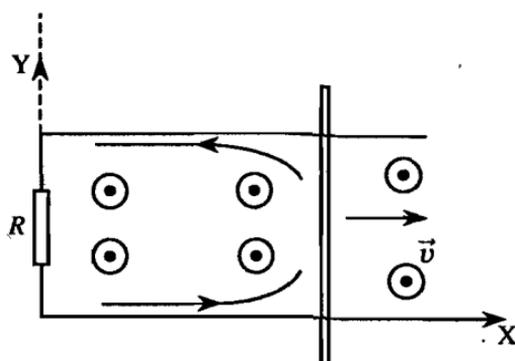


Рис. 22.8

22.9. Преломляющий угол призмы  $\theta = \pi/3$ . Угол падения луча на боковую грань PA равен нулю (рис. 22.9). Луч не выйдет через боковую грань AQ, если коэффициент преломления  $n$ :

- А.  $1 < n < 1,1$ ,
- Б.  $n > 2/\sqrt{2}$ ,
- В.  $n > 1,21$ ,
- Г.  $n > 1,1$ ,
- Д.  $n > 2/\sqrt{3}$ .

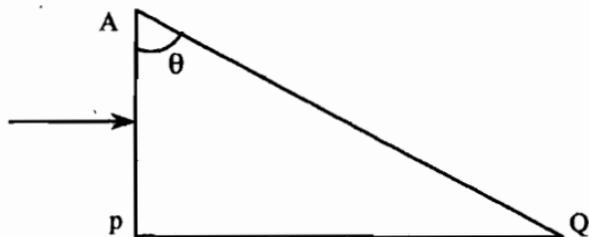


Рис. 22.9

22.10. Неподвижная частица массой  $M$  распалась на две одинаковые частицы массой  $m=0,3 M$  каждая. Кинетическая энергия каждой частицы  $T$ :

- А.  $0,2 Mc^2$ ,
- Б.  $0,3 Mc^2$ ,
- В.  $0,4 Mc^2$ ,
- Г.  $0,5 Mc^2$ ,
- Д.  $0,6 Mc^2$ .

## ТЕСТ 23

23.1. Камень брошен вертикально вверх. На некоторой высоте камень находился в моменты времени  $t_1=1\text{с}$  и  $t_2=3\text{с}$ . Начальная скорость камня  $v_0$ :

- А.* 9,8 м/с,
- Б.* 24,6 м/с,
- В.* 4,9 м/с,
- Г.* 19,6 м/с,
- Д.* 29,4 м/с.

23.2\*. Два астероида представляют собой однородные шары массой  $m$  радиусом  $R$  каждый. В начальный момент времени относительная скорость астероидов, находящихся на расстоянии  $r \gg R$ , равна нулю. Величина относительной скорости астероидов в момент столкновения  $v_{от}$ :

- А.*  $(2Gm/R)^{1/2}$ ,
- Б.*  $2(Gm/R)^{1/2}$ ,
- В.*  $(3Gm/R)^{1/2}$ ,
- Г.*  $(Gm/2R)^{1/2}$ ,
- Д.*  $(3Gm/2R)^{1/2}$ .

23.3 – 23.4. На рис. 23.3 изображен резервуар  $R_1$ , содержащий воздух и слой воды толщиной  $h_1=10$  см. К резервуару присоединена трубка, заполненная водой до уровня высоты  $H=2,1$  м.

23.3. Давление воздуха в резервуаре  $R_1$  превышает атмосферное давление на величину:

- А.* 9,8 кПа,
- Б.* 19,6 кПа,
- В.* 1,8 кПа,
- Г.* 18 кПа,
- Д.* 20,5 кПа.

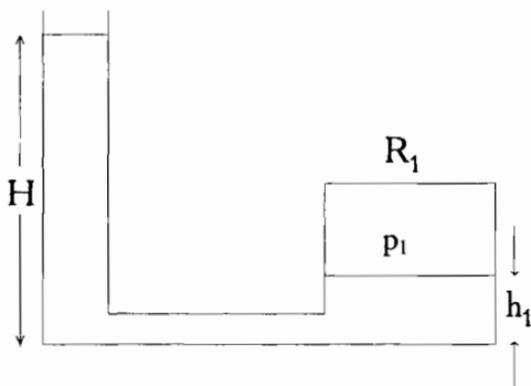


Рис 23 3

23.4. Для увеличения перепада давления использован гидросилитель, изображенный на рис. 23.4. Он представляет собой два резервуара  $R_2$  и  $R_3$ , содержащих ртуть, налитую до уровней высотой  $l_2=1,7$  м и  $l_1=0,2$  м. Разность давлений воздуха  $p_2$  в резервуаре  $R_2$  и давления  $p_1$  в резервуаре  $R_1$  равна:

- А. 152,52 кПа,
- Б. 152 кПа,
- Г. 101,325 кПа,
- Д. 200 кПа.

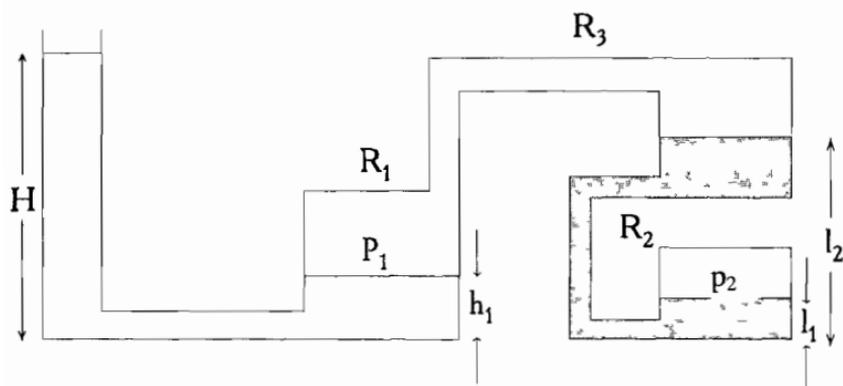


Рис 23 4

23.5. В схеме рис. 23.5 емкости конденсаторов  $C_1=C_2=C_3=C$ ,  $C=10$  нФ. Потенциалы точек  $a$ ,  $b$ ,  $c$  поддерживаются одинаковыми и равными  $\varphi_s=40$  В. Точке  $O$  сообщили заряд  $Q=300$  нКл. Потенциал  $\varphi_0$  точки  $O$ :

- А. 20 В,
- Б. 10 В,
- В. 50 В,
- Г. 40 В,
- Д. 46 В.

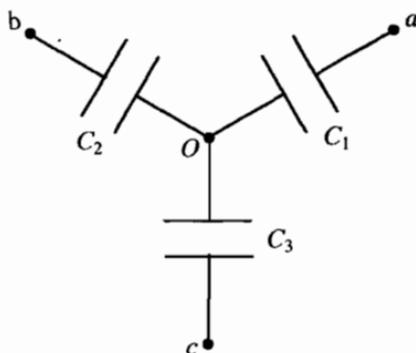


Рис. 23.5

23.6. Паяльник, рассчитанный на напряжение  $U_1=220$  В, подключили в сеть с напряжением  $U_2=110$  В. Мощность, потребляемая паяльником:

- А. Уменьшится в 4 раза,
  - Б. Увеличится в 2 раза,
  - В. Уменьшится в 2 раза,
  - Г. Увеличится в 4 раза,
  - Д. Уменьшится в 8 раз.
- А. А,
  - Б. Б,
  - В. В,
  - Г. Г,
  - Д. Д.

23.7\*. Рамка в виде окружности вращается вокруг оси  $z$ , лежащей в плоскости рамки и проходящей через центр окружности (рис. 23.7). Угол между плоскостью  $xz$  и плоскостью рамки  $\varphi = \omega t$ . Вектор магнитной индукции однородного постоянного поля  $\vec{B} = (0, b, 0)$ ,  $b > 0$ . Стрелкой обозначено положительное направление на контуре рамки. ЭДС индукции достигает максимума при значении угла  $\varphi$ :

- А.  $\pi$ ,
- Б.  $\pi/2$ ,
- В.  $3\pi/2$ ,
- Г.  $2\pi$ ,
- Д.  $\pi/4$ .

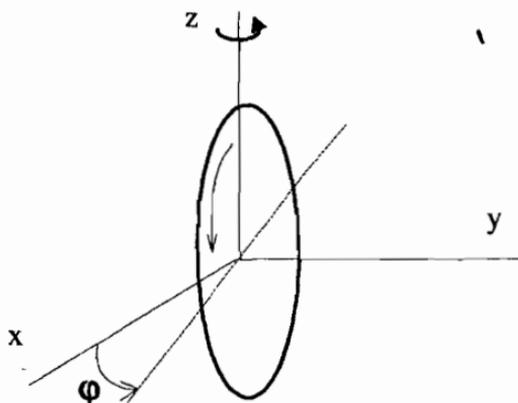


Рис. 23.7

23.8. В процессе распространения звуковой волны в атмосфере:

- А. Давление и плотность воздуха изменяются, температура постоянна.
- Б. Давление и температура воздуха изменяются, плотность воздуха постоянна.
- В. Давление и температура воздуха изменяются, плотность внутренней энергии воздуха постоянна.
- Г. Давление, плотность и температура воздуха изменяются.

**Д.** Давление и плотность воздуха изменяются, плотность внутренней энергии воздуха постоянна.

**А.** А,

**Б.** Б,

**В.** В,

**Г.** Г,

**Д.** Д.

23.9. Труба Кеплера имеет длину  $L=0,5$  м и дает четырехкратное увеличение. Фокусное расстояние объектива  $F_{об}$ :

**А.** 1 м,

**Б.** 0,8 м,

**В.** 0,4 м,

**Г.** 3 м,

**Д.** 0,2 м.

23.10. Реактор РБKM (реактор большой мощности канальный) чернобыльского типа имеет мощность  $P=3200$  МВт, КПД  $\eta=0,31$ . Энергия, продуктов реакции деления урана-235 равна  $U_p=202$  МэВ. Масса урана-235, потребляемого за сутки

**А.** 10,1 кг,

**Б.** 16, 4 кг,

**В.** 66 кг,

**Г.** 3,2 кг,

**Д.** 52 кг.

## ТЕСТ 24

24.1. Камень брошен вертикально вверх с начальной скоростью  $v_0=9,8 \text{ м/с}^2$ . Максимальная высота подъема камня

- А. 12 м,
- Б. 18,2 м,
- В. 14,7 м,
- Г. 9,8 м,
- Д. 4,9 м.

24.2. Центры трех одинаковых частиц массой  $m$  каждая находятся на прямой. Крайней частице сообщили скорость величиной  $v$  вдоль прямой, проходящей через центры частиц. После абсолютно неупругих столкновений частиц кинетическая энергия системы  $T$ :

- А.  $mv^2/2$ ,
- Б.  $mv^2/6$ ,
- В.  $2mv^2/3$ ,
- Г.  $mv^2/3$ ,
- Д.  $3mv^2/2$ .

24.3. Одно и тоже тело может плавать в воде, ртути и нефти. Выталкивающая сила, действующая на тело, принимает наибольшее значение:

- А. в воде,
- Б. в ртути,
- В. в нефти,
- Г. значение выталкивающей силы во всех случаях одинаково,
- Д. в воде и ртути.

- А. А,
- Б. Б,
- В. В,
- Г. Г,
- Д. Д.

24.4. При увеличении объема газа в изотермическом процессе:

1. Внутренняя энергия газа возросла.
2. Газу сообщили количество теплоты.
3. Работа, совершаемая внешними телами, положительна.
4. Давление увеличивается.
5. Внутренняя энергия газа уменьшилась.

- А. 1,  
Б. 2,  
В. 3,  
Г. 4,  
Д. 5.

24.5. Схема на рис. 24.5 содержит батарею, два идеальных диода и три резистора, сопротивления которых  $R_1=R_2=R_3=R$ ,  $R=30$  Ом. ЭДС батареи  $\varepsilon=4,5$  В, внутреннее сопротивление  $r=5$  Ом. Сила тока  $I$ , протекающего через батарею:

- А. 0,3 А,  
Б. 1 А,  
В. 0,5 А,  
Г. 0,1 А,  
Д. 2 А.

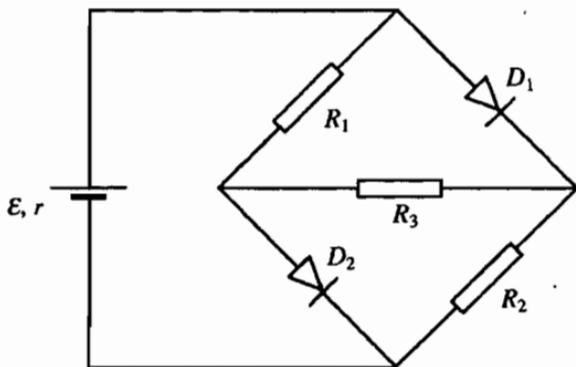


Рис. 24.5

24.6 – 24.7. В схеме на рис. 24.6 сопротивления резисторов одинаковы. Напряжения на каждом резисторе указаны на рисунке. Через резисторы  $R_1$  и  $R_2$  протекает ток силой  $I=0,5$  А.

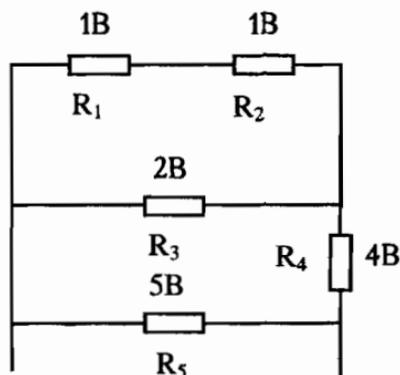


Рис. 24.6

24.6. Неверно отмечено напряжение на резисторе:

- А.  $R_1$ ,
- Б.  $R_2$ ,
- В.  $R_3$ ,
- Г.  $R_4$ ,
- Д.  $R_5$ .

24.7. Резистор  $R_3$  потребляет мощность:

- А. 1 Вт,
- Б. 2 Вт,
- В. 3 Вт,
- Г. 4 Вт,
- Д. 5 Вт.

24.8. Прямоугольная рамка движется с постоянной скоростью через область, занятую однородным постоянным магнитным полем (рис. 24.8). Положительное направление на контуре рамки указано стрелкой. Зависимость силы тока, протекающего по рамке, от времени изображена на графике:

- А. А,

Б. Б,  
В. В,  
Г. Г,  
Д. Д.

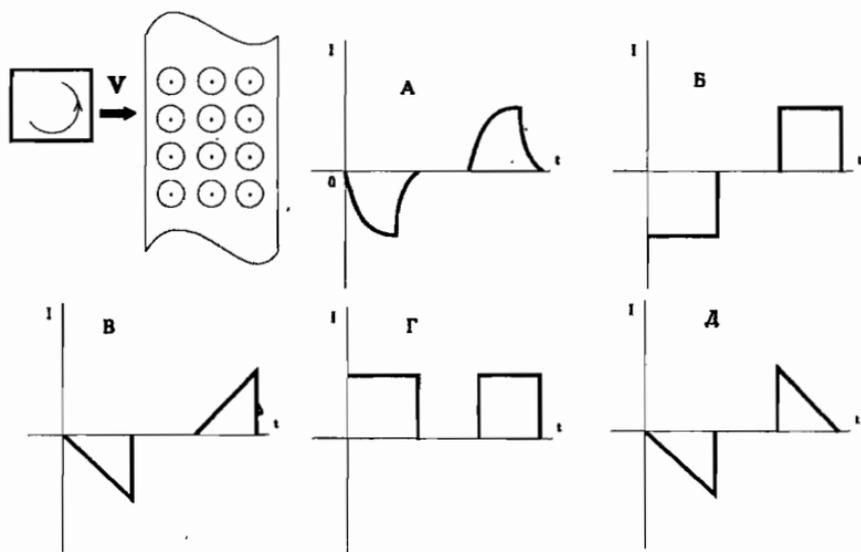


Рис. 24.8

24.9. Фокусирующая система состоит из последовательности собирающих и рассеивающих линз. Расстояния между линзами одинаковы и равны  $s$ . Источник находится на расстоянии  $2s$  от первой линзы. Конфигурация лучей на рис. 24.9 соответствует значениям фокусных расстояний собирающих  $F_c$  и рассеивающих  $F_p$  линз:

- А.  $F_c=s, F_p=-2s,$
- Б.  $F_c=2s, F_p=-s,$
- В.  $F_c=s, F_p=-s/2,$
- Г.  $F_c=2s, F_p=-s,$
- Д.  $F_c=s/2, F_p=-s.$

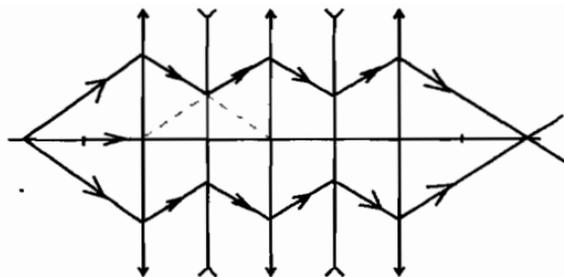


Рис. 24.9

24.10\*. Поглощая нейтрон, ядро урана-235 распадается. Энергии  $\gamma$ -излучения,  $\beta$ -излучения осколков и кинетическая энергия осколков и нейтронов равны в среднем  $U_p=200$  МэВ. Отношение удельной теплоты сгорания урана  $C_U$  к удельной теплоте сгорания нефти  $C_H=4,1 \cdot 10^7$  Дж/кг:

А.  $2 \cdot 10^5$ ,

Б.  $5 \cdot 10^4$ ,

В.  $4 \cdot 10^5$ ,

Г.  $2 \cdot 10^6$ ,

Д.  $10^6$ .

## ТЕСТ 25

25.1. Тело падает с начальной скоростью  $v(0)=0$ . За промежуток времени от  $t_1=1$  с до  $t_2=2$  с тело пролетает расстояние  $s$ :

- А.* 14,7 м,
- Б.* 3,675 м,
- В.* 24 м,
- Г.* 6,24 м,
- Д.* 16 м.

25.2. Частица массой  $m_1=m$  и атом массой  $m_2=4m$  имеют одинаковые кинетические энергии  $E$  и движутся навстречу друг другу. В результате абсолютно неупругого столкновения полная энергия атома возросла на величину  $U$ :

- А.* 0,25  $E$ ,
- Б.* 1,5  $E$ ,
- В.* 0,8  $E$ ,
- Г.* 0,6  $E$ ,
- Д.* 0,2  $E$ .

25.3. В сосуде с водой плавает банка, в которой находится кусок пенопласта. Кусок пенопласта переложили из банки в сосуд. Укажите правильное утверждение:

- А.* Сила давления воды на дно возрастет.
- Б.* Уровень воды повысится.
- В.* Уровень воды в сосуде не изменится.
- Г.* Сила давления воды на дно уменьшится.
- Д.* Уровень воды понизится.

- А.* А,
- Б.* Б,
- В.* В,
- Г.* Г,
- Д.* Д.

25.4 – 25.5. Пусть  $Q$  — количество теплоты, переданное газу,  $A'$  — работа, совершаемая газом над внешними телами,  $\Delta U$  — приращение внутренней энергии.

25.4. В процессе изотермического расширения:

- А.  $Q < 0, A' > 0,$
- Б.  $Q=0, A' > 0,$
- В.  $Q=0, A' < 0,$
- Г.  $Q > 0, A' > 0,$
- Д.  $\Delta U > 0, A' > 0.$

25.5. В процессе адиабатического расширения:

- А.  $Q < 0, A' > 0,$
- Б.  $\Delta U=0, A' > 0,$
- В.  $\Delta U < 0, A' < 0,$
- Г.  $\Delta U > 0, A' > 0,$
- Д.  $\Delta U < 0, A' > 0.$

25.6. Каждое ребро металлического каркаса куба на рис. 25.6 имеет одинаковое сопротивление. Разность потенциалов  $\varphi_a - \varphi_n = V$ . Разность потенциалов между точками  $b$  и  $m$ :

- А.  $2V/3,$
- Б.  $4V/5,$
- В.  $V/5,$
- Г.  $2V/5,$
- Д.  $V/3.$

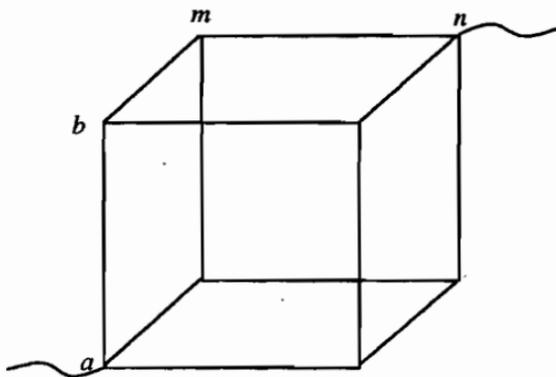


Рис. 25.6

25.7\*. В схеме рис. 25.7 два параллельных провода АВ и MN соединены резисторами с сопротивлениями  $R_1=5$  Ом,  $R_2=20$  Ом. Вся схема находится в однородном магнитном поле. Вектор магнитной индукции перпендикулярен плоскости АВМN, величина индукции  $B=4 \cdot 10^{-2}$  Тл. По проводам перемещают вправо перемычку CD длиной  $L=0,1$  м со скоростью  $v=0,1$  м/с. Стрелкой указано положительное направление тока. Сила тока  $I$ , протекающего через перемычку:

- А. 2 мА,
- Б.  $-0,1$  мА,
- В.  $-10$  мА,
- Г. 80 мкА,
- Д.  $-0,2$  мА.

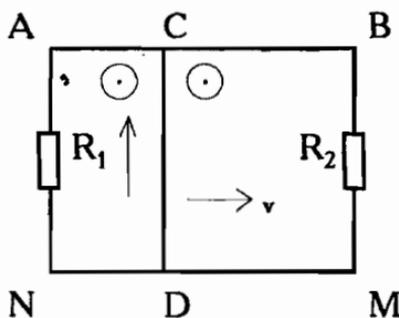


Рис. 25.7

25.8. Скорость звука в воздухе  $c = \sqrt{np/\rho}$ , где  $p$  — давление,  $\rho$  — плотность газа. Скорость звука пропорциональна

- А.  $T^{1/2}$ ,
- Б.  $T^{1/4}$ ,
- В.  $T$ ,
- Г.  $T^{3/4}$ ,
- Д.  $T^2$ .

25.9. Человек четко видит без очков изображение своего лица в плоском зеркале, располагая зеркало на расстоянии

$d=25$  см. Обычно человек пользуется очками с оптической силой  $D$ :

- А.**  $-3$  дптр,
- Б.**  $1$  дптр,
- В.**  $0,5$  дптр,
- Г.**  $2$  дптр,
- Д.**  $0,2$  дптр.

25.10. В 1900 г. немецкий физик М. Планк предположил, что:

**А.** Атомы излучают электромагнитную энергию отдельными порциями — квантами.

**Б.** Полная энергия атома может принимать дискретные значения.

**В.** Полная энергия гармонического осциллятора — модели атома — кратна целому числу наименьших порций энергии  $h\nu$ .

**Г.** Энергия каждой порции излучения пропорциональна частоте световой волны.

**Д.** Излучение имеет прерывистую структуру.

- А.** А,
- Б.** Б,
- В.** В,
- Г.** Г,
- Д.** Д.

## ТЕСТ 26

26.1. Дальность полета снаряда, летящего по навесной траектории, равна максимальной высоте подъема  $H=3200$  м. При той же дальности полета максимальная высота настильной траектории:

- А. 100 м,
- Б. 200 м,
- В. 400 м,
- Г. 800 м,
- Д. 1600 м.

26.2. На наклонной плоскости, установленной на платформе массой  $m_1=950$  кг, находится клин массой  $m_2=50$  кг (рис. 26.2). Длина платформы  $AB$  равна  $l_1=10$  м, длина стороны клина  $CD$  равна  $l_2=4$  м. Клин смещается к правому торцу платформы. Расстояние  $s$ , на которое переместилась платформа:

- А. 0,8 м,
- Б. 1,6 м
- В. 0,3 м,
- Г. 1 м,
- Д. 0,6 м.

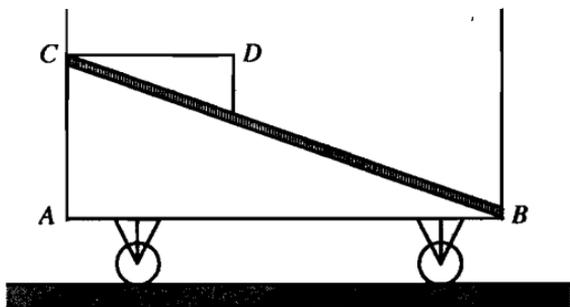


Рис. 26.2

26.3. В вертикальной плоскости движется стержень  $AB$  (рис. 26.3). Скорости  $\vec{v}_A$ ,  $\vec{v}_B$  точек  $A$  и  $B$  образуют углы  $\pi/4$  с прямой, на которой находится стержень. Величины скоростей  $v_A=v_B=v_0$ . Величина скорости точки  $C$  — середины стержня  $v_C$ :

- |                      |                    |
|----------------------|--------------------|
| А. $v_0/\sqrt{2}$ ,  | Г. $v_0\sqrt{2}$ , |
| Б. $3v_0/\sqrt{2}$ , | Д. $v_0$ .         |
| В. $v_0/\sqrt{3}$ ,  |                    |

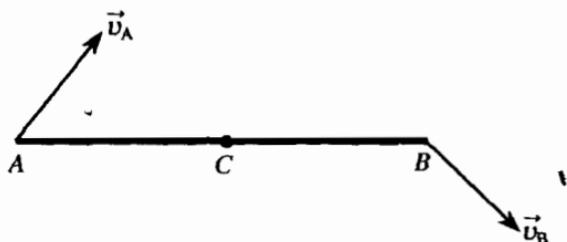


Рис. 26.3

26.4. На рис. 26.4 изображен график циклического процесса  $a-b-c-a$  с идеальным газом в координатах  $Tr$ . Отношение максимального объема к минимальному:

- |       |       |
|-------|-------|
| А. 6, | Г. 2, |
| Б. 3, | Д. 4. |
| В. 8, |       |

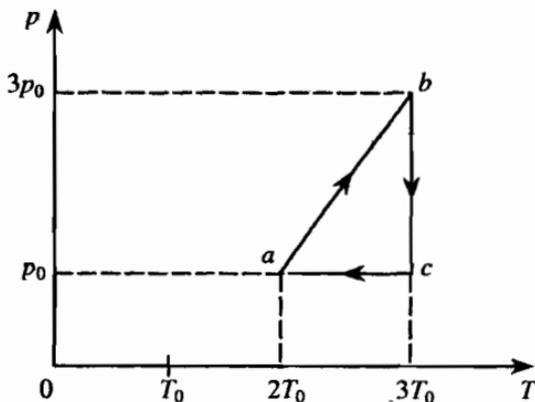


Рис. 26.4

26.5. Стальное лезвие бритвы толщиной  $d=0,08$  мм изогнуто в полукольцо. Внешние слои лезвия растянуты, в внутренние сжаты. На средней линии радиусом  $R=1$  см деформация отсутствует. Модуль Юнга стали  $E=2 \cdot 10^{11}$  Па. Напряжение  $\sigma$ :

А.  $8 \cdot 10^{10}$  Па,

Б.  $5 \cdot 10^{11}$  Па,

В.  $2 \cdot 10^{11}$  Па,

Г.  $4 \cdot 10^9$  Па,

Д.  $8 \cdot 10^8$  Па.

26.6. Ребра правильного тетраэдра ABCD образуют проволочный каркас. Сопротивление каждого ребра равно  $r=1$  Ом. Разность потенциалов между точками А и В равна  $U=4$  В. Мощность, потребляемая проволочным каркасом:

А. 4 Вт,

Б. 32 Вт,

В. 8 Вт,

Г. 2 Вт,

Д. 16 Вт.

26.7\*. В схеме рис. 26.7 напряжение, создаваемое генератором  $V=10$  В, сопротивления резисторов  $r=2,5$  Ом,  $R=100$  Ом, индуктивность катушки  $L=0,1$  Гн. Вначале ключ К разомкнут. В момент времени  $t=0$  ключ замыкают. Заряд, который пройдет через резистор R:

А. 0,25 Кл,

Б. 2 мКл,

В. 0,16 Кл,

Г. 4 мКл,

Д. 0,4 Кл.

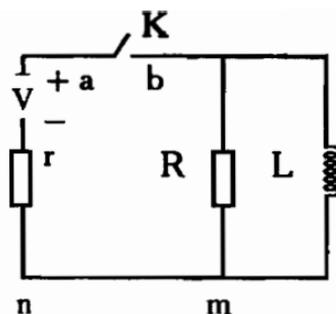


Рис. 26.7

26.8. При гармонических колебаниях математического маятника максимальное значение кинетической энергии равно 1 Дж, максимальное значение потенциальной энергии равно 1 Дж. Полная энергия маятника  $E$ :

- А. изменяется от 0 до 1 Дж;
- Б. изменяется от 0 до 2 Дж;
- В. постоянна и равна 2 Дж;
- Г. изменяется от 1 Дж до 2 Дж;
- Д. постоянна и равна 1 Дж.

- А. А,
- Б. Б,
- В. В,
- Г. Г,
- Д. Д.

26.9. Близорукий и дальнозоркий обменялись очками. Дальнозоркий обнаружил, что может четко видеть бесконечно удаленные предметы. Близорукий может без напряжения читать книгу на расстоянии  $s$ :

- А. 12,5 см,
- Б. 0,25 см,
- В. 25 см,
- Г. 50 см,
- Д. 200 см.

26.10. Образуем величину  $k = m^2 c^3 / e \hbar$ , где  $\hbar = h/2\pi$ ,  $h$  — постоянная Планка,  $e$ ,  $m$  — заряд и масса электрона. Размерность  $k$ :

- А.** Дж;
- Б.** Ом;
- В.** В/м;
- Г.** В;
- Д.** кг.

## ТЕСТ 27

27.1. Продолжительность полета мяча, брошенного под углом к горизонту  $T=2c$ . Максимальная высота подъема мяча  $H$ :

- А. 18 м;
- Б. 9,6 м;
- В. 4,9 м;
- Г. 19,6 м;
- Д. 9,8 м.

27.2. Мотоциклист движется по внутренней поверхности вертикального кругового цилиндра радиусом  $R=6$  м. Коэффициент трения между шинами и поверхностью цилиндра  $\mu=0,4$ . Наименьшая величина скорости мотоциклиста:

- А. 25 м/с,
- Б. 6 м/с,
- В. 16,2 м/с,
- Г. 7,8 м/с,
- Д. 12,1 м/с.

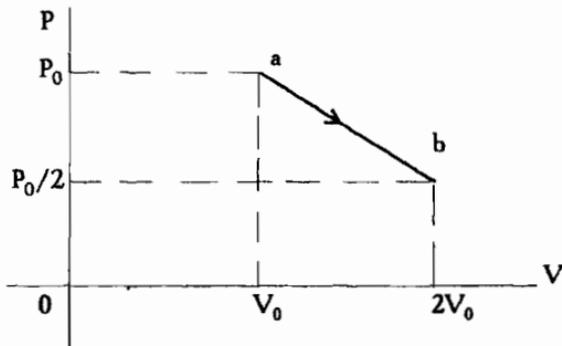
27.3. В сосуде с водой плавает банка, в которой находится кусок свинца. Кусок свинца переложили из банки в сосуд. Укажите правильное утверждение:

- А. Сила давления воды на дно возрастет.
- Б. Уровень воды понизится
- В. Уровень воды в сосуде не изменится.
- Г. Сила давления воды на дно увеличится.
- Д. Уровень воды повысится.

27.4. На рис. 27.4 изображен график процесса  $ab$  в координатах давление-объем. При переходе из состояния  $p_0, V_0$  в состояние  $p_0/2, 2V_0$  газу сообщили количество теплоты:

- А.  $3p_0V_0/4$ ,
- Б.  $p_0V_0/2$ ,

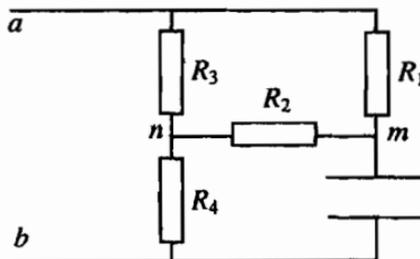
- В.**  $p_0 V_0 / 4$ ,
- Г.**  $p_0 V_0$ ,
- Д.**  $2 p_0 V_0$ .



*Рис. 27.4*

27.5 – 27.6. В схеме рис. 27.5 сопротивления резисторов  $R_1=2 \text{ Ом}$ ,  $R_2=4 \text{ Ом}$ ,  $R_3=3 \text{ Ом}$ ,  $R_4=1 \text{ Ом}$ , разность потенциалов  $\varphi_a - \varphi_b = V$ ,  $V=18 \text{ В}$ .

- 27.5. Разность потенциалов между точками *a* и *n* равна:
- А.** 6 В,
  - Б.** 4 В,
  - В.** 14 В,
  - Г.** 12 В,
  - Д.** 8 В.



*Рис. 27.5*

27.6. Разность потенциалов между точками  $m$  и  $b$  равна:

А. 6 В,

Г. 12 В,

Б. 4 В,

Д. 8 В.

В. 14 В,

27.7. Катушка индуктивности последовательно соединена с двумя резисторами, сопротивления которых равны  $R_1=1$  Ом и  $R_2=3$  Ом. В начальный момент времени энергия магнитного поля катушки равна  $W_0$ . Количества теплоты, выделившиеся в резисторах:

А.  $Q_1=W_0/4$ ,  $Q_2=3W_0/4$ ,

Б.  $Q_1=3W_0/4$ ,  $Q_2=W_0/4$ ,

В.  $Q_1=2W_0/3$ ,  $Q_2=W_0/3$ ,

Г.  $Q_1=W_0/3$ ,  $Q_2=2W_0/3$ ,

Д.  $Q_1=4W_0/5$ ,  $Q_2=W_0/5$ .

