

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
«Республиканский институт контроля знаний»  
Учреждение образования  
«Витебский государственный технологический университет»

В.В. Рубаник,  
Т.М. Богданова, А.А. Джежора В.В. Рубаник мл.

# Физика

Рекомендовано Республиканским институтом  
контроля знаний в качестве учебного пособия  
для слушателей факультета довузовской  
подготовки

Витебск  
2004

УДК 53(075.8)

ББК 22.3

T36

Автор: Рубаник В.В., Богданова Т.М., Джежора А.А., Рубаник В.В. мл.

Рецензенты: к. ф.-м. н., профессор Витебского государственного университета им. П.М. Машерова, Шмидт М.П.;

к. ф.-м. н., доцент Витебского государственного ордена Дружбы народов медицинского университета Маркович В.Л.

T36 Физика: Учебное пособие для слушателей факультета довузовской подготовки / В.В. Рубаник, Т.М. Богданов, А.А. Джежора, В.В. Рубаник мл. УО «ВГТУ» – Витебск, 2004.– 197 с.

Пособие содержит материалы централизованного тестирования 2003 г. с решениями, которые были разработаны Республиканским институтом контроля знаний в соответствии с заданием Министерства образования Республики Беларусь.

Предназначено для слушателей факультета довузовской подготовки учащихся школ в качестве пособия при подготовке к централизованному тестированию и к сдаче вступительных экзаменов в средние и высшие учебные заведения.

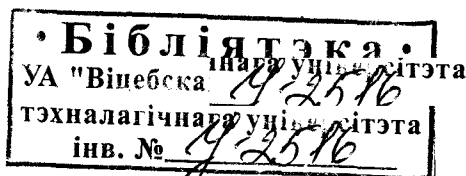
УДК 53(075.8)

ББК 22.3

T36

- © УО «Республиканский институт контроля знаний», 2004
- © УО «Витебский государственный технологический университет», 2004

ISBN 985-481-001-1



## Предисловие

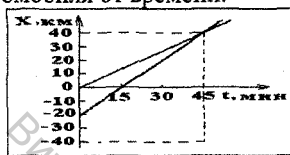
К настоящему времени сложилась устойчивая тенденция проверки знаний с помощью всевозможных тестов. Тестовые методы контроля знаний по физике широко используются как в Российской Федерации, так и в Республике Беларусь и позволяют осознанно воспроизводить в полном объеме программный учебный материал. Причем, если предыдущие годы задания централизованного тестирования разрабатывались в Российской Федерации, то в 2003 г. эти задания были разработаны Республиканским институтом контроля знаний в строгом соответствии с рекомендациями Министерства образования Республики Беларусь. Авторы данного учебного пособия являлись членами одного из авторских коллективов по подготовке материалов централизованного тестирования. Пособие содержит решение всех тестов 2003 г. и может быть использовано как при проведении занятий на факультете довузовской подготовки, так и при самостоятельной подготовке к централизованному тестированию и к вступительным экзаменам. Надеемся, что оно окажется полезным и востребованным.

Все замечания и пожелания просьба направлять по адресу: 210035, г. Витебск, Московский проспект, 72 - УО «ВГТУ», кафедра физики.

С уважением авторы.

## Тест по физике № 1

**A1.** На рисунке представлены зависимости координат автобуса и легкового автомобиля от времени.



Модуль их относительной скорости равен

- 1)  $40 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$     2)  $37 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$     3)  $30 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$     4)  $27 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$     5)  $20 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$

Решение.

Из графиков зависимости координат автобуса и легкового автомобиля от времени видно, что в начальный момент времени ( $t = 0$ ), расстояние между ними было  $\Delta x_0 = 20 \text{ км}$ . Через  $45 \text{ мин} = \frac{3}{4} \text{ часа}$  расстояние стало  $\Delta x = 0$ . Следовательно, модуль их относительной скорости:

$$V = \frac{20 \text{ км}}{\frac{3}{4} \text{ ч}} \approx 27 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$$

Ответ: 4

**A2.** Диаметр ведущего колеса трактора 1,2 м. За одну минуту равномерного движения трактор проехал 1130,4 м. Определите скорость поступательного движения оси колеса трактора.

- 1)  $18,84 \frac{\text{м}}{\text{с}}$     2)  $11,40 \frac{\text{м}}{\text{с}}$     3)  $9,42 \frac{\text{м}}{\text{с}}$     4)  $6,0 \frac{\text{м}}{\text{с}}$     5)  $12,56 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

Решение.

Дано:

$$d = 1,2 \text{ м};$$

$$S = 11304,4 \text{ м};$$

$$t = 60 \text{ с};$$

$v = ?$

Скорость поступательного движения оси трактора  $v = \frac{S}{t}$ ;

$$v = \frac{11304,4 \text{ м}}{60 \text{ с}} = 18,84 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Ответ: 1

А3. Самолет летит со скоростью  $720 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$ , затем начинает двигаться равноускоренно и за четвертую секунду пролетает 410 м. Определите скорость самолета в конце четвертой секунды.

- 1)  $320 \frac{\text{м}}{\text{с}}$     2)  $960 \frac{\text{м}}{\text{с}}$     3)  $440 \frac{\text{м}}{\text{с}}$     4)  $880 \frac{\text{м}}{\text{с}}$     5)  $540 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

Решение.

Дано:

$$V_0 = 720 \frac{\text{км}}{\text{ч}} = 200 \frac{\text{м}}{\text{с}};$$

$$S = 410 \text{ м};$$

$$t_1 = 3 \text{ с};$$

$$t_2 = 4 \text{ с};$$

$$v_2 = ?$$

Расстояние, пройденное за четвертую секунду равно разности расстояний, пройденных за четыре и три секунды:  $S = S_2 - S_1$ . Т.к самолет движется равноускоренно, то расстояние, пройденное за четыре секунды  $S_2 = V_0 t_2 + \frac{at_2^2}{2}$ , а расстояние, пройденное за три секунды  $S_1 = V_0 t_1 + \frac{at_1^2}{2}$ . Следовательно,  $S = V_0 t_2 + \frac{at_2^2}{2} - (V_0 t_1 + \frac{at_1^2}{2})$ . Из этого уравнения

можно найти ускорение:  $S = V_0(t_2 - t_1) + \frac{a}{2}(t_2^2 - t_1^2)$ ,  $a = \frac{2(S - V_0(t_2 - t_1))}{t_2^2 - t_1^2}$ ,

$$a = \frac{2(410 \text{ м} - 200 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 1 \text{ с})}{7^2} = 60 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}. \text{ Скорость в конце четвертой секунды } V_2 = V_0 + at_2,$$

$$V_2 = 206 \frac{\text{м}}{\text{с}} + 60 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 4 \text{ с} = 440 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Ответ: 3

А4. При каком минимальном ускорении  $\vec{a}$  стенки брусок массой 1 кг будет находиться в покое относительно нее? Коэффициент трения между стенкой и бруском 0,4.



- 1)  $25 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$     2)  $4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$     3)  $17 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$     4)  $6 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$     5)  $10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

Решение.

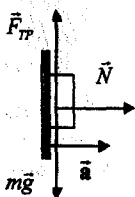
Дано:

$$V = 0;$$

$$m = 1 \text{ кг};$$

$$\mu = 0,4;$$

$$a = ?$$



Т.к стена движется с ускорением, то и брусок движется с таким же ускорением относительно земли, находясь в покое относительно стенки. По второму закону Ньютона  $m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{\text{тр}} = m\vec{a}$ .