27.8\*. Труба органа длиной  $H$  открыта с двух сторон. Наибольшая длина стоячей волны, которую можно возбудить в трубе:

А.  $4H$ ,

Б.  $3H/4$ ,

В.  $H$ ,

Г.  $2H$ ,

Д.  $H/2$ .

27.9. Экран расположен на расстоянии  $b=4$  см от отверстия, в которое вставлена собирающая линза радиусом  $R=3$  см. На линзу падает сходящийся пучок лучей, образующий на экране круг радиусом  $r=1$  см. Если линзу убрать, то радиус круга не изменится. Фокусное расстояние линзы  $F$ :

А. 1 см,

Б. 6 см,

В. 3 см,

Г. 2 см,

Д. 10 см.

27.10. Граничная длина волны для материала катода фотоэлемента  $\lambda_m=1$  мкм. Зеленый свет с длиной волны  $\lambda=500$  нм падает на катод ( $hc=1242$  эВ·нм). Сила тока через фотоэлемент обращается в ноль при величине тормозящей разности потенциалов анода и катода  $\Delta\phi$ :

- А.** 1,28 В,
- Б.** 2,484 В,
- В.** 1,75 В,
- Г.** 4,24 В,
- Д.** 1,242 В.

## ТЕСТ 28

28.1. Сосулька падает с карниза. Первую половину пути она пролетела за интервал времени  $T=2$  с. До поверхности земли осталось лететь:

- А. 0,82 с,
- Б. 0,41 с,
- В. 1,41 с,
- Г. 2 с,
- Д. 2,41 с.

28.2 – 28-3. В положении равновесия шарик на рис. 28.2 сообщили начальную скорость  $v_0=(2gl)^{1/2}$ , где  $l$  — длина нити.

28.2. Величина силы натяжения нити в положении  $\varphi=\pi/2$ :

- А.  $3mg$ ,
- Б. 0,
- В.  $mg$ ,
- Г.  $2mg$ ,
- Д.  $3mg/2$ .

28.3. Величина силы натяжения нити при прохождении положения равновесия:

- А. 0,
- Б.  $mg/2$ ,
- В.  $mg$ ,
- Г.  $3mg$ ,
- Д.  $3mg/2$ .

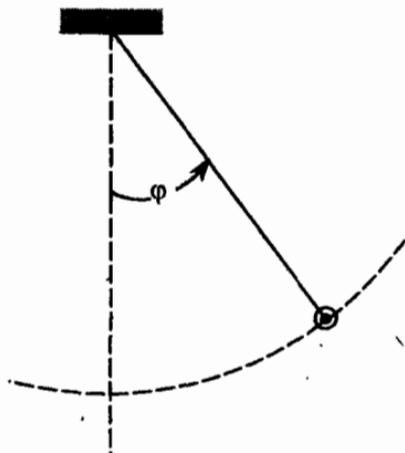


Рис. 28.2

28.4. В сосуде объеме  $V_1=0,3 \text{ м}^3$  находится насыщенный пар при температуре  $t=100^\circ \text{ С}$ . При изотермическом сжатии до объема  $V_2=0,1 \text{ м}^3$  совершена работа  $A$ :

- А. 10 кДж,
- Б. 30 кДж,
- В. 20 кДж,
- Г. 10 кДж,
- Д. 200 кДж.

28.5. Высокоомный вольтметр, подключенный к батарейке, показал напряжение  $V_1=6 \text{ В}$ . Когда к зажимам батареи подключили лампочку, вольтметр показал напряжение  $V_2=3 \text{ В}$ . Если вместо одной подключить две лампочки, соединенных последовательно, то вольтметр покажет напряжение  $V_3$ :

- А. 1 В,
- Б. 2 В,
- В. 3 В,
- Г. 4 В,
- Д. 5 В.

28.6. По прямолинейному каналу течет вода со скоростью  $v=5$  м/с. В месте расположения канала вертикальная компонента индукции магнитного поля Земли  $B=50$  мкТл. Горизонтальная компонента напряженности электрического поля, возникающего в воде:

- А. 10 мВ/м,
- Б. 0,25 мВ/м,
- В. 0,5 мкВ/м,
- Г. 1 мВ/м,
- Д. 2,5 мкВ/м.

28.7 – 28.8. Удлинение пружины, к которой подвесили два груза массами  $m_1=3m$  и  $m_2=2m$ , равно  $b$ .

28.7. Амплитуда колебаний системы после того, как нижний груз  $m_2$  оторвался:

- А.  $b/5$ ,
- Б.  $2b/5$ ,
- В.  $3b/5$ ,
- Г.  $5b/2$ ,
- Д.  $3b/2$ .

28.8. Частота колебаний оставшейся части груза:

- А.  $(k/3m)^{1/2}$ ,
- Б.  $(3k/2m)^{1/2}$ ,
- В.  $(k/5m)^{1/2}$ ,
- Г.  $(2k/m)^{1/2}$ ,
- Д.  $(k/m)^{1/2}$ .

28.9. С помощью собирающей линзы с фокусным расстоянием  $F$  получают изображение квадрата  $ABCD$  со стороной  $a=F/2$ . Сторона  $AB$  находится на расстоянии  $d_1=3F/2$  от линзы, сторона  $CD$  — на расстоянии  $d_2=2F$ , средняя линия — на оптической оси. Отношение площади изображения к площади квадрата:

- А. 1,

- Б. 4,**
- В. 3,**
- Г. 6,**
- Д. 8.**

28.10. Неподвижный атом водорода находится в первом возбужденном состоянии с квантовым числом  $n=2$ . Поглотив фотон с энергией, равной 0,24 энергии ионизации, атом водорода перешел в состояние с квантовым числом  $n_f$  :

- А. 8,**
- Б. 5,**
- В. 15,**
- Г. 6,**
- Д. 10.**

## ТЕСТ 29

29.1. Сосулька падает с карниза. За последнюю секунду движения она пролетела  $3/4$  часть всего пути. Интервал времени падения  $T$ :

А. 4 с,

Г. 3 с,

Б. 0,5 с,

Д. 2 с.

В. 1 с;

29.2. В положении равновесия шарик на рис. 28.2 сообщили начальную скорость  $v_0=(2gl)^{1/2}$ , где  $l$  — длина нити. Значение косинуса угла  $\varphi$ , при котором вектор ускорения направлен по горизонтали:

А.  $1/\sqrt{5}$ ,

Г.  $1/\sqrt{3}$ ,

Б.  $1/\sqrt{2}$ ,

Д.  $\sqrt{3}/4$ .

В.  $\sqrt{3}/2$ ,

29.3. Лыдина плавает в воде. Плотность льда  $0,9 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>. Объем надводной части льдины  $V_n=20$  м<sup>3</sup>. Объем льдины  $V$ :

А. 200 м<sup>3</sup>,

Б. 50 м<sup>3</sup>.

В. 100 м<sup>3</sup>,

Г. 300 м<sup>3</sup>,

Д. 75 м<sup>3</sup>.

29.4. В результате работы  $A=10$  МДж, совершенной мотором холодильника, из морозильной камеры отвели  $Q_1=40$  МДж теплоты. Количество теплоты, поступившей в комнату  $Q'_2$ :

А. 10 МДж;

Б. 30 МДж;

В. 50 МДж;

Г. 40 МДж,

Д. 60 МДж.

29.5. Энергия электрического поля конденсатора  $U_e=30$  Дж. В схеме на рис. 29.5 сопротивления резисторов  $R_1=6$  Ом,  $R_2=4$  Ом. После замыкания ключа в резисторе  $R_2$  выделилось количество теплоты  $Q_2$ :

- А. 20 Дж;
- Б. 12 Дж;
- В. 15 Дж;
- Г. 18 Дж,
- Д. 10 Дж.

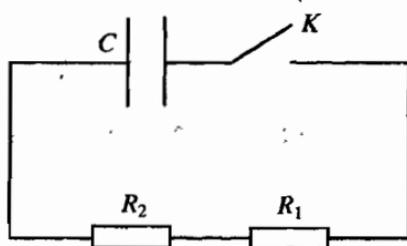


Рис. 29.5

29.6. Шарик совершает гармонические колебания. В точках, удаленных от положения равновесия на половину и одну треть амплитуды колебаний, отношение амплитуд скоростей:

- А.  $\frac{2}{3}$ ,
- Б.  $\frac{3\sqrt{3}}{4}$ ,
- В.  $\frac{3}{4}\sqrt{\frac{3}{2}}$ ,
- Г.  $\frac{4}{3}\sqrt{\frac{3}{2}}$ ,
- Д.  $\frac{3}{2}$ .

29.7. Индуктивность катушки —  $L$ . От провода намотки в середине катушки сделали отвод и получили две катушки с индуктивной связью. Коэффициент взаимоиנדукции  $M$ :

А.  $3L/4$ ,

Б.  $L$ ,

В.  $2L$ ,

Г.  $L/2$ ,

Д.  $L/4$ .

29.8. Тело, температура которого отлична от нуля, излучает электромагнитные волны. При комнатной температуре максимум интенсивность излучения лежит в диапазоне длин волн:

А. 0,1 м — 1 мм,

Б. 1 мм — 760 нм,

В. 760 нм — 390 нм,

Г. 10 нм — 400 нм,

Д. 0,01 нм — 10 нм.

29.9. Предметы помещают на расстоянии большем фокусного расстояния собирающей линзы. Увеличение предмета, расположенного в плоскости, проходящей перпендикулярно главной оптической оси в точке А, равно  $k_1=1$ , а расположенного в плоскости, проходящей через точку В равно  $k_2=2$ . Увеличение предмета  $k$ , расположенного в плоскости, проходящей через середину отрезка АВ:

А.  $4/3$ ,

Б. 2,

В.  $5/2$ ,

Г.  $3/4$ ,

Д. 6

29.10. При переходе из стационарного состояния с полной энергией  $E_1$  в состояние с энергией  $E_2$  неподвижный атом во-

дорода поглощает фотон (скорость света —  $c$ , постоянная Планка —  $h$ ). Длина волны поглощенного излучения:

*A.*  $h/c(E_2-E_1)$ ,

*Б.*  $hc/(E_1-E_2)$ ,

*В.*  $(E_2-E_1)/hc$ ,

*Г.*  $hc/(E_2-E_1)$ ,

*Д.*  $c(E_2-E_1)/h$ .

## ТЕСТ 30

30.1. Жонглер бросил шарик вертикально вверх. Когда шарик достиг максимальной высоты  $H=2$  м относительно точки бросания, был брошен второй шарик с той же начальной скоростью. Шарик встретился на высоте  $h$ :

- А. 1 м,
- Б. 1,25 м,
- В. 1,5 м,
- Г. 0,75 м,
- Д. 0,5 м.

30.2. На рис. 30.2 в плоскости  $xu$  изображены четыре точечные массы  $m_1=m$ ,  $m_2=2m$ ,  $m_3=3m$ ,  $m_4=4m$ , расположенные в вершинах квадрата со стороной  $a$ , и частица массой  $m_5=5m$  в центре квадрата. Координаты центра тяжести системы:

- А.  $(3a/5, a/2)$ ,
- Б.  $(2a/10, a/4)$ ,
- В.  $(3a/5, a/2)$ ,
- Г.  $(2a/10, 0)$ ,
- Д.  $(2a/15, 0)$ .

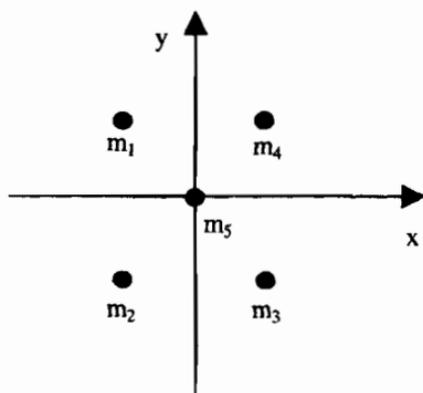


Рис. 30.2



30.6\*. Работа, совершаемая батареей  $\epsilon_2$ :

- А.*  $4C\epsilon^2$ ,
- Б.*  $-20C\epsilon^2$ ,
- В.*  $-4C\epsilon^2$ ,
- Г.*  $12C\epsilon^2$ ,
- Д.*  $5C\epsilon^2$ ,

30.7\*. Количество теплоты, выделившееся в батарее  $\epsilon_2$ :

- А.*  $10C\epsilon^2$ ,
- Б.*  $12C\epsilon^2$ ,
- В.*  $16C\epsilon^2$ ,
- Г.*  $8C\epsilon^2$ ,
- Д.*  $C\epsilon^2$ .

30.8. Напряженность электрического поля плоской монохроматической электромагнитной волны  $E_x = E_0 \cos[k(ct - z)]$ ,  $E_y = E_z = 0$ , где  $k = 3,14 \text{ см}^{-1}$ ,  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$ . Частота волны:

- А.* 15 МГц,
- Б.* 600 ГГц,
- В.* 15 ГГц,
- Г.* 30 ГГц,
- Д.* 1 МГц.

30.9. Плоское зеркало, расположенное в вертикальной плоскости, может вращаться вокруг горизонтальной оси. На расстоянии  $R$  от оси находится светящаяся точка  $A$  (рис. 30.9). Расстояние  $b$  между изображением точки и изображением, которое образуется после поворота зеркала на угол  $\alpha = \pi/6$ :

- А.*  $R$ ,
- Б.*  $R/2$ ,
- В.*  $\sqrt{3} R/2$ ,
- Г.*  $R$ ,
- Д.*  $2R$ .

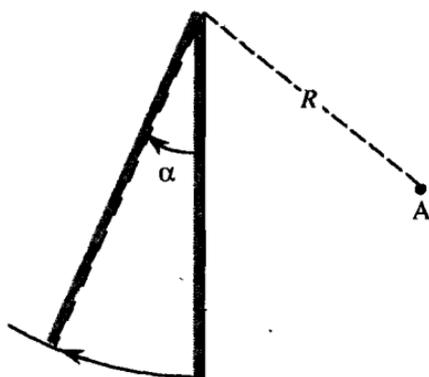


Рис. 30.9

30.10. На катод фотоэлемента падает свет с энергией квантов излучения равной  $E_0$ . Работа выхода электрона равна  $A$ . Скорость выбитых электронов, достигших анода, равна нулю.

Работа, совершаемая задерживающим полем  $A_e$ :

- А.  $E_0 - A$ ,
- Б.  $A + E_0$ ,
- В.  $A - E_0$ ,
- Г.  $-A - E_0$ ,
- Д.  $A - 2E_0$ .

## ТЕСТ 31

31.1\*. Через равные интервалы времени жонглер бросает три шарика вертикально вверх с одинаковыми начальными скоростями  $v_0=4,9$  м/с. В некоторый момент времени  $T$  первый и третий шарик находятся на одном уровне. В момент времени  $T$  высота, на которой находится второй шарик  $h$ :

- А. 9,8 м,
- Б. 1,225 м,
- В. 4,9 м,
- Г. 2,235 м,
- Д. 4 м.

31.2. Частица соскальзывает с нулевой начальной скоростью с вершины гладкой полусферы радиусом  $R$ . Значение высоты, на которой частица оторвется от сферы  $h$ :

- А.  $2R/4$ ,
- Б.  $R/3$ ,
- В.  $R/4$ ,
- Г.  $2R/3$ ,
- Д.  $R/2$ .

31.3. Цилиндрический тонкостенный сосуд массой  $m=100$  г, высотой  $H=0,3$  м с площадью основания  $S=10$  см<sup>2</sup> плавает в бассейне с водой. В дне оказалось отверстие и сосуд заполняется водой. Масса воды  $M$ , притекшей в сосуд до затопления:

- А. 200 г,
- Б. 50 г,
- В. 100 г,
- Г. 300 г,
- Д. 150 г.

31.4. При нагревании  $\nu$  молей водорода при постоянном объеме давление газа увеличилось в три раза. Начальная тем-

пература  $T_0$ . Количество теплоты  $Q$ , переданное газу нагревателем:

- А.  $3\nu RT_0$ ,
- Б.  $5\nu RT_0/2$ ,
- В.  $7\nu RT_0/2$ ,
- Г.  $4\nu RT_0$ ,
- Д.  $5\nu RT_0$ .

31.5. В схеме на рис. 31.5 сопротивления резисторов  $R_1=1$  Ом,  $R_2=2$  Ом,  $R_3=3$  Ом, разность потенциалов  $\varphi_a - \varphi_b = V$ . Каждый из резисторов может потреблять мощность  $P \leq 1$  Вт.

Максимальное значение общей мощности, потребляемой схемой:

- А. 1,2 Вт,
- Б. 2,2 Вт,
- В. 2 Вт,
- Г. 2,8 Вт,
- Д. 1,8 В.

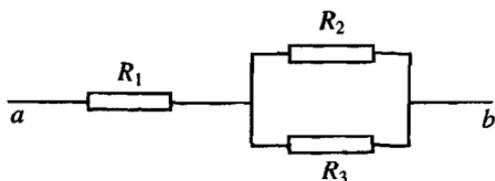


Рис. 31.5

31.6. В схеме на рис. 31.6 содержит генератор напряжения с ЭДС  $\varepsilon(t) = \varepsilon_0 \cos \omega t$ , две одинаковые лампы, два идеальных диода и ключ. Отношение мощностей  $P'/P$ , потребляемых лампой  $L_1$  после и до замыкания ключа:

- А.  $1/2$ ,
- Б.  $1/8$ ,
- В.  $1/4$ ,
- Г. 2,
- Д. 4.

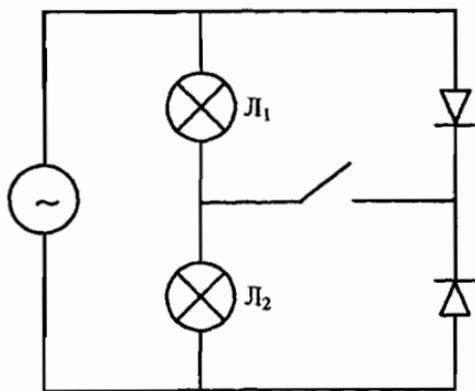


Рис. 31.6

31.7. Координата, определяющая смещение шарика от положения устойчивого равновесия,  $x(t) = A \sin \omega t$ . Отношение величин скоростей в точке, отстоящей от положения равновесия на три пятых амплитуды колебаний и в положении равновесия равно:

- А.  $1/5$ ,
- Б.  $3/5$ ,
- В.  $4/5$ ,
- Г.  $2/10$ ,
- Д.  $2/5$ .

31.8 — 31.9. Компоненты вектора напряженности электрического поля плоской электромагнитной волны

$$E_x = a \cos(\omega t - kz), E_y = a \cos(\omega t - kz + \varphi), E_z = 0.$$

31.8. Линейно-поляризованной волне соответствует значение фазы  $\varphi$  равно:

- А.  $\pi/6$ ,
- Б.  $\pi/2$ ,
- В.  $\pi/3$ ,
- Г.  $\pi/4$ ,
- Д.  $\pi$ .

31.9. Циркулярно-поляризованной волне соответствует значение фазы  $\varphi$  равное:

*А.*  $\pi/6$ ,

*Б.*  $\pi/2$ ,

*В.*  $\pi/3$ ,

*Г.*  $\pi/4$ ,

*Д.*  $\pi$ .

31.10. В мезоатоме один из электронов оболочки замещен  $\mu^-$ - мезоном, имеющим заряд равный заряду электрона и массе  $m=207m_e$ . Радиус мезоатома  $r_\mu$ , состоящего из протона и  $\mu^-$  мезона связан с радиусом атома водорода приближенным соотношением:

*А.*  $r_\mu=r_H/207$ ,

*Б.*  $r_\mu=207r_H$ ,

*В.*  $r_\mu=r_H$ ,

*Г.*  $r_\mu=r_H/207^2$ ,

*Д.*  $r_\mu=207^2r_H$ .

## ТЕСТ 32

32.1\* – 32.2\*. Через равные интервалы времени  $T$  жонглер бросает мячи вертикально вверх с одинаковыми начальными скоростями. Каждый мяч находится в полете в течение времени  $4T$ . В момент бросания четвертого мяча расстояние между вторым и третьим мячами  $b$ .

32.1\*. Интервал времени  $T$ :

А.  $\sqrt{2b/3g}$ ,

Б.  $\sqrt{2b/g}$ ,

В.  $\sqrt{b/g}$ ,

Г.  $\sqrt{3b/g}$ ,

Д.  $\sqrt{3b/2g}$ .

32.2\*. Максимальная высота подъема мячей  $H$ :

А.  $3b$ ,

Б.  $5b$ ,

В.  $4b$ ,

Г.  $4b/3$ ,

Д.  $2b$ .

32.3. В банке с водой плавает тело массой  $m$ . Плотность тела равна  $2/3$  плотности воды. Затем с помощью тонкого стержня его полностью погружают в воду, прикладывая силу, наименьшее значение которой  $F$ :

А.  $mg$ ,

Б.  $mg/2$ ,

В.  $mg/4$ ,

Г.  $3mg/4$ ,

Д.  $2mg/3$ .

32.4. На рис. 32.4 изображен циклический процесс: точки  $a$  и  $b$  лежат на изотерме, точки  $b$  и  $c$  на изохоре. Рабочее тело — идеальный газ — совершило работу  $A' = Q_2 - Q'_1$ , где  $Q_2$  — количество теплоты, полученное от нагревателя в процессе  $b - c$ ,  $Q'_1$  — количество теплоты, переданное холодильнику в изотермическом процессе  $a - b$ . Работа  $A'_{ca}$ , совершаемая газом в процессе  $c - a$ , равна:

- А.  $Q_2$ ,
- Б.  $Q'_1 + Q_2$ ,
- В.  $Q'_1$ ,
- Г.  $A' - Q'_1$ ,
- Д.  $A' + Q_2$ .

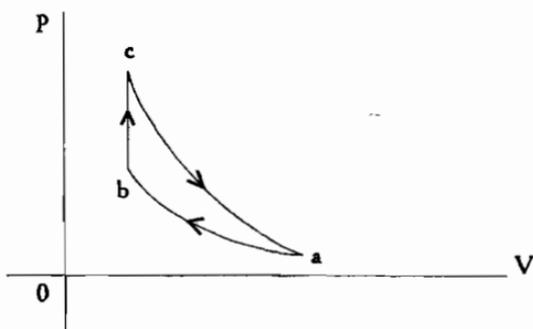


Рис. 32.4

32.5 – 32.6. В схеме, приведенной на рис. 32.5 четыре резистора имеют равные сопротивления. Разность потенциалов  $\varphi_a - \varphi_b = 10$  В, резистор  $R_1$  потребляет мощность  $P_1 = 18$  Вт.

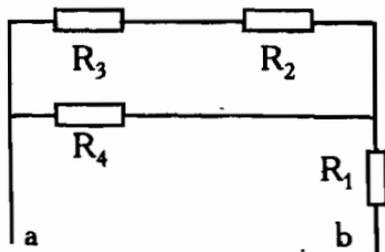


Рис. 32.5

31–2.5 Напряжение  $V_4$  на резисторе  $R_4$  равно:

- А. 1 В,
- Б. 2 В,
- В. 4 В,
- Г. 6 В,
- Д. 8 В.

32.6. Мощность  $P_4$ , потребляемая резистором  $R_4$ :

- А. 2 Вт,
- Б. 16 Вт,
- В. 9 Вт,
- Г. 6 Вт,
- Д. 8 Вт.

32.7. Пружина прикреплена к массивному телу и к частице массой  $m=0,1$  кг, которая может двигаться по гладкой горизонтальной прямой — оси  $x$  (рис. 32.7). Жесткость пружины  $k=40$  Н/м, длина в ненапряженном состоянии —  $l_0$ . В положении равновесия  $x(0)=l_0$  частице сообщили начальную скорость  $v_x(0)=v_0$ ,  $v_0=0,2$  м/с. Координата частицы  $x(t)=l_0+z(t)$ :

- А.  $z(t)=A\sin\omega t$ ,  $A=0,04$  м,  $\omega=20$  рад/с.
- Б.  $z(t)=A\cos\omega t$ ,  $A=0,1$  м,  $\omega=2$  рад/с.
- В.  $z(t)=A\sin\omega t$ ,  $A=0,2$  м,  $\omega=4$  рад/с.
- Г.  $z(t)=A\sin\omega t$ ,  $A=0,01$  м,  $\omega=20$  рад/с.
- Д.  $z(t)=A\cos\omega t$ ,  $A=0,02$  м,  $\omega=10$  рад/с.

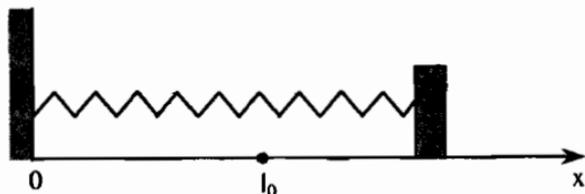


Рис. 32.7

32.8. Вектор напряженности электрического поля линейно-поляризованной плоской волны, распространяющейся в на-

правлениями оси  $z$ , имеет вид  $\vec{E}(x, y, z, t) = \vec{E}_0 \cos(\omega t - kz)$ , где  $\vec{E}_0 = (a, b, 0)$  — амплитуда. Амплитуда магнитной индукции волны:

А.  $\vec{B}_0 = (-b/c, a/c, 0)$ ,

Б.  $\vec{B}_0 = (a/c, -b/c, 0)$ ,

В.  $\vec{B}_0 = (-b/c, -a/c, 0)$ ,

Г.  $\vec{B}_0 = (b/c, -a/c, 0)$ ,

Д.  $\vec{B}_0 = (-a/c, b/c, 0)$ .

32.9\*. В процессе столкновения двух протонов рождаются три протона и антипротон:  $p + p \rightarrow 3p + \bar{p}$  (синхрофазотрон, Беркли, США, 1955 г.). Мишень — неподвижный протон массой  $m$ . Пороговая энергия — наименьшее значение кинетической энергии налетающего протона  $T_m$ , при котором возможна реакция:

А.  $mc^2$ ,

Б.  $6mc^2$ ,

В.  $4mc^2$ ,

Г.  $3mc^2$ ,

Д.  $5mc^2$ .

32.10. В 1919 г. английский физик Э. Резерфорд обнаружил, что при захвате альфа-частицы ядром азота  ${}^{14}_7N$  образуется стабильный изотоп кислорода  ${}^{17}_8O$  и вылетают частицы:

А. альфа-частица и электрон,

Б. нейтрон,

В. альфа-частица и протон,

Г. протон,

Д. протон и нейтрон.

## ТЕСТ 33

33.1. Две частицы движутся по оси  $x$ . Проекция начальных скоростей частиц  $v_{1x}(0)=6$  м/с,  $v_{2x}(0)=-4$  м/с. Ускорения частиц  $a_{2x}=-a_{1x}=a$ ,  $a=1$  м/с<sup>2</sup>. Частицы не столкнутся, если начальное расстояние между ними не менее, чем  $L$ :

- А. 10 м,
- Б. 50 м,
- В. 100 м,
- Г. 1 м,
- Д. 25 м.

33.2. Спутник движется по круговой орбите на расстоянии  $3R$  от поверхности Земли, где  $R$  — радиус Земли. Отношение величины местной первой космической скорости спутника к первой космической скорости  $v_1/v_{1Г}$ :

- А. 1,
- Б.  $1/3$ ,
- В.  $2/3$ ,
- Г.  $1/2$ ,
- Д. 2.

33.3. Когда в цилиндрический сосуд с водой опустили плитку пенопласта массой  $m=0,5$  кг, уровень воды повысился на величину  $h_1=h$ . Если на плитку положить груз массой  $M$ , то она полностью погрузится в воду, а уровень воды возрастет на величину  $h_2=4h$ . Наименьшая масса груза  $M$ :

- А. 2 кг,
- Б. 1,5 кг,
- В. 1 кг,
- Г. 3 кг,
- Д. 4 кг.

33.4\*. На рис. 33.4 изображен цикл Стирлинга, образованный двумя изотермами и двумя изохорами. Работа, совершаемая за цикл  $A' = 3$  кДж, количество теплоты, переданное в процессе  $a-b$  холодильнику  $Q'_{ab} = 2$  кДж. В изотермическом процессе  $c-d$  совершена работа  $A'_{cd}$ :

- А.** 1 кДж,
- Б.** 2 кДж,
- В.** 3 кДж,
- Г.** 4 кДж,
- Д.** 5 кДж.

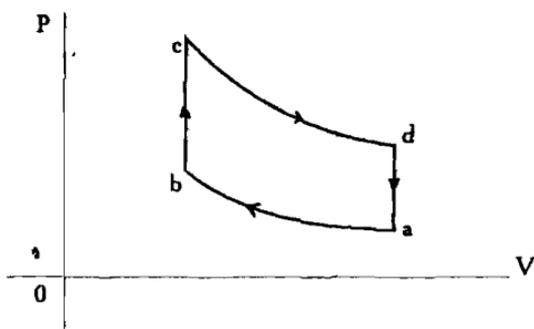


Рис. 33.4

33.5\*. В схеме на рис. 33.5 а, содержащей три одинаковых резистора и три идеальных диода, разность потенциалов  $\varphi_a - \varphi_k = V$ . Сила тока в цепи —  $I_1$ . В схеме на рис. 33.5 б сила тока —  $I_2$ . Отношение  $I_2/I_1$ :

- А.** 6,
- Б.** 4,
- В.** 3,
- Г.** 2,
- Д.** 0,5.

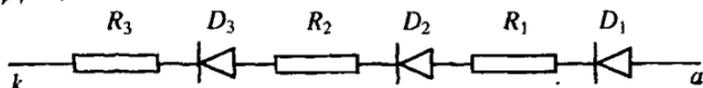


Рис. 33.5 а

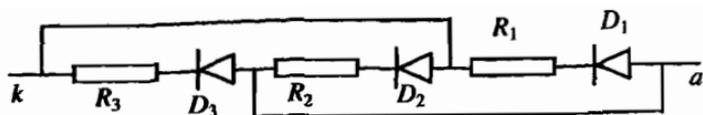


Рис. 33.5 б

33.6\* – 33.8\*. В схеме на рис. 33.6 ключ К вначале замкнут. Параметры схемы:  $r=2,5$  Ом,  $R=100$  Ом,  $L=0,1$  Гн,  $V=10$  В. В некоторый момент времени ключ размыкают.

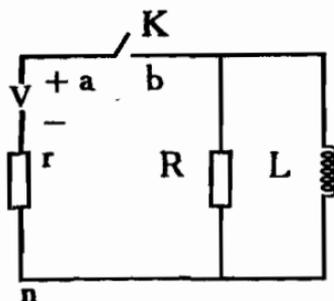


Рис. 33.6

33.6\*. В момент размыкания ключа разность потенциалов  $\varphi_n - \varphi_b$  точек  $n$  и  $b$ :

- А. 220 В,
- Б. 410 В,
- В. -200 В,
- Г. 300 В,
- Д. 400 В.

33.7\*. В момент размыкания ключа разность потенциалов  $\varphi_a - \varphi_b$  точек  $a$  и  $b$  равна:

- А. 20 В,
- Б. 210 В,
- В. -420 В,
- Г. 410 В,
- Д. 400 В.

33.8\*. После размыкания ключа в резисторе  $R$  выделится количество теплоты:

- А. 3,2 Дж,
- Б. 0,8 Дж,
- В. 1,6 Дж,
- Г. 4 Дж,
- Д. 2 Дж.

33.9\*. Реакция на встречных пучках. Два пучка протонов движутся навстречу друг другу с одинаковой энергией. В процессе столкновения двух протонов рождаются три протона и антипротон:  $p + p \rightarrow 3p + \bar{p}$ . Масса протона равна массе антипротона  $m$ . Пороговое значение кинетической энергии протонов — наименьшее значение кинетической энергии протона, при котором возможна реакция  $T_m$ :

- А.  $mc^2$ ,
- Б.  $4mc^2$ ,
- В.  $2mc^2$ ,
- Г.  $3mc^2$ ,
- Д.  $5mc^2$ .

33.10. В 1932 г. английский физик Дж. Чедвик обнаружил, что при захвате альфа-частицы ядром бериллия  ${}^9_4\text{Be}$  образуется изотоп углерода  ${}^{12}_6\text{C}$  и вылетают частицы:

- А. протон и нейтрон,
- Б. альфа-частица и два электрона,
- В. протон,
- Г. протон и два электрона,
- Д. нейтрон.

## ТЕСТ 34

34.1. В лифте, движущемся вниз, вес тела массой  $m=100$  кг равен  $P=1100$  Н. Найдите значение величины ускорения лифта:

А.  $2,2 \text{ м/с}^2$ ;

Б.  $1,6 \text{ м/с}^2$ ;

В.  $1 \text{ м/с}^2$ ;

Г.  $0,86 \text{ м/с}^2$ ;

Д.  $1,2 \text{ м/с}^2$ .

34.2. Плотность некоторой планеты равна плотности Земли, радиус планеты в два раза меньше радиуса Земли. Отношение первых космических скоростей спутников планеты и Земли  $v_{1п}/v_{1З}$ :

А.  $1/2$ ,

Б.  $1/4$ ,

В.  $4$ ,

Г.  $1/3$ ,

Д.  $2$ .

34.3\*. В цилиндрическом сосуде плавает плитка пенопласта, на которой лежит кубик. Когда кубик сняли, уровень воды понизился на  $h_1=15$  см. Затем кубик опустили в воду. Уровень воды поднялся на  $h_2=5$  см. Плотность материала кубика  $\rho$ :

А.  $10^3 \text{ кг/м}^3$ ,

Б.  $2 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ .

В.  $3 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ ,

Г.  $2,5 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ ,

Д.  $4 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ .

34.4. На рис. 34.4 изображены графики двух процессов  $a \rightarrow b$  и  $a \rightarrow c$  в координатах давление-объем. Точки  $b$  и  $c$  ле-

жат на изотерме. Отношение работ  $A'_{ac}/A'_{ab}$ , совершаемых газом в процессах  $a \rightarrow c$  и  $a \rightarrow b$ :

- А. 5/8,
- Б. 3/4,
- В. 3/8,
- Г. 1/2,
- Д. 1/4.

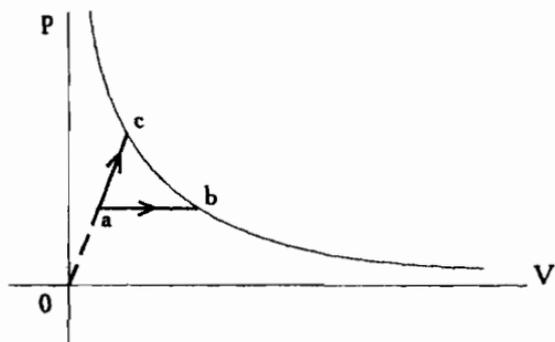


Рис. 34.4

34.5 – 34.6. В схеме на рис. 34.5 содержит два амперметра  $A_1$ ,  $A_2$  и три резистора, сопротивления которых  $R_1=R_2=1$  Ом,  $R_3=2$  Ом. Разность потенциалов  $\varphi_a - \varphi_k = V$ ,  $V=1$  В.

34.5. Показание амперметра  $A_1$ :

- А. 2 А,
- Б. 0,4 А,
- В. 1,5 А,
- Г. 0,8 А,
- Д. 0,5 А.

34.6. Показание амперметра  $A_2$ :

- А. 2,5 А,
- Б. 2 А,
- В. 0,5 А,
- Г. 1 А,
- Д. 1,5 А.

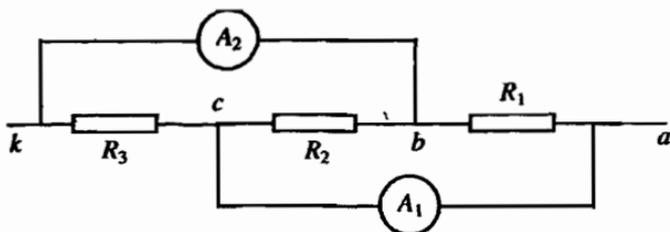


Рис. 34.5

34.7. Частица, закрепленная на невесомом стержне, колеблется вокруг горизонтальной оси с частотой  $\nu=0,5$  Гц. Величина скорости частицы при прохождении положения равновесия  $v_0=0,314$  м/с. Амплитуда колебаний частицы:

- А. 0,1 м,
- Б. 0,2 м,
- В. 0,3 м,
- Г. 0,01 м,
- Д. 0,5 м.

34.8. Величина  $k = h/e^2$  образована двумя фундаментальными константами — постоянной Планка и элементарным зарядом. Размерность  $k$ :

- А. Тл,
- Б. В/м,
- В. м,
- Г. кг,
- Д. Ом.

34.9. Кинетическая энергия протона массой  $m$  равна энергии покоя  $mc^2$ . Импульс протона  $p$ :

- А.  $\sqrt{3} mc$ ,
- Б.  $mc$ ,
- В.  $0,4 mc$ ,
- Г.  $2\sqrt{3} mc^2$ ,
- Д.  $2\sqrt{6} mc$ .

34.10. В процессе естественной радиоактивности изотоп урана  ${}_{92}^{238}\text{U}$  с периодом полураспада 4,5 млрд. лет превращается в стабильный изотоп свинца  ${}_{82}^{206}\text{Pb}$ . Последовательность радиоактивных распадов содержит  $k_1$  альфа-распадов и  $k_2$  бета-распадов:

- А.  $k_1=4, k_2=4,$
- Б.  $k_1=6, k_2=4,$
- В.  $k_1=5, k_2=7,$
- Г.  $k_1=8, k_2=6,$
- Д.  $k_1=8, k_2=4.$

## ТЕСТ 35

35.1. В лифте, движущемся вверх, вес тела массой  $m=100$  кг равен  $P=900$  Н. Найдите значение величины ускорения лифта:

А.  $0,8 \text{ м/с}^2$ ,

Б.  $1,6 \text{ м/с}^2$ ,

В.  $1,2 \text{ м/с}^2$ ,

Г.  $0,9 \text{ м/с}^2$ ,

Д.  $4,5 \text{ м/с}^2$ .

35.2. Спутник запущен на круговую орбиту, расположенную в плоскости экватора, и вращается в направлении вращения Земли. Известно, что спутник проходит над некоторой точкой экватора семь раз в сутки. Отношение радиуса орбиты спутника к радиусу орбиты геостационарного спутника  $r/r_g$ :

А.  $1/2$ ,

Б.  $1/4$ ,

В.  $1/3$ ,

Г.  $2/5$ ,

Д.  $3/4$ .

35.3\* – 35.4\*. Подводный аппарат сделан в форме цилиндра высотой  $d=2$  м, составленного из двух одинаковых половинок. Давление внутри аппарата равно атмосферному давлению. Аппарат находится в равновесии на глубине  $H=10$  м, равной расстоянию от поверхности воды до средней плоскости поперечного сечения цилиндра. Величина выталкивающей силы, действующей на аппарат  $F=98$  кН.

35.3\*. Величина силы давления, действующей на нижний торец цилиндра  $F_L$ :

А.  $654$  кН,

Б.  $852$  кН,

В.  $712$  кН,

Г.  $732$  кН,

Д.  $539$  кН.

35.4\*. Величина сил реакций, действующих на каждую половинку цилиндра N:

- А. 646 кН,
- Б. 442 кН,
- В. 1584 кН,
- Г. 490 кН,
- Д. 318 кН.

35.5. На рис. 35.5 изображен циклический процесс в координатах  $\nu T$ . Давление имеет наибольшее значение в точке:

- А. 1,
- Б. 2,
- В. 3,
- Г. 4,
- Д. 5.

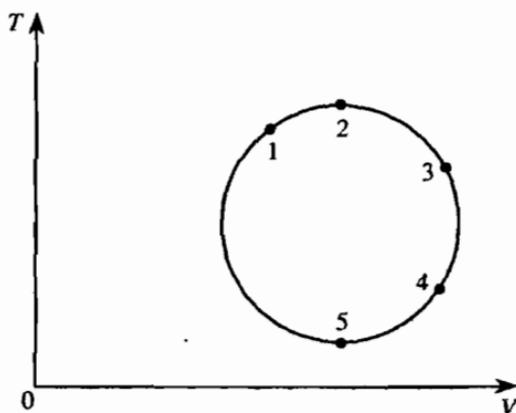


Рис. 35.5

35.6. В схеме на рис. 35.6 сопротивления резисторов  $R_1=R_3=2R$ ,  $R_2=R_4=R$ ,  $R=2$  Ом. ЭДС батареи  $\varepsilon=4,5$  В, внутреннее сопротивление  $r=1,5$  Ом. Напряжение на конденсаторе  $V_c$ :

- А. 1,5 В,
- Б. 2,5 В,
- В. 4 В,
- Г. 3,5 В,
- Д. 1 В.

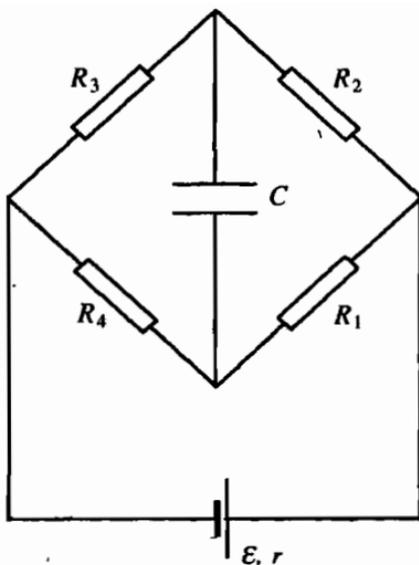


Рис. 35.6

35.7. Тело массой  $M$ , подвешенное к пружине, колеблется с частотой  $\nu$ . После того, как к нему прикрепили груз массой  $3M$ , частота колебаний системы стала равной:

- А.  $\nu/4$ ,
- Б.  $3\nu$ ,
- В.  $2\nu$ ,
- Г.  $\nu/2$ ,
- Д.  $\nu/3$ .

35.8. В плоскости  $x=0$  расположен металлический экран, на который падает плоская монохроматическая волна в отрицательном направлении оси  $x$ . Образуется стоячая волна. Амплитуды напряженности электрического поля и индукции магнитного поля  $E_0(x)$  и  $B_0(x)$  представляют собой функции координаты  $x$ . На плоскости  $x=0$ :

- А.  $E_0(0)=0$ ,  $B_0(0)$  имеет максимальное значение;
- Б.  $E_0(0)$  имеет максимальное значение,  $B_0(0)=0$ ;
- В.  $E_0(0)=0$ ,  $B_0(0)=0$ ;

Г.  $E_0(0)$  и  $B_0(0)$  принимают максимальное значение;

Д.  $E_0(0) = cB_0(0)$ .

А. А,

Б. Б,

В. В,

Г. Г,

Д. Д.

35.9. Две линейки, собственные длины которых  $\lambda$ , движутся в продольном направлении со скоростями  $\vec{v}_1 = (-0,5c, 0, 0)$  и  $\vec{v}_2 = (0,5c, 0, 0)$ . Длина второй линейки  $L'$  в системе отсчета, связанной с первой линейкой

А.  $0,3 \lambda$ ,

Б.  $0,6 \lambda$ ,

В.  $0,5 \lambda$ ,

Г.  $0,8 \lambda$ ,

Д.  $0,1 \lambda$ .

35.10. Возбужденные тяжелые ядра с массовыми числами в интервале  $230 < A < 240$  делятся примерно по 30 различным каналам на два осколка с массовыми числами  $A_m = 72 - 161$ . Средняя удельная энергия связи (энергия связи на один нуклон) для тяжелых ядер приблизительно равна  $7,6$  МэВ, а для средних ядер —  $8,4$  МэВ. Полная энергия распада ядра  ${}^A_Z X$  на два одинаковых осколка  $U$ :

А.  $9,2A$  МэВ,

Б.  $0,8A$  МэВ,

В.  $16A$  МэВ,

Г.  $6,8A$  МэВ,

Д.  $8A$  МэВ.

## ОТВЕТЫ

1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	1.10
Б	Г	А	Б	В	А	Д	Д	В	А

2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	2.10
В	Б	Д	А	Г	Б	Г	В	Д	В

3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	3.10
Г	В	Д	В	Б	А	В	В	Б	А

4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9	4.10
В	А	Г	Д	Д	Б	А	Б	Д	Б

5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6	5.7	5.8	5.9	5.10
Г	Д	В	А	Г	Г	Б	А	Г	В

6.1	6.2	6.3	6.4	6.5	6.6	6.7	6.8	6.9	6.10
А	Б	Д	В	Г	Д	Б	Б	В	Д

7.1	7.2	7.3	7.4	7.5	7.6	7.7	7.8	7.9	7.10
Д	А	Б	В	А	Г	Г	А	В	Г

8.1	8.2	8.3	8.4	8.5	8.6	8.7	8.8	8.9	8.10
В	А	В	Д	Б	Д	Г	Д	А	Б

9.1	9.2	9.3	9.4	9.5	9.6	9.7	9.8	9.9	9.10
Д	В	А	В	А	Д	Б	Г	Д	В

10.1	10.2	10.3	10.4	10.5	10.6	10.7	10.8	10.9	10.10
Б	Д	А	Г	В	Г	Д	Б	В	А

11.1	11.2	11.3	11.4	11.5	11.6	11.7	11.8	11.9	11.10
Г	А	Г	А	Д	А	Г	Д	Г	В

12.1	12.2	12.3	12.4	12.5	12.6	12.7	12.8	12.9	12.10
Д	В	Д	Б	В	Д	А	В	А	Б

13.1	13.2	13.3	13.4	13.5	13.6	13.7	13.8	13.9	13.10
А	Д	Б	Г	В	В	Б	А	Г	Д

14.1	14.2	14.3	14.4	14.5	14.6	14.7	14.8	14.9	14.10
Д	В	Б	А	Д	А	Г	В	В	Б

15.1	15.2	15.3	15.4	15.5	15.6	15.7	15.8	15.9	15.10
Г	А	В	Д	Г	Б	А	Д	Г	Д

16.1	16.2	16.3	16.4	16.5	16.6	16.7	16.8	16.9	16.10
А	В	Б	А	Б	А	В	А	Б	А

17.1	17.2	17.3	17.4	17.5	17.6	17.7	17.8	17.9	17.10
В	Д	А	Б	Г	В	А	В	Г	Б

18.1	18.2	18.3	18.4	18.5	18.6	18.7	18.8	18.9	18.10
Д	В	А	Б	Г	Д	А	Б	А	Д

19.1	19.2	19.3	19.4	19.5	19.6	19.7	19.8	19.9	19.10
Д	В	Б	А	Г	А	Д	В	Д	Г

20.1	20.2	20.3	20.4	20.5	20.6	20.7	20.8	20.9	20.10
Г	Б	А	Д	Г	В	Б	Г	А	Д

21.1	21.2	21.3	21.4	21.5	21.6	21.7	21.8	21.9	21.10
А	Г	Д	В	Б	В	А	Б	Г	Б

22.1	22.2	22.3	22.4	22.5	22.6	22.7	22.8	22.9	22.10
В	Д	А	Б	В	А	Д	А	Д	А

23.1	23.2	23.3	23.4	23.5	23.6	23.7	23.8	23.9	23.10
Г	А	Б	Д	В	А	Б	Г	В	А

24.1	24.2	24.3	24.4	24.5	24.6	24.7	24.8	24.9	24.10
Д	Б	Г	Б	А	Г	Б	Б	В	Г

25.1	25.2	25.3	25.4	25.5	25.6	25.7	25.8	25.9	25.10
А	Д	В	Г	Д	В	Б	А	Г	В

26.1	26.2	26.3	26.4	26.5	26.6	26.7	26.8	26.9	26.10
Б	В	А	Б	Д	Б	Г	Д	А	В

27.1	27.2	27.3	27.4	27.5	27.6	27.7	27.8	27.9	27.10
В	Д	Б	А	Г	В	А	Г	Б	Д

28.1	28.2	28.3	28.4	28.5	28.6	28.7	28.8	28.9	28.10
А	Б	Г	В	Г	Д	Б	А	В	Д

29.1	29.2	29.3	29.4	29.5	29.6	29.7	29.8	29.9	29.10
Д	Г	А	В	Б	В	Д	Б	А	Г

30.1	30.2	30.3	30.4	30.5	30.6	30.7	30.8	30.9	30.10
В	Д	Г	Б	Б	В	Г	В	А	В

31.1	31.2	31.3	31.4	31.5	31.6	31.7	31.8	31.9	31.10
Б	Г	А	Д	Б	Г	В	Д	Б	А

32.1	32.2	32.3	32.4	32.5	32.6	32.7	32.8	32.9	32.10
А	В	Б	А	В	Д	Г	А	Б	Г

33.1	33.2	33.3	33.4	33.5	33.6	33.7	33.8	33.9	33.10
Д	Г	А	Д	А	Д	Г	Б	А	Д

34.1	34.2	34.3	34.4	34.5	34.6	34.7	34.8	34.9	34.10
Д	А	В	Г	В	Б	А	Д	А	Г

35.1	35.2	35.3	35.4	35.5	35.6	35.7	35.8	35.9	35.10
А	Б	Д	Г	А	Д	Г	А	В	Б

# УКАЗАНИЯ, КОММЕНТАРИИ, РЕШЕНИЯ

## Тест 1

1.1.  $v_{cp} = \frac{s}{t_1 + t_2}$ ,  $t_1 = s/2v_1$ ,  $t_2 = s/2v_2$ ,  $v_{cp} = \frac{2v_1v_2}{v_1 + v_2}$ ,  $v_{cp} = 4,8$  км/ч.

1.2.  $m_2a = F_m - m_2g$ ,  $F_m = m_1g$ ,  $h_m = aT^2/2$ .

1.3. Центр масс астероида А и частица Р движутся по окружностям радиусом  $R/2$  с центром в центре масс системы С (рис. А1.3). Скорости центра масс астероида и частицы направлены в противоположные стороны, величины скоростей астероида  $v_A$  и частицы  $v_P$  одинаковы:  $v_P = v_A = v$ ,  $v = \sqrt{GM/2R}$ . Величина первой космической скорости

$$v_1 = |\vec{v}_A - \vec{v}_P|, v_1 = \sqrt{2GM/R}.$$

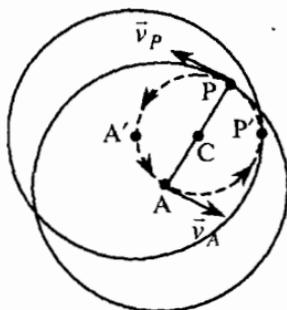


Рис. А1.3

1.4. Запишем условие равновесия для двух случаев:  
 $0 = mg - \rho_b(3V/5)g$ ,  $ma = mg - \rho_b V_n(g - a)$ ,  $\rightarrow V_n = 0,6 V$ .

1.5. Согласно определению

$$\eta = 1 - \frac{Q_1}{Q_2}, \quad \eta_1 = 1 - \frac{Q_1}{1,05Q_2}.$$

$$1.6. T_{AB} = 4kq^2/4L^2 + 2kq^2/L^2 = 3kq^2/L^2, \\ T_{BC} = kq^2/L^2 + 8kq^2/L^2 = 9kq^2/L^2.$$

1.8. Силовая линия представляет собой окружность, касательная к которой направлена в сторону, противоположную направлению вращения часовой стрелки. Величина магнитной индукции  $B(r) = \mu_0 I_0 / 2\pi r$ .

1.9. Отраженные от верхнего зеркала лучи, падающие на него в окрестности прямой SM на рис. А1.9, формируют изображение  $S_1$ . Эти лучи, отражаясь от нижнего зеркала, формируют изображение  $S_2$ , которое фиксирует детектор. Очевидно  $KS_2 = SM + MK$ .

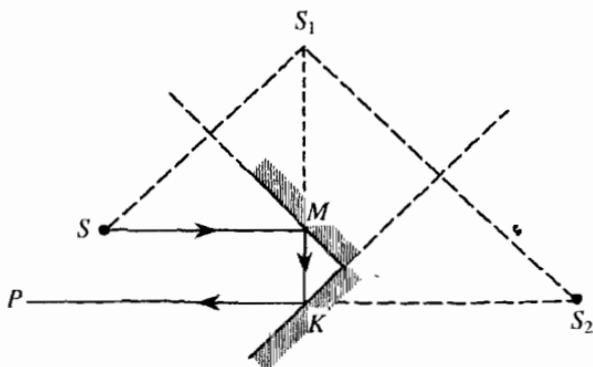


Рис. А1.9

1.10. Решение 1. В системе покоя астронавта  $t_2' = \lambda/c$ . Согласно преобразованию Лоренца

$$t_2 = \gamma(t_2' + ux_2'/c^2), \quad \gamma = 1/(1-u^2/c^2)^{1/2}, \quad \text{имеем } t_2 = \gamma(\lambda/c + u\lambda/c^2).$$

Решение 2. В неподвижной системе отсчета  $\lambda/\gamma + ut_2 = ct_2$ .

## Тест 2

2.1. Для первого участка длиной  $s/2$  имеем  $v=at_1$ ,  $s/2=at_1^2/2$ .

Следовательно,  $t_1=s/v$ ,  $t_2=s/2v$ . Среднее значение скорости

$$v_{\text{ср}} = \frac{s}{s/v + s/2v}, \quad v_{\text{ср}} = 2v/3.$$

2.2. Из второго закона Ньютона для всей системы имеем

уравнение  $4ma=F$ , для четвертого кирпича  $ma=F_{43}$ ,  $F_{43}$  – проекция силы, действующей со стороны третьего кирпича на четвертый.

2.3. Пусть  $T$  — период обращения КА по эллиптической орбите. Искомое время спуска  $\tau=T/2$  найдем из третьего закона Кеплера  $T^2/a^3=T_1^2/r_1^3$ , где  $a=(R+r_1)/2$  — длина большой полуоси эллипса,  $T_1$  — период обращения КА по круговой орбите. Согласно второму закону Ньютона  $m(2\pi/T_1)^2 r_1 = mg(R/r_1)^2$ .

2.4. Столбик воды в трубке создает давление одинаковое в любой точке сосуда, равно согласно закону Паскаля  $p_2 = \rho gh_2$ . Сила давления на крышку сосуда  $F = p_2 (S_1 - S_2)$ . Давление на уровне дна  $p = \rho g(h_1 + h_2)$ , сила давления на дно  $N = \rho g(h_1 + h_2)S_1$ .

2.5. А. Внутренняя энергия равна сумме кинетической и потенциальной энергии взаимодействия частиц. Энергия не может быть заключена в чем-то: «носителями» энергии являются атомы и молекулы или электромагнитное поле. Среднее значение внутренней энергии является характеристикой состояния тела.

Б. Работа, совершаемая поршнем, зависит от процесса перехода газа одного состояния в другое и не всегда приводит к возрастанию температуры. Например, в изотермическом процессе температура постоянна, т.к. работа, совершаемая над газом, равна количеству теплоты, переданной внешней среде.

В. Давление и плотность насыщенного пара зависят только от температуры. Авторы не понимают разницы между понятиями равновесное состояние пара и изотермическим процессом, проводимом с насыщенным паром.

Г. Согласно закону Фурье поток тепла пропорционален разности температур рабочего тела и нагревателя (или холодильника).

Д. В равновесном состоянии реализуется максвелловское распределение молекул газа по скоростям или энергиям:  $\Delta N$  молекул ( $\Delta N \ll N$ ) имеют кинетические энергии в интервале  $[E, E+\Delta E]$ . Кинетическая энергия молекулы может принимать значения от нуля до бесконечно большой величины.

2.6. Выбирая гауссову поверхность вне сферы, находим, что вне сферы электрическое поле совпадает с полем точечного заряда  $Q$ . Потенциал сферы равен  $kQ/R$ . Из закона Гаусса следует, что напряженность поля внутри сферы равна нулю. Поскольку потенциал — непрерывная функция, то  $\varphi = kQ/R$ ,  $0 \leq r \leq R$ .

2.7. Резисторы  $R_2$  и  $R_3$  соединены параллельно. Эквивалентный резистор сопротивлением  $R_{23}=80$  Ом и резистор  $R_5$  соединены последовательно — общее сопротивление эквивалентного резистора  $R_{235}=100$  Ом. Этот резистор соединен параллельно с резистором  $R_4$ .

2.8. Индукция магнитного поля, создаваемого током, протекающем в листе  $\vec{B} = (0, 0, B)$ ,  $y > 0$ ;  $\vec{B} = (0, 0, -B)$ ,  $y < 0$ .

2.10. *Решение 1.* В системе покоя астронавта  $t_2' = \lambda/c$ . Согласно преобразованию Лоренца

$$t_2 = \gamma t_2', \quad \gamma = 1/(1-u^2/c^2)^{1/2}, \quad \text{имеем } t_2 = \gamma \lambda/c.$$

*Решение 2.* В неподвижной системе отсчета  $(ct_2)^2 = (ut_2)^2 + \lambda^2$ .

## Тест 3

3.1.  $v_{cp}=s/T$ ,  $s=s_1+s_2$ ,  $T=t_1+t_2$ ,  $t_1=s_1/v_1$ ,  $t_2=s_2/v_2$ .

3.2. Из второго закона Ньютона следуют уравнения  $ma=F_1-T$ ,  $ma=T-F_2$ .

3.3. Представим пластинку в виде треугольной части А массой  $m/4$ , центр тяжести которой находится на расстоянии  $a/3$  от центра пластинки, и оставшейся части В массой  $3m/4$ . Момент силы тяжести пластинки относительно оси, проходящей через центр, равен сумме моментов сил тяжести частей А и В:  $0=(mg/4)(a/3)-3smg/4$ .

3.4. А. Уравнение состояния описывает газ в состоянии теплового равновесия, а газовые законы представляют собой функциональную зависимость двух параметров состояния газа при проведении изопроцессов — перехода газа из одного равновесного состояния в другое.

Б. Уравнение состояния  $p=kNT/V$  описывает идеальный газ — модель реального газа в состоянии теплового равновесия, не учитывающую взаимодействие молекул. Экспериментальные данные описывает уравнение состояния реального газа. В реальном разреженном газе молекулы притягиваются друг к другу. Поэтому уравнение состояния идеального газа приводит к завышенному по сравнению с экспериментальными данными значению давления.

В. Параметр состояния — температура — можно ввести только для равновесного состояния.

Г. Это — бессмысленное утверждение, так как столкновение молекул представляет собой процесс взаимодействия. Потенциальная энергия взаимодействия двух молекул зависит только от относительных координат центров масс молекул и электронных состояний молекулы.

Д. Потенциальная энергия взаимодействия молекул  $W \leq 0$ .

3.5 – 3.7. Потенциал, создаваемый системой зарядов в точке  $a$ , равен сумме потенциалов  $\varphi_n = kq_n/r_{an}$ , создаваемых зарядами  $q_n$ ,  $r_{an}$  — расстояние между точечным зарядом  $q_n$  и точкой  $a$  ( $n=1, 2, \dots$ ).

3.8. Резисторы  $R_1$  и  $R_2$  соединены параллельно — сопротивление эквивалентного резистора  $R_{12}=4$  Ом. Этот резистор присоединен последовательно к резистору  $R_4$  — сопротивление эквивалентного сопротивления  $R_{124}=10$  Ом. Теперь схема содержит два резистора, соединенных параллельно.

3.9. Оптическая длина траектории луча  $l(r)=2\pi n(r)$ . Согласно принципу Ферма  $dl/dr=0$  получим уравнение  $n - r/Rn=0$ .

3.10.  $T \approx \gamma mc^2$ ,  $\gamma mc^2 = 0,5$  МэВ,  $\gamma = 1/(1-u^2/c^2)^{1/2}$ . В системе покоя электрона  $\lambda' = \lambda/\gamma$ .

## Тест 4

4.1. В системе отсчета, неподвижной относительно воды, гребец удалялся от шляпы в течение интервала времени  $\tau$  и приближался к ней в течение интервала времени  $\tau$ . Имеем уравнения  $s=ut$ ,  $T=2\tau$ .

4.2.  $m_1 a = F - T$ ,  $m_2 a = T$ ,  $T$  — проекция силы, действующей на второе тело со стороны первого.

4.3. Сумма моментов сил тяжести отрезков  $OA$  и  $OB$  относительно оси, проходящей через вершину угла равна нулю:

$$0 = m_B \frac{b}{2} \cos \alpha - m_A \frac{a}{2} \sin \alpha \quad (\text{рис. А4.3}).$$

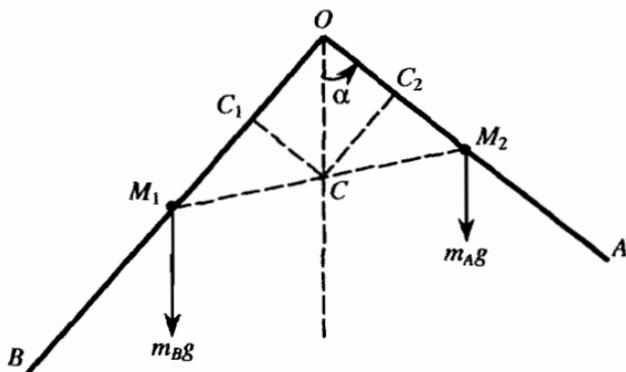


Рис. А4.3

4.4. *Решение 1.* Согласно общему определению координат центра тяжести  $C$  в декартовых осях  $OB$  и  $OA$  координата точки  $C$  на оси  $OB$  равна длине отрезка  $OC_1 = b^2/2(a+b)$ , на оси  $OA$  — длине отрезка  $OC_2 = a^2/2(a+b)$ .

*Решение 2.* На рис. А4.3 точки  $M_1, M_2$  — середины отрезков  $OA$  и  $OB$ . Центр тяжести находится на пересечении вертикали и отрезка  $M_1M_2$ . Длина  $CM_2 = \frac{b\sqrt{a^2 + b^2}}{2(a+b)}$ , косинус

угла  $CM_2O$  равен  $\frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}}$ . Используя теорему косинусов для треугольника  $CM_2O$ , найдем  $OC$ .

4.5. Величина  $E_0 = kq/a^2$ . Величина напряженности поля в середине любой стороны  $E = kq/h^2$ ,  $h = a \sin \pi/3$ .

4.6. Найдем сопротивление схемы между вершинами  $A$  и  $B$ . В силу симметрии ток не протекает по ребру  $CD$ . Тогда имеем три резистора, соединенных параллельно.

4.8. Сила тока в контуре  $I(t) = I_0 \cos(2\pi t/T)$ . Заряд, протекающий в контуре,  $q(t) = (TI_0/2\pi) \sin(2\pi t/T)$ . Энергия электрического поля  $U_e = q^2/2C$ .

4.9. Пусть угол падения луча на нижнюю грань —  $\alpha$ , угол преломления —  $\beta$  (рис. А4.9). Согласно закону преломления  $\sin\alpha = n\sin\beta$ . Угол падения на боковую грань —  $\gamma = \pi/2 - \beta$ . Если  $n = \sqrt{2}$ , то угол полного внутреннего отражения  $\gamma_m = \pi/4$ . При значении  $\beta \leq \pi/4$ , угол  $\gamma \geq \pi/4$  — луч не выйдет через боковую грань.

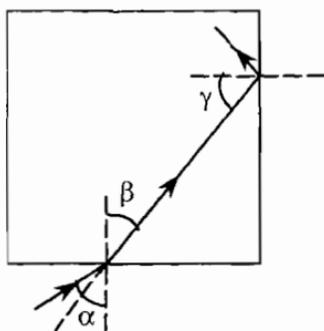


Рис. А4.9

4.10.  $T \approx \gamma mc^2$ ,  $mc^2 = 0,5$  МэВ,  $\gamma = 1/(1-u^2/c^2)^{1/2}$ . Отсюда находим  $1-(u/c)^2 = (10)^{-10}$  или  $2(1-u/c) \approx (10)^{-10}$ ,  $u = c - (c/2)(10)^{-10}$ .

## Тест 5

5.1. Пусть  $T$  — интервал времени, за который первая яхта прошла расстояние  $s = vT$ . Далее имеем уравнения  $v_1 t_1 = s/2$ ,  $v_2 t_2 = s/2$ ,  $t_1 + t_2 = T$ , из которых находим  $v_2 = v v_1 / (2v_1 - v)$ .

5.2. Пусть  $a_1$ ,  $a_2$  — проекции ускорений грузов на ось  $x$ , направленную вертикально вниз. Величины сил натяжения, действующих на грузы, нити и ось первого блоков, показаны на рис. А5.2. Из второго закона Ньютона получим уравнения  $ma_1 = mg - T$ ,  $ma_2 = mg - 2T$ . Координаты грузов  $x_1$ ,  $x_2$  на рис. А5.2 связаны соотношением  $x_1 + 2x_2 = \text{const}$ . Следовательно,  $a_1 + 2a_2 = 0$ ,  $N = 6mg/5$ .

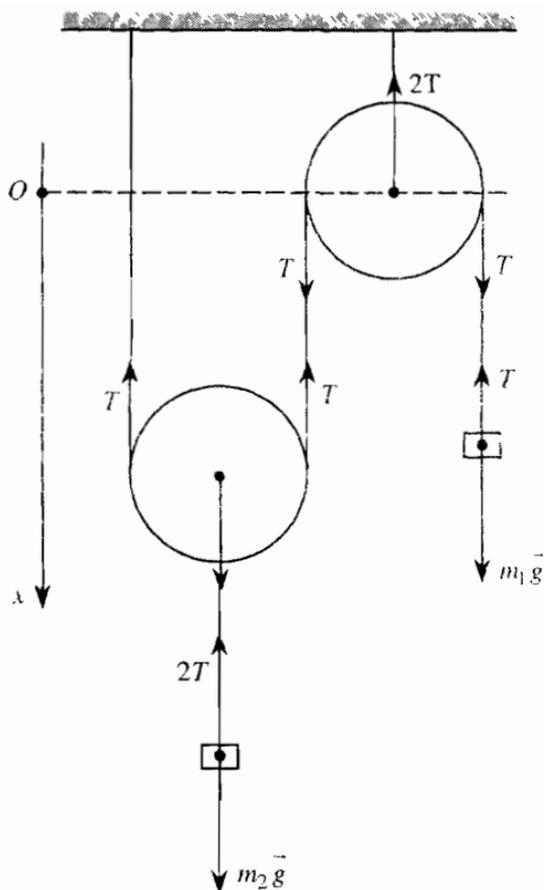


Рис А5.2

5.3. В рамке ABCD отрезана сторона AD. Пусть длина стороны квадрата равна  $a$ . Центр тяжести рамки находится в точке P на расстоянии  $a/3$  от оси, проходящей через вершину C. Поскольку центр тяжести находится на вертикали, то  $\operatorname{tg}\alpha=2/3$ .

5.4. На рис. 5.4  $p_c=p_a$ ,  $V_c=V_t$ . Из подобия треугольников находим  $p_b/V_c=p_a/V_a$  или  $p_b/V_c=p_c/V_a$ . В процессе ca:  $T_a/V_a=T_c/V_c$  или  $T_a/V_a=T_c/V_b$ . Тогда  $\nu RT_c=p_c V_c=p_b V_a=p_b V_b T_a/T_c=\nu RT_b T_a/T_c$ .