Найдем проекции на оси:

$$\text{ОХ: } N = ma$$

$$\text{ОУ: } mg - F_{\text{тр}} = 0$$

$$F_{TP} = MN = \mu ta, \quad \text{Откуда } a = \frac{g}{\mu}, \quad a = \frac{10 \frac{M}{c^2}}{0,4} = 25 \frac{M}{c^2}$$

$$mg = \mu Ma$$

Ответ: 1

**A5.** Если наклонная плоскость при отсутствии трения обеспечивает трехкратный выигрыш в силе, то в отношении работы она обеспечивает

- 1) выигрыш в 3 раза
- 2) выигрыш в 9 раз
- 3) проигрыш в 3 раза
- 4) проигрыш в 9 раз
- 5) отсутствие выигрыша

Решение.

Из "золотого правила механики" следует, что ни один простой механизм не может дать выигрыша в работе.

Ответ: 5

**A6.** Уравнение движения материальной точки массой 200 г вдоль оси OX имеет вид  $x = 5 + 10t + 4t^2$ . Определите значение проекции равнодействующей всех сил, приложенных к телу, на ось OX.

- 1) 4,0 Н
- 2) 0,8 Н
- 3) 1,0 Н
- 4) 2,0 Н
- 5) 1,6 Н

Решение.

Дано:

$$m = 200 \text{ г} = 0,2 \text{ кг};$$

$$x = 5 + 10t + 4t^2 \text{ (м)};$$

$$F_{px} = ?$$

Из второго закона Ньютона следует, что  $F_{px} = ma_x$ . Ускорение вдоль оси OX – это производная от скорости по времени:

$$V_x = x' = (5 + 10t + 4t^2)' = 10 + 8t. \quad \text{Ускорение } a_x = V_x' = (10 + 8t)' = 8.$$

Проекция равнодействующей всех сил на ось OX  $F_{px} = 0,24 \text{ кг} \cdot 8 \frac{M}{c^2} = 1,6 \text{ Н}$

Ответ: 5

**A7.** Лодка массой 80 кг отплывает от берега со скоростью  $v_1$ , направленной под углом  $30^\circ$  к линии берега. С берега на лодку с разгона прыгает юноша массой 40 кг со скоростью  $v_2 = 6 \frac{M}{c}$ , перпендикулярной линии берега. При этом лодка продолжает движение под углом  $60^\circ$  к линии берега. Найдите первоначальную скорость лодки.

- 1)  $2 \frac{M}{c}$
- 2)  $3 \frac{M}{c}$
- 3)  $4 \frac{M}{c}$
- 4)  $5 \frac{M}{c}$
- 5)  $6 \frac{M}{c}$

Дано:

$$m_1 = 20 \text{ кг};$$

$$\alpha = 30^\circ;$$

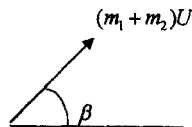
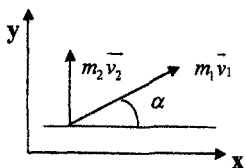
$$m_2 = 40 \text{ кг};$$

$$v_2 = 6 \frac{\text{м}}{\text{с}};$$

$$\beta = 60^\circ$$

$$v_1 = ?$$

Решение.



Покажем на рисунке направление импульсов лодки и юноши до взаимодействия, и после взаимодействия. Запишем закон сохранения импульса в проекции на оси OX и OY:

$$OX: m_1 v_1 \cos \alpha = (m_1 + m_2) u \cos \beta$$

$$OY: m_2 v_2 + m_1 v_1 \sin \alpha = (m_1 + m_2) \sin \beta$$

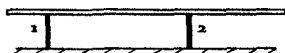
Имеем систему двух уравнений с двумя неизвестными:  $v$  и  $u$ . Разделим второе на первое:

$$\frac{m_2 v_2}{m_1 v_1 \cos \alpha} + \tan \alpha = \tan \beta, \quad \frac{m_2 v_2}{m_1 v_1 \cos \alpha} = \tan \beta - \tan \alpha, \quad v_1 = \frac{m_2 v_2}{m_1 \cos \alpha (\tan \beta - \tan \alpha)},$$

$$v_1 = \frac{40 \text{ кг} \cdot 6 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{80 \text{ кг} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} (\sqrt{3} - \frac{\sqrt{3}}{3})} = \frac{3}{1} = 3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Ответ: 2

А8. Однородная балка массой 360 кг и длиной 6 м расположена горизонтально на двух опорах. Левый конец балки выступает за опору 1 на 1 метр, а правый конец балки выступает за опору 2, на 2 м. Какую минимальную силу, направленную вниз, необходимо приложить к левому концу балки, чтобы ее приподнять?



нить?

1) 2 400 Н

2) 1 880 Н

3) 7 200 Н

4) 3 600 Н

5) 900 Н

Решение.

Дано:

$$m = 360 \text{ кг};$$

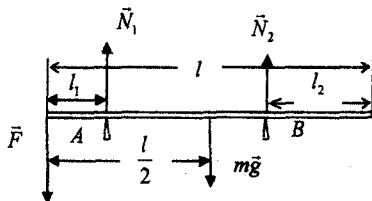
$$l = 6 \text{ м};$$

$$l_1 = 1 \text{ м};$$

$$l_2 = 2 \text{ м};$$

$$F = ?$$

Если к балке приложить силу  $F$  направленную вниз, то балка бу-



дет вращаться относительно опоры А. Балка будет находиться в равновесии,

если моменты сила  $\vec{F}$  относительно опоры А будет равен моменту силы тяжести балки относительно той же опоры.

$$F \cdot l_1 = mg \left( \frac{l}{2} - l_1 \right), \quad F = \frac{mg \left( \frac{l}{2} - l_1 \right)}{l_1}; \quad F = \frac{3600 \text{ н} \cdot (3 \text{ м} - 1 \text{ м})}{1 \text{ м}} = 7200 \text{ Н}$$

Ответ: 3

А9. Кусок металла весит в воде ( $\rho_w = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ ) 2,0 кН, а в керосине ( $\rho_k = 800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ ) — 2,5 кН. Определите плотность металла.

- 1) 2 000  $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$     2) 1 500  $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$     3) 1 800  $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$     4) 2 500  $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$     5) 3 600  $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$

Решение.

Дано:

$$P_1 = 2000 \text{ н};$$

$$\rho_1 = 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3};$$

$$P_2 = 2500 \text{ н};$$

$$\rho_2 = 800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3};$$

$$\rho - ?$$

Вес куска металла в жидкости меньше, чем в вакууме на величину архимедовой силы, действующей со стороны жидкости на кусок металла:

$$P_1 = mg - \rho_1 V g;$$

$$P_2 = mg - \rho_2 V g;$$

Объем куска металла  $V = \frac{m}{\rho}$ , где  $\rho$  — плотность металла.

$$\begin{cases} P_1 = mg - \rho_1 \frac{m}{\rho} g; & \begin{cases} P_1 = mg \left( 1 - \frac{\rho_1}{\rho} \right) \\ P_2 = mg \left( 1 - \frac{\rho_2}{\rho} \right) \end{cases} \end{cases}$$

Разделим первое уравнение на второе:  $\frac{P_1}{P_2} = \frac{1 - \frac{\rho_1}{\rho}}{1 - \frac{\rho_2}{\rho}}, \frac{2000 \text{ н}}{2500 \text{ н}} = \frac{1 - \frac{\rho_1}{\rho}}{1 - \frac{\rho_2}{\rho}}, \frac{4}{5} = \frac{1 - \frac{\rho_1}{\rho}}{1 - \frac{\rho_2}{\rho}}$

$$\frac{5\rho_1}{\rho} - \frac{4\rho_2}{\rho} = 1;$$

$$4 - \frac{4\rho_2}{\rho} = 5 - \frac{5\rho_1}{\rho}, \quad \rho = 5\rho_1 - 4\rho_2;$$

$$\rho = 5 \cdot 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} - 4 \cdot 800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = 1800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

Ответ: 3

А10. Груз массой 400 г, подвешенный на пружине, совершает гармонические колебания с амплитудой 4 см и циклической частотой  $4 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ . Максимальная потенциальная энергия колебаний груза составляет...