5.5. Если сфера изолирована, то на внутренней поверхности индуцируется заряд  $q_i = -Q$ , на внешней — заряд  $q_e = Q$ . Это утверждение следует из закона Гаусса, если гауссову поверхность поместить внутри металлической оболочки сферы, в которой напряженность поля равна нулю. После заземления  $q_e = 0$ . Теперь, выбирая гауссову поверхность вне сферы, находим из закона Гаусса, что напряженность электрического поля вне сферы равна нулю.

5.6. Из закона Ома находим  $\varphi_a - \varphi_n = \frac{VR_3}{R_3 + R_4}$ ,

$$\varphi_a - \varphi_m = \frac{VR_2}{R_1 + R_2}.$$

5.7. Учитывая значение заряда электрона  $q = -e_0 < 0$ , заключаем, что в начальный момент времени компоненты силы Лоренца  $F_x < 0$ ,  $F_y > 0$ . Поскольку заряд движется по окружности, то ее центр находится в области  $x < 0$ ,  $y > 0$ .

5.8. Сила тока в контуре  $I(t) = I_0 \cos(\omega t)$ , где  $I_0 = \epsilon / r$  — начальное значение силы тока. Амплитуда колебаний напряжения на катушке  $V_L = X_L I_0 = \sqrt{\frac{L}{C}} I_0$ .

5.9. Луч РО не преломляется, угол падения луча РА равен  $\alpha \ll 1$ , угол преломления —  $\beta$ . Из закона преломления следует уравнение  $n\alpha = \beta$ . Изображение предмета Р — мнимое. На рис. А5.9  $OP = H$ ,  $OP' = h$ . Поскольку ОА — общий катет двух прямоугольных треугольников, то  $H\alpha = h\beta$ .

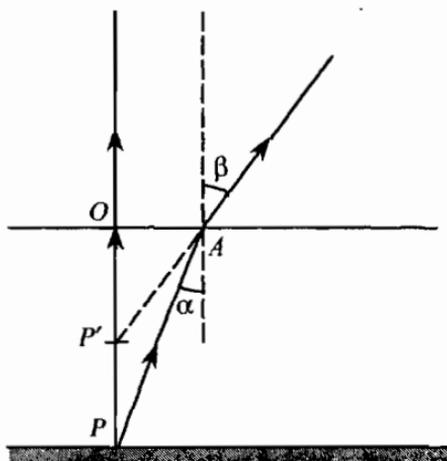


Рис. А5.9

5.10. Пусть в системе покоя наблюдателя координаты светящихся концов стержня  $x_b(t)$ ,  $x_a(t)$  координата плоскости фотопленки  $x_s$ , ( $x_s > x_a > x_b$ ). Наблюдаемая в момент времени  $t_0$  длина стержня равна разности оптических длин лучей, излучаемых концами стержня а и b в моменты времени  $t_a$  и  $t_b$ . Тогда  $d=c\Delta t$ , где  $\Delta t=t_a-t_b$ . Свет, излученный концами а и b одновременно достигает фотопленки, если  $\lambda/\gamma+u\Delta t=c\Delta t$ .

## Тест 6

6.1. В случае А перемещение второй частицы относительно первой  $x_{21}(t)=x_2-x_1$ ,  $x_{21}(t)=s+7vt$ . Проекция на ось x относительной скорости второй частицы  $v_{21}=7v$ .

6.2. Направим ось x вертикально вниз. Пусть  $a_1$ ,  $a_2$  — проекции ускорений грузов на ось x. Величины сил натяжения, действующих на нити равны T, проекции сил, действующих на каждый груз со стороны нитей  $P_x = -2T$ . Из второго закона Ньютона получим уравнения  $m_1 a_1 = m_1 g - 2T$ ,  $m_2 a_2 = m_2 g - 2T$ . Координаты грузов  $x_1$ ,  $x_2$  на рис. 6.2 связаны соотношением

$2x_1 + 2x_2 = \text{const}$ . Следовательно,  $a_1 + a_2 = 0$ . Из системы уравнений  $m_1 a_1 = m_1 g - 2T$ ,  $m_2 a_2 = m_2 g - 2T$  находим  $2g - 2T/m_1 - 2T/m_2 = 0$ ,  $T = 4mg/5$ .

6.3. Из условия равновесия следует, что сумма сил, действующих на любую книгу равна нулю.

6.4. Если нанести на рис. 6.4 сетку изотерм, то приходим к выводу, что  $T_b$  и  $T_a$  — максимальная и минимальная температура газа:  $T_b/T_a = 4$ . Далее из уравнения процесса  $ab$  и уравнения состояния следует, что  $T \sim V^2$ :  $T_b/T_a = (V_b/V_a)^2$  или  $2 = V_b/V_a$ . Из уравнения состояния находим  $T_b/T_a = p_c V_c / p_b V_b = V_c/V_b$ .

6.5. Потенциальная энергия взаимодействия частицы и кольца  $W(r) = -kQ^2 / \sqrt{R^2 + r^2}$ , где  $r$  — расстояние между центром кольца и частицей. Из закона сохранения импульса системы следует, что в момент «столкновения» скорости направлены в противоположные стороны и имеют одинаковые величины  $v$ . Значение  $v$  найдем из закона сохранения полной энергии  $0 - kQ^2/2R = mv^2 - kQ^2/R$ ,  $v_0 = 2v$ .

6.6. Очевидно  $\phi_b = \phi_n$ . Из закона Ома находим разности потенциалов  $\phi_a - \phi_m = VR_2 / (R_1 + R_2)$ .

6.7. Из закона сохранения полной энергии при движении заряда в электрическом поле следует уравнение  $mv^2/2 - qV = 0 + 0$ , где  $V$  — разность потенциалов. При движении в магнитном поле  $mv^2/R = qvB$ .

6.8. Эквивалентная схема представляет собой последовательно соединенный конденсатор емкостью  $C_0 = 2C$  и катушку индуктивностью  $L_0 = L/2$ . Частота колебаний  $\nu = 1/T$ ,  $T = 2\pi \sqrt{LC}$ . Поскольку  $1/2\pi \approx 0,16$ , то  $\nu = 16$  Гц.

6.9. Имеем систему уравнений  $\sin \alpha = n \sin \beta$ ,  $\alpha + \beta = \pi/2$ .

6.10. Проекция на ось  $x$  относительной скорости  $v_R = (v_{2x} - v_{1x}) / (1 - v_{2x}v_{1x}/c^2)$ .

## Тест 7

7.1. Величина скорости частицы  $v=\omega s$ , где  $\omega$  — угловая скорость колеса. Имеем уравнение  $v_1/s_1=v_2/s_2$ .

7.2. Направим ось  $x$  вертикально вниз. Пусть  $a_1, a_2, a_3$  — проекции ускорений грузов на ось  $x$ . Величины сил натяжения, действующих на нити равны  $T$ , проекции сил, действующих на грузы  $m_1$  и  $m_3$  равны  $T_x = -T$ , проекция силы натяжения, действующей на груз  $m_2$  равна  $P_x = -2T$ . Из второго закона Ньютона получим уравнения  $m_1 a_1 = m_1 g - T$ ,  $m_2 a_2 = m_2 g - 2T$ ,  $m_3 a_3 = m_3 g - T$ .

Координаты грузов  $x_1, x_2, x_3$  на рис. 7.2 связаны соотношением  $x_1 + 2x_2 + x_3 = \text{const}$ . Следовательно,  $a_1 + 2a_2 + a_3 = 0$ . Из системы уравнений получим  $g - T/m_1 + 2(g - 2T/m_2) + g - T/m_3 = 0$ ,  $T = 4mg/5$ .

7.3. Поскольку сумма сил равна нулю, то  $N = mg + T$ . Пусть плечо силы  $\vec{T}$  равно  $a$ . Плечо силы  $\vec{P}$  равно  $2a$ . Второе условие равновесия имеет вид  $Ta - 2Pa = 0$ .

7.4. Согласно закону Авогадро — в равных объемах газа при одинаковых давлении и температуре содержится одинаковое количество молекул. Влажный воздух получается из сухого в результате замещения  $N$  молекул воздуха (молярная масса  $M = 0,029$  кг/моль)  $N$  молекулами воды (молярная масса  $M = 0,018$  кг/моль).

7.5 – 7.6. Потенциал, создаваемый заряженным кольцом  $\varphi(0, 0, z) = kQ / \sqrt{R^2 + z^2}$ .

7.7. Очевидно  $\varphi_a = \varphi_b$ . Из закона Ома находим разности потенциалов  $\varphi_a - \varphi_m = VR_2 / (R_1 + R_2)$ .

7.8.  $q(t) = A \sin(\omega t + \alpha)$ ,  $I(t) = I_0 \cos(\omega t + \alpha)$ ,  $I_0 = A\omega$ . Энергия электромагнитных колебаний  $U_{em} = LI_0^2/2$ .

7.9. Угол полного внутреннего отражения  $\alpha_c = \pi/3$ , ( $n \sin \alpha_c = 1$ ). Луч пересекает основание призмы, падает на боковую грань, отражается и падает на вторую грань под углом равным нулю.

7.10. Очевидно  $v_0, v$  — проекции на ось  $x$  скорости объекта в системах отсчета  $K'$  и  $K$ . Согласно «правилу сложения» релятивистских скоростей проекция на ось  $x$  относительной скорости  $v = (u + v_0) / (1 + uv_0/c^2)$ .

## Тест 8

8.1. Зависимость координаты от времени  $x(t) = at^2/2$ . Пусть  $t_1 = 9$  с,  $t_2 = 10$  с. Тогда  $s = x(t_2) - x(t_1)$ , где  $x(t_1) = at_1^2/2$ ,  $x(t_2) = at_2^2/2$ . Отсюда находим  $a = 2s / [(t_2 - t_1)(t_2 + t_1)]$ .

8.2. Направим ось  $x$  вертикально вниз. Пусть  $a_1, a_2$  — проекции ускорений грузов на ось  $x$ . Величины сил натяжения, действующих на нити равны  $T$ , проекции сил, действующих на грузы  $m_1$  и  $m_2$  равны  $T_x = -T$ . Из второго закона Ньютона получим уравнения  $m_1 a_1 = m_1 g - T$ ,  $m_2 a_2 = m_2 g - T$ .

Координаты грузов  $x_1, x_2$  на рис. 8.2 связаны соотношением  $x_1 + x_2 = \text{const}$ . Следовательно,  $a_1 + a_2 = 0$ . Из системы уравнений получим  $T = 2gm_1 m_2 / (m_1 + m_2)$ ,  $T = 2,4$  мН.

8.3. На брусок действуют сила тяжести, внешняя сила  $\vec{F}$ , со стороны стенки сила трения  $\vec{f}$  и сила реакции  $\vec{N}$ . Направим ось  $x$  вертикально вниз. Из второго закона Ньютона получим уравнения  $ma_x = mg + f_x$ ,  $N - F = 0$ . Отсюда находим  $N = 12$  Н,  $\mu N = 6$  Н. Поскольку  $mg < \mu N$ , то  $a_x = 0$ ,  $f_x = -mg$ . Следовательно,  $R = \sqrt{F^2 + (mg)^2}$ .

8.4. Из уравнения состояния находим  $p_0 V_a = \nu RT_0$ ,  $3p_0 V_b = 3\nu RT_0/2$ ,  $p_0 V_c = 3\nu RT_0/2$ .

8.5 – 8.6. Применяя закон Гаусса к параллелепипеду, пересекающему две плоскости, заключаем, что  $\vec{E}_1 = (0, 0, -E_0)$ ,  $z < 0$ ;  $\vec{E}_3 = (0, 0, E_0)$ ,  $z > a$ , где  $E_0 = (\sigma_1 + \sigma_2)/2\epsilon_0$ . Для определения напряженности поля  $\vec{E}_2 = (0, 0, E_2)$  в области  $0 < z < a$  применим закон Гаусса к левой пластине. Имеем соотношение  $E_2 + E_0 = \sigma_1/\epsilon_0$ . Следовательно,  $E_2 = (\sigma_1 - \sigma_2)/2\epsilon_0$ .

8.7. Напряжение на резисторах  $R_3$  и  $R_4$  найдем из уравнений  $V_3 + V_4 = V$ ,  $V_4/V_3 = R_4/R_3$ . Далее для контура a-m-n-b имеем  $V = \varphi_a - \varphi_m + \varphi_m - \varphi_n + V_4$ .

$$8.8. \nu = 1/(2\pi\sqrt{LC}), C = C_1 C_2 / (C_1 + C_2), 1/2\pi \approx 0,16.$$

$$8.9. V_1 + V_2 = 0, C_1 V_1 - C_2 V_2 = C_1 \epsilon; V_1 = C_1 \epsilon / (C_1 + C_2).$$

8.10. Полагая в формуле линзы  $d = F_0$ , получим уравнение  $1/F_0 + 1/f = -1/F_0$ .

## Тест 9

9.1. Координата частицы и проекция скорости на ось  $x$  соответственно имеют вид  $x(t) = at^2/2$ ,  $v(t) = at$ . Пусть  $t_2 = t_1 - T$ , где  $T = 1$  с. Тогда  $s = x(t_1) - x(t_2)$ ,  $x(t_1) = at_1^2/2$ ,  $v_1 = at_1$ ,  $x(t_2) = at_2^2/2$ . Отсюда находим  $s = v_1 T(2t_1 - T)/2t_1$ .

9.2. Направим ось  $x$  параллельно ускорению. На тело действуют сила тяжести, сила реакции и сила трения  $\vec{F}$ . Если тело неподвижно относительно плоскости, то согласно второму закону Ньютона  $ma = F_x$ . Если тело проскальзывает, то проекция силы трения  $F_x = \mu mg > 0$ , т. е. при увеличении ускорения  $F_x$

возрастает и при значениях  $a \geq \mu g$  достигает постоянной величины.

9.3. Пусть  $m$  — масса доски. Представим доску в виде двух тел масс  $m_1 \sim x$ ,  $m_2 \sim (L-x)$ , где  $x$  — длина части доски, не лежащей на столе. Величина силы реакции  $N=mg$ . Запишем второе условие равновесия, выбирая ось, совпадающую с ребром края стола. Плечи сил тяжести, действующих на массы  $m_1$  и  $m_2$  равны соответственно  $h_1=x/2$  и  $h_2=(L-x)/2$ . Тогда имеем уравнение  $Ns+m_1gh_1-m_2gh_2=0$ , из которого находим  $s=L-x/2$  — точка приложения силы реакции стола находится в центре тяжести доски.

9.4. Внутренняя энергия газа  $U=\nu C_V T$ .

9.5. Применим закон Гаусса к параллелепипеду, пересекающему две плоскости, и учтем принцип суперпозиции. Тогда получим напряженность электрического поля

$\vec{E}_1=(0,0, G-E_0)$ ,  $z<0$ ;  $\vec{E}_3=(0,0, G+E_0)$ ,  $z>d$ , где  $E_0=(\sigma_1+\sigma_2)/2\epsilon_0$ . В области  $0<z<d$  напряженность поля  $\vec{E}_2=(0,0, E_{2z})$ ,  $E_{2z}=G+(\sigma_1-\sigma_2)/2\epsilon_0$ . Согласно условию задачи  $\sigma_1=-4\pi\epsilon_0$ ,  $\sigma_2=2\pi\epsilon_0$ .

9.6. В этом случае  $E_{2z}=0$ ,  $2\pi+(\sigma'_1-\sigma'_2)/2\epsilon_0=0$ . Заряд пластин  $Q=-q$ ,  $-q=(\sigma'_1+\sigma'_2)S$ . Приращение заряда первой пластины  $\Delta q_1=(\sigma'_1-\sigma_1)S$ .

9.7. В схеме потенциалы точек  $\varphi_a=\varphi_m$ ,  $\varphi_b=\varphi_n$ .

9.8. Разности потенциалов на конденсаторах  $V_1$  и  $V_2$  найдем из системы уравнений  $V_1+V_2=q/C$ ,  $C_1V_1-C_2V_2=C_1\epsilon \rightarrow V_1=C\epsilon/C_2+q/C_1$ ,  $V_2=-C\epsilon/C_2+q/C_2$ ,  $C=C_1C_2/(C_1+C_2)$ ,  $q$  — заряд, прошедший в положительном направлении за интервал времени  $t$ . Энергия электростатического поля

$$U_{st}=\frac{1}{2}(C_1+C_2)\left(\frac{C\epsilon}{C_2}\right)^2=\frac{1}{2}\frac{C_1^2\epsilon^2}{C_1+C_2}, U_{st}=20 \text{ нДж.}$$

9.9. До переключения ключа энергия системы  $U_0 = C_1 \varepsilon^2 / 2 = 100$  нДж. Энергия электромагнитных колебаний  $U_{\text{эм}} = U_0 - U_{\text{ст}} = 80$  нДж.

9.10. Полагая в формуле линзы  $d = -2F_0$ , получим уравнение  $-1/2F_0 + 1/f = 1/F_0$ .  $x$ -координата изображения  $H' = -Hf/d$ .

## Тест 10

10.1. Пусть  $a$  — значение проекции ускорения на интервале  $[0, \tau]$ . В интервале  $[0, \tau]$  координата и скорость частицы  $\dot{x}(t) = at^2/2$ ,  $v(t) = at$ . В интервале  $t \geq \tau$  координата и скорость частицы  $x(t) = at^2/2 + at(t - \tau) - a(t - \tau)^2/2$ ,  $x(2\tau) = s$ ,  $s = at^2$ .

10.2. На верхнюю пластинку со стороны нижней пластинки действует сила реакции и сила трения  $\vec{F}_{21}$ . На нижнюю пластинку со стороны плоскости действует сила реакции и сила трения скольжения. Запишем уравнения движения пластинок в проекции на горизонтальное направление  $ma = -2\mu mg + F - F_{21}$ ,  $ma = F_{21}$ . Отсюда получим для системы как целое уравнение  $2ma = -2\mu mg + F$ , или  $F_{\text{min}} = 2\mu mg$ .

10.3. Верхняя пластинка будет перемещаться относительно верхней, если  $a \geq \mu g$  или  $F \geq F_0$ .  $F_0 = 4\mu mg$ .

10.4. Согласно уравнению состояния для газа постоянной массы  $pV/\Gamma = \text{const}$ .

10.5. Пусть  $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$  — поверхностные плотности зарядов на левой и правой гранях пластинки. Тогда  $Q = (\sigma_1 + \sigma_2)S$ . В областях, вне пластинки  $\vec{E}_1 = (0, 0, G - E_0)$ ,  $z < 0$ ;  $\vec{E}_3 = (0, 0, G + E_0)$ ,  $z > d$ , где  $E_0 = (\sigma_1 + \sigma_2)/2\varepsilon_0$ . В области  $0 < z < d$  напряженность поля  $\vec{E}_2 = (0, 0, 0)$ ,  $0 = G + (\sigma_1 - \sigma_2)/2\varepsilon_0$ .

Согласно условию  $3n = G - Q/2S\varepsilon_0$ ,  $n = G + Q/2S\varepsilon_0$ .

10.6. Энергия электростатического поля  $U_e = CV^2/2$ .

10.7. Для одного из узлов на эквивалентной схеме рис. А10.7 имеем уравнение  $I_2 = I_1 + I_3$ . Из закона Кирхгофа для контуров, содержащих батареи  $\mathcal{E}_1$  и  $\mathcal{E}_2$  получим еще два уравнения  $I_1 R_1 + I_1 r_1 + I_2 R_2 = \mathcal{E}_1$ ,  $I_3 R_3 + I_2 R_2 + I_3 r_2 = \mathcal{E}_2$ .

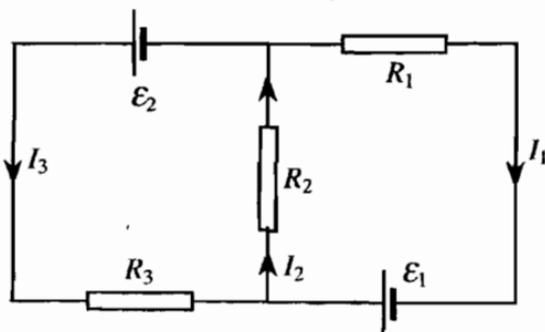


Рис. А10.7

10.8. Мощности, потребляемые лампами  $P_A = \mathcal{E}^2 R / 2(X_C^2 + R^2)$ ,  $X_C = 1/\omega C$ ,  $P_B = \mathcal{E}^2 R / 2(X_L^2 + R^2)$ ,  $X_L = \omega L$ ,  $P_C = \mathcal{E}^2 / 2R$ .

10.9. Полагая в формуле линзы  $d = -2F_0$ , получим уравнение  $-1/2F_0 + 1/f = -1/F_0$ .  $x$ -координата изображения  $H' = -L/f/d$ .

10.10. Проекция на ось  $x$  относительной скорости  $v_R = (v_{2x} - v_{1x}) / (1 - v_{2x}v_{1x}/c^2)$ ,  $1 - v_{2x}v_{1x}/c^2 \approx 0,03$ .

## Тест 11

11.1. Согласно определению  $v_x(t+\Delta t) - v_x(t) = a_x(t)\Delta t$  или  $v_x(t+\Delta t) = v_x(t) + a_x(t)\Delta t$ . Если  $a_x(t) > 0$ , то  $v_x(t+\Delta t) > v_x(t)$ .

11.2. Из второго закона Ньютона находим проекцию ускорения при подъеме тела  $a_1 = -\mu g \cos \alpha - g \sin \alpha$ . Время подъема  $t_n = v_0 / |a_1|$ , расстояние, которое пройдет тело  $s = |a_1| t_n^2 / 2$ .

При спуске  $a_2 = -\mu g \cos \alpha + g \sin \alpha$ ,  $s = a_2 t_{\text{сн}}^2 / 2$ . Следовательно,  $\mu = (3/5) \operatorname{tg} \alpha$ .

11.3. На балку действуют сила тяжести  $m\vec{g}$ , сила натяжения троса  $\vec{T}$  и сила реакции  $\vec{N}$ , приложенная в точке О. Поскольку на балку действуют три силы, то из второго условия равновесия следует, что они лежат на прямых, пересекающихся в одной точке (рис. А11.3).

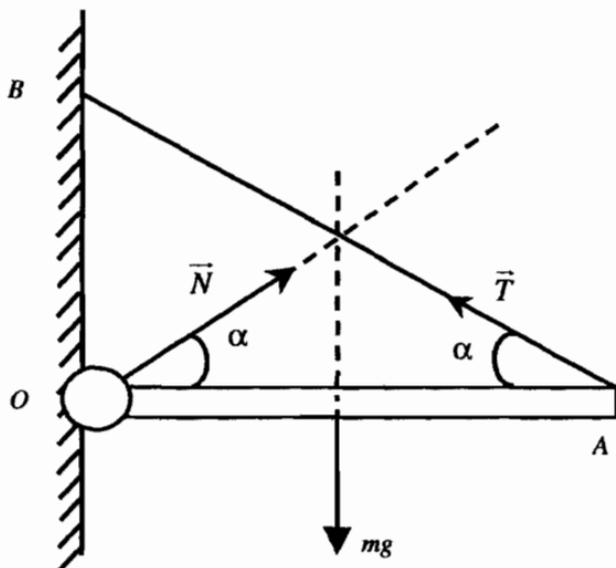


Рис. А11.3

Тогда из первого условия равновесия получим  $T \cos \alpha - N \cos \alpha = 0$ ,  $T \sin \alpha + N \sin \alpha - mg = 0$ .

11.4 – 11.5. Поскольку сумма внутренних энергий газов остается постоянной, то

$$\nu_1 C_V T_1 + \nu_2 C_V T_2 = (\nu_1 + \nu_2) C_V T \rightarrow T = (\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2) / (\nu_1 + \nu_2).$$

Давление смеси

$$p = \frac{(\nu_1 + \nu_2) RT}{V_1 + V_2}, \rightarrow p = \frac{(\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2) R}{V_1 + V_2},$$

$p_0 V_0 = \nu_0 RT_0$ ,  $V_1 + V_2 = V_0 = 22,4$  л,  $\nu_0 = 1$  моль,  $p_0$  — нормальное давление.

11.6. Конденсатор с вложенной пластинкой можно рассматривать как два последовательно соединенных конденсатора общей емкостью  $C = 4\epsilon_0 S/3d$ .

11.7. Эквивалентная схема изображена на рис. А11.7. Потенциалы точек  $a$  и  $m$  одинаковы:  $\phi_a = \phi_m$ . Введем обозначения  $\phi_m - \phi_n = U_1$ ,  $\phi_n - \phi_b = U_2$ . Первый закон Кирхгофа приводит к уравнению  $U_1 + U_2 = V$ . Согласно закону сохранения заряда изолированной части схемы получим еще одно уравнение  $0 = -2CU_1 + CU_2$ .

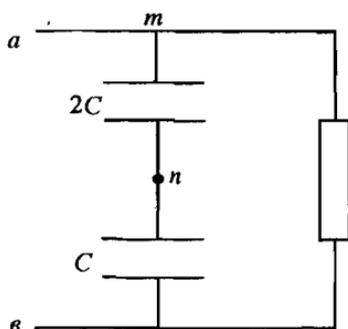


Рис. А11.7

11.8. Амплитуды напряжений на резисторе, конденсаторе и катушке связаны соотношением  $\epsilon_0^2 = V_{R_0}^2 + (V_{L_0} - V_{C_0})^2$ .

11.9. Очевидно действительное изображение стрелки MN находится на прямой, параллельной главной оптической оси. Найдем координаты изображения точки M, полагая в формуле линзы  $d_M = 3s/2$ , получим уравнение  $2/3s + 1/f_M = 1/s$ :  $f_M = 3s$ . x-координата изображения  $H_M' = -Hf_M/2d_M$ .

Для определения координаты изображения точки N, положим в формуле линзы  $d_N = 2s$ . Тогда получим уравнение  $1/2s + 1/f_N = 1/s$ :  $f_N = 2s$ . x-координата изображения  $H_N' = -Hf_N/d_N$ .

11.10. Пусть  $u$  — объемная плотность энергии. Тогда  $J\Delta t\Delta S=uc\Delta t\Delta S$  или  $J=uc$ . Следовательно,  $h\nu\Delta N=u\Delta V$ , или  $\Delta N/\Delta V=J\lambda/hc^2$ .

## Тест 12

12.1. Поместим начало координатной оси в центр двери последнего вагона, ось  $x$  направим параллельно скорости поезда;  $v$  — проекция скорости пассажира на ось  $x$ . Координаты первого вагона и пассажира  $x_B(t)=s+at^2/2$ ,  $x_H(t)=vt$ . В момент времени  $t=T$  имеем уравнение  $x_B(T)=x_H(T)$ :  $s+aT^2/2=vT$ . Следовательно,

$$T=v+\sqrt{v^2-2as}, \quad v_{\min}=\sqrt{2as}.$$

12.2. Из закона изменения кинетической энергии получим уравнение  $0 - mv_0^2/2=A_{\text{тр}}$ ,  $m$  — масса доски,  $A_{\text{тр}}$  — работа силы трения. Сила нормального давления равна  $mg$ . Проекцию силы трения скольжения  $F$  на направление скорости центра масс доски можно представить в виде  $F(x)=-\mu mgx/L$ , где  $x$  — расстояние от передней кромки доски до внешней границы пола,  $x \leq L$ ;  $F(x)=-\mu mg$ ,  $x \geq L$ . Работа силы трения равна площади под графиком функции  $F(x)$  на отрезке  $(L/2, L)$ :

$$A_{\text{тр}}=-(1/2)[\mu mgL - \mu mgL/4]=-(3/8)\mu mgL.$$

12.3. На шар действуют сила тяжести  $m\vec{g}$ , сила реакции  $\vec{N}$ , приложенная в точке  $A$  и сила трения покоя  $\vec{f}$ . Поскольку на шар действуют три силы, то из второго условия равновесия следует, что они лежат на прямых, пересекающихся в одной точке  $A$  (рис. А12.3). Применяя теорему синусов к треугольнику  $OCA$  получим  $\sin\beta=(R/b)\sin\alpha$ .

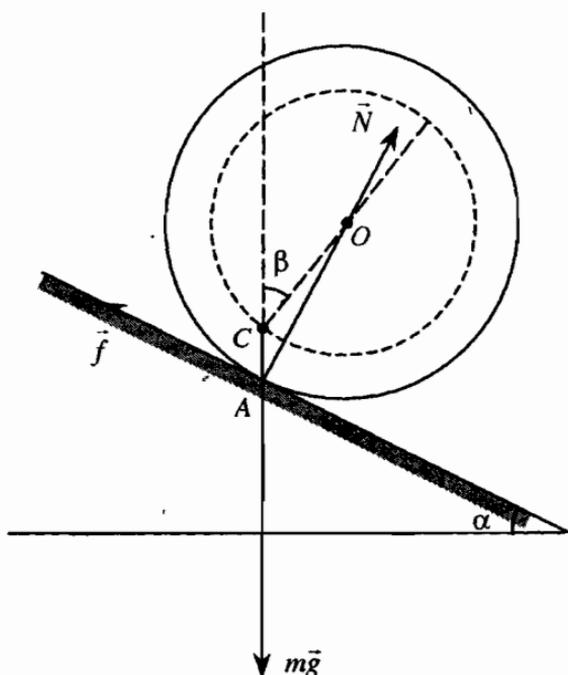


Рис. А12.3

12.4 – 12.5. Поскольку сумма внутренних энергий газов остается постоянной, то

$$\nu C_V T_1 + \nu C_V T_2 = 2\nu C_V T.$$

$$p = \frac{2\nu RT}{V_1 + V_2}, \quad \rightarrow \quad p = \frac{(T_1 + T_2) p_1 p_2}{T_1 p_2 + T_2 p_1}.$$

12.6. Пусть  $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$  — поверхностные плотности зарядов левой и правой пластин,  $d$  — расстояние между пластинами. В области вне пластин напряженность поля  $\vec{E}_1 = (0, 0, -E_0)$ ,  $z < 0$ ;  $\vec{E}_3 = (0, 0, E_0)$ ,  $z > d$ , где  $E_0 = (\sigma_1 + \sigma_2)/2\epsilon_0$ . В области  $0 < z < d$  напряженность поля  $\vec{E}_2 = (0, 0, E_{2z})$ ,  $E_{2z} = (\sigma_1 - \sigma_2)/2\epsilon_0$ . Согласно условию задачи  $E_{2z} = -3Q/(2S\epsilon_0)$ . Разность потенциалов  $\Delta\varphi = -E_{2z}d$ .

12.7. Обозначим  $\varphi_a - \varphi_n = V_2$ ,  $\varphi_m - \varphi_n = V_1$ ,  $\varphi_n - \varphi_b = V_3$ . Из закона сохранения заряда изолированной части схемы получим уравнение  $-CV_2 - CV_1 + CV_3 = 0$ . Еще два уравнения следуют из второго закона Кирхгофа:  $V_2 + V_3 = V$ ,  $\varphi_a - \varphi_m + V_1 - V_2 = 0$ . Разность потенциалов  $\varphi_a - \varphi_m = VR_1 / (R_1 + R_2) = 12$  В.

12.8. Электрическое состояние схемы — резонанс напряжений:  $X_C = X_L$ . Напряжение на конденсаторе  $V_C = \varepsilon_0 X_C / R = \varepsilon_0 X_L / R = \varepsilon_0 \omega L / R$ .

12.9. Полагая в формуле линзы  $F = F_0$ ,  $d = F_0/2$ , получим уравнение,  $2/F_0 + 1/f = 1/F_0$ .

12.10. Из формулы преобразования релятивистской скорости  $v_x' = (-u + v_x) / (1 - uv_x/c^2)$ ,  $v_y' = v_y / \gamma(1 - uv_x/c^2)$ ,  $v_z' = 0$ ,  $\gamma = 1 / (1 - u^2/c^2)$ , находим  $v_x' = -c/2$ ,  $v_y' = c\sqrt{3}/2$ . Поскольку величина скорости равна  $c$ , то наша частица представляет собой фотон.

### Тест 13

13.1. Координаты и проекции скоростей частиц  $x_1(t) = at^2/2$ ,  $v_{1x}(t) = at$ ,  $x_2(t) = v_2 t$ ,  $v_{2x}(t) = v_2$ . В момент времени  $t = \tau$  скорости частиц совпадают:  $a\tau = v_2$ . Первая частица догонит вторую в момент времени  $T$ :  $aT^2/2 = v_2 T$ ,  $T = 2\tau$ .

13.2. Из законов сохранения импульса и полной энергии получим уравнения  $2mv = -2mu_1 + 3mu_2$ ,  $mv^2 = mu_1^2 + 3mu_2^2/2$ . Путь, пройденный пробиркой  $s = u_2 T$ ,  $T = L/v_0$ ,  $v_0 = u_1 + u_2$  — величина скорости шарика относительно пробирки.

13.3. На стержень действуют сила тяжести  $m\vec{g}$ , сила реакции  $\vec{N}$ , приложенная в точке А, и сила реакции  $\vec{T}$ . Поскольку на стержень действуют три силы, расположенные в одной

плоскости, то из второго условия равновесия следует, что они лежат на прямых, пересекающихся в одной точке  $M$  (рис. A13.3).

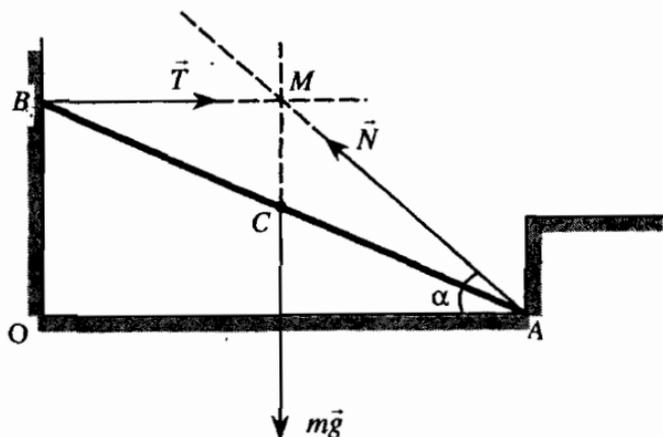


Рис. A13.3

13.4. Внутренняя энергия газа  $U = \nu C_V T$ ,  $C_V = 3R/2$ ; уравнение состояния  $pV = \nu RT$ .

13.5. Эквивалентная схема изображена на рис. A13.5.

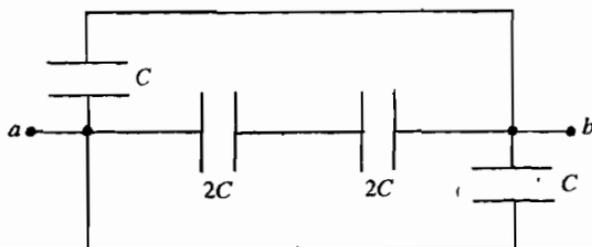


Рис. A13.5

13.6. Резисторы  $R_2$  и  $R_3$  соединены параллельно. Сила тока в общей части схемы  $I = 1,5$  А.

13.7. Из второго закона Ньютона следует уравнение  $m\omega^2 R = qBv$ , где  $v = \omega R$ .

13.8.  $I_m = \epsilon_0/R$ . Искомая сила тока

$$I = \frac{\epsilon_0}{\sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{2}\sqrt{\frac{L}{C}} - 2\sqrt{\frac{L}{C}}\right)^2}} = \frac{I_m}{\sqrt{1 + (3Q/2)^2}}.$$

13.9. Имеем уравнения  $1/d + 1/f = 1/F$ ,  $1/d + 1/f_1 = 2/F$ . Согласно условию задачи  $|f/d| = |f_1/d|$ .

13.10. Координата излучателя  $x_s(t) = ut$ . В системе  $K'$  световые импульсы излучаются моменты времени  $t'_1 = 0$ ,  $t'_2 = T'$ ,  $t'_3 = 2T'$ , ... с периодом  $T' = 1/v_0$ , которым в системе  $K$  соответствуют моменты времени  $t_1 = 0$ ,  $t_2 = \gamma T'$ ,  $t_3 = 2\gamma T'$ , ... . Здесь  $\gamma = 1/(1 - u^2/c^2)^{1/2}$ . Неподвижный наблюдатель фиксирует приход сигналов в моменты времени  $t_{L1} = 0$ ,  $t_{L2}$ ,  $t_{L3}$ , ... с периодом  $T = t_{L2} - t_{L1} = t_{L3} - t_{L2} = \dots$ . Второй сигнал проходит расстояние  $ut_2 = c(t_{L2} - t_2)$ . Отсюда находим  $T = (1 + u/c)\gamma T'$ .

## Тест 14

14.1. В интервале  $[0, \tau]$  координата и скорость частицы  $x(t) = at^2/2$ ,  $v(t) = at$ ;  $v_0 = a\tau$ . В интервале  $t \geq \tau$  координата и скорость частицы  $x(t) = a\tau^2/2 + a\tau(t - \tau) - a(t - \tau)^2/2$ ,  $x(2\tau) = v_0\tau$ .

14.2. Имеем уравнение  $x(T) = 0$ ;  $T = \tau(2 + \sqrt{2})$ .

14.3. Среднее значение проекции скорости в интервале  $T = t_2 - t_1$  равно  $v_{cp} = s/T$ , где  $s$  — площадь фигуры, ограниченной на отрезке  $[t_2, t_1]$  кривой  $v_x(t)$  и прямыми  $t = t_1$ ,  $t = t_2$ . Следовательно,  $s = v_0\tau$ ,  $v_{cp} = v_0/2$ .

14.4. Согласно первому закону термодинамики  $Q' = U_1 - U_2$ ,  $U = vC_V T$ ,  $C_V = 5R/2$ .

$$14.5. \frac{1}{5C} + \frac{1}{4C + C_x} + \frac{1}{10C} = \frac{1}{2C}.$$

14.7. Сила Ампера, действующая в однородном магнитном поле на проводник произвольной формы, присоединенный к точкам  $a$  и  $b$  равна  $\vec{F} = \vec{I} \times \vec{B}$ , где  $\vec{l} = \vec{r}_b - \vec{r}_a$ . Следовательно,  $F_z = 2IB(2a)$ ,  $I = V/2R$ .

14.8. Пусть потенциал левого электрода генератора равен  $\varphi_k$ . Тогда разности потенциалов  $\varphi_k - \varphi_n = V_R \cos(\omega t + \varphi)$ ,  $\varphi_k - \varphi_m = V_C \sin(\omega t + \varphi)$ , где  $V_R = \varepsilon_0 R/Z$ ,  $V_C = \varepsilon_0 X_C/Z$ ,  $Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$ .

Отсюда находим

$$\varphi_m - \varphi_n = V_R \cos(\omega t + \varphi) - V_C \sin(\omega t + \varphi).$$

Полагая  $V_R = A \cos \alpha$ ,  $V_C = A \sin \alpha$ ,  $A = \sqrt{V_R^2 + V_C^2} = \varepsilon_0$  представим правую часть в виде

$$\varphi_m - \varphi_n = \varepsilon_0 \cos(\omega t + \alpha + \varphi).$$

14.9. Исходящий от точки  $A$  предмета расходящийся пучок лучей преобразуется линзой в пучок лучей, параллельных прямой  $OA$ , где  $O$  — оптический центр линзы. После отражения от зеркала образуется пучок параллельных лучей, падающих на линзу. После преломления все лучи пересекаются в точке  $A'$ , расположенной симметрично точке  $A$  относительно главной оптической оси.

14.10. Первое изображение  $P_1$  формируется линзой, второе  $P_2$  — зеркалом и третье  $P_3$  — линзой. Поскольку последнее изображение  $P_3$  мнимое, то оно формируется расходящимся пучком лучей, точка пересечения которых  $P_3$  находится справа от линзы на рис. А14.10. В этом случае  $f_3 = -s$ . Расстояние  $d_3$  от линзы до плоскости, в которой находится «предмет» получим, используя формулу линзы:  $d_3 = s/2$ . Этот предмет представляет собой изображение  $P_2$ , формируемое в результате отражения

сходящегося в точке  $P_1$  пучка лучей, прошедших через линзу, на расстоянии  $s/2$  от зеркала. Точка  $P_1$  является мнимым предметом для зеркала и действительным изображением для линзы. Она находится на расстоянии  $f_1=3s/2$  от линзы. Из формулы линзы  $1/d_1+2/3s=1/s$  находим  $d_1=3s$ .

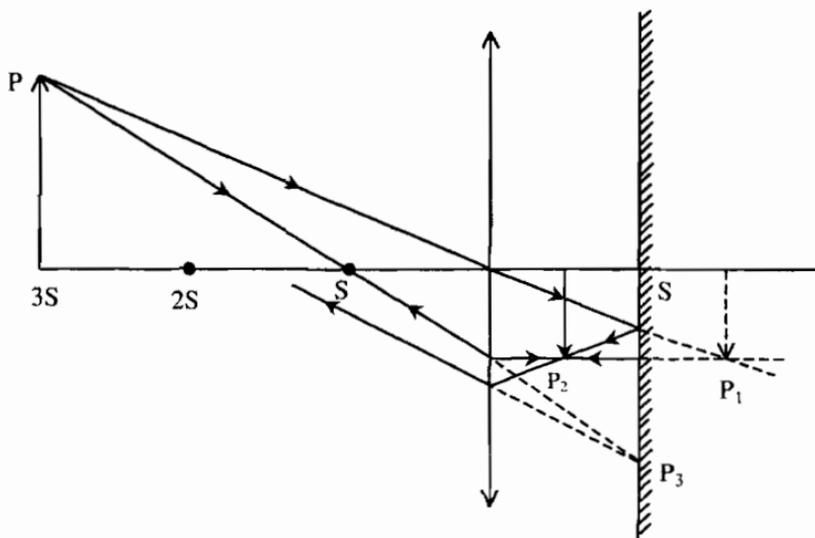


Рис. А14.10

## Тест 15

15.1. Скорость частицы в неподвижной системе отсчета  $\vec{v}$  и скорость частицы  $\vec{v}'$  в системе, движущейся со скоростью  $\vec{u}$  связаны соотношением  $\vec{v} = \vec{u} + \vec{v}'$ . Направим ось  $z$  по вертикали вверх. Тогда до отскока имеем уравнение  $-v_0 = u + v_z'$ . После отскока скорость шарика в системе покоя плиты  $v_{z2}' = -v_z' = u + v_0$ . Скорость шарика в неподвижной системе  $v_{z2} = u + v_{z2}'$ .

15.2. Из закона сохранения импульса получим уравнение  $m\vec{v} + 0 = m\vec{u}_1 + m\vec{u}_2$ . Поскольку  $u_1 = u_2 = u$ , то скорости образуют треугольник, в котором угол между векторами  $\vec{u}_1$  и  $\vec{v}$  равен  $\alpha/2$ . Следовательно,  $v = 2u \cos \alpha/2$ . Из закона изменения энергии получим уравнение  $m v^2/2 + 0 = m u^2/2 + m u^2/2 + Q$ . После возведения в квадрат обеих частей первого уравнения находим  $v^2 = u^2 + 2\vec{u}_1\vec{u}_2 + u^2$ . Следовательно,  $Q = m\vec{u}_1\vec{u}_2$ ,  $Q = m u^2 \cos \alpha$ .

15.3. В неинерциальной системе отсчета, связанной с трубкой, вектор эффективного ускорения свободного падения  $\vec{g}_{эф} = \vec{g} - \vec{w}$ . Вектор  $\vec{g}_{эф}$  перпендикулярен «горизонтальной» прямой, на которой расположены уровни жидкости в трубках:  $w/g = (h_2 - h_1)/(h_1 + h_2)$ .

15.4. Внутренняя энергия газа  $U = \nu C_V T = p V C_V / R$ .

15.5. Эквивалентная схема изображена на рис. А15.5. Емкость  $C_{23} = 20\text{С}$ ,  $C_{234} = 16\text{С}$ .

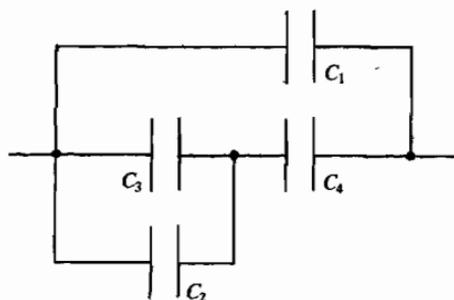


Рис. А15.5

15.6. В начальном состоянии заряд конденсатора  $q = C\varepsilon$ , после замыкания ключа  $q' = C\varepsilon R / (R + r)$ .

15.7. Величина силы, действующей на отрезок первого провода  $F = I_1 I_2 B_2$ , где  $B_2 = \mu_0 I_2 / 2\pi s$  — индукция магнитного поля, создаваемая вторым проводом.

$$15.8. \nu_0 = \frac{\omega_0}{2\pi}, \quad 1/2\pi \approx 0,16, \quad \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}.$$

15.9. Сила тока, протекающего через генератор  $I(t) = I_C + I_L$ . Для участка, содержащего конденсатор из закона Ома  $q/C = \epsilon_0 \cos \omega t$ , находим  $I_C = -(\epsilon_0/X_C) \sin \omega t$ ,  $X_C = 1/\omega C$ ,  $X_C = 250$  Ом. Для участка, содержащего катушку из закона Ома  $LdI/dt = \epsilon_0 \cos \omega t$ , находим  $I_L = (\epsilon_0/X_L) \sin \omega t$ ,  $X_L = \omega L$ ,  $X_L = 250$  Ом. Следовательно,  $I(t) = 0$ . Это электрическое состояние схемы называется резонансом токов.

15.10. Поскольку изображение, формируемое второй линзой мнимое, то согласно условию  $f_2 = -2s$ . Тогда «предмет» находится слева от линзы  $L_2$  на расстоянии  $d_2 = s$  и является изображением, формируемым линзой  $L_1$ . Следовательно,  $f_1 = 2s$ ,  $d_1 = 2s$ .

## Тест 16

16.1. Скорость частицы в неподвижной системе отсчета  $\vec{v}$  и скорость частицы  $\vec{v}'$  в системе, движущейся со скоростью  $\vec{u}$  связаны соотношением  $\vec{v} = \vec{u} + \vec{v}'$ . Направим ось  $z$  параллельно скорости ботсы. Тогда до столкновения мяча с бутсой  $0 = u + v_z'$ . После отскока скорость мяча в системе покоя бутсы  $v_{z2}' = -v_z' = u$ . Скорость мяча в неподвижной системе  $v_{z2} = u + v_{z2}' = 2u$ .

16.2 – 16.3. Из законов сохранения импульса и полной энергии получим два уравнения

$$(m_1 - m_2)v = m_2u, \quad (m_1 + m_2)v^2 = m_2u^2.$$

16.4. Уравнение состояния в точке с координатой  $(V_n, p_n)$  имеет вид  $p_n V_n = \nu R T_n$ .

16.5. Эквивалентная схема изображена на рис. А16.5.

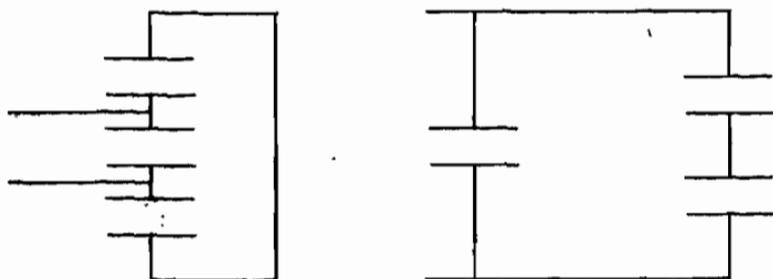


Рис. А16.5

16.6. Сопротивление резисторов  $R_2$ ,  $R_3$ , соединенных параллельно  $R_{23}=4$  Ом. Сопротивление второй группы резисторов  $R_4$  и  $R_1$  равно  $R_{41}=4$  Ом. Сила тока в общей части схемы  $I=5$  А. Теперь имеем систему уравнений  $I=I_3+I_2$ ,  $I_3R_3=I_2R_2$ ,  $I_2=R_4$ ,  $I_3=R_1$ .

16.7. Сила, действующая на проводники в виде ломаной ABC, расположена в плоскости проводников и направлена перпендикулярно отрезку AC длиной L. Величина силы  $F=ILB$ .

16.8 – 16.9. В случае идеальной первичной обмотки  $R_1=0$ . При условии  $X_2 \gg R_2$  амплитуды силы тока и напряжения в первичной и вторичной обмотках

$$I_{10} = \frac{\epsilon_0}{R_2} \left( \frac{n_2}{n_1} \right)^2, \quad I_{20} = \frac{n_1}{n_2} I_{10}, \quad V_{20} = I_{20} R_2 = \epsilon_0 \frac{n_2}{n_1}.$$

16.10. Для изображения, формируемое линзой, имеем уравнение  $1/d+1/f_1=1/F$ . Пусть первое изображение  $P_1$  находится на расстоянии  $f_1-h$  за зеркалом. Зеркало формирует второе изображение  $P_2$  на расстоянии  $2h - f_1$  от линзы. Точка  $P_2$  является предметом для линзы. Согласно условию

$$1/(2h - f_1)+1/d=1/F.$$

## Тест 17

17.1. На рис. А17.1  $x_r(t)=ut$  — график зависимости координаты теплохода от времени, пилообразная кривая — график зависимости координаты пассажира от времени в системе отсчета, связанной с берегом,  $T$  — интервал времени движения пассажира от кормы к носу и от носа к корме. В интервале  $[0, T]$  тангенс угла наклона отрезка прямой к оси  $t$  равен  $(u+v_0)/T$ , В интервале  $[T, 2T]$  тангенс угла наклона отрезка прямой равен  $-(v_0-u)/T$ . Значение  $x_0=(u+v_0)T$ . Решение задачи следует из уравнения  $x_0=x_r(4T)$ :  $(u+v_0)T=4uT$ .

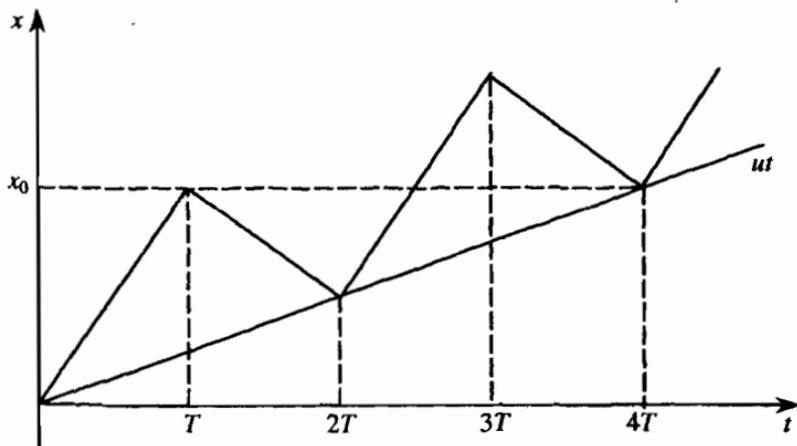


Рис. А17.1

17.2. Потенциальная энергия камня  $W=m(v_0\sin\alpha)^2/2$ , кинетическая энергия  $T=m(v_0\cos\alpha)^2/2$ .

17.3. Из второго условия равновесия имеем два уравнения  $m_1a - m_2b = 0$ ,  $m_1a - mb = 0$ .

17.4. Из уравнения состояния и уравнения процесса  $p = \text{const}/V^2$  получим соотношение  $VT = k$ , где  $k$  — константа.

17.5. На внешних поверхностях наружных пластин индуцируются заряды  $-q_1$  и  $-q_2$ ,  $q_1+q_2=Q$ .

Эквивалентная схема, соответствующая двум последовательно соединенным конденсаторам, приведена на рис. А17.5. Поместим начало координатной оси  $x$  на уровне верхней пластины и направим ее вертикально вниз. Емкости конденсаторов  $C_1=\epsilon_0 S/x$  и  $C_2=\epsilon_0 S/(d-x)$ . Из системы уравнений  $C_1 V_1+C_2 V_2=Q$ ,  $V_2-V_1=0$ , находим

$$V_1=Qx(d-x)/(d\epsilon_0 S), q_1=(d-x)Q/d, \Delta q_1=-\Delta x Q/d.$$

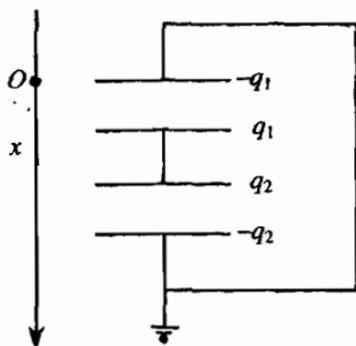


Рис. 17.5

17.6. Сопротивление резисторов  $R_2$  и  $R_3$ , соединенных параллельно равно  $R_{23}=1,2$  Ом. Эквивалентная схема представляет собой батарею, к которой последовательно присоединены резисторы  $R_1$  и  $R_{23}$ . Имеем систему уравнений  $V=I(R_1+R_{23})$ ,  $V_{23}=IR_{23}$ ,  $I_3=V_{23}/R_3$ .

17.7. Уравнения, описывающие работу двигателя:  $IR=U+\epsilon$ ,  $M=M_A$ , где  $\epsilon=-k\omega$  — ЭДС индукции,  $M_A=kI$  — момент сил Ампера,  $k$  — коэффициент, зависящий от конструктивных особенностей двигателя. Механическая мощность двигателя  $P=M\omega$ , КПД мотора  $\eta=P/U$ .

17.8. В случае идеальной первичной обмотки  $R_1=0$ . При условии  $X_2 \gg R_2$  амплитуды силы тока и напряжения в первичной и вторичной обмотках

$$I_{10} = \frac{\varepsilon_0}{R_2} \left( \frac{n_2}{n_1} \right)^2, \quad I_{20} = \frac{n_1}{n_2} I_{10}, \quad V_{20} = I_{20} R_2 = \varepsilon_0 \frac{n_2}{n_1}.$$

17.9. Из уравнений для токов в первичной и вторичной обмотках следует вывод: работа, совершаемая генератором, равна сумме джоулева тепла, выделяемого в первичной и вторичной обмотках, и приращения энергии магнитного поля. В идеальном трансформаторе среднее за период значение мощности, развиваемой генератором  $P=I_{10}\varepsilon_0/2$ , равно мощности, потребляемой нагрузкой  $I_{20}^2 R_2/2$ :  $I_{1\text{эф}}\varepsilon_{\text{эф}}=I_{2\text{эф}}^2 R_2$  или  $P=V_{20}^2/2R_2$ .

17.10. Оптическая сила очков  $D=1/d_0-1/d$ ,  $d_0=0,25$  м.

## Тест 18

18.1. Скорость частицы в неподвижной системе отсчета  $\vec{v}$  и скорость частицы  $\vec{v}'$  в системе, движущейся со скоростью  $\vec{u}$ , связаны соотношением  $\vec{v} = \vec{u} + \vec{v}'$ . Тогда до столкновения мяча с плитой  $v=u+v_x'$ . После отскока скорость шарика в системе покоя плиты  $v_{z2}' = -v_z' = u - v$ . Скорость шарика в неподвижной системе  $v_{z2} = u + v_{z2}' = 2u - v$ .

18.2. Направим ось  $x$  вертикально вниз, начало координат расположим на уровне оси. В начальном состоянии потенциальная энергия системы  $W=mgx_c$ ,  $x_c = -5l/18$  — координата центра тяжести. Согласно закону сохранения полной энергии  $0 - 5mg l/18 = mv^2/2 - mg l/2$ .

18.3. А. Это утверждение представляет собой закон Паскаля в наиболее корректной формулировке.

Б. Давление — скаляр, понятия направление скаляра не существует.

В. Давление — функция координат. Давление  $p(x, y, z)$  в точке  $x, y, z$  определяется в результате вычисления предела  $p(x, y, z) = \lim_{\Delta S \rightarrow 0} \frac{\vec{n} \Delta \vec{F}}{\Delta S}$ , где  $\Delta \vec{F}$  — сила, действующая на элементарную площадь  $\Delta S$ , ориентированную в направлении единичного вектора  $\vec{n}$ .

Г. Давление как и сила не может передаваться. В среде не «передается», а распространяется звук, т. е. волна деформации, проявляющая себя как волна давления, плотности или температуры.

Д. Давление не «действует». Действует сила.

18.4. Относительная влажность  $h = m_n / (\rho_n V)$ , где  $m_n$  — масса воды в воздухе. При конденсации  $l = m_n / (\rho_n V_k)$ .

18.5. После внесения экрана эквивалентные схемы изображены на рис. А18.5 а, б.

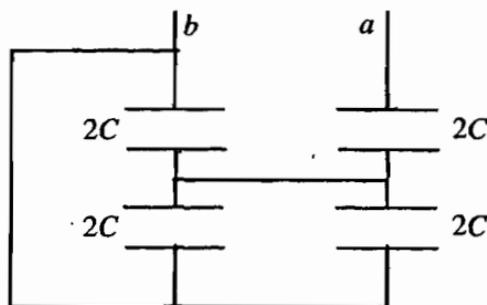


Рис. А18.5 а

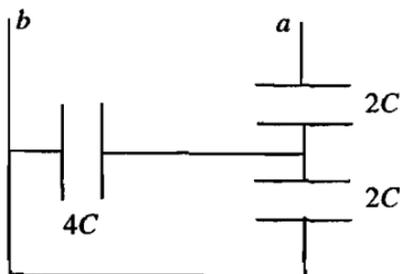


Рис. А18.5 б

18.6. Напряжение на резисторе  $R_1$  равно  $V_1=50$  В. Из первого закона Кирхгофа для узла  $m$  следует уравнение  $I_3=I_2-I_1=V_2/R-V_1/R$ , из которого находим  $V_3=I_3R=10$  В. Второй закон Кирхгофа для контура  $amna$  приводит к уравнению

$$V_4=V_2+V_3.$$

18.7. На полосу действуют сила тяжести, сила реакции, сила трения покоя и сила Ампера  $\vec{F}_{1A}=(0, 0, -ILB)$ . В первом случае из второго закона Ньютона следуют уравнения  $0=f-\mu N_1$ ,  $0=N_1-ILB-mg$ , где  $mg=P$ . Во втором случае получим уравнения  $0=F_2-\mu N_2$ ,  $0=N_2+ILB-mg$ .

$$18.8. \varepsilon_0^2=V_R^2+(V_L-V_C)^2.$$

18.9. Разности потенциалов  $\varphi_m-\varphi_a=V_L\sin(\omega t+\alpha)$ ,

$\varphi_n-\varphi_a=-V_C\sin(\omega t+\alpha)$ . Следовательно,

$$\varphi_m-\varphi_n=V\sin(\omega t+\alpha), \quad V=V_L+V_C.$$

18.10. Пусть  $D_{x2}$  — оптическая сила хрусталика внучки. Тогда имеем два уравнения

$$1/d_0+1/f_0=D_{x2}+D_2,$$

$$1/s+1/f_0=D_{x2}+D_1, \text{ из которых находим } s=10 \text{ см.}$$

## Тест 19

19.1. Направим ось  $x$  параллельно палочке. Согласно определению координаты  $x_c$  центра масс  $(m_1+m_2)x_c=m_1x_1+m_2x_2$ . Положение жука относительно палочки определяется значением координаты на числовой оси  $x'$ , связанной с палочкой:  $x_2=x_1+x'_2$ . Координата центра масс  $(m_1+m_2)x_c=(m_1+m_2)x_1+m_2x'_2$ . Поскольку проекция на горизонталь сил, действующих на систему, равна нулю, то координата центра масс — постоянная величина:  $\Delta x_c=0$ ,  $0=(m_1+m_2)\Delta x_1+m_2\Delta x'_2$ .

19.2. Направим ось  $z$  вертикально вверх; начало координат расположим на поверхности земли. Потенциальная энергия грунта, которую необходимо выбрать  $W_0=-mgH/2$ ,  $m=\rho SH$ . Полную работу по выемке грунта  $A_0$  найдем из закона изменения полной энергии  $0-W_0=A_0$ . Для того чтобы вырыть колодец до глубины  $h$ , необходимо выполнить работу  $A=\rho Sh^2/2$ .

19.3. Уровень воды у плотины —  $H$ , ширина перекрытия —  $L$ . Введем ось  $x$ , направленную вертикально вниз с началом на поверхности воды. Величина силы, действующей на прямоугольную элементарную площадку высотой  $\Delta x$ , шириной  $L$ , расположенную на глубине  $x$ , равна  $\Delta F=\rho g x L \Delta x$  или  $\Delta F=y(x)\Delta x$ ,  $y(x)=\rho g L x$ . Построим график функции  $y(x)=\rho g L x$  — прямую, выходящую из начала координат, и убедимся, что при  $\Delta x \ll H$  величина  $\Delta F$  представляет собой площадь прямоугольника (рис. А19.3). Поэтому сила, действующая на стенку плотины, равна площади треугольника “высотой”  $\rho g L H$  и длиной основания  $H$ :  $F_0=\rho g L H^2/2$ .

Величина силы, действующей на часть стенки, расположенную между дном плотины и горизонтальным уровнем на расстоянии  $z$  от дна, равна разности площадей треугольников:  $F(z)=\rho g L (2H-z)z/2$ . Положим  $z=H/2$ . В этом случае  $F(H/2)=3F_0/4$ .

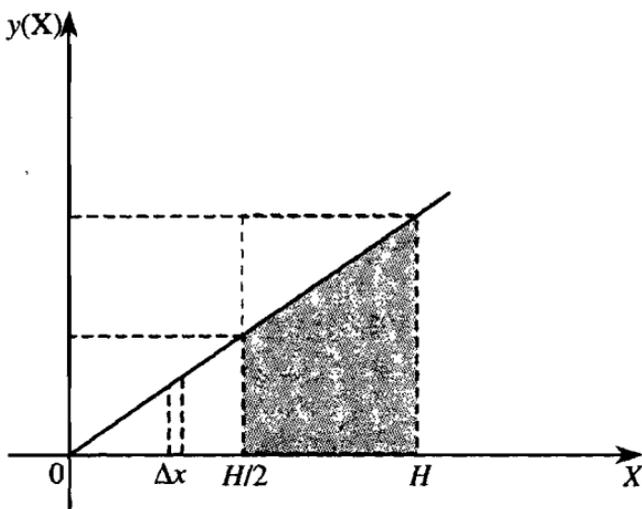


Рис. А19.3

19.4. При изотермическом сжатии плотность насыщенного пара постоянна. Весь пар массой  $m = \rho_n V$  конденсируется при значении объема  $V_k = m / \rho_n$ .

19.5. Эквивалентная схема содержит последовательно соединенные конденсаторы емкостью  $C_1 = 5$  С и  $C_2 = 20$  С. Из закона сохранения заряда и второго закона Кирхгофа получим уравнения  $C_1 V_1 - C_2 V_2 = 0$ ,  $V_1 + V_2 = \epsilon$ .

19.6. При замкнутом ключе  $U_1 = \epsilon R / (R + r)$ , при разомкнутом —  $U'_1 = \epsilon R / (2R + r)$

19.7. Поскольку ЭДС индукции  $\epsilon = -d\Phi/dt$ , то в области  $0 < t < 4\tau$  функция  $\Phi(t)$  возрастает. В области  $t > 4\tau$  магнитный поток уменьшается.

$$19.8. \lambda = cT = 2\pi c \sqrt{LC}.$$

19.9. Оптическая сила системы линза-зеркало  $2/F$ . Поэтому имеем уравнение  $1/F + 1/f = 2/F$ . После преломления формируется параллельный пучок лучей, который после отражения зер-

калом падает на линзу, После преломления все лучи пересекаются в фокусе.

19.10. *Решение 1.* Первое мнимое изображение формируется расходящимся пучком лучей. Из формулы линзы находим  $f_1 = -6$  см. После отражения от зеркала возникает изображение — предмет для линзы на расстоянии  $d_2 = 6$  см от линзы. Из формулы линзы  $1/d_2 + 1/f_2 = 1/F$  получим  $f_2 = -12$  см.

*Решение 2.* Из уравнения линзы  $1/d + 1/f = 2/F$  найдем  $f = f_2$ .

## Тест 20

20.1. Пусть проекции начальной скорости  $u$  и ускорения  $a$  больше нуля. Тогда путь, пройденный частицей за интервал времени  $\tau$  равен  $s = u\tau + a\tau^2/2$ . Следовательно, имеем уравнение  $aT_1 + T_1^2/2 = a(T + T_1)T_2 + aT_2^2/2$ .

20.2. Направим ось  $x$  по вертикали вниз, начало координат совместим с точкой подвеса пружины. Сила действующая на груз со стороны пружины  $F_x(x) = -k(x - l_0)$ . В положении равновесия  $0 = mg - k(l_1 - l_0)$ . Потенциальная энергия груза  $W(x) = k(x - l_0)^2/2 - mgx$ . Из закона сохранения полной энергии получим уравнение  $0 + 0 - mgl_0 = 0 + k(l_2 - l_0)^2/2 - mgl_2$ .

20.3. Пусть уровни нефти и воды находятся на высоте  $h_n$  и  $h_b$ . Тогда  $\rho_n h_n = \rho_b h_b$ . Поместим начало координат оси  $z$  на уровне дна и направим ось вертикально вверх. Давления, создаваемые нефтью и водой, представляют собой функции  $p_n(z) = p_{ат} - \rho_n(z - h_n)$ ,  $p_b(z) = p_{ат} - \rho_b(z - h_b)$ . Разность давлений на уровне с координатой  $H$  равно  $p_n(H) - p_b(H) = (\rho_b - \rho_n)gH$ .

20.4. В начальном состоянии давление в камере  $p_1 = p_n + p_{b1}$ . В конечном состоянии давление  $p_2 = hp_n + p_{b2}$ ,  $p_{b1}V_1 = p_{b2}V_2$ . Отсюда находим  $p_n = p_{ат}$ .

20.5. Плотность пара в конечном состоянии  $h\rho_n = m_n/2V_1$ , где  $m_n$  — масса воды в камере.

20.6. Эквивалентная схема содержит последовательно соединенные конденсаторы емкостью  $C_{12}=5$  С и  $C_3=20$  С. Из закона сохранения заряда и второго закона Кирхгофа получим уравнения

$$C_{12}V_1 - C_3V_3 = 0, V_1 + V_3 = \varepsilon \rightarrow V_3 = 24 \text{ В. После пробоя } V'_3 = \varepsilon.$$

20.7. Поскольку  $R_2/R_1 = R_3/R_4$ , то сила тока через резистор  $R_5$  равна нулю. Силы токов через резисторы  $I_2 = I_3 = 2I_0$ ,  $I_1 = I_4 = I_0$ ,  $I_0 = V/r$ ,  $r = 1$  Ом.

20.8.  $\varepsilon(t) = \frac{1}{2} \varepsilon_0 (1 + \cos 2\omega t)$ . Постоянная составляющая напряжения на конденсаторе равна  $\frac{1}{2} \varepsilon_0$ , переменная ЭДС генератора  $\frac{1}{2} \varepsilon_0 \cos 2\omega t$ .

20.9. Коэффициент увеличения  $k = d\varphi/F$ .

20.10. Имеем уравнение  $mc^2/(1-v^2/c^2)^{1/2} - mc^2 = mc^2/4$ .