- 1) 15,0 мДж    2) 7,5 мДж    3) 10,0 мДж    4) 12,5 мДж    5) 5,0 мДж

Решение.

Дано:

$$m = 0,4 \text{ кг};$$

$$\omega = 4 \frac{\text{рад}}{\text{с}};$$

$$A = 0,04 \text{ м};$$

$$W_{\text{max}} = ?$$

При гармонических колебаниях выполняется закон сохранения механической энергии, поэтому максимальная потенциальная энергия равна максимальной кинетической энергии груза.

$W_{\text{max}} = \frac{m v_{\text{max}}^2}{2}$ . Скорость – это первая производная смещения по

времени. При гармонических колебаниях  $x = A \sin(\omega t + \varphi_0)$ .

$V = x' = A \omega \cos(\omega t + \varphi_0)$ . Максимальная скорость  $v_{\text{max}} = A \omega$ . Тогда  $W_{\text{max}} = \frac{m(A \omega)^2}{2}$ ;

$$W_{\text{max}} = \frac{0,4 \text{ кг} \cdot 16 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \cdot 16 \text{ с}^{-2}}{2} = 512 \cdot 10^{-3} \text{ Дж} \approx 5 \cdot 10^{-3} \text{ Дж} = 5 \text{ мДж}$$

Ответ: 5

**A11.** Если длина первой волны в 2,6 раз больше длины второй, а период второй волны в 2 раза меньше периода первой, то скорость распространения первой волны в ...

- 1) 1,3 раза больше
- 2) 1,3 раза меньше
- 3) 5,2 раза больше
- 4) 5,2 раза меньше
- 5) 2 раза больше

Решение.

Дано:

$$T_1 = 2T_2;$$

$$\lambda_1 = 2,6 \lambda_2;$$

$$\frac{v_1}{v_2} = ?$$

Длина первой волны  $\lambda_1 = v_1 \cdot T$ , длина второй волны  $\lambda_2 = v_2 \cdot \frac{T}{2}$

$\lambda_2 = v_2 T_2 = v_2 \frac{T_1}{2}$ . Найдем отношения  $\frac{\lambda_1}{\lambda_2} : \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{2v_1}{v_2}$ ;  $2,6 = \frac{2v_1}{v_2}$ ;  $\frac{v_1}{v_2} = 1,3$

Ответ: 1

**A12.** Плотность газа в газонаполненной электрической лампе  $0,9 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ . Средняя квадратичная скорость движения его молекул  $100 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ . На сколько изменится давление этого газа в лампе при горении, если средняя скорость движения его молекул при горении лампы  $200 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ ?

- 1) 1,5 кПа
- 2) 4,5 кПа
- 3) 6,0 кПа
- 4) 9,0 кПа
- 5) 3,0 кПа

Решение.

Дано:

$$\rho = 0,9 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3};$$

$$\langle V_1 \rangle = 100 \frac{\text{м}}{\text{с}};$$

$$\langle V_2 \rangle = 200 \frac{\text{м}}{\text{с}};$$

$$\Delta P = ?$$

Запишем основное уравнение молекулярно-кинетической теории  $P_1 = \frac{1}{3} \rho \langle v_1 \rangle^2$  и  $P_2 = \frac{1}{3} \rho \langle v_2 \rangle^2$ . Изменение давления газа

$\Delta P = P_2 - P_1 = \frac{1}{3} \rho (\langle v_2 \rangle^2 - \langle v_1 \rangle^2)$ . Плотность газа в баллоне лампы не изменилась, т.к. не изменилась масса газа и его объем.

$$\Delta P = \frac{1}{3} 0,9 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot (4 \cdot 10^4 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} - 10^4 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}) = 9 \cdot 10^3 \text{ Па} = 9 \text{ кПа}$$

Ответ: 4

**A13.** Если при начальной температуре 27 °С в изохорном процессе давление увеличить на 15 %, то температура увеличится на ...

1) 41 К

2) 30 К

3) 45 К

4) 37 К

5) 48 К

Дано:

$$V = \text{const};$$

$$T_1 = 300 \text{ К};$$

$$P_2 = 1,15 P_1;$$

$$\Delta T = ?$$

Решение.

При изохорном процессе выполняется закон Шарля:  $\frac{P_2}{P_1} = \frac{T_2}{T_1}$ .

Конечная температура  $T_2 = T_1 + \Delta T$ , откуда  $1,15 = \frac{300 + \Delta T}{300}$ ,

$$1,15 = 1 + \frac{\Delta T}{300},$$

$$\Delta T = 0,15 \cdot 300 = 45 \text{ К}.$$

Ответ: 3

**A14.** В сосуде емкостью 2 м<sup>3</sup> находится кислород под давлением 157 кПа. Масса кислорода в сосуде 4 кг. Молярная масса кислорода 0,032  $\frac{\text{кг}}{\text{моль}}$ . Определите температуру кислорода в сосуде.

1) 29 °С

2) 129 °С

3) 209 °С

4) 39 °С

5) 25 °С

Решение.

Запишем уравнение Менделеева-Клапейрона:  $PV = \frac{m}{M} RT$ ,

где  $R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$  - универсальная газовая постоянная. Откуда

$$\text{да } T = \frac{PVM}{mR}, T = \frac{157 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot 2 \text{ м}^3 \cdot 32 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}}{4 \text{ кг} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}} = 302 \text{ К}. \text{ Температура}$$

по шкале Цельсия  $t = 302 - 273 = 29^\circ \text{С}$

**A15.** В сосуд, содержащий 1,5 кг воды, температура которой 15 °С, добавили воду, температура которой 100 °С. Общая температура при тепловом равновесии 25 °С. Определите массу добавленной воды. Удельная теплоемкость воды 4200 Дж/кг К.

- 1) 200 г    2) 400 г    3) 100 г    4) 20 г    5) 40 г

Дано:

$$m_1 = 1,5 \text{ кг};$$

$$t_2 = 100^\circ \text{C};$$

$$t_1 = 15^\circ \text{C};$$

$$t = 25^\circ \text{C}$$

$$m_2 = ?$$

Решение.

По закону сохранения энергии количество теплоты, полученное холодной водой, при ее нагревании, от 15° до 25°, равно количеству теплоты, отданное горячей водой при ее охлаждении от 100° до 25°.  $Q_1 = Q_2$ ,  $Q_1 = cm_1(t-t_1)$  и  $Q_2 = cm_2(t-t_2)$ .

Тогда  $cm_1(t-t_1) = cm_2(t-t_2)$ , откуда  $m_2 = \frac{m_1(t-t_1)}{t_2-t}$ ;

$$m_2 = \frac{1,5 \text{ кг} \cdot 10^\circ \text{C}}{75^\circ \text{C}} = 0,2 \text{ кг} = 200 \text{ г}.$$

Ответ: 1

**A16.** В результате изобарного процесса объем одноатомного, идеального газа увеличился в 3 раза. КПД этого процесса равен

- 1) 20 %    2) 40 %    3) 33,3 %    4) 60 %    5) 66,7 %

1

Дано:

$$P = \text{const};$$

$$V_2 = 3V_1;$$

$$\eta = ?$$

Решение.