## Тест 21

21.1. Проекция скоростей любых точек твердого тела А и С на отрезок АС одинаковы:  $v_A = v_C \cos \gamma$ . Следовательно, угол  $\gamma$  между вектором  $\vec{v}_C$  и отрезком прямой АС равен  $\pi/4$ . Прямые, перпендикулярные векторам  $\vec{v}_C$  и  $\vec{v}_A$  пересекаются в точке О, через которую проходит мгновенная ось вращения. Тогда  $v_A = \omega \cdot OA$ ,  $v_B = \omega \cdot OB$ , где  $OA = L/2$ ,  $OB = \sqrt{5} L/2$ , где  $L$  — длина палки.

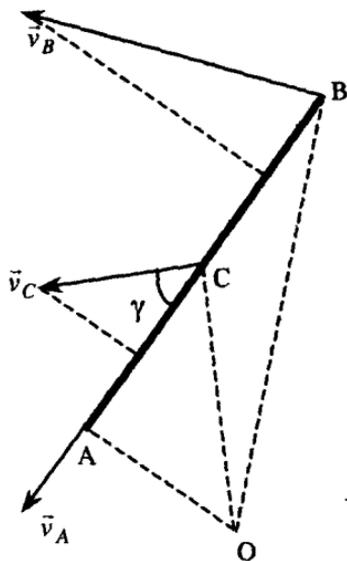


Рис. А21.1

21.2 – 21.3. Из законов сохранения импульса и полной энергии следуют уравнения

$$m_1 v = (m_2 - m_1) u, \quad m_1 v^2 / 2 = (m_1 + m_2) u^2 / 2.$$

21.4. Количество теплоты, необходимое для нагревания тела  $Q = (m/M) C_v (T_2 - T_1)$ . Согласно закону Дюлонга-Пти молярная теплоемкость твердых тел при постоянном объеме  $C_v = 3R$ .

21.5. В начальном состоянии эквивалентная схема содержит конденсатор емкостью  $C_x = 2C/3$ . После изменения емкости  $C_1$  эквивалентная схема содержит конденсатор емкостью  $C'_x = 3C/4$ . Через батарею перетек заряд  $\Delta q = \epsilon (C'_x - C_x)$ .

21.6. В силу симметрии системы проводников сила тока в ребре DC равна нулю. Сила тока в ребре AB равна  $V/R$ , где  $R$  — сопротивление ребра. Силы тока в ребрах ADB и ACB одинаковы —  $V/2R$ .

21.7. В начальном состоянии поток индукции  $\Phi = \Phi_0$ , в конечном состоянии поток  $\Phi' = -\Phi_0$ .

21.8. 1. Волны малой амплитуды не относятся к поперечным или продольным волнам. Наблюдаемая форма поверхности воды образована жидкими «частицами», которые движутся по окружностям с неподвижными центрами, расположенными на одном уровне. С увеличением глубины радиусы окружностей уменьшаются.

2. Элементарные массы струны смещаются перпендикулярно направлению распространения деформации.

3. В каждой точке неограниченного пространства векторы  $\vec{E}$  и  $\vec{B}$  перпендикулярны друг другу и направлению распространения волны.

4. Частицы среды смещаются в направлении распространения деформации.

5. Пусть ось  $z$  параллельна стенкам трубы. В волноводе могут существовать волны двух типов, распространяющиеся в направлении оси  $z$ : поперечно-электрические со структурой полей  $\vec{E} = (E_1, E_2, 0)$ ,  $\vec{B} = (B_1, B_2, B_3)$  и поперечно-магнитные с полями вида  $\vec{E} = (E_1, E_2, E_3)$ ,  $\vec{B} = (B_1, B_2, 0)$ . Очевидно, волны в волноводе нельзя отнести ни к поперечным, ни к продольным волнам.

$$21.9. F_{06} = L + F_{ок}, k = F_{06} / F_{ок}.$$

21.10. Из законов сохранения энергии и импульса имеем уравнение  $Mc^2 = 0,6 Mc^2 / (1 - v^2/c^2)^{1/2}$ .

## Тест 22

22.1. Максимальная высота подъема мяча  $h=v_0^2/2g$ , где  $v_0$  — начальная скорость. Проекция скорости на числовую ось, направленную вертикально вверх  $v(t)=v_0-gt$ .

22.2. При запуске аппарата со второй космической скоростью полная энергия равна нулю:  $mv^2/2-mgR^2/r=0$ .

22.3. Величина сил реакции  $N=(p_{\text{ат}}-p)S$ .

22.4. Согласно первому закону термодинамики  $vC_v\Delta T=-p\Delta V$ .

22.5. Пусть заряды верхних пластин имеют положительные значения. Из второго закона Кирхгофа получим уравнения  $V_1-V_2=\epsilon_2$ ,  $V_1=\epsilon_1$ ;  $q_2=C_2V_2$ .

22.6 – 22.7. Сила тока через резисторы  $I=V/(R_1+R_2+R_3)$ ,  $I=1$  А. Разности потенциалов  $\phi_a-\phi_n=I(R_1+R_2)$ ,  $\phi_m-\phi_b=I(R_2+R_3)$ .

22.8. Положение проводника опишем функцией  $x(t)$ , представляющей в момент времени  $t$  координату точки  $P$  на числовой оси  $x$  с началом в точке  $O$ . Для вычисления магнитного потока через поверхность прямоугольника  $OSKP$  введем единичный вектор  $\vec{n}=(0,0,1)$ . Задание  $\vec{n}$  одновременно определяет положительное направление на контуре по правилу буравчика: вращение буравчика в положительном направлении приводит к его перемещению в направлении вектора  $\vec{n}$ . На рис. А22.8 положительное направление показано стрелками, лежащими вне контура. Согласно определению магнитный поток внешнего поля  $\Phi(t)=B s x(t)$ . Пренебрегая магнитным потоком собственного поля тока в контуре, получим

$$\epsilon(t)=-d\Phi/dt, \epsilon(t)=-B s v(t).$$

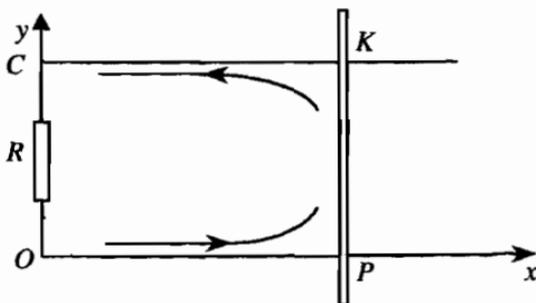


Рис. А22.8

22.9. Угол падения на грань AQ равен углу  $\theta$ . Согласно закону преломления имеем уравнение  $n \sin \theta = 1$ .

22.10. Из закона сохранения энергии имеем уравнение  $Mc^2 = 2(mc^2 + T)$ .

### Тест 23

23.1. Направим ось  $y$  вертикально вверх. Тогда  $y(t) = v_0 t - gt^2/2$ . Согласно условию  $y(t_1) = y(t_2)$  получим уравнение, из которого находим  $v_0 = g(t_1 + t_2)/2$ .

23.2. В конечном состоянии величины скоростей астероидов одинаковы. Из закона сохранения полной энергии получим уравнение

$$mv^2/2 + mv^2/2 - Gm^2/2R = 0 + 0.$$

Величина относительной скорости  $v_{от} = 2v$ ,  $v_{от} = \sqrt{2Gm/R}$ .

23.3. В любой точке несжимаемой жидкости условие равновесия имеет вид  $\rho gz + p(z) = \text{const}$ , где  $p(z)$  — давление в точке,  $z$  — координата элементарной частицы жидкости (ось  $z$  направлена вертикально вверх). Из условия равновесия следует уравнение  $p_{ат} + \rho gH = p_1 + \rho gh_1$ .

23.4. Из условия равновесия следует уравнение  $P_1 + \rho_{рт} g l_2 = P_2 + \rho_{рт} g l_1$ .

23.5. Пусть внутренние пластины конденсаторов имеют положительные значения зарядов. Из закона сохранения изолированной части схемы следует уравнение  $3C(\varphi_0 - \varphi_s) = Q$ , из которого находим  $\varphi_0 = \varphi_s + \frac{Q}{3C}$ .

$$23.6. P_1 = U_1^2/R, P_2 = U_2^2/R.$$

23.7. Для вычисления потока магнитной индукции необходимо ввести единичный вектор  $\vec{n}$ , перпендикулярный плоскости рамки по правилу буравчика:  $\Phi = \vec{B}\vec{n}S = BS\cos\omega t$ . ЭДС индукции  $\epsilon(t) = BS\omega\sin\omega t$ .

23.8. При распространении звуковой волны в воздухе реализуется адиабатический процесс  $pV^n = \text{const}$ ,  $n=1,4$ .

$$23.9. \text{Для трубы Кеплера } L = F_{об} + F_{ок}, k = F_{об}/F_{ок}.$$

23.10. Из уравнения  $P\Delta t = \eta \Delta m N_A U_p / M$  находим  $\Delta m / \Delta t = 0,117$  г/с. Полагая  $\Delta t = 24 \cdot 60 \cdot 60$  с, найдем  $\Delta m$ .

## Тест 24

$$24.1. h_{\max} = v_0^2 / 2g.$$

24.2. Из закона сохранения горизонтальной компоненты импульса системы  $mv = 2mu$  найдем скорость  $u$  первого и второго шаров после первого столкновения. После второго столкновения скорость каждого шара равна  $u_3$ :  $2mu = 3mu_3$ .

24.3. Условие плавания тела: в инерциальной системе отсчета сумма силы тяжести и выталкивающей силы равна нулю.

24.4. Согласно первому закону термодинамики для изотермического процесса  $0 = \delta Q - p\Delta V$ .

24.5. Поскольку оба диода открыты, то три резистора соединены параллельно.

24.6 – 24.7. Падение напряжения на резисторе  $R_4$  должно быть  $U_4 = 3$  В. Из закона Ома для резистора  $R_1$  или  $R_2$  имеем уравнение  $V_1 = IR$ ,  $R = 2$  Ом.

24.8. Для вычисления магнитного потока через поверхность необходимо задать единичный вектор  $\vec{n}$ , перпендикулярный плоскости рамки. Задание  $\vec{n}$  одновременно определяет положительное направление на контуре по правилу буравчика: вращение буравчика в положительном направлении приводит к его перемещению в направлении вектора  $\vec{n}$ . На рис. 24.8 положительное направление показано стрелками, лежащими вне контура. Следовательно, вектор  $\vec{n}$ , направлен параллельно вектору  $\vec{B}$ . Согласно условию задачи магнитный поток внешнего поля вначале возрастает  $\Phi(t) = Bavt$ , затем достигает постоянного значения  $\Phi_0$  и при выходе рамки из области поля убывает  $\Phi(t) = \Phi_0 - Bav(t - t_2)$ . Пренебрегая магнитным потоком собственного поля тока в контуре, находим  $\epsilon(t) = -d\Phi/dt$ .

24.9. Первое изображение находится на расстоянии  $f_1 = 2s$  от собирающей линзы. Из формулы линзы находим  $F_c = s$ . Это изображение является мнимым предметом для рассеивающей линзы, которая формирует мнимое изображение. Полагая в формуле линзы  $d_2 = -s$ ,  $f_2 = -s$ , получим  $F_p = -s/2$ .

24.10.  $C_U = (N_A/M)U_p = 8,19 \cdot 10^{13}$  Дж/кг.

## Тест 25

25.1.  $s=g(t_2^2-t_1^2)/2$ .

25.2. Из закона сохранения импульса системы следует уравнение  $4m\sqrt{2E/m}-m\sqrt{2E/m}=5mu$ , где  $u$  — скорость системы как целого после неупругого столкновения. Согласно закону изменения полной энергии имеем уравнение  $2E=5mu^2/2+U$ .

25.3. Пусть сосуд имеет форму параллелепипеда с площадью основания  $S$  и заполнен водой до уровня  $h_0$ . Масса банки —  $M$ , масса куска пенопласта —  $m$ . Из условия плавания банки с куском пенопласта следует уравнение  $(m+M)g-\rho_{в}gV_6=0$ , где  $V_6$  — объем погруженной части банки. Условия плавания пустой банки и куска пенопласта имеют вид  $Mg-\rho_{в}gV'_6=0$ ,  $mg-\rho_{в}gV_n=0$ , где  $V_n$  — объем погруженной части пенопласта. Очевидно приращение уровня воды определяется условием  $\Delta hS=(V'_6+V_n-V_6)$ .

25.4. При изотермическом процессе  $0=Q-A'$ .

25.5. При адиабатическом процессе  $\nu C_v(T_2-T_1)=-A'$ .

25.6. Пусть  $r$  — сопротивление ребра. Вследствие симметрии схемы ток силой  $I$ , втекающий в узел  $a$ , вытекает по трем ребрам. Сила тока в ребре  $ab$  равна  $I/3$ . Далее в узле  $b$  ток силой  $I/3$  разделяется на два тока силой  $I/6$ . Сила тока в ребре  $mn$  равна  $I/3$ . Согласно закону Ома  $2Ir/3+Ir/6=V$  или  $I=V/R$ ,  $R=5r/6$ .

25.7. Для вычисления магнитного потока через плоскость, ограниченную контуром  $ANDC$  необходимо задать единичный вектор  $\vec{n}$ , перпендикулярный плоскости. Задание  $\vec{n}$  одновременно определяет положительное направление на контуре по правилу буравчика: вращение буравчика в положи-

тельном направлении приводит к его перемещению в направлении вектора  $\vec{n}$ . Пусть  $x$  — координата точки D на числовой оси с началом в точке N. Тогда  $\Phi = Blx$ ,  $x(t) = vt$ . ЭДС индукции, возникающая на участке DC равна  $\varepsilon = -d\Phi/dt$ ,  $\varepsilon = -\varepsilon_0$ ,  $\varepsilon_0 = Blv$ . Эквивалентная схема представлена на рис. A25.7. Из законов Кирхгофа получим систему уравнений  $I_1 = I + I_2$ ,  $I_1 R_1 = -\varepsilon_0$ ,  $I_2 R_2 = \varepsilon_0$ .

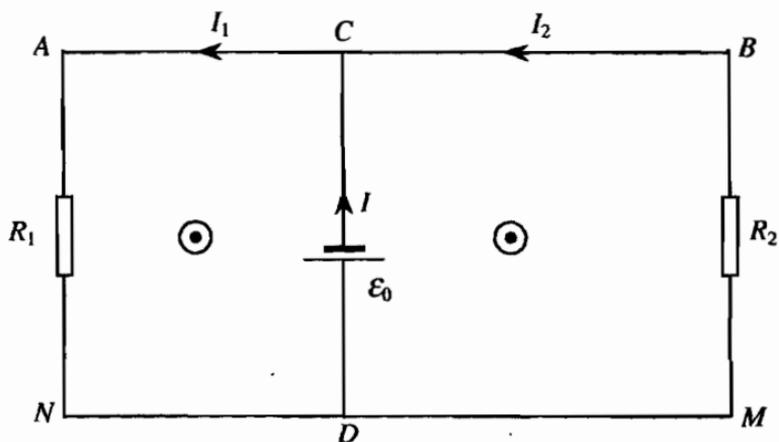


Рис. A25.7

25.8. Скорость звука  $c = \sqrt{np_0 / \rho_0}$ , где  $p_0$ ,  $\rho_0$  — равновесные значения давления и плотности,  $n=1,4$ . Из уравнения состояния  $p_0 = \Delta m RT_0 / \Delta V M$  следует  $p_0 / \rho_0 = RT_0 / M$ .

25.9. Имеем систему уравнений  $1/d_0 + 1/f = 1/F_{xp} + D$ ,  $1/2d + 1/f = 1/F_{xp}$ ,  $D = 1/d_0 - 1/2d$ .

25.10. В 1900 г. Макс Планк получил правильную форму закона излучения черного тела, предполагая, что энергия модели атома - осциллятора — составляет целое число квантов энергии. Его работа поначалу не получила существенного отклика. Только пять лет спустя А. Эйнштейн обратился к идее Планка в своей теории фотоэффекта. Он постулировал

квантовую структуру монохроматической электромагнитной световой волны, вводя новые частицы — фотоны. Сам Планк не был согласен с таким развитием своей гипотезы. В составленном Планком в 1913 г. представлении об избрании Эйнштейна в Берлинскую Академию Наук отмечено: «То, что он в своих рассуждениях (spekulationen) подчас стрелял мимо цели, как это было, например, с его гипотезой световых квантов, не следует ставить ему в упрек, ибо, не идя на риск, даже в области точных наук нельзя сделать ничего действительно нового».

## Тест 26

26.1. Дальность  $D=v_0^2 \sin 2\alpha / 2g$ , максимальная высота подъема  $H=v_0^2 \sin^2 \alpha / g$ . В случае навесной траектории угол между начальной скоростью и горизонтальной плоскостью  $\alpha_2$ , в случае настильной траектории  $\alpha_1 < \alpha_2$ . Согласно условию имеем три уравнения

$$l=H/D=\sin \alpha_2 / 4 \cos \alpha_2, \quad H_1/D=\sin \alpha_1 / 4 \cos \alpha_1.$$

Отсюда получим  $\operatorname{tg} \alpha_2=4$ ,  $H_1=(H/4) \operatorname{tg} \alpha_1$ . Поскольку  $\alpha_1+\alpha_2=\pi/2$ , то  $H_1=H/16$ .

26.2. Пренебрегая трением качения колес платформы по рельсам, запишем закон сохранения горизонтальной компоненты импульса системы:  $m_1 v_1 + m_2 v_{2x} = 0$ , где  $v_1$ ,  $v_{2x}$  — проекции скорости центров масс платформы и клина. В двух системах отсчета скорости связаны соотношением  $v_{2x} = v_1 + v_{2x}'$ ,  $v_{2x}'$  — проекция скорости клина относительно платформы. Следовательно,  $v_1 = -\frac{m_2 v_{2x}'}{m_1 + m_2}$  или  $s = -\frac{m_2 \Delta x_2'}{m_1 + m_2}$ , где  $\Delta x_2' = l_1 - l_2$  — смещение центра масс клина.

26.3. Мгновенная ось вращения проходит через точку  $O$ , которая находится на отрезке  $AO$  прямой, перпендикулярной вектору  $\vec{v}_A$ , и отрезке  $BO$  прямой, перпендикулярной вектору  $\vec{v}_B$  (рис. А26.3). Пусть длина стержня  $AB$  равна  $L$ . Тогда  $v_A = \omega L \sqrt{2}/2$ ,  $v_C = \omega L/2$ .

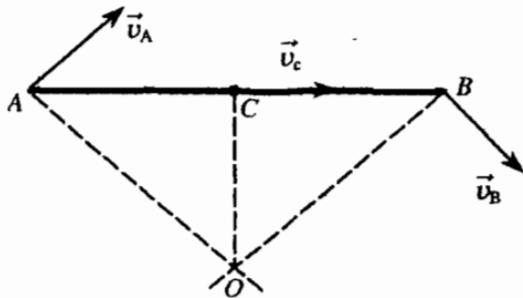


Рис. А26.3

26.4. Проведем через точки  $a, b, c$  изохоры — прямые, проходящие через начало координат. Тогда приходим к выводу, что  $V_c$  и  $V_b$  — максимальный и минимальный объемы. Из уравнения состояния получим  $p_0 V_c = 3\nu RT_0$ ,  $3p_0 V_b = 3\nu RT_0$ .

26.5. В напряженном состоянии длина средней линии лезвия  $l_0 = \pi R$ . Удлинение внешней части полукольца  $\Delta l = \pi(R+d/2) - \pi R = \pi d/2$ . Относительное удлинение  $\epsilon = \Delta l/l_0 = d/2R$ . Напряжение  $\sigma = E\epsilon$ .

26.6. В силу симметрии схемы потенциалы точек  $C$  и  $D$  одинаковы — сила тока в ребре  $CD$  равна нулю. Сопротивление схемы  $R = r/2$ .

26.7. Пусть  $I_1, I_2$  — силы токов, протекающих через резистор и катушку. Согласно закону Ома  $I_1 R = L dI_2/dt$ . Представим это уравнение в виде  $L \Delta I_2 = I_1 R \Delta t = R \Delta q_1$ . В начальный момент времени  $I_2(0) = 0$ . При переходе к стационарному состоянию  $I_2(t) \rightarrow V/r$ .

26.8. Полная энергия маятника сохраняется  
 $mv^2/2 + mgl\varphi^2/2 = \text{const.}$

26.9. Пусть  $F_{хб}$ , ( $F_{хд}$ ) — фокусное расстояние хрусталика близорукого (дальнозоркого) человека,  $D_б$  ( $D_д$ ) — оптическая сила очков близорукого (дальнозоркого),  $f$  — расстояние от хрусталика до сетчатки. Имеем систему уравнений

$$1/d_0 + 1/f = 1/F_{хб} + D_{бл}, \quad 1/s + 1/f = 1/F_{хб} + D_д,$$

$$1/d_0 + 1/f = 1/F_{хд} + D_д, \quad 0 + 1/f = 1/F_{хд} + D_{бл}.$$

26.10. Размерности  $[mc^2] = \text{эВ}$ ,  $[h] = \text{эВ} \cdot \text{с} = \text{Кл} \cdot \text{В} \cdot \text{с}$ ,  $[e] = \text{Кл}$ ,  
 $m^2 c^3 / e \hbar = 1,27 \cdot 10^{18} \text{ В/м}$ .

## Тест 27

27.1. Направим ось  $y$  вертикально вверх. Тогда  $v_y(t) = u - gt$ ,  
 $y(t) = ut - gt^2/2$ ,  $u = v_0 \sin \alpha$ . Имеем систему уравнений  $y(T) = 0$ ,  
 $H = y(T/2) \rightarrow T = 2u/g$ ,  $H = u^2/2g = gT^2/8$ .

27.2. На систему человек-мотоцикл действуют три силы: сила реакции  $\vec{N}$ , перпендикулярная поверхности цилиндра, сила тяжести и сила трения покоя  $\vec{F}$ . Из второго закона Ньютона в проекциях на направление, перпендикулярное поверхности цилиндра и перпендикулярное плоскости окружности следуют уравнения  $mv^2/R = N$ ,  $0 = F - mg$ . При движении с наименьшей скоростью  $F = \mu N$ .

27.3. Пусть сосуд имеет форму параллелепипеда с площадью основания  $S$  и заполнен водой до уровня  $h_0$ . Масса банки —  $M$ , масса куска свинца —  $m$ . Из условия плавания банки с куском свинца следует уравнение  $\rho_v g V_6 - (m+M)g = 0$ , где  $V_6$  — объем погруженной части банки. Условие плавания пустой банки  $\rho_v g V'_6 - Mg = 0$ . Из уравнения  $\rho_c V_c = m$ , найдем объ-

ем куска свинца  $V_c$ . Очевидно приращение уровня воды определяется условием

$$\Delta hS = (V'_6 + V_c - V_6), \Delta hS = m(1/\rho_c - 1/\rho_b) < 0.$$

27.4. Поскольку  $p_a V_a = p_b V_b$ , то  $T_a = T_b$ ,  $\Delta U = 0$ ,  $0 = Q - A'$ .

27.5. Поскольку конденсатор разрывает цепь, то сопротивление участка схемы  $a-m-n$  равно  $R_0 = 2$  Ом. Падение напряжения на этом участке  $\varphi_a - \varphi_n = V_0$ ,  $V_0 = IR_0$ ,  $I = V/(R_0 + R_4) = 6$  А.

27.6. Сила тока через резистор  $R_2$  равна  $I_2 = V_0/(R_2 + R_0) = 2$  А. Разность потенциалов  $\varphi_m - \varphi_b = I_2 R_2 + IR_4$ .

27.7. Из закона изменения электромагнитной энергии следует уравнение  $W_0 = Q_1 + Q_2$ . Количество теплоты, выделяемое в резисторах  $Q_1 \sim R_1$ ,  $Q_2 \sim R_2$ .

27.8. Пусть плоскости торцов трубы пересекают ось  $z$  в точках  $z_1 = 0$ ,  $z_2 = H$ . В трубе образуется стоячая волна. Звуковое давление на торцах равно нулю:  $p_s(t, z=0) = 0$ ,  $p_s(t, z=H) = 0$ . Для того чтобы удовлетворялось первое условие, функция  $p_s(t, z)$  должна иметь вид  $p_s(t, z) = a \sin kz \sin \omega t$ ,  $k = 2\pi/\lambda$ . Из второго условия получим уравнение  $\sin kH = 0$ , из которого находим  $k_n H = \pi n$ , или  $\lambda_n = 2H/n$ ,  $n = 1, 2, 3, \dots$ .

27.9. На рис. А27.9 отрезки  $AB = 2R$ ,  $MN = 2r$ ,  $OC = a$ ,  $OP = f$ . Из формулы линзы получим уравнение  $1/F = -1/a + 1/f$ . Условия подобия треугольников имеет вид  $r/R = (a-b)/a = (b-f)/f$ . Из этих уравнений находим  $F = bR/2r$ .

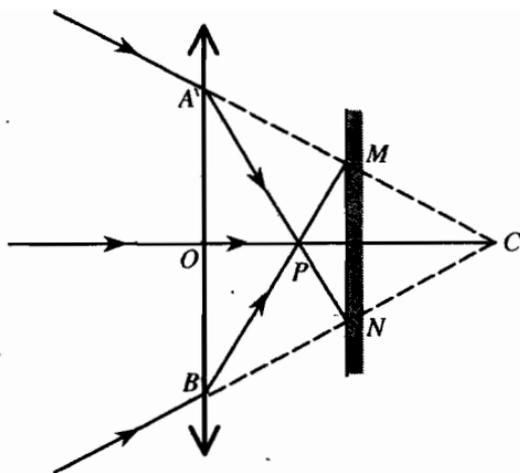


Рис. А27.9

### 27.10. Уравнение Эйнштейна

$$h\nu = A + mv^2/2, \quad A = h\nu_m. \quad (1)$$

Согласно закону сохранения полной энергии

$$mv^2/2 - e_0\varphi_c = 0 - e_0\varphi_a, \quad (2)$$

где  $\varphi_c$ ,  $\varphi_a$  — потенциалы катода и анода. Из (1), (2) имеем

$$h\nu - h\nu_m = e_0(\varphi_c - \varphi_a). \quad \text{Следовательно, } \Delta\varphi = \frac{hc}{e_0} \left( \frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_m} \right).$$

## Тест 28

28.1. Направим ось  $y$  вертикально вниз, начало координат расположим на уровне карниза на высоте  $h$ . Тогда  $y(t) = gt^2/2$ . Для первого события  $y(T) = h/2$ , или  $gT^2/2 = h/2$ . Для второго события  $y(T+\tau) = h$ , или  $g(T+\tau)^2/2 = h$ .

28.2 – 28.3. Пусть  $T(\varphi)$  — величина силы натяжения нити при отклонении нити на угол  $\varphi$ . Из второго закона Ньютона и закона сохранения полной энергии следуют уравнения

$mv^2/l = T - mg \cos \varphi$ ,  $mv_0^2/2 - mgl = mv^2/2 - mgl \cos \varphi$ , из которых находим  $T(\varphi) = 3mg \cos \varphi$ .

28.4.  $A = -p_n(V_2 - V_1)$ ,  $p_n = 10^5$  Па.

28.5. Согласно условию  $V_1 = \varepsilon R_b / (R_b + r) \approx \varepsilon$ ,  $V_2 = \varepsilon R / (R + r)$ ,  $V_3 = 2\varepsilon R / (2R + r)$ .

28.6. Пусть ширина канала равна  $d$ . Величина ЭДС индукции, возникающая в воде  $\varepsilon = Bvd$ .

28.7 – 28.8. Ось  $z$  направлена вертикально вниз, начало координат находится в точке закрепления пружины. Проекция на ось  $z$  сил, действующих на груз  $F_z = 5mg - k(z - l_0)$ . В начальном состоянии положение равновесия равно  $z_1: 0 = 5mg - k(z_1 - l_0)$ ,  $z_1 - l_0 = b$ , после отрыва груза найдем новое положение равновесия из уравнения  $0 = 3mg - k(z_2 - l_0)$ . Теперь проекция суммы сил тяжести и упругости  $F = 3mg - k(z - l_0)$ .

Полагая  $z = z_2 + x$ , получим  $F = -kx$  и уравнение колебаний  $ma = -kx$  с начальными условиями  $x(0) = 2mg/k$ ,  $v_x(0) = 0$ .

28.9. Изображение  $C'D'$  стороны  $CD$  находится на расстоянии  $2F$  от линзы, длина  $C'D'$  равна  $F/2$  (рис. А28.9). Изображение  $A'B'$  стороны  $AB$  находится на расстоянии  $3F$  от линзы, длина  $C'D'$  равна  $F$ . Площадь изображения — трапеции  $A'B'C'D'$  равна  $S' = 3F^2/4$ .

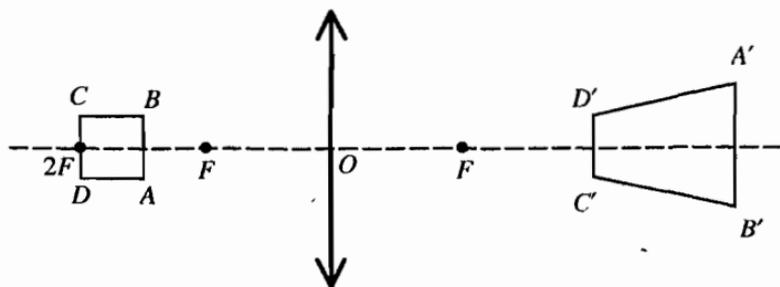


Рис. А28.9

28.10. Энергетический спектр атома водорода  $E_n = -A/n^2$ , где  $A$  — энергия ионизации. Из закона сохранения полной энергии имеем уравнение  $-A/2^2 + 0,24 A = -A/n_f^2$ .

## Тест 29

29.1. Направим ось  $z$  вертикально вниз, начало координат расположим на уровне карниза на высоте  $h$ . Тогда  $y(t) = gt^2/2$ . Для первого события  $y(T-\tau) = h/4$ , или  $g(T-\tau)^2/2 = h/4$ ,  $\tau = 1c$ . Для второго события  $y(T) = h$ , или  $gT^2/2 = h$ .

29.2. Пусть  $T(\varphi)$  — величина силы натяжения нити при отклонении нити на угол  $\varphi$ . Из второго закона Ньютона и закона сохранения полной энергии следуют уравнения  $mv^2/l = T - mg \cos \varphi$ ,  $mv_0^2/2 - mgl = mv^2/2 - mgl \cos \varphi$ , из которых находим  $T(\varphi) = 3mg \cos \varphi$ . Согласно рис. А29.2 имеем  $mg = T_c \cos \varphi_c$ .

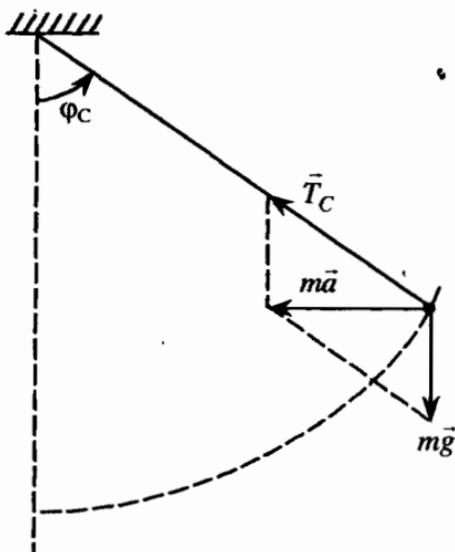


Рис. А29.2

29.3. Из условия плавания находим  $\rho_{\text{в}}gV_{\text{н}} - \rho_{\text{л}}gV = 0$ ;  
 $V = V_{\text{н}} + V_{\text{п}}$ .

29.4. Из первого закона термодинамики в случае циклического процесса холодильной машины

$$0 = -Q_2' + Q_1 + A.$$

29.5. Из закона сохранения энергии получим уравнение  $U_{\text{с}} = Q_1 + Q_2$ . Поскольку  $Q_{\text{с}} \sim R_{\text{н}}$ , то  $Q_1/Q_2 = R_1/R_2$ .

29.6. Координата и проекция скорости частицы  $x(t) = a \sin \omega t$ ,  $v(t) = a \omega \cos \omega t$ . Согласно условию

$$a/2 = a \sin \omega t_1, v_1 = a \omega \cos \omega t_1; a/3 = a \sin \omega t_2, v_2 = a \omega \cos \omega t_2.$$

29.7. Если силы токов в катушках равны  $I_1, I_2$ , то энергия магнитного поля  $U_{\text{м}} = (L_1 I_1^2 + 2 M I_1 I_2 + L_2 I_2^2) / 2$ . В случае идеальной связи  $M = \sqrt{L_1 L_2}$ . Полагая  $I_1 = I_2 = I$ , получим уравнение

$$L = L_1 + 2M + L_2. \text{ В силу симметрии схемы } L_1 = L_2.$$

29.9. Из формулы линзы находим  $d_{\text{н}} = (k_{\text{н}} + 1)F / k_{\text{н}}$ . Коэффициент увеличения  $k = F / (d - F)$ ,  $d = (d_1 + d_2) / 2$ . Из этих уравнений находим  $k = 2k_1 k_2 / (k_1 + k_2)$ .

29.10. Согласно закону сохранения энергии  $E_1 + h\nu = E_2$ ,  $\lambda = c/\nu$ .

## Тест 30

30.1. Направим ось  $y$  вертикально вверх, с началом на уровне бросания шарика. Координаты первого и второго шариков  $y_1(t) = v_0 t - gt^2/2$ ,  $y_2(t) = v_0(t - t_0) - g(t - t_0)^2/2$ .

Проекция скорости первого шарика  $v(t) = v_0 - gt$ . Согласно условию  $v(t_0) = 0$ ,  $H = y(t_0)$ ,  $h = y_1(T) = y_2(T)$  получим уравнения, из которых находим  $t_0 = v_0/g$ ,  $T = 3v_0/2g$ ,  $h = 3H/4$ .

30.2.  $x$ - координата центра тяжести системы

$$x_c = (m_1 x_1 + m_2 x_2 + \dots) / (m_1 + m_2 + \dots).$$

30.3. Из условия плавания следуют уравнение  $\rho_b g V / 5 - Mg = 0$ ,  $\rho_b g V - (M+m)g = 0$ .

30.4. Из первого закона термодинамики находим  $Q = \nu C_p (T - T_0)$ ,  $C_p = 7R/2$ . Используя уравнение состояния, получим уравнение  $V_0/T_0 = 2V_0/T$ .

30.5. В начальном положении заряд верхней обкладки конденсатора  $q_0 = 5\epsilon C$ . Энергия электрического поля  $U_0 = q_0^2 / 2C$ . После переключения ключа заряд обкладки  $q' = \epsilon C$ .

30.6. После переключения ключа из закона Ома получим уравнение  $I r_2 + q/C = \epsilon$ , где  $I(t)$  — сила тока в цепи конденсатор — ЭДС. Умножая обе части уравнения на  $I$ , получим  $I^2 r_2 + qI/C = \epsilon I$ , или уравнение энергетического баланса  $\epsilon \Delta q = I^2 r_2 \Delta t + \Delta U_e$ , где  $U_e = q^2 / 2C$ . Работа, совершаемая батареей  $A = \epsilon (q' - q_0)$ .

30.7. Количество теплоты, выделившейся в батарее  $Q = A - (U' - U_0)$ .

30.8. Волновое число  $k = 2\pi/\lambda$ . Циклическая частота волны  $\omega = 2\pi/T = kc$ ,  $v = \omega/2\pi$ .

30.9. Точка  $A$  — предмет,  $A'$  — первоначальное изображение точки,  $A''$  — изображение точки  $A$  после поворота зеркала (рис. А30.9). Отрезок  $AA'$  перпендикулярен плоскости зеркала в исходном положении, отрезок  $AA''$  — перпендикулярен плоскости зеркала, повернутому на угол  $\alpha$ . Тогда из теоремы об углах с взаимно перпендикулярными сторонами следует, что угол  $A'AA''$  равен  $\alpha$ . Из построения изображений  $A'$  и  $A''$  следует, что точки  $A'$ ,  $A$  и  $A''$  лежат на окружности радиусом  $R$  с центром в точке  $O$ . Поскольку угол  $A'AA''$  вписан в окружность, то центральный угол  $A'OA''$  равен  $2\alpha$ . Далее из равнобедренного треугольника  $A'O A''$  находим  $b = 2R \sin \alpha$ .

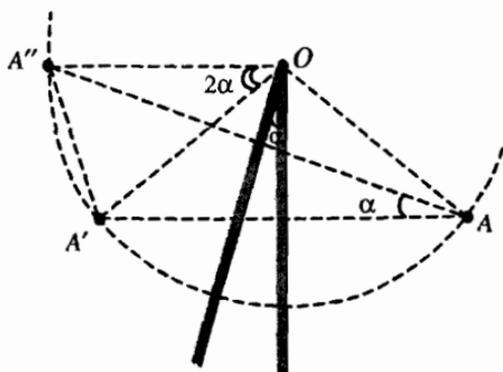


Рис. А30.9

### 30.10. Уравнение Эйнштейна

$$E_0 = A + mv^2/2. (1)$$

Согласно закону изменения кинетической энергии

$$0 - mv^2/2 = A_e. (2)$$

## Тест 31

31.1. Направим ось  $y$  вертикально вверх, с началом на уровне бросания шарика. Координаты шариков

$$y_1(t) = v_0 t - gt^2/2,$$

$$y_2(t) = v_0(t - t_0) - g(t - t_0)^2/2,$$

$$y_3(t) = v_0(t - 2t_0) - g(t - 2t_0)^2/2.$$

Согласно условию  $y_1(T) = y_3(T)$  получим уравнение, из которого находим  $T - t_0 = v_0/g$ . Искомая высота  $h = y_2(T)$ ,  $h = v_0^2/2g$ .

31.2. Пусть  $O$  — центр сферы,  $P$  — точка, в которой находится частица на поверхности сферы,  $\varphi$  — угол между отрезком  $OP$  и вертикалью. На частицу действуют сила тяжести и сила реакции.

Их второго закона Ньютона и закона сохранения полной энергии следуют уравнения  $mv^2/R = mg \cos \varphi - N$ ,  $0 + mgR =$

$=mv^2/2 + mgR\cos\varphi$ . Полагая  $N=0$ , находим значение высоты, на которой частица покинет сферу.

31.3. Из условия плавания сосуда до затекания воды  $mg - \rho_v gSh = 0$  найдем высоту погруженной части сосуда  $h=10$  см. Масса воды, которая может затечь в сосуд до затопления определяется из уравнения  $M+m=\rho_v SH$ .

31.4. Из первого закона термодинамики находим  $Q = \nu C_V(T - T_0)$ ,  $C_V = 5R/2$ . Используя уравнение состояния, получим уравнение  $p_0/T_0 = 3p_0/T$ .

31.5. Сила тока в общей части схемы  $I = V/R$ , где  $R$  — общее сопротивление схемы. Силы токов, протекающих через резисторы  $R_2, R_3$  удовлетворяют уравнениям  $I = I_2 + I_3$ ,  $I_2 R_2 = I_3 R_3$ . Мощности, потребляемые резисторами:

$$P_1 = I^2 R_1, \quad P_2 = I^2 \frac{R_2 R_3^2}{(R_2 + R_3)^2}, \quad P_3 = I^2 \frac{R_3 R_2^2}{(R_2 + R_3)^2}.$$

31.6. Мощность, потребляемая лампой  $P = \langle I^2 R \rangle$ ,  $I = \varepsilon(t)/2R$ ;  $P = \varepsilon_0^2/8R$ . После замыкания ключа ток проходит через лампу только в течение каждого полупериода. Мощность, потребляемая лампой  $P' = \langle I_1^2 R \rangle = \varepsilon_0^2/4R$ .

31.7. Координата и проекция скорости шарика  $x(t) = A \sin \omega t$ ,  $v(t) = A \omega \cos \omega t$ . Имеем систему  $v_1 = A \omega \cos \omega t_1$ ,  $3A/5 = A \sin \omega t_1$ ,  $v_0 = A \omega$ .

31.8. В случае линейно-поляризованной волны отношение  $E_y/E_x = \text{const}$ .

31.9. В случае циркулярно-поляризованной волны проекции векторов  $E_x$  и  $E_y$  на плоскость, перпендикулярную оси  $z$ , вращаются по окружности  $E_x^2 + E_y^2 = a^2$ .

31.10. Радиус боровской орбиты  $r_n = n^2/m$ ,  $n=1, 2, 3, \dots$

## Тест 32

32.1 – 32.2. Направим ось  $y$  вертикально вверх, с началом на уровне бросания шарика. В момент времени  $t=0$  брошен первый мяч. Координаты шарика с номером  $n$ :

$$y_n(t) = v_0 [t - (n-1)T] - g[t - (n-1)T]^2/2.$$

Если изобразить графики функций  $y_n(t)$ ,  $n=1, 2, 3, 4$ , то очевидно, что максимальная высота подъема  $H = g(2T)^2/2$ ,  $b = gT^2/2$ .

32.3. Согласно условию задачи  $m = 2\rho_a V/3$ . Из условия плавления следует уравнение  $\rho_a g V - (F + mg) = 0$ .

32.4. В изотермическом процессе  $a-b$  внутренняя энергия не изменяется  $U_a = U_b$ . Следовательно,  $0 = -Q'_1 + A_{ab}$ ,  $A_{ab}$  — работа, совершаемая внешней средой. Согласно условию процесс  $ca$  — адиабатический. Полное приращение внутренней энергии в цикле равно нулю:

$$0 = Q_2 - Q'_1 + 0 + A_{ab} - A'_{ca}.$$

32.5. Общее сопротивление схемы  $R_0 = 5R/3$ . Сила тока, протекающего через резистор  $R_1$  равна  $I_1 = V/R_0$ , где  $V = \varphi_a - \varphi_b$ . Напряжение  $V_1 = 3V/5 = 6$  В,  $V_1 + V_4 = V$ .

32.6. Мощность, потребляемая резистором  $R_1$  равна  $P_1 = V_1^2/R$ ,  $\rightarrow R = 2$  Ом,  $P_4 = V_4^2/R$ .

32.7. Общее решение уравнения колебаний  $z(t) = a \sin \omega t + b \cos \omega t$ . Скорость  $v_x(t) = a\omega \cos \omega t - b\omega \sin \omega t$ . Из начальных условий  $z(0) = 0$ ,  $v_x(0) = v_0$  находим  $a\omega = v_0$ ,  $b = 0$ .

32.8. Векторы  $\vec{E}$ ,  $\vec{B}$  и волновой вектор  $\vec{k}$ , направленный по оси  $z$ , образуют правую тройку.

32.9. Инвариантная масса исходной системы должна удовлетворять условию  $M \geq 4m$ ,  $(Mc^2)^2 = (E + mc^2)^2 - (pc + 0)^2$ .

$$\text{Поскольку } E^2 - (pc)^2 = (mc^2)^2, E = mc^2 + T_m, \text{ то } T_m \geq 6mc^2.$$

32.10. Из закона сохранения заряда и барионного числа следует, что в первой ядерной реакции образовался протон:  

$${}^1_7\text{N} + {}^4_2\text{He} = {}^{17}_8\text{O} + {}^1_1\text{H}.$$

### Тест 33

33.1. Скорости и координаты частиц  $v_1(t)=u_1-at$ ,  $v_2(t)=-u_1+at$ ,  $x_1(t)=u_1t-at^2/2$ ,  $x_2(t)=L-u_2t+at^2/2$ , где  $u_1=v_{1x}(0)$ ,  $u_2=v_{2x}(0)$ . Относительная скорость частиц  $v_0(t)=v_2(t)-v_1(t)=-u_1+2at$  в момент времени  $T$ , когда координаты частиц совпадут, должна обратиться в нуль. Следовательно, имеем систему уравнений  $x_1(T)=x_2(T)$ ,  $v_0(T)=0$ , или

$$L=(u_1+u_2)T-aT^2, 0=-u_1+2aT.$$

33.2. Из второго закона Ньютона  $mv_1^2/r=GmM/r^2$  получим значение местной первой космической скорости.

33.3. Пусть  $S$ -площадь поперечного сечения сосуда,  $V$  — объем плитки. Из условия плавания плитки получим уравнение  $m=\rho_b V_n$ , где  $V_n$  -объем погруженной части плитки, который можно представить в виде  $V_n=h_1 S$ . При погружении плитки в воду  $V-V_n=h_2 S$ . Следовательно,  $V/V_n-1=h_2/h_1$ . Из условия плавания плитки с грузом находим  $\rho_b V-(M+m)=0$ . Масса груза  $M=m(\rho_b V/m-1)=m(V/V_n-1)=mh_2/h_1$ .

33.4. Используя первый закон термодинамики получим:  $0=-Q'_{ab}+A_{ab}$  в процессе  $a-b$ ,  $0=Q_{cd}-A'_{cd}$  в процессе  $c-d$ . Поскольку в изотермических процессах внутренняя энергия  $U_c=U_d$ ,  $U_b=U_a$ , то  $Q_{bc}=Q'_{da}$ . В циклическом процессе  $0=-Q'_{ab}+Q_{bc}+Q_{cd}-Q'_{da}-A'$  или  $Q_{cd}=Q'_{ab}+A'$ .

33.5. В схеме рис 33.5 а сила тока  $I_1=V/3R$ . Схема, эквивалентная схеме рис. 33.5 б, изображена на рис. А33.5. Сила тока  $I_2=2V/R$ .

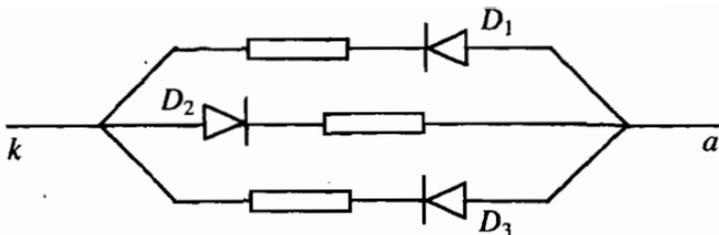


Рис. А33.5

33.6. В начальном состоянии сила тока через генератор и катушку  $I_0 = V/r$ ,  $I_0 = 4\text{A}$ , энергия магнитного поля в катушке  $U_m = LI_0^2/2$ . При значениях  $t > 0$  сила тока в цепи генератора равна нулю. Напряжение на катушке  $V_L(t) = \Phi_b - \Phi_n$ . Из закона Ома для контура, содержащего резистор и катушку получим уравнение  $IR + LdI/dt = 0$  с начальным условием  $I(0) = I_0$ . В момент времени  $t=0$  напряжение на катушке скачком уменьшается от значения равного нулю до величины  $V_L(0) = -I_0R$ ,  $V_L(0) = -400\text{V}$ .

33.7. Из второго закона Кирхгофа для контура *abna* получим  $\Phi_a - \Phi_b + (\Phi_b - \Phi_n) = V$ .

33.8. В резисторе выделится количество теплоты  $Q = U_m$ .

33.9. Инвариантная масса исходной системы должна удовлетворять условию  $M \geq 4m$ ,

$$(Mc^2)^2 = (2E)^2 - (0+0)^2. \text{ Поскольку } E = mc^2 + T_m \text{ то } T_m \geq mc^2.$$

33.10. Согласно закону сохранения заряда и барионного числа (сумма протонов и нейтронов)  ${}^9_4\text{Be} + {}^4_2\text{He} = {}^{12}_6\text{C} + {}^1_0\text{n}$ .

## Тест 34

34.1. На тело действуют сила тяжести и сила реакции, численно равная весу тела.

Очевидно ускорение лифта направлено по вертикали вверх.

Из второго закона Ньютона получим уравнение

$$ma = P - mg.$$

$$34.2. v_1^2 = (GM/r), v_{1n}/v_{13} = \sqrt{(M_n / M_3)(R_3 / R_n)}.$$

34.3. Пусть  $S$ -площадь поперечного сечения сосуда,

$m_1$  — масса плитки,  $m_2$  — масса кубика.

Из условия плавания плитки с кубиком получим уравнение  $\rho_b V_n - (m_1 + m_2) = 0$ , где  $V_n$  — объем погруженной части плитки.

Из условия плавания плитки следует уравнение

$$\rho_b V_{1n} - m_1 = 0.$$

Приращение объема воды в сосуде  $\Delta V = V_{1n} - V_n = -m_2 / \rho_b$  или  $m_2 / \rho_b = h_1 S$ . Поскольку после погружения кубика уровень воды поднялся, то кубик утонул. В этом случае имеем уравнение  $m_2 = \rho_b h_2 S$ .

34.4. Процесс  $a-b$  — отрезок прямой  $p = kV$ . Работа, совершаемая газом

$$A'_{ac} = (p_c + p_a)(V_c - V_a)/2 = k(V_c^2 - V_a^2)/2 = (p_c V_c - p_a V_a)/2.$$

В изотермическом процессе  $c-b$  имеем  $p_c V_c = p_b V_b$ :

$$A'_{ac} = p_a(V_b - V_a)/2.$$

34.5 – 34.6. Эквивалентная схема представлена на рис. А34.5.

Из законов Кирхгофа получим систему уравнений  $I_1 + I_2 = I_4$ ,  $I_5 = I_2 + I_3$ ,  $I_1 R_1 = V$ ,  $I_2 R_2 = V$ ,  $I_3 R_3 = V$ .

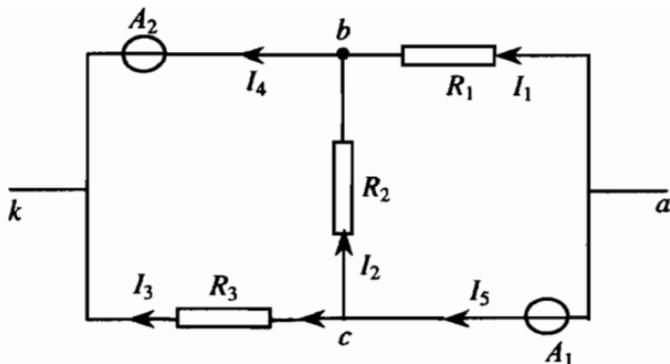


Рис. А34.5

34.7. В момент времени  $t=0$  частицы находится в положении равновесия. Длина дуги окружности, пройденная частицей  $s(t)=A\sin\omega t$ . Проекция скорости на касательную к окружности  $v(t)=A\omega\cos\omega t$ . Согласно условию  $v_0=A\omega$ .

34.8. Размерность  $[k] = \frac{\text{эВ}\cdot\text{с}}{\text{Кл}^2} = \frac{\text{В}\cdot\text{с}}{\text{Кл}} = \frac{\text{В}}{\text{А}} = \text{Ом}$ ,  $k = 25\,812,8 \text{ Ом}$ .

34.9. Энергия протона  $E=2mc^2$ ,  $E^2-(pc)^2=(mc^2)^2$ .

34.10. Законы сохранения барионного числа (количества протонов и нейтронов в реакции) и электрического заряда приводят к уравнениям  $238=4k_1+206$ ,  $92-2k_1+k_2=82$ .

## Тест 35

35.1 На тело действуют сила тяжести и сила реакции, численно равная весу тела. Очевидно, ускорение лифта направлено по вертикали вниз. Из второго закона Ньютона получим уравнение  $ma=mg - P$ .

35.2. Пусть  $\omega_c$ ,  $\omega_3$  — угловые скорости спутника и Земли в системе отсчета, связанной с Солнцем,  $\omega_{c3}$  — угловая скорость

спутника в системе отсчета, связанной с Землей,  $\omega_c = \omega_3 + \omega_{c3}$ . Согласно условию  $\omega_{c3} = 7\omega_3$ . Тогда  $\omega_c = 8\omega_3$ . Из второго закона Ньютона найдем  $\omega_c^2 = GR^2/r_c^3$  и угловую скорость геостационарного спутника  $\omega_3^2 = GR^2/r_g^3$ . Искомое отношение  $r_c/r_g = (\omega_3/\omega_c)^{2/3}$ .

35.3 – 35.4. Величина выталкивающей силы  $F = mg = \rho g d S$ . На нижнюю половину цилиндра действует сила тяжести, сила давления воды  $\vec{F}_\uparrow$ , сила давления воздуха в аппарате и сила реакции  $\vec{N}$ , сумма которых равна нулю:  $-mg/2 + [p_{\text{ат}} + \rho g(H + d/2)]S - p_{\text{ат}}S - N = 0$ . Следовательно,  $N = \rho g HS = FH/d$ . Величина силы давления на дно

$$F_L = \rho g(H + d/2)S = F(H/d + 1/2).$$

35.5. Необходимо построить изобары — прямые  $T = k p_n V$ ,  $n = 1, 2, \dots$ .

35.6. Сила тока в общей части схемы  $I = 1$  А. В узле ток разветвляется на токи силой  $I/2$ . Из второго закона Кирхгофа для замкнутого контура, содержащего конденсатор и резисторы  $R_1, R_2$  получим  $V_c - IR + IR/2 = 0$ .

35.7. Частота колебаний тела массой  $m$  равна  $\omega = \sqrt{k/m}$ .

35.8. Касательная к металлической плоскости компонента вектора напряженности электрического поля должна быть равна нулю.

35.9. Скорость второй линейки в системе покоя первой линейки, т. е. относительная скорость  $v_2' = (v_2 - v_1)/(1 - v_2 v_1/c^2)$ ,  $v_2' = 0,8$  с,  $\gamma = 5/3$ . Следовательно,  $L' = \lambda/\gamma$ .

35.10. Пусть  $E_{\text{св}}(Z, A)$  — энергия связи ядра с массовым числом  $A$  и зарядом  $Z$ . Тогда

$$U = -[E_{\text{св}}(Z, A) - 2E_{\text{св}}(Z/2, A/2)] = A(8,4 - 7,6).$$

# ВОПРОСЫ И БЛИЦ-ОТВЕТЫ

## Механика

1. Задача — шутка Фейнмана. Лауреат Нобелевской премии, физик-теоретик Ричард Фейнман (1918 – 1988) взял лекало и начал медленно его поворачивать. «Это лекало сделано так, что независимо от того, как вы его повернете, в наименьшей точке контура касательная горизонтальна» — сказал он. Студенты стали приставлять карандаш к нижней точке и были крайне возбуждены от этого открытия. Докажите утверждение Фейнмана.

**Ответ.** Производная в минимуме для любой кривой равна нулю. Следовательно, тангенс угла наклона касательной к горизонтали равен нулю.

2. Найдите ошибки в определении: движение тела называется равномерным, если тело за равные промежутки времени проходит одинаковые расстояния.

**Ответ.** Две ошибки. 1. Необходимо вставить: за любые равные ... . 2. Необходимо отметить, что тело движется по прямой линии.

**(Правильное определение:** прямолинейное движение называется равномерным, если тело за любые равные промежутки времени проходит одинаковые расстояния, или совсем строго  $\vec{v}(t) = \vec{v}_0$ .)

3. Приведите определение равнопеременного движения.

**Ответ.** Невозможно дать корректное определение. (Повидимому речь идет о движении с постоянным ускорением. Например из второго закона Ньютона следует, что брошенный вверх камень движется в пустом пространстве с постоянным

ускорением  $\vec{g}$ . При движении вверх и вниз ускорение равно  $\vec{g}$ . В верхней точке траектории, где скорость равна нулю, ускорение также равно  $\vec{g}$ . Есть ли смысл в разделении движения на две фазы?)

4. По реке плывет щепка. Первый гребец плывет по течению и обгоняет щепку на 20 метров, второй — плывет против течения и отстает от щепки на 20 метров. Гребцы перемещают весла с одинаковой интенсивностью. Какой из гребцов затратил больше времени — первый или второй?

**Ответ.** Каждый гребец затратил одно и то же время. (Лодка по отношению к воде находится покое. Гребец работает веслами так же, как в неподвижной воде.)

5. Первая ракета стартует с поверхности Земли, вторая — тормозит при посадке на Землю. В какой ракете вес тела массой  $m$  больше  $mg$  — в первой или во второй?

**Ответ.** Вес тела больше  $mg$  в обеих ракетах. (Ускорение каждой ракеты направлено вертикально вверх. В каждом случае человек испытывает перегрузку.)

6. Как называются две различные траектории двух одинаковых снарядов, вылетевших из пушки и упавших в одно и то же место?

**Ответ.** настильная и навесная траектории.

7. Что означает термин «планета»?

**Ответ.** Блуждающая «звезда» (от греч. — planetes — блуждающая). (Наблюдатель видит ночью звезды неподвижными относительно друг друга, а траектории планет относительно звезд представляют собой петли и зигзаги.)

8. Объясните происхождение терминов «кардан» и «карданов подвес».

**Ответ.** Эти термины связаны с именем выдающегося итальянского математика и философа Джероламо Кардана

(1501 – 1576). Нашел решение в радикалах неполного кубического уравнения, занимался вопросами передачи движения, теорией рычага и др.

9. Пусть Солнце, Луна и Земля находятся на одной прямой. Величина силы, действующей со стороны Солнца на Луну  $F_{СЛ} = m_{Л}w_{СЛ}$ ,  $w_{СЛ} = 5,968 \cdot 10^{-3} \text{ м/с}^2$  более, чем в 2 раза превосходит величину силы, действующей на Луну со стороны Земли  $F_{ЗЛ} = m_{Л}w_{ЗЛ}$ ,  $w_{ЗЛ} = 2,697 \cdot 10^{-3} \text{ м/с}^2$ . Величина силы, действующей на Землю со стороны Солнца  $F_{СЗ} = m_{З}w_{СЗ}$ ,  $w_{СЗ} = 5,938 \cdot 10^{-3} \text{ м/с}^2$ .

Почему же Солнце не влияет существенно на движение Луны вокруг Земли?

**Ответ.** Потому что Земля и Луна движутся в поле тяготения Солнца с почти одинаковыми ускорениями. (В системе отсчета, связанной с Землей на Луну действуют силы притяжения Земли, Солнца и сила инерции, величина которой  $m_{Л}w_{СЗ}$ . Из второго закона Ньютона  $m_{Л}\vec{a}_{ЗЛ} = \vec{F}_{ЗЛ} + \vec{F}_{СЛ} - m_{Л}\vec{w}_{СЗ}$  получим уравнение

$$\vec{a}_{ЗЛ} = \vec{w}_{ЗЛ} + \Delta \vec{w}, \Delta \vec{w} = \vec{w}_{СЛ} - \vec{w}_{СЗ}.$$

Величина  $|\Delta \vec{w}| = 0,03 \cdot 10^{-3} \text{ м/с}^2$ , отношение  $|\Delta \vec{w}|/w_{ЗЛ} = 1,11 \cdot 10^{-2} \ll 1$ .)

10. Спутник движется по круговой орбите на расстоянии  $3R$  от поверхности Земли, где  $R$  — радиус Земли. Найдите отношение скорости спутника к первой космической скорости.

**Ответ.** 1/2.

11. Можно услышать, что потенциальная энергия представляет собой запас работы. Правильно ли это утверждение?

**Ответ.** Нет, это утверждение неверно. (Работа связана не с потенциальной энергией, а с приращением потенциальной энергии при перемещении частицы из одной точки в другую.)

Потенциальная энергия частицы во внешнем консервативном поле зависит от координат частицы, а понятие работы силы можно ввести только при перемещении частицы из одной точки в другую. При приращении радиус-вектора  $\Delta \vec{r}$  элементарная работа  $\delta A = -\Delta W(x, y, z)$ . В фиксированной точке сила не совершает работу. Работу силы нельзя «запасти» — совершая работу, мы изменяем полную энергию частицы.)

12. Шарик, прикрепленный к нити, колеблется в вертикальной плоскости по окружности. Укажите направление равнодействующей силы натяжения и силы тяжести.

**Ответ.** Параллельно ускорению шарика. (Вектор ускорения всегда направлен внутрь окружности. Результирующая сила направлена не по касательной, как можно часто услышать или увидеть на рисунках в некоторых пособиях по физике.)

13 – 14. Частица массой  $m$ , висит на нити длиной  $l$ , прикрепленной к оси вращения. После сообщения начальной скорости  $v_0$  частица вращается в вертикальной плоскости.

13. Может ли быть величина силы натяжения  $T=1000 \text{ mg}$ ?

**Ответ.** Может. (Величина силы натяжения зависит от начальной скорости)

14. Найдите наименьшее значение проекции силы натяжения на радиус-вектор частицы.

**Ответ.** Сила натяжения в верхней точке окружности  
 $T_{\min} = mv_0^2/l - 5mg$ .

15. Приведите определение равнодействующей силы.

**Ответ.** Силы  $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3, \dots$ , приложенные к твердому телу, имеют *равнодействующую* силу  $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots$ , если ее момент относительно произвольной точки  $O$  равен сумме моментов всех сил относительно той же точки. (Это определение имеет конструктивный характер и позволяет получить

три уравнения для определения координат точки приложения равнодействующей силы  $\vec{F}$ .)

16. У вас имеется фиксированная горизонтальная ось и однородный стержень с отверстием в середине. Что необходимо сделать в первую очередь для того чтобы устроить рычажные весы?

**Ответ.** Согнуть стержень или прикрепить в середине стрелку, направленную перпендикулярно стержню. (Иначе «весы» при равных моментах сил натяжения находятся в состоянии безразличного равновесия.)

17. Две частицы движутся навстречу друг другу с одинаковыми скоростями. Возможна ли такая ситуация?

**Ответ.** Невозможна. (Скорость частицы представляет собой вектор. Если величины скоростей частиц одинаковы, то  $\vec{v}_1 = -\vec{v}_2$ . Величина скорости каждой частицы  $v = |\vec{v}_1| = |\vec{v}_2|$ .)

18. В одном учебнике по механике читаем: «Если обозначить силу упругости  $\vec{F}_{упр}$ , а удлинение пружины через  $x$ , то закон Гука можно выразить формулой  $F_{упр} = -kx$ ». В другом учебнике находим фразу: «Учитывая, что ось  $Ox$  и проекция силы упругости на эту ось имеют противоположные знаки, можно записать  $F_y = -k\Delta x$ , где  $\Delta x$  — изменение длины пружины». Почему оба определения некорректны?

**Ответ.** С пружинками в курсах механики школьникам не везет. Свойства пружины определяются двумя характеристиками: коэффициентом жесткости пружины  $k$  и длиной пружины в ненапряженном состоянии  $l_0$ . Пусть  $\vec{r}_a$ ,  $\vec{r}_b$  — радиус-векторы частиц  $a$  и  $b$ , прикрепленных к концам пружины, пренебрежимо малой массы. Массы частиц  $m_a$  и  $m_b$ . Согласно принципу относительности Галилея консервативные силы, зависят только от относительных координат, а не от каких-то

удлинений или изменений. Сила, действующая на частицу  $a$  со стороны частицы  $b$ , должна иметь вид  $\vec{F}_a = \vec{f}(\vec{r}_a - \vec{r}_b)$ , т. е. зависит от шести координат. Если наложены связи и частицы могут двигаться только по прямой — оси  $x$ , то остаются две независимые координаты. В этом случае

$$F_{ax} = -(|x_a - x_b| - l_0).$$

Если  $m_b \gg m_a$ , то смещением частицы  $b$  можно пренебречь. Выберем начало числовой оси  $x$  в точке закрепления пружины на частице  $b$ . Тогда проекция на ось  $x$  силы, действующей на частицу  $a$ ,

$$F_{ax}(x) = -k(|x| - l_0), \text{ где } x \text{ — координата частицы } a.$$

## Молекулярная физика и термодинамика

1. Реки всего мира каждую секунду вливают в океаны и моря  $10^9$  кг пресной воды. Почему этот постоянный поток не приводит к уменьшению солености морей?

**Ответ.** Дождевая вода, просачиваясь через сушу, растворяет минералы и вносит каждый год  $3 \cdot 10^{11}$  кг растворенных солей в моря. Морская вода является концентрированной речной водой.

2. Почему из уравнения состояния идеального газа  $p = \rho RT/M$  следует завышенное значение давления?

**Ответ.** Идеальный газ представляет собой модель реального газа в состоянии теплового равновесия. Это — система не взаимодействующих частиц. В реальном разреженном газе действуют силы притяжения молекул друг к другу.

3. Сравните массы одного литра влажного и сухого воздуха при одинаковых температуре и давлении.

**Ответ.** Масса сухого воздуха больше массы влажного воздуха. (Этот вывод следует из закона Авогадро: в равных объе-

**маж** идеального газа при одинаковых давлении и температуре содержится одинаковое число молекул. Молярная масса воздуха  $M=29$  г/моль, воды —  $M=18$  г/моль)

4. Назовите три фазы углерода в кристаллическом состоянии.

**Ответ:** Графит, алмаз, фуллерен.

5. Как изменится расстояние между молекулами, если вода в бутылке замерзнет ?

**Ответ.** Расстояния между молекулами увеличиваются. (Поскольку плотность льда меньше плотности воды, то объем льда станет больше объема воды.)

6. Книга упала со стола на пол. Куда «пропала» потенциальная энергия книги ?

**Ответ.** Внутренняя энергия молекул книги и пола возросли на величину потенциальной энергии книги.

7. Зимой температура воздуха над поверхностью Северного Ледовитого океана опускается до  $-40^{\circ}\text{C}$ . Почему же за зиму нарастает слой льда толщиной не более метра?

**Ответ.** При замерзании воды выделяется теплота, замедляющая образование новых порций льда.

8. Знаете ли Вы величину давления насыщенного пара при температуре  $100^{\circ}\text{C}$  ?

**Ответ.** Давление насыщенного пара при  $100^{\circ}\text{C}$  равно нормальному атмосферному давлению. (При нормальном атмосферном давлении вода кипит при температуре  $100^{\circ}\text{C}$ .)

9. Температура лавы у жерла подводного вулкана достигает  $400^{\circ}\text{C}$ . Почему же не закипает морская вода у жерла вулкана?

**Ответ.** Вода не кипит, потому что не выполняется условие кипения: давление насыщенных паров при температуре  $400^{\circ}\text{C}$  меньше внешнего давления.

10. Выпал иней — в каком состоянии находится вода ?

**Ответ.** В кристаллическом. (Иней представляет собой кристаллики льда.)

11. В чем отличие сухого льда от обычного ?

**Ответ.** При нагревании обычный лед переходит в воду, а сухой — в углекислый газ, не проходя фазу жидкости.

12. Почему пар из носика чайника обжигает сильнее, чем вода при той же температуре?

**Ответ.** Количество теплоты, которое выделяется при конденсации воды и охлаждении, больше количества теплоты, передаваемого той же массой воды при охлаждении.

13. Космонавт должен работать в открытом космосе 2 часа. Почему в скафандре без подогрева космонавт не замерзает на «космическом холоде»?

**Ответ.** В вакууме отсутствуют два механизма потерь теплоты — теплопроводность и конвекция. Остается один — лучеиспускание. За 2 часа не происходит заметного понижения температуры.

14. Почему нельзя реализовать цикл Карно?

**Ответ.** В идеальных изотермических процессах с рабочим телом подвод и отвод теплоты должен происходить при постоянной температуре. В этом случае теплообмен невозможен, т.к. поток теплоты возникает лишь при наличии конечной разности температур рабочего тела и нагревателя или холодильника.

15. Нагревается или охлаждается воздух в комнате при работе домашнего холодильника?

**Ответ.** Воздух в комнате нагревается. (Из первого закона термодинамики следует, что количество теплоты переданное нагревателю в результате совершенной мотором работы  $Q'_2=Q_1+A$ , где  $Q_1$  — количество теплоты отводимое из камеры холодильника)

16. В известном учебнике, который переиздается лет двадцать, читаем: «Независимое от объема давление пара  $p_0$ , при котором жидкость находится в равновесии со своим паром, называют давлением насыщенного пара». Почему это определение некорректно?