КПД изобарного процесса:  $\eta = \frac{A}{Q} \cdot 100\%$ . Работа при изобарном расширении газа:  $A = p \cdot \Delta V = p(V_2 - V_1) = p(3V_1 - V_1) = 2pV_1$ .

Количество теплоты, полученное газом при изобарном расширении,  $Q = \Delta U + A$ .

Изменение внутренней энергии  $\Delta U = \frac{3}{2}pV_2 - \frac{3}{2}pV_1 = \frac{3}{2}p(V_2 - V_1) = 3pV_1$ . Следовательно  $Q = 5pV_1$ . КПД процесса:  $\eta = \frac{2pV_1}{5pV_1} \cdot 100\% = 40\%$

тательно  $Q = 5pV_1$ . КПД процесса:  $\eta = \frac{2pV_1}{5pV_1} \cdot 100\% = 40\%$

Ответ: 2

**A17.** Уксусная кислота в капиллярной трубке поднимается на высоту 30 мм. На какую высоту поднимется в этой трубке эфир, если  $\rho_y = 1050 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ ,

$$\sigma_y = 0,028 \frac{\text{Н}}{\text{м}},$$

$$\rho_s = 710 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}, \sigma_s = 0,017 \frac{\text{Н}}{\text{м}}?$$

- 1) 30 мм    2) 27 мм    3) 24 мм    4) 22 мм    5) 16 мм

Решение.

Дано:

$$h_y = 30 \cdot 10^{-3} \text{ м};$$

$$\rho_y = 1050 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3};$$

$$\rho_s = 710 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3};$$

$$\sigma_y = 0,028 \frac{\text{Н}}{\text{м}};$$

$$\sigma_s = 0,017 \frac{\text{Н}}{\text{м}};$$

$$h_s = ?$$

Высота поднятия жидкости в капилляре  $h = \frac{2\sigma}{\rho g r}$ . Зна-

чит, отношение высот для эфира и уксусной кислоты

будет равно:  $\frac{h_s}{h_y} = \frac{\sigma_s \rho_y}{\sigma_y \rho_s}$ . Откуда

$$h_s = h_y \frac{\sigma_s \rho_y}{\sigma_y \rho_s} = \frac{30 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot 1050 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 0,017 \frac{\text{Н}}{\text{м}}}{710 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 0,028 \frac{\text{Н}}{\text{м}}} = 27 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 27 \text{ мм}$$

Ответ: 2

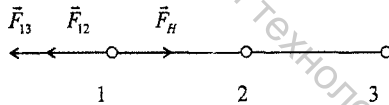
**A18.** Три одинаковых заряда  $q$  связаны друг с другом нитями длиной  $l$  так, что расположились вдоль одной прямой. Найдите силу натяжения нитей.

- 1)  $\frac{kq^2}{4l^2}$       2)  $\frac{kq^2}{l^2}$       3)  $\frac{5kq^2}{4l^2}$       4)  $\frac{3kq^2}{2l^2}$       5)  $\frac{2kq^2}{l^2}$

Решение.

$$q_1 = q_2 = q_3 = q;$$

$$F_H = ?$$



Рассмотрим силы, действующие на первый заряд. Сила, действующая со

стороны второго на первый заряд  $F_{12} = k \frac{q^2}{l^2}$ . Сила, действующая со стороны

третьего заряда на первый  $F_{13} = k \frac{q^2}{4l^2}$ . Так как первый заряд находится в покое,

то результирующая этих двух сил уравновешена силой натяжения со стороны

нити  $F_H$ . В силу первого закона Ньютона имеем:  $F_H = F_{12} + F_{13} = k \frac{q^2}{l^2} + k \frac{q^2}{4l^2} = k \frac{5q^2}{l^2}$ .

Ответ: 3

**A19.** Пылинка взвешена в плоском конденсаторе. Ее масса  $1,0 \cdot 10^{-19}$  г, расстояние между пластинами конденсатора 0,5 см. Пылинка освещается ультрафиолетовым светом и, теряя заряд, выходит из равновесия. Какой заряд потеряла пылинка, если первоначальное напряжение конденсатора было 154 В, а затем, чтобы вернуть пылинку в равновесие, напряжение на конденсаторе увеличили на 8 В?

- 1)  $1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл      2)  $3,2 \cdot 10^{-19}$  Кл      3)  $4,8 \cdot 10^{-19}$  Кл      4)  $6,4 \cdot 10^{-19}$  Кл      5)  $8,0 \cdot 10^{-19}$  Кл

Решение.

Дано:  
 $D = 5 \cdot 10^{-3} \text{ м};$   
 $m = 10^{-14} \text{ кг};$   
 $U_1 = 154 \text{ В};$   
 $U_2 = 162 \text{ В};$

$\Delta q = ?$



Заряженная пылинка в электрическом поле находится в равновесии, если сила тяжести уравновешивается силой со стороны электрического поля.

$$m_1 g = q_1 E_1 = q_1 \frac{U_1}{d} \quad m_2 g = q_2 E_2 = q_2 \frac{U_2}{d}. \text{ Масса}$$

пылинки во много раз превосходит мас-

массу теряемых электронов. Поэтому  $m_1 = m_2 = m$ . Следовательно,

$$mg = (q_1 - \Delta q) \frac{U_2}{d} \text{ или } \Delta q = \frac{mgd}{U_1} - \frac{mgd}{U_2}. \text{ Откуда}$$

$$\Delta q = \frac{10^{-14} \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{М}}{\text{с}^2} \cdot 5 \cdot 10^{-3} \text{ м}}{154 \text{ В}} - \frac{10^{-14} \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{М}}{\text{с}^2} \cdot 5 \cdot 10^{-3} \text{ м}}{162 \text{ В}} = 1,610^{-19} \text{ Кл}$$

Ответ: 1

**A20.** Три заряженных шара радиусами  $R_1=1 \text{ см}$ ,  $R_2=2 \text{ см}$ ,  $R_3=3 \text{ см}$  соединили тонкой проволокой. На третьем шарике часть общего заряда ( $q$ ) всех шариков будет равна

- 1)  $\frac{1}{6}q$       2)  $\frac{1}{5}q$       3)  $\frac{1}{4}q$       4)  $\frac{1}{3}q$       5)  $\frac{1}{2}q$

Дано:

$R_1 = 1 \text{ см} = R;$   
 $R_2 = 2 \text{ см} = 2R;$   
 $R_3 = 3 \text{ см} = 3R;$

$\frac{q_3}{q} = ?$

Решение.

Если три заряженных проводящих шара соединить проволоками, то заряды перераспределятся так, что потенциалы шаров станут равны  $\varphi$ . Общий заряд заряженных шаров останется неизменным. Для каждого шара справедливо:

$$\varphi = k \frac{q_1}{R} = k \frac{q_2}{2R} = k \frac{q_3}{3R}. \text{ Следовательно}$$

$$q_1 = \frac{\varphi R}{k}, \quad q_2 = \frac{2\varphi R}{k}, \quad q_3 = \frac{3\varphi R}{k}. \text{ Общий заряд всех шаров}$$

$$q = q_1 + q_2 + q_3 = \frac{\varphi R}{k} + \frac{2\varphi R}{k} + \frac{3\varphi R}{k} = \frac{6\varphi R}{k}. \text{ Значит отношение } \frac{q_3}{q} = \frac{3\varphi R}{k} \cdot \frac{k}{6\varphi R} = \frac{1}{2}.$$

$$q_3 = \frac{1}{2}q$$

Ответ: 5

**A21.** При подключении к источнику постоянного тока с ЭДС  $\mathcal{E}$  и внутренним сопротивлением  $r$  двух одинаковых сопротивлений во внешней цепи выделится

одна и та же мощность, как при последовательном, так и при параллельном их соединении. Мощность во внешней цепи равна

- 1)  $\frac{\mathcal{E}^2}{3r}$     2)  $\frac{\mathcal{E}^2}{r}$     3)  $\frac{3\mathcal{E}^2}{r}$     4)  $\frac{\mathcal{E}^2}{4r}$     5)  $\frac{2\mathcal{E}^2}{9r}$

Решение.