**Ответ.** Давление измеряется прибором в данной точке и не может зависеть от объема. Давление насыщенного пара — параметр пара в равновесном состоянии. Давление насыщенного пара в *устойчивом состоянии теплового равновесия* представляет собой максимально возможное давление, зависящее только от температуры пара (см. таблицы  $p_n=f(T)$ ). Авторы смешали две области термодинамики — равновесные состояния системы и термодинамические процессы. В изотермическом процессе давление насыщенного пара действительно не зависит от объема.

17. В том же учебнике читаем: «Энергию, переданную телу в результате теплообмена, называют количеством теплоты». Почему эта формулировка некорректна?

**Ответ.** Внутренняя энергия тела — характеристика равновесного состояния. Энергию нельзя называть количеством теплоты. Согласно первому закону термодинамики количество теплоты и работа связаны не с энергией, а с приращением внутренней энергии, зависящим от конкретного процесса.

## Гидростатика

1. В программе по физике для учащихся и абитуриентов, которую переиздают различные высшие учебные заведения в течение почти пятидесяти лет, в разделе «Механика жидкостей и газов» есть пункт — «Давление на дно и стенки сосуда». Правильно ли сформулировано это предложение?

**Ответ.** Это предложение лишено смысла, т.к. давление является скалярной функцией координат (и времени). Правильное утверждение — давление в точке. («Давление на стенку» — синоним утверждения «скорость за час».)

2. Найдите ошибки в одной из формулировок закона Паскаля: «Все жидкости и газы передают производимое на них давление во все стороны одинаково»

**Ответ.** Давление, как и сила, не может передаваться да еще «во все стороны». «Передается», а точнее — распространяются только волны деформации, плотности или давления. Однако в неподвижной жидкости может распространяться лишь поток теплоты, создавая волну температуры. (В случае неподвижной жидкости давление определяется из условия равновесия: сумма силы тяжести и поверхностных сил, действующих на элементарную жидкую частицу равна нулю. Если пренебречь силой тяжести, то получим закон Паскаля: внешние силы, приложенные к поверхности жидкости, создают давление одинаковое в любой точке жидкости.)

3. Сформулируйте определение условия плавания тела.

**Ответ.** Сумма силы тяжести и выталкивающей силы равна нулю. (Обычно приводят неверный ответ — сила тяжести равна выталкивающей силе.)

4. Кусок пробки плавает сначала в воде, а потом в масле. В каком случае величина силы Архимеда больше?

**Ответ.** В каждом случае сила Архимеда одинакова. (Согласно условию плавания в каждом случае величина силы Архимеда равна величине силы тяжести, действующей на кусок пробки.)

5. Корабль переплыл из Волги в Каспийское море. Как изменилось расстояние между поверхностью палубы и поверхностью воды?

**Ответ.** Расстояние между поверхностями палубы и воды увеличилось.

**6.** Известно, что облако состоит из капелек воды. Почему же облако «плавает» в воздухе?

**Ответ.** Облако не плавает, а незаметно опускается. (На отдельную каплю действуют сила тяжести, выталкивающая сила и сила сопротивления со стороны воздуха, сумма которых при установившемся движении капли достаточно малых размеров равна нулю. Поэтому облако не плавает, а медленно опускается к земле с постоянной скоростью — облако «тонет» в воздухе. Капли большей величины падают на землю в виде дождя за короткий промежуток времени.)

**7.** Изменится ли положение коромысла весов, на которых уравновешены стакан с водой и гиря, если в стакан погрузить палец? Палец не касается стакана.

**Ответ.** Чаша весов со стаканом перетянет. (Согласно закону Паскаля поверхностные силы создают давление одинаковое в любой точке воды — давление на уровне дна стакана увеличится.)

**8.** Трубка с поршнем имеет длину 12 метров. Можно ли таким насосом поднять воду на поверхность земли из колодца глубиной 11 метров.

**Ответ.** Нельзя. (Сила реакции, действующая на поршень со стороны воды обращается в нуль при значении высоты столба воды  $h = p_{\text{ат}} / \rho_{\text{в}} g$ ,  $h = 10,332 \text{ м}$  — результат, известный еще древним шумерам, жившим в третьем тысячелетии до н.э.)

**9.** Взвесили резиновый шарик, а затем тот же шарик, надутый воздухом, имеющим температуру воздуха в комнате. Почему показания весов в обоих случаях одинаковы?

**Ответ.** На надутый шарик действуют сила тяжести шарика с воздухом и выталкивающая сила. (Выталкивающая сила равна весу воздуха в шаре. Этот опыт служил «доказательством» того, что воздух не имеет «веса».)

10 – 11. В цилиндрическом сосуде плавает тело, на котором находится кубик. Кубик положили на воду.

10. Как изменится уровень воды в сосуде?

**Ответ.** Если плотность материала кубика меньше плотности воды, то уровень не изменится, если — больше, то уровень понизится. (После того, как в сосуд поместили тело с кубиком уровень воды поднялся на  $\Delta h = \Delta h_T + \Delta h_K$ ,  $\Delta h_T = m_T / S \rho_B$ ,  $\Delta h_K = m_K / S \rho_B$ ,  $S$  — площадь сечения сосуда. В первом случае  $\Delta h_T$ ,  $\Delta h_K$  не изменяются, во втором  $\Delta h_K$  уменьшается.)

11. Как изменится сила давления воды на дно?

**Ответ.** В первом случае не изменится, во втором — уменьшится на величину веса кубика в воде. Полная сила давления на дно не изменится.

12. Кусок льда плавает в цилиндрическом сосуде, наполненном водой. Как изменится уровень воды в сосуде после таяния льда?

**Ответ.** Уровень воды не изменится.

13. Кусок льда плавает в воде, на которую налит слой керосина. Почему после таяния льда уровень верхнего слоя керосина понизится, а уровень нижнего слоя керосина повысится.

**Ответ.** При плавании тела в жидкости, плотность которой меньше плотности воды, объем погруженной части больше объема погруженной части при плавании тела в воде.

## Электродинамика

1. Заряд  $Q$  движется по оси неподвижного металлического кольца с зарядом  $Q$ . Когда сила, действующая на заряд, обратится в нуль?

**Ответ.** Когда заряд достигнет центра кольца.

2. Стеклянную палочку натерли шелком. Почему небольшие обрывки бумаги притягиваются к палочке?

**Ответ.** В результате натирания палочка приобретает положительный заряд, который создает электростатическое поле. В этом поле электроны молекул бумаги смещаются относительно ядер. Молекулы приобретают дипольный момент — бумага поляризуется. Ближайшая к палочке слой бумаги приобретает отрицательный заряд, удаленный — положительный заряд. (Этот эффект возможен только в неоднородном поле — сила, действующая на обрывок бумаги направлена к области наибольшего значения напряженности поля )

3. В центр заземленной металлической сферы радиусом  $R$  поместили заряд  $Q$ . Определите напряженность электрического поля  $\vec{E}$  на расстоянии  $r > R$  от центра сферы.

**Ответ.**  $\vec{E} = 0$ . (Выберем гауссову поверхность в виде сферы, расположенной внутри слоя металла сферы, где напряженность электрического поля равна нулю. На внутренней поверхности сферы индуцируется заряд  $q'$ . Тогда согласно закону Гаусса заряд  $q' = -Q$ . Применяя закон Гаусса к сфере радиусом  $r$ , получим  $\vec{E} = 0$ .)

4. В центр изолированной металлической сферы радиусом  $R$  поместили заряд  $Q$ . Определите величину напряженности электрического поля  $E$  на расстоянии  $r > R$  от центра сферы.

**Ответ.**  $E = kQ/r^2$ . (Выберем гауссову поверхность в виде сферы, расположенной внутри слоя металла сферы, где на-

пряженность электрического поля равна нулю. Тогда согласно закону Гаусса на внутренней поверхности сферы индуцируется заряд  $q' = -Q$ . Поскольку сфера изолирована, то на внешней поверхности распределяется заряд  $Q$ . Применяя закон Гаусса к сфере радиусом  $r$ , получим  $E = kQ/r^2$ .)

5. На расстоянии  $r > R$  от центра металлической изолированной сферы радиусом  $R$  находится заряд  $Q$ . Сила, действующая на заряд или на сферу, равна нулю. Заряжена ли сфера?

**Ответ.** Заряд сферы не равен нулю. (В поле заряда  $Q$  электроны в металле незаряженной сферы перераспределяются; сфера приобретает дипольный момент и притягивается к заряду. Если сфере сообщить определенный положительный заряд, то сила, действующая на сферу может обратиться в нуль.)

6. Разность потенциалов между пластинами конденсатора уменьшили в два раза. Как изменится энергия электростатического поля конденсатора?

**Ответ.** Уменьшится в 4 раза.

7. Пространство между пластинами конденсатора, подключенного к генератору постоянного напряжения, заполнили диэлектриком с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon = 2$ . Как изменится энергия электростатического поля конденсатора?

**Ответ.** Увеличится в 2 раза.

8. Плоский конденсатор имеет емкость  $C$ . В него внесли металлическую пластину толщиной  $d/4$ , где  $d$  — расстояние между пластинами конденсатора. Плоскость пластины параллельна обкладкам конденсатора. Определите приращение емкости конденсатора  $\Delta C$ .

**Ответ.**  $\Delta C = C/3$ . (Эквивалентная схема представляет два последовательно соединенных конденсатора.)

9. Назовите причину возникновения электрического тока в проводе.

**Ответ.** Ток возникает в результате взаимодействия электронов с электрическим полем, создаваемым разностью потенциалов на участке провода.

10. В электростатическом поле потенциалы двух точек удовлетворяют неравенству  $\phi_a > \phi_b$ . Расположим в этом поле замкнутый провод, проходящий через точки а и в. Почему сила тока в проводе равна нулю?

**Ответ.** После внесения проводника поле перестроится так, что напряженность поля в проводнике обратится в нуль в результате перераспределения электронов на поверхности проводника.

11. Относительное удлинение провода  $\Delta l/l = \epsilon$ . Найдите относительное приращение сопротивления  $\Delta R/R$ .

**Ответ.**  $\Delta R/R = 2\epsilon$ . (Сопротивление провода  $R = \rho l/S$ ,  $lS = V$ , где  $V$  — объем провода. Следовательно,  $R = \rho l^2/V$ ,  $\Delta R = 2\rho l \Delta l/V$ .)

12. Три одинаковые лампы, подключенные последовательно к батарее, потребляют мощность  $P$ . Как изменится потребляемая мощность, если уменьшить число ламп до двух.

**Ответ.** Возрастет.

13. Паяльник, рассчитанный на напряжение  $U_1 = 220$  В, подключили в сеть с напряжением  $U_2 = 110$  В. Как изменится мощность, потребляемая паяльником?

**Ответ.** Уменьшится в 4 раза.

14. Две лампочки мощностью  $P_1 = 25$  и  $P_2 = 75$  Вт, рассчитанные на напряжение  $U = 220$  В, подключены последовательно в сеть напряжением  $U = 220$  В. Найдите отношение мощности, потребляемой второй лампой  $P'_2$ , к номинальной мощности  $P_2$ .

**Ответ.**  $P'_2/P_2 = 1/16$ . (Из уравнений  $P_1 = U^2/R_1$ ,  $P_2 = U^2/R_2$ ,  $P'_2 = U^2 R_2 / (R_1 + R_2)^2$  находим  $P'_2 = P_2 [P_1 / (P_1 + P_2)]^2$ .)

15. Конденсатор подключен к батарее. Опишите энергетический баланс при увеличении расстояния между пластинами.

**Ответ.** ЭДС батареи —  $\varepsilon$ , внутреннее сопротивление не равно нулю. При изменении расстояния между пластинами в цепи протекает переменный ток. Поэтому в батарее выделяется количество теплоты  $Q$ . Пусть  $C_1$ ,  $U_1=C_1\varepsilon^2/2$  — емкость конденсатора и энергия электрического поля в начальном состоянии,  $C_2 < C_1$ ,  $U_2=C_2\varepsilon^2/2$  — емкость конденсатора и энергия электрического поля в конечном состоянии. Из закона изменения энергии следует уравнение энергетического баланса — сумма работы  $A_{\text{ex}}$ , совершаемой внешней силой, и работы, совершаемой ЭДС  $\varepsilon(C_2\varepsilon - C_1\varepsilon)$ , равна приращению энергии электрического поля  $U_2 - U_1$  и джоулеву теплу. Следовательно,  $A_{\text{ex}} = Q - (C_2 - C_1)\varepsilon^2/2 > 0$ .

16. Остается ли верным закон индукции Фарадея в случае контура, не содержащего проводников?

**Ответ.** Да, поскольку закон индукции представляет собой следствие уравнений Максвелла, согласно которым переменное магнитное поле создает переменное электрическое поле, а переменное электрическое поле создает переменное магнитное поле.

17. Как предсказать направление индукционного тока?

**Ответ.** Направление индукционного тока определяется автоматически вследствие однозначного соответствия между положительным направлением на замкнутом контуре, которому принадлежат проводники, и вектором внешней нормали, который необходимо задать для вычисления потока магнитной индукции. (В электродинамике принято правило, согласно которому положительное направление на контуре связано с выбором вектора внешней нормали  $\vec{n}$  к элементарной площадке  $\Delta S$  на поверхности: при обходе контура в положительном на-

правлении вектор  $\vec{n}$  остается с левой стороны или правилом буравчика.)

18. Сверхпроводящее кольцо, индуктивность которого  $L$ , приблизили к полюсу электромагнита. Величина полного потока магнитной индукции через кольцо равна  $\Phi_0$ . Определите силу тока в кольце после выключения электромагнита.

Ответ.  $I = \Phi_0/L$ . (Согласно закону Ома  $0 + LdI/dt = -d\Phi_{ex}/dt$ , где  $\Phi_{ex}$  — поток магнитной индукции, создаваемый магнитом. Следовательно,  $LI + \Phi_{ex} = \Phi_0$ .)

19. Последовательно соединенные резистор, катушка индуктивности и конденсатор подключены к генератору напряжения, ЭДС которого  $\varepsilon(t) = \varepsilon_0 \cos \omega t$ ,  $t \geq 0$ . Запишите условие, при котором разность потенциалов на концах участка  $L$ - $C$  равна нулю.

Ответ.  $\omega = 1/\sqrt{LC}$ .

20. Полное сопротивление последовательно соединенных резистора сопротивлением  $R$  и катушки индуктивностью  $L$ , подключенных к генератору напряжения, ЭДС которого  $\varepsilon(t) = \varepsilon_0 \cos \omega t$ ,  $t \geq 0$  равно  $Z$ . Затем точно такую же цепь включили параллельно первой. Определите общее сопротивление схемы  $Z'$ .

Ответ.  $Z' = Z/2$ ,  $Z = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2}$ .

21. Катушку индуктивности в виде соленоида индуктивностью  $L$  и сопротивлением провода  $R$  подключили к генератору напряжения, ЭДС которого  $\varepsilon(t) = \varepsilon_0 \cos \omega t$ ,  $t \geq 0$ . Затем поверх этой катушки намотали такое же количество витков и включили ее в цепь параллельно первой. Определите общее сопротивление схемы  $Z'$ .

Ответ.  $Z' = \sqrt{(R/2)^2 + (\omega L)^2}$ . (Для решения задачи необходимо учесть, что коэффициент взаимной индукции  $L_{12} = L$ .)

22. В схеме однополупериодного выпрямителя генератор переменного напряжения  $\varepsilon(t) = \varepsilon_0 \cos \omega t$  и диод подключены к

$RC$  — цепи, образованной параллельно соединенными конденсатором и резистором. В результате решения уравнения, которому подчиняется напряжение на выходе схемы, получена функция  $U(t) \approx \varepsilon_0(1 - 2\pi X_C/R) + \varepsilon_0(2X_C/R)\sin\omega t$ , где  $X_C = 1/\omega C$ ,  $X_C \ll R$ . Покажите, что амплитуда силы тока, протекающего в цепи конденсатора в два раза больше силы постоянного тока, протекающего через резистор.

**Ответ.** Сила тока в цепи резистора  $I_R = (\varepsilon_0/R)[1 - 2\pi X_C/R + (2X_C/R)\sin\omega t] \approx (\varepsilon_0/R)$ . Заряд, протекающий в цепи конденсатора  $q(t) = CU(t)$ , сила тока  $I_C(t) = dq/dt = (2\varepsilon_0/R)\cos\omega t$ .

23. В 1897 г. английский физик Дж. Дж. Томсон открыл электрон, а в 1919 г. в первой ядерной реакции Э. Резерфорд открыл протон. Почему электрону приписали отрицательный заряд?

**Ответ.** Первую теорию электрических явлений создал в 1746 – 54 г.г. американский физик, политический и общественный деятель Бенджамин Франклин. Согласно его теории в каждом нейтральном теле содержится определенное количество «электрической жидкости». Если в теле появляется ее избыток, то тело имеет положительный заряд, недостаток — соответствует отрицательному заряду. Когда натирают стеклянную палочку шелком, электрическая жидкость переходит от шелка к стеклу, которое приобретает положительный заряд. После открытия электрона стало ясно, что электроны переходят от стеклянной палочки на шелк. Однако к этому времени представления, введенные Франклином, прочно утвердились в электротехнике. Для того чтобы не менять установившуюся терминологию и маркировку «-», «+» генераторов и моторов, пришлось приписать электронам отрицательный заряд.

## Механические колебания

1. Приведите определение термина «незатухающие одномерные колебания».

**Ответ.** В механике термин «незатухающие колебания» системы  $N$  частиц, имеющих одну степень свободы, означает движение системы, описываемое координатой  $q(t) = q_0 + A \cos(\omega t + \alpha)$ , где  $q_0$  — значение координаты в положении устойчивого равновесия,  $t \geq t_0$ ,  $t_0$  — момент времени, в который заданы начальные условия. (Очевидно  $q(t)$  не является периодической функцией, поскольку согласно определению периодической функции  $f(t) = f(t+T)$  в интервале  $-\infty < t < \infty$ .)

2. Можно ли сложить два колебания?

**Ответ.** Сложить два движения нельзя. (Термин «сложение колебаний» — это жаргон (от фр. *jargon* — язык, непонятный непосвященным). Мы же не говорим, что движение частицы в поле тяжести Земли по параболе представляет собой сумму двух движений — по горизонтали и по вертикали. Здесь же речь идет о движении системы, описываемом двумя функциями  $x(t) = A \cos(\omega t + \alpha)$  и  $y(t) = B \cos(\omega t + \beta)$ . В плоскости  $xy$  точка с координатами  $x(t)$ ,  $y(t)$  движется по эллипсу.)

3. Приведите определение резонанса.

**Ответ.** Резонансом называется избирательный отклик колебательной системы на действие внешней периодической силы с частотой, близкой к собственной частоте.

## Волны

1. Высота волн цунами в открытом океане порядка 1 – 3 м. Почему при приближении к берегу высота волн достигает высоты 40 – 50 м?

**Ответ.** При приближении к берегу скорость распространения волны уменьшается. Замедление переднего края волны вызывает подъем воды и поэтому высота волны увеличивается. (Глубина океана значительно меньше длины волны цунами. В этом случае скорость волны  $v = \sqrt{gh}$ , где  $h$  — равновесное расстояние от поверхности до дна.)

2. Вода течет по водопроводу. Что происходит при внезапном закрытии крана заслонкой?

**Ответ.** Возникает волна деформации или звуковая волна. (Столкнувшись с заслонкой, слой воды останавливается и сжимается. Далее останавливаются и сжимаются последующие слои — возникает волна деформации, распространяющаяся навстречу потоку со скоростью звука в воде  $c_B = 1500$  м/с. Часто можно прочесть, что волна представляет собой распространение колебаний в пространстве. В нашем случае уж точно ничего не колеблется. При скорости течения  $v = 1$  м/с вода создает на заслонке давление  $p = 15 \cdot 10^5$  Па, значительно большее атмосферного давления. Рассмотренное явление называется *гидравлическим ударом*. Разрушительное действие капель также объясняется этим явлением.)

3. Приведите пример бегущей звуковой волны.

**Ответ.** Звуковая волна — процесс распространения деформации в среде. В сферической волне, распространяющейся в безграничном пространстве, акустическое давление  $p_{ac}(t, x, y, z) = (1/r)f(r-ct)$ , где  $c$  — скорость волны,  $f(r-ct)$  — произвольная функция,  $r$  — расстояние от точечного источника де-

формации среды. (Эта функция может описывать волну, возбуждаемую хлопком. Волновой процесс реализуется элементарными массами воздуха, которые не колеблются, а последовательно смещаются и возвращаются в равновесные положения. Волна в среде и колебания частиц среды — совершенно различные явления. Отметим, что функция  $p_{ac}(t, x, y, z)$  удовлетворяет основному уравнению акустики — волновому уравнению.)

4. Вектор напряженности монохроматической плоской бегущей электромагнитной волны

$$\vec{E}(t, x, y, z) = \vec{E}_0 \cos(\omega t - \omega z/c). \text{ «Что» колеблется в волне?}$$

**Ответ.** «Ничего» не колеблется, хотя в условиях задач, которые приводятся в некоторых пособиях, можно прочитать: найти период колебаний волны, если ее длина равна ... и т.д.

(Волна «не колеблется». Электромагнитная волна — процесс распространения электрического и магнитного полей в пространстве. В некоторой точке, координаты которой  $x_0, y_0, z_0$ , имеем три функции  $\vec{F}(t) = \vec{E}(t; x_0, y_0, z_0) = \vec{E}_0 \cos(\omega t - \omega z_0/c)$ , не связанные с процессом распространения волны. Если «фиксировать» волну в моменты времени  $t=0, t_1, t_2, \dots$ , то получим функции координат — косинусоиды  $\vec{E}_0 \cos[\omega(z - ct_1)/c]$ ,  $\vec{E}_0 \cos[\omega(z - ct_2)/c]$ , ..., сдвинутые по оси  $z$  вправо относительно  $\vec{E}_0 \cos(\omega z/c)$  на расстояния  $ct_1, ct_2, \dots$ . Это и есть процесс распространения напряженности электрического поля бегущей волны. Отметим, что вектор  $\vec{E}(t, x, y, z)$  и соответствующий вектор  $\vec{B}(t, x, y, z)$  удовлетворяют шести уравнениям Максвелла.)

5. Что означает термин «прямолинейное распространение света»?

**Ответ.** Этот термин — из жаргона популяризаторов науки. Свет — электромагнитная волна, которая не связана с какими либо прямыми. (В геометрической оптике, которая является весьма грубым приближением в теории распространения волн, электромагнитную волну представляют как пучок кривых - лучей, ортогональных к волновому фронту, совершенно игнорируя волновую природу. Свет, излучаемый точечным диполем представляет собой на расстояниях  $s \gg \lambda$  сферическую электромагнитную волну. Фронт волны — сфера, лучи — полупрямые, исходящие из точки, представляют собой математическую абстракцию. Следует все-таки отметить, что наиболее существенной областью, в которой распространяется волна, принимаемая детектором  $D$  на расстоянии  $s$  от источника  $O$ , является область пространства, представляющая собой эллипсоид вращения с фокусами в точках  $O$  и  $D$ . Максимальный радиус окружности сечения плоскостью, перпендикулярной отрезку  $OD$  равный  $\sqrt{\lambda s} / 2$  находится на середине отрезка  $OD$ . Электромагнитное поле в этой области образует реальный физический луч).

6. Антенна радиоприемника представляет собой отрезок провода, присоединенный к колебательному контуру. Объясните, почему линейно поляризованная электромагнитная волна возбуждает ток в проводе.

**Ответ.** Если провод ориентировать параллельно вектору напряженности электрического поля волны, то на отрезке провода длиной  $l$  создается разность потенциалов  $E l$ .

7. Почему солнечный свет, преломляясь на оконном стекле, не разлагается в непрерывный спектр?

**Ответ.** Если обе поверхности стекла параллельны, то не происходит пространственного разделения световой волны на монохроматические компоненты.

8. Почему мы видим днем небо голубым, а на закате — желто-красным?

**Ответ.** Свет рассеивается на неоднородностях плотности воздуха, которые возникают благодаря флуктуациям числа частиц внутри объема, линейные размеры которого порядка длины волны. В этом случае интенсивность рассеянной монохроматической волны пропорциональна частоте в четвертой степени. Отношение частоты синего света к частоте красного света  $\nu_c/\nu_k=1,44$ . Поэтому интенсивность рассеянного синего света в  $(\nu_c/\nu_k)^4=4,3$  раз больше интенсивности рассеянного красного света. На закате в проходящем свете почти отсутствует голубая компонента солнечного света.

9. Приведите определение интерференции волн.

**Ответ.** Интерференция — эффект наложения волн, в области перекрытия которых интенсивность или плотность энергии зависит от координат.

10. Объясните, почему в отраженном свете выглядят окрашенными пятна масла на асфальте или тонкие мыльные пузыри?

**Ответ.** В результате интерференции волн  $w_1$  и  $w_2$ , отраженных от внешней и внутренней поверхностей. (Падающая волна ( $w_0$ ) отражается и преломляется на внешней поверхности. Преломленная волна преломляется на внутренней поверхности и отражается от нее. Отраженная волна преломляется на внешней поверхности, образуя волну  $w_2$ . При освещении солнечным светом возникают максимумы интенсивности, соответствующие в зависимости от толщины пленки различным цветам.)

11. Световая волна падает перпендикулярно поверхности плоскопараллельной прозрачной пленки. Возможно ли прохождение волны, не сопровождающееся отражением волны?

**Ответ.** При определенной длине волны возможна деструктивная интерференция волн отраженных от двух поверхностей пленки.

12. Плоская монохроматическая электромагнитная волна падает по нормали к плоской металлической поверхности. Почему образуется стоячая волна?

**Ответ.** В результате интерференции падающей и отраженной волн. (Отраженная волна должна возникнуть только потому, что должно выполняться граничное условие: на поверхности металла касательная компонента вектора  $\vec{E}$  равна нулю.)

13. Во всех учебниках можно прочитать, что максимум интенсивности при интерференции двух световых волн находится в точках, для которых разность хода равна четному числу «полуволн». Может ли возникнуть максимум интенсивности, если в разности хода укладывается нечетное число полуволн?

**Ответ.** Может — при падении на зеркало или металлический экран волны, поляризованной в плоскости, перпендикулярной плоскости падения. Интерференция проявляется при наложении падающей волны ( $E_{iy}$ ) и волны ( $E_{oy}$ ), отраженной от металлического покрытия зеркала. (Пусть зеркало расположено в плоскости  $x=0$ . В этом случае проекция напряженности электрического поля равна  $E_y \approx E_{iy} - E_{oy}$ , поскольку на поверхности экрана в плоскости  $x = 0$  должно выполняться граничное условие  $E_y = 0$ . Тогда интенсивность  $J(x) = 4J_0 \sin^2(2\pi h x / \lambda s)$ , где  $h$  — расстояние от излучателя до плоскости зеркала,  $s$  — расстояние от излучателя до точки отражения.)

14. В каких эффектах проявляются волновые свойства частиц?

**Ответ.** В дифракции и интерференции. (В 1927 г. впервые обнаружили дифракцию электронов на кристалле никеля. В

1960 г. наблюдали интерференцию двух пучков электронов, разделенных в пространстве соленоидом. Согласно квантовой физике корпускулярные и волновые свойства частиц — электронов, атомов, молекул, фотонов, вирусов и т. д. следует рассматривать не как взаимоисключающие, а как взаимодополняющие друг друга. Движение частиц описывается волной в абстрактном пространстве состояний. Длина волны  $\lambda = h/p$ , где  $p$  — импульс частицы. При попадании частиц на экран волновые свойства проявляются в зависимости вероятности плотности распределения частиц от координат.)

15. В установке Юнга фотоны падают на экран с двумя отверстиями. Как проявляются волновые свойства фотонов?

**Ответ.** Согласно квантовой теории состояние фотона описывается ненаблюдаемой волной вероятности, представляющей собой сумму двух слагаемых — фотон *одновременно* находится в состояниях, соответствующих прохождению через первое и второе отверстия. (Интерференция электромагнитных волн — квантовый эффект. В рамках классического описания фотон может пройти сквозь первое или сквозь второе отверстия. Возникновение интерференции существенно связано с невозможностью предсказать, через какое отверстие пролетел фотон. Всякая попытка определить, по какому пути пролетел фотон, уничтожает интерференционную картину.)

16. Приведите оценку расстояния, начиная с которого проявится дифракция электромагнитных или звуковых волн, падающих на отверстие радиусом  $R$ .

**Ответ.** На расстояниях  $s > R^2/\lambda$ , где  $\lambda$  — длина волны. (Дифракция становится заметной, когда площадь первой зоны Френеля, равная  $\pi s \lambda$  для наблюдателя на расстоянии  $s$  от отверстия, больше площади отверстия.)

17. Грани кристалликов льда отражают солнечный свет и мы видим блески на снегу. Однако на несколько большем

расстоянии снежное поле выглядит равномерно освещенным. Объясните причину этого явления.

**Ответ.** Правильное зеркальное отражение возможно только тогда, когда выполняются условия применимости геометрической оптики: площадь грани кристаллика должна быть больше площади нескольких первых зон Френеля. При наблюдении отражения света от более удаленных кристалликов площадь первых зон Френеля возрастает.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ландау Л.Д., Китайгородский А.И. Физика для всех. М.: ГИФМЛ. 1963.
2. Дж. Орир. Физика. Т. 1, Т. 2. М.: Мир. 1981.
3. Дж. Б. Мерион. Общая физика с биологическими примерами. М.: Высшая школа. 1986.
4. Роуэлл Г., Герберт С. Физика. М.: Просвещение. 1994.
5. Павленко Ю.Г. Физика. Ответы на вопросы. Экзамен. 1998-2003. 200 С.
6. Ю.Г. Павленко. Физика. М.: Изд-во Джангар. Большая медведица. 1998 – 2003. 574 С.
7. Ю.Г. Павленко. Физика. М.: Изд-во «Новая волна». 2002. 720 С.
8. Ю.Г. Павленко. Задачи по теоретической механике. М.: Физматлит. 2002. 534 С.
9. Павленко Ю. Г. Начала физики. Уч. пос., изд. 2-е. Экзамен. 2004. 862 С.
10. Павленко Ю. Г. Физика. 10 – 11. Физматлит. 2004. 521 С.
11. Уокер Дж. Физический фейерверк. М.: Мир. 1979.
12. Перельман Я. И. Занимательная механика. Знаете ли вы физику? М.: АСТ. 1999.
13. Пинский А.А. Задачи по физике. Физматлит. 2000. 336 С.
14. Бендриков Г.А., Буховцев Б.Б., Мякишев Г.Я. Физика. Задачи для поступающих в вузы. Физматлит. 2001.
15. Белонучкин В.Е., Заикин Д.А. и др. Задачи по общей физике. Физматлит. 2001. 333 С.
16. Белолипецкий С.Н., Еркович О.С. и др. Задачник по физике. Физматлит. 2002. 365 С.
17. Черноуцан А.И. Физика. Задачи. М.: Высшая школа. 2003. 352 С.

*Учебное пособие*

**Павленко Юрий Григорьевич**

# **ТЕСТ-ФИЗИКА — 350 задач.**

**Ответы, указания, решения**

Издательство «ЭКЗАМЕН»

ИД № 05518 от 01.08.01

Гигиенический сертификат

№ 77.99.10.953.Д.005465.07.03 от 25.07.2003 г.

Дизайн обложки *И.Р. Захаркина*

Компьютерная верстка *А.Ф. Дамбиева*

105066, Москва, ул. Александра Лукьянова, д. 4, стр. 1.

[www.examen.biz](http://www.examen.biz)

E-mail: по общим вопросам: [info@examen.biz](mailto:info@examen.biz);

по вопросам реализации: [sale@examen.biz](mailto:sale@examen.biz)

тел./факс 263-96-60

Общероссийский классификатор продукции

ОК 005-93, том 2; 953005 — книги, брошюры, литература учебная

Текст отпечатан с диапозитивов

в ОАО Владимирской книжной типографии  
600000, г. Владимир, Октябрьский проспект, д. 7

*Качество печати соответствует*

*качеству предоставленных диапозитивов*

**По вопросам реализации обращаться по тел.: 263-96-60**

Ю.Г. ПАВЛЕНКО

## ТЕСТ-ФИЗИКА

Это пособие представляет собой сборник задач и вопросов по всем разделам курса физики средней школы: "Кинематика", "Основы динамики", "Молекулярная физика. Тепловые явления", "Механика жидкостей и газов", "Электростатика", "Электрический ток", "Магнитное поле", "Электромагнитная индукция", "Колебания и волны", "Оптика", "Элементы теории относительности" и "Квантовая физика", составленных в виде тестов. Предлагаемые 350 тестовых заданий и 90 вопросов отражают наиболее существенные для каждой темы понятия и законы. Включен материал, который, как показала практика приемных экзаменов на естественные факультеты МГУ, наиболее сложен для абитуриентов.

Приведены решения всех задач. Анализируя результаты работы с тестом, читатель получит объективную информацию об уровне своей подготовки и разделах программы, требующих дополнительного изучения.

Для учащихся старших классов, абитуриентов и преподавателей.

ISBN 5-472-00182-X



9780005961131

### В ЭТОЙ СЕРИИ:

ХИМИЯ  
АЛГЕБРА  
ГЕОМЕТРИЯ  
ФИЗИКА  
ГЕОГРАФИЯ  
РУССКИЙ  
ИНФОРМАТИКА  
ЛИТЕРАТУРА  
БИОЛОГИЯ  
ИСТОРИЯ  
АНГЛИЙСКИЙ  
НЕМЕЦКИЙ  
ФРАНЦУЗСКИЙ