Сила тока в цепи при последовательном соединении двух одинаковых сопротивлений  $R$  во внешней цепи  $I_1 = \frac{\mathcal{E}}{2R+r}$ , а при параллельном соединении

$I_1 = \frac{\mathcal{E}}{\frac{R}{2}+r}$ . В двух случаях во внешней цепи выделилась одинаковая мощность

$$P_1 = I_1^2 2R; P_2 = I_2^2 \frac{R}{2}. \text{ Таким образом, } \left(\frac{\mathcal{E}}{2R+r}\right)^2 \cdot 2R = \left(\frac{\mathcal{E}}{\frac{R}{2}+r}\right)^2 \cdot \frac{R}{2} \text{ или}$$

$$\frac{2}{2R+r} = \frac{1}{\frac{R}{2}+r}. \text{ Откуда } R+2 \cdot r = 2 \cdot R+r, \quad R=r. \text{ Мощность во внешней цепи}$$

$$P = \left(\frac{\mathcal{E}}{2R+r}\right)^2 \cdot 2 \cdot R = \frac{2 \cdot \mathcal{E}^2}{9 \cdot r}.$$

Ответ: 5

**A22.** В растворе медного купороса за 10 с сила тока равномерно, возрастает от 0 до 4,0 А. Если, электрохимический эквивалент меди равен  $3,3 \cdot 10^{-7} \frac{\text{кг}}{\text{Кл}}$ , плотность меди равна  $8,9 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , то при этом на катоде выделится меди

- 1)  $0,74 \text{ мм}^3$     2)  $1,50 \text{ мм}^3$     3)  $3,0 \text{ мм}^3$     4)  $0,38 \text{ мм}^3$     5)  $2,50 \text{ мм}^3$

Решение.

Дано:

$$t = 10 \text{ с};$$

$$I_1 = 0;$$

$$I_2 = 4 \text{ А};$$

$$k = 3,3 \cdot 10^{-7} \frac{\text{кг}}{\text{Кл}};$$

$$\rho = 8,9 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3};$$

$V = ?$

Масса вещества, выделившегося на электроде  $m = k I_{cp} t$ .

Среднее значение силы тока  $I_{cp} = \frac{I_1 + I_2}{2} = \frac{I_2}{2}$ . Масса меди

$$m = \rho \cdot V.$$

$$\rho \cdot V = k \frac{I_2}{2} t. \text{ Откуда объем выделенной меди } V = k \frac{I_2 \cdot t}{2\rho}$$

$$V = \frac{3,3 \cdot 10^{-7} \frac{\text{кг}}{\text{Кл}} \cdot 4 \text{ А} \cdot 10 \text{ с}}{2 \cdot 8,9 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}} = 0,74 \cdot 10^{-9} \text{ м}^3 = 0,74 \text{ мм}^3$$

Ответ: 1

**A23.** Магнитное поле действует на проводник с током с силой Ампера. При каком угле между вектором магнитной индукции и направлением электрического тока эта сила принимает наибольшее значение?

- 1)  $0^\circ$       2)  $30^\circ$       3)  $45^\circ$       4)  $60^\circ$       5)  $90^\circ$

Решение.

Дано:

$$\frac{F_A = F_{\max};}{\alpha = ?}$$

На проводник с током в магнитном поле действует сила Ампера  $F_A = BI \sin \alpha$ . Она будет максимальна, если  $\alpha = 90^\circ$

Ответ: 5

**A24.** Протон и  $\alpha$ -частица ( ${}^4_2\text{He}$ ) влетают в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям магнитной индукции. Как отличаются радиусы окружностей, по которым движутся частицы, если у них одинаковые энергии? Массу протона и нейтрона считать равной.

- 1)  $r_1 = 2r_2$     2)  $r_1 = 4r_2$     3)  $r_1 = r_2$     4)  $r_2 = 2r_1$     5)  $r_2 = 4r_1$

Дано:

$$q_2 = 2e;$$

$$q_1 = e;$$

$$m_1 = m_p = m;$$

$$m_2 = m_\alpha = 4m;$$

$$E_\alpha = E_p;$$

$$\frac{r_p}{r_\alpha} = ?$$

Решение.

Если заряженная частица влетает в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям магнитной индукции, то на нее действует сила Лоренца  $F_L = qBV$ , которая сообщает ей центростремительное ускорение. Запишем второй закон Ньютона  $qBV = \frac{mV^2}{r}$ . Отсюда радиус окружности, которую

будет описывать частица  $r = \frac{mV}{qB}$ . Отношение радиусов окружностей, по которым будут двигаться частицы

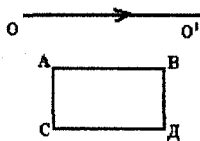
$$\frac{r_p}{r_\alpha} = \frac{m_p V_p}{q_p B} \cdot \frac{q_\alpha B}{m_\alpha V_\alpha} = \frac{m_p V_p}{q_p} \cdot \frac{q_\alpha}{m_\alpha V_\alpha}. \text{ Кинетические энергии частиц по условию одинаковы, значит}$$

$$\frac{m_p V_p^2}{2} = \frac{m_\alpha V_\alpha^2}{2}. \text{ Отсюда } \frac{V_p}{V_\alpha} = \sqrt{\frac{m_p}{m_\alpha}} = \sqrt{\frac{m}{4m}} = \frac{1}{2}. \text{ Значит,}$$

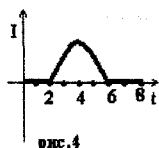
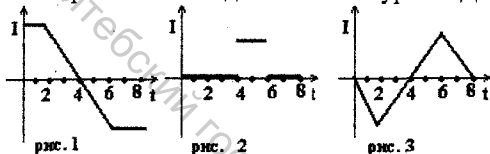
$$\frac{r_p}{r_\alpha} = \frac{4m \cdot \frac{1}{2}}{2q} \cdot \frac{q}{m \cdot \frac{1}{2}} = 1.$$

Ответ: 3

**A25.** неподвижный контур АВДС находится вблизи проводника с током  $OO'$ . В проводнике ток изменяется с течением времени согласно рисунку 1.



Выберите номер рисунка, где определена зависимость силы индукционного тока от времени в неподвижном контуре АВДС.



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

Решение.

По закону электромагнитной индукции  $B = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ . Сила индукционного тока в контуре  $I_i = \frac{\mathcal{E}_i}{R} = -\frac{1}{R} \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ . Магнитное поле создается проводником с током  $OO'$ .

Индукция магнитного поля  $B \sim I$ . Т.к контур неподвижен, то пересекающий его магнитный поток  $\Phi \sim B \sim I$ . Рассмотрим рис. 1. В течении промежутка времени 0-2  $I = const$ , а значит и  $\Phi = const$ . Поэтому  $\Delta\Phi = 0$  и  $I_i = 0$ . Это соответствует рис.5. В течении промежутка времени 2-6 сила тока в проводнике с током  $OO'$  уменьшается, по этому  $\Delta\Phi < 0$ , а  $I_i > 0$ . В течении промежутка времени 6-8  $I = const$ , а значит  $I_i = 0$ . Все это соответствует рис.5

Ответ: 5

**A26.** Как изменится частота электромагнитных колебаний в LC-контуре, если последовательно к конденсатору подсоединить два таких же конденсатора?

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



Дано:  
 $C_1 = C$ ;  
 $C_2 = C/3$ ;

$$\frac{v_2 - ?}{v_1}$$

Решение.  
 Частоты электромагнитных колебаний в LC контуре равны:  
 $v_1 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_1}}$ ,  $v_2 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_2}}$ . Отсюда отношение частот

$$\frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{C_1}{C_2}} = \frac{\sqrt{3}}{1}.$$

Ответ: 2

A27. На какую длину волны настроен колебательный контур, если он состоит из катушки индуктивностью 2 мГн и плоского воздушного конденсатора? Пластины конденсатора представляют собой круги радиусом 15 см, расстояние между пластинами 1 см.

- 1) 222 м    2) 333 м    3) 444 м    4) 555 м    5) 666 м

Дано:  
 $l = 2 \cdot 10^{-3}$  Гн;  
 $R = 0,15$  м;  
 $d = 0,01$  м;  
 $\lambda - ?$

Решение.  
 Длина волны на которую настроен колебательный контур  
 $\lambda = c \cdot 2\pi\sqrt{LC}$ .  $c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$  — скорость распространения электрических волн. Электроемкость плоского воздушного конденсатора  
 $c = \frac{\epsilon_0 \pi R^2}{d}$ ,  $\epsilon_0 = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot 9 \cdot 10^9 \frac{\text{нм}^2}{\text{Гн}^2}}$ ,  $\lambda = 3 \cdot 10^8 \cdot 6,28 \sqrt{\frac{225 \cdot 10^{-4} \cdot 10^{-3}}{18 \cdot 10^{12}}} = 656 \text{ м}$

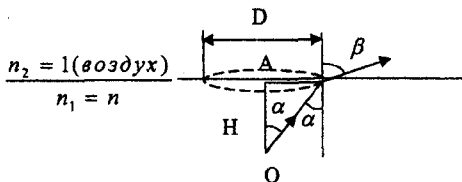
Ответ: 5

A28. Точечный источник света находится в жидкости на некоторой глубине  $H$  под центром плавающего круглого куска пенопласта, диаметр которого равен  $D$ . Угол, под которым лучи от источника выходят из воды у края пенопласта (угол преломления), равен  $\beta$ . Показатель преломления жидкости равен  $n$ . Глубина, на которой расположен источник, равна

- 1)  $\frac{D\sqrt{n^2 - \sin^2 \beta}}{2 \sin \beta}$     2)  $\frac{D\sqrt{4n^2 - \sin^2 \beta}}{2 \sin \beta}$     3)  $\frac{D\sqrt{n^2 - \sin^2 \beta}}{\sin \beta}$   
 4)  $\frac{2D\sqrt{n^2 - \sin^2 \beta}}{\sin \beta}$     5)  $\frac{D\sqrt{n^2 - 2 \sin^2 \beta}}{\sin \beta}$

Дано:  
 $D$ ;  
 $\beta$ ;  
 $n$ ;  
 $H$

Решение.



Запишем закон преломления света  $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{1}{n}$

$$\text{Из } \triangle ABO \quad \sin \alpha = \frac{\frac{D}{2}}{\sqrt{\frac{D^2}{4} + H^2}} = \frac{D}{\sqrt{D^2 + 4H^2}}$$

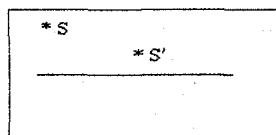
$$\text{тогда } \frac{1}{n} = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{D}{\sqrt{D^2 + 4H^2}} \cdot \frac{1}{\sin \beta}$$

Откуда  $n^2 D^2 = (D^2 + 4\varphi^2) \sin^2 \beta$ ;  $n^2 D^2 - D^2 \cdot \sin^2 \beta = 4\varphi^2 \cdot \sin^2 \beta$ ;

$$\varphi = \sqrt{\frac{n^2 D^2 - D^2 \cdot \sin^2 \beta}{4 \cdot \sin^2 \beta}} = \frac{D \sqrt{n^2 - \sin^2 \beta}}{2 \cdot \sin \beta}$$

Ответ: 1

**A29.** Изображение точечного источника света  $S'$  и сам источник  $S$  расположены относительно главной оптической оси тонкой линзы так, как показано на рисунке.



Данному случаю соответствует формула линзы

$$1) -\frac{1}{F} = -\frac{1}{d} + \frac{1}{f}$$

$$2) \frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$$

$$3) -\frac{1}{F} = \frac{1}{d} - \frac{1}{f}$$

$$4) -\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$$

$$5) \frac{1}{F} = -\frac{1}{d} + \frac{1}{f}$$

Решение.

Из рисунка следует, что изображение точечного источника  $S'$  мнимое и расположено с той же стороны оптической оси, что и сам источник  $S$ . Такое изображение дает рассеивающая линза, поэтому формула имеет вид  $-\frac{1}{F} = \frac{1}{d} - \frac{1}{\varphi}$

Ответ: 3

**A30.** На сколько отличается масса покоя продуктов сгорания 1 кг каменного угля от массы покоя веществ, вступающих в реакцию? Удельная теплота сгорания каменного угля  $29 \frac{\text{МДж}}{\text{кг}}$ .

$$1) 9,6 \cdot 10^{-10} \text{ кг} \quad 2) 9,6 \cdot 10^{-2} \text{ кг} \quad 3) 8,7 \cdot 10^{-10} \text{ кг} \quad 4) 2,6 \cdot 10^{-10} \text{ кг} \quad 5) 3,2 \cdot 10^{-10} \text{ кг}$$

## Решение.

Дано:

$$m = 1 \text{ кг};$$

$$q = 29 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

 $\Delta m = ?$ 

При сгорании каменного угля выделяется количество теплоты  $Q = mq$ . Из закона взаимосвязи массы и энергии это количество теплоты соответствует изменению массы на  $\Delta m$ ;

$Q = \Delta mc^2$ , откуда  $\Delta m = \frac{Q}{c^2}$ ,  $c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$  - скорость света в вакуу-

$$\text{ме. } \Delta m = \frac{1 \text{ кг} \cdot 29 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \cdot 20 \text{ м}}{9 \cdot 10^{16} \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}} = 3,2 \cdot 10^{-10} \text{ кг}.$$

Ответ: 5

**А31.** Цезий ( $A_{\text{в}} = 1,88 \text{ эВ}$ ) освещается светом с длиной волны  $0,476 \text{ мкм}$ . Какую наименьшую задерживающую разность потенциалов нужно приложить, чтобы фототок прекратился?

- 1)  $0,68 \text{ В}$       2)  $0,73 \text{ В}$       3)  $0,78 \text{ В}$       4)  $0,83 \text{ В}$       5)  $0,88 \text{ В}$

## Решение.

Дано:

$$A_{\text{в}} = 1,88 \text{ эВ}$$

$$\lambda = 476 \cdot 10^{-9} \text{ м}$$

 $U_3 = ?$ 

Запишем уравнение Эйнштейна для фотоэффекта

$$h \frac{c}{\lambda} = A + eU_3. \text{ Отсюда } U_3 = \frac{hc}{e\lambda} - \frac{A}{e}.$$

$$U_3 = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \frac{\text{Дж}}{\text{с}} \cdot 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \cdot 476 \cdot 10^{-9} \text{ м}} - 1,88 \text{ В} = 0,73 \text{ В}.$$

Ответ: 2

**А32.** Количество заряженных частиц в атоме изотопа стронция  $^{88}_{38}\text{Sr}$  равно

- 1) 88      2) 38      3) 126      4) 50      5) 76

## Решение.

Из условия задачи следует, что ядро изотопа стронция содержит 38 протонов, а атом изотопа стронция содержит 38 электронов. Следовательно, в атоме стронция содержится  $38+38=76$  заряженных частиц.

Ответ: 5

**А33.** Энергия фотона электромагнитного излучения равна  $6,25 \text{ эВ}$ . Частота колебаний вектора напряженности этого излучения равна

- 1)  $2,52 \cdot 10^{15} \text{ Гц}$       2)  $1,51 \cdot 10^{15} \text{ Гц}$       3)  $4,81 \cdot 10^{15} \text{ Гц}$       4)  $1,05 \cdot 10^{15} \text{ Гц}$       5)  $6,34 \cdot 10^{15} \text{ Гц}$

Решение:

Дано:  
 $\varepsilon = 6,25 \text{ эВ} = 10^{-18} \text{ Дж}$

Частоту колебаний электромагнитного излучения определяется по формуле

$\nu - ?$

$$\nu = \frac{\varepsilon}{h} = \frac{10^{-18} \text{ Дж}}{6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}} = 1,51 \cdot 10^{15} \text{ Гц}$$

Ответ: 2

**A34.** Вычислите энергию связи  $^{59}_{27}\text{Co}$  ( $m_p = 1,0078$  а. е. м.,  $m_n = 1,0087$  а. е. м.,  $m_{\text{я}} = 58,9332$  а. е. м.).

- 1) 375 МэВ    2) 457 МэВ    3) 518 МэВ    4) 578 МэВ    5) 658 МэВ

Решение.

Дано:

$^{59}_{27}\text{Co}$ ;

$m_p = 1,0078 \text{ а.е.м.}$ ;

$m_n = 58,9352 \text{ а.е.м.}$ ;

$m_{\text{я}} = 1,0087 \text{ а.е.м.}$ ;

$E_{\text{св}} - ?$

Энергия связи атомного ядра, если масса измеряется в а.е.м.:

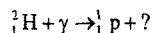
$$E = 931 \frac{\text{МэВ}}{\text{а.е.м}} \cdot (27m_p + 32m_n - m_{\text{я}});$$

$$E = 931 \frac{\text{МэВ}}{\text{а.е.м}} \cdot (27 \cdot 1,0078 \text{ а.е.м} + 32 \cdot 1,0087 \text{ а.е.м} - 58,9352 \text{ а.е.м}) = 518$$

МэВ

Ответ: 3

**A35.** Найдите недостающий продукт ядерной реакции



1) n

2) p

3)  $\alpha$

4)  $\gamma$

5)  $\beta$

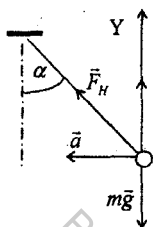
Решение.

Допишем ядерную реакцию, определив массовое и зарядовое числа, недостающего продукта  $^2_1\text{H} + ^0_0\gamma \rightarrow ^1_1\text{p} + ^1_0\text{X}$ . Недостающим продуктом ядерной реакции является нейтрон.

Ответ: 1

### Часть В

**В1.** При катании на гигантских шагах мальчик испытывает двукратную перегрузку. На какой угол (в градусах) при этом отклоняется от вертикали канат гигантских шагов?



Дано:  
 $\Gamma_H = 2mg$

$\alpha = ?$

Решение.

Запишем второй закон Ньютона:  $\vec{F}_H + m\vec{g} = m\vec{a}$ . В проекциях на ось

OY получим:  $F_H \cos \alpha - mg = 0$ . Выразим угол  $\alpha$ :

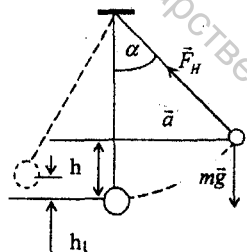
$$\alpha = \arccos \frac{mg}{F_H} = \arccos \frac{mg}{2mg} = \arccos \frac{1}{2} = 60^\circ$$

Ответ: 60

**В2.** Два пластилиновых шарика массами  $m$  и  $0,5m$  подвешены на нитях одинаковой длины, равной  $0,9$  м так, что они соприкасаются. Первый шар отклонили на угол  $60^\circ$  и отпустили. На какую высоту (в см) поднимутся шары после соударения?

Дано:  
 $m_1 = m$ ;  
 $m_2 = 2m$ ;  
 $l = 0,9$  м;  
 $\alpha = 60^\circ$ .

$h_1 = ?$



Решение.

Подняв первый шар на высоту  $h$ , ему сообщили потенциальную энергию  $E_n = mgh = mgl(1 - \cos \alpha)$ . При прохождении положения равновесия она переходит в кинетическую энергию  $\frac{mv^2}{2}$ . Применяв закон сохранения энергии для первого шара, получим выражение для его скорости до соударения со вторым шаром:

$$mgl(1 - \cos \alpha) = \frac{mv^2}{2}, \quad v = \sqrt{2gl(1 - \cos \alpha)}.$$

До соударения второй шар был неподвижен. При неупругом ударе он приобретет скорость  $\bar{u}$ . Эту скорость определим из закона сохранения импульса:  $m_1 \bar{v} = (m_1 + m_2) \bar{u}$ .

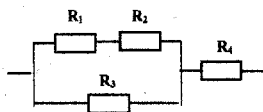
В проекции на горизонтальную ось:  $m_1 v = (m_1 + m_2) u$ . Откуда  $u = \frac{mv}{m + 0,2m} = \frac{2v}{3}$ .

$$u = \frac{2 \cdot \sqrt{2gl(1 - \cos \alpha)}}{3} = \frac{2 \cdot \sqrt{2gl(1 - \frac{1}{2})}}{3} = \frac{2 \cdot \sqrt{gl}}{3} = \frac{2 \cdot \sqrt{10 \frac{\text{М}}{\text{с}^2} \cdot 0,9 \text{ м}}}{3} = 2 \frac{\text{М}}{\text{с}}$$

Получив, скорость, а, следовательно и кинетическую энергию шары начнут движение вверх до тех пор пока их кинетическая энергия не перейдет в потенциальную энергию. По закону сохранения энергии для шаров получим:

$$E_k = E_n \text{ или } \frac{(m_1 + m_2)u^2}{2} = (m_1 + m_2)gH_1. \text{ Откуда } H_1 = \frac{u^2}{2g} = \frac{4 \frac{\text{М}^2}{\text{с}^2}}{2 \cdot 10 \frac{\text{М}}{\text{с}^2}} = 0,2 \text{ м} = 20 \text{ см}$$

**В3.** В приведенной схеме  $R_1=1$  Ом,  $R_2=2$  Ом,  $R_3=3$  Ом,  $R_4=4$  Ом. Если на весь участок подать напряжение 11 В, то напряжение на сопротивлении  $R_2$  составит ...В.



Дано:

$$R_1 = 1 \text{ Ом}$$

$$R_2 = 2 \text{ Ом}$$

$$R_3 = 3 \text{ Ом}$$

$$R_4 = 4 \text{ Ом}$$

$$U = 11 \text{ В}$$

$$U_2 = ?$$

Решение.

Сопротивление резисторов  $R_1$  и  $R_2$ , соединенных последовательно  $R_{12} = R_1 + R_2 = 3 \text{ Ом}$ . Сопротивление трех резисторов  $R' = \frac{R_{12} \cdot R_3}{R_{12} + R_3} = 1,5 \text{ Ом}$ . Общее сопротивление  $R = R' + R_4 = 5,5 \text{ Ом}$ . Сила тока через весь участок  $I = \frac{U}{R} = \frac{11 \text{ В}}{5,5 \text{ Ом}} = 2 \text{ А}$ . На участке  $R_{12}$  и  $R_3$

напряжение  $U' = I \cdot R' = 3 \text{ В}$ . Сила тока в сопротивлении

$$R_2 \quad I_2 = \frac{U'}{R_{12}} = \frac{3 \text{ В}}{3 \text{ Ом}} = 1 \text{ А. Напряжение на сопротивлении}$$

$$R_2 \quad U_2 = I_2 R_2 = 1 \text{ А} \cdot 2 \text{ Ом} = 2 \text{ В.}$$

Ответ: 2

**В4.** Магнитный поток через виток катушки с током равен 0,02 Вб. Определите энергию магнитного поля катушки (в Дж), состоящей из 50 витков, если ее индуктивность равна 0,1 Гн.

Дано:

$$\phi_1 = 0,02 \text{ Вб}$$

$$n = 50$$

$$L = 0,1 \text{ Гн}$$

$$W = ?$$

Решение.

Магнитный поток через катушку  $\phi = \phi_1 \cdot n$  с другой стороны магнитный поток  $\phi = LJ$ . Тогда сила тока в катушке  $J = \frac{\phi_1 \cdot n}{L} = \frac{0,02 \cdot 50}{0,1 \text{ Гн}} = 10 \text{ А}$  энергия магнитного поля катушки  $W = \frac{LJ^2}{2} = \frac{0,1 \text{ Гн} \cdot 100 \text{ А}^2}{2} = 5 \text{ Дж}$ .

Ответ: 5

**В5.** Два параллельных луча падают на кварцевую призму с показателем преломления 1,7. Если для двух лучей, падающих на расстоянии 4 см друг от дру-

га, оптическая разность хода в призме равна 68 мм, то преломляющий угол призмы равен...градусов.

Дано:

$$n = 1,7$$

$$d = 4 \text{ см}$$

$$\Delta = 6,8 \text{ см}$$

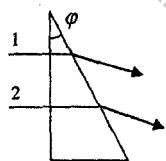
$$\varphi = ?$$

Решение.

Оптическая разность хода  $\Delta$  равна произведению геометрической разности хода  $\Delta r$  на показатель преломления  $\Delta = \Delta r \cdot n$  геометрическая разности ход

$$\Delta r = \frac{\Delta}{n} = \frac{6,8 \text{ см}}{1,7} = 4 \text{ см}. \text{ Т.к. } \Delta r = d, \Delta$$

Равнобедренный и преломляющий угол призмы  $\varphi = 45^\circ$



Ответ: 45

## Тест по физике № 2

**A1.** Автомобиль третью часть пути проехал со скоростью  $60 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$ , а оставшуюся часть – со скоростью  $80 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$ . Средняя скорость автомобиля равна

- 1)  $65 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$     2)  $68 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$     3)  $70 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$     4)  $72 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$     5)  $75 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$

Дано:

$$S_1 = \frac{S}{3}$$

$$V_1 = 60 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$$

$$S_2 = \frac{2S}{3}$$

$$V_2 = 80 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$$

$V_{\text{cp}} = ?$

скорость  $V_{\text{cp}} = \frac{3V_1V_2}{V_2 + 2V_1}$

$$V_{\text{cp}} = \frac{3 \cdot 60 \frac{\text{км}}{\text{ч}} \cdot 80 \frac{\text{км}}{\text{ч}}}{80 \frac{\text{км}}{\text{ч}} + 120 \frac{\text{км}}{\text{ч}}} = 72 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$$

Решение.

Средняя скорость  $V_{\text{cp}} = \frac{S}{t}$ . Время движения  $t = t_1 + t_2$ . Время движения со скоростью  $60 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$   $t_1 = \frac{S_1}{V_1} = \frac{S}{3V_1}$ , время движения со скоростью  $80 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$   $t_2 = \frac{S_2}{V_2} = \frac{2S}{3V_2}$ . Тогда все время движения  $t = \frac{S}{3V_1} + \frac{2S}{3V_2} = \frac{S(V_2 + 2V_1)}{3V_1V_2}$ , а средняя

Ответ: 4

**A2.** Колесо радиусом 30 см движется по горизонтальной дороге без проскальзывания. Определите путь, пройденный колесом за время, в течение которого колесо совершило 800 оборотов.

- 1) 968 м    2) 1 286 м    3) 754 м    4) 1 507 м    5) 480 м

Дано:

$$R = 0,3 \text{ м};$$

$$N = 800$$

$S = ?$

Решение.

При совершении одного оборота колесо проходит путь  $S_1 = 2\pi R$ , а если совершено  $N$  оборотов, то пройденный путь  $S = S_1 N = 2\pi RN$ .

$$S = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,3 \text{ м} \cdot 800 = 1507 \text{ м}.$$

Ответ: 4

**A3.** Санки, движущиеся со скоростью  $10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ , тормозят до полной остановки, проезжая при этом расстояние 100 м. Определите время торможения санок, считая движение равнозамедленным.

- 1) 10 с    2) 20 с    3) 15 с    4) 25 с    5) 5 с



Решение.

Дано:

$$V_0 = 10 \frac{M}{c};$$

$$V = 0$$

$$S = 100 M$$

Путь, пройденный при  $a = const$   $S = \frac{V_0 + V}{2} t$ , откуда

$$t = \frac{2S}{V_0 + V}; t = \frac{200M}{10 \frac{M}{c}} = 20c.$$

$t - ?$

Ответ: 2

**A4.** Парашотист массой 80 кг опускается с установившейся скоростью  $6 \frac{M}{c}$ .

Если сила сопротивления воздуха пропорциональна квадрату скорости, то мальчик массой 40 кг будет опускаться на этом же парашюте с установившейся скоростью

- 1)  $12,0 \frac{M}{c}$     2)  $8,5 \frac{M}{c}$     3)  $10,4 \frac{M}{c}$     4)  $4,2 \frac{M}{c}$     5)  $3,0 \frac{M}{c}$

Решение.

Дано:

$$m_1 = 80 \text{ кг};$$

$$V_1 = 6 \frac{M}{c};$$

$$F_{\text{сопр}} = kV^2;$$

$$m_2 = 40 \text{ кг}$$

По условию задачи скорость не изменяется, значит  $mg = F_{\text{сопр}}$ . В первом случае  $m_1 g = kV_1^2$ , а во втором случае  $m_2 g = kV_2^2$ .

Разделив, получим:  $\frac{m_1}{m_2} = \frac{V_1^2}{V_2^2}$ , откуда  $V_2 = V_1 \sqrt{\frac{m_2}{m_1}}$

$$V_2 = \frac{V_1}{\sqrt{2}} = \frac{6 \frac{M}{c}}{1,4} = 4,2 \frac{M}{c}$$

$V_2 - ?$

Ответ: 4

**A5.** Если ускорение свободного падения на поверхности планеты радиусом

4 000 км равно  $7,05 \frac{M}{c^2}$  ( $G = 6,7 \cdot 10^{-11} \frac{H \cdot M^2}{\text{кг}^2}$ ), то плотность планеты составляет

- 1)  $3,2 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{M^3}$     2)  $4,8 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{M^3}$     3)  $6,3 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{M^3}$     4)  $15,3 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{M^3}$     5)  $9,9 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{M^3}$

Дано:

$$R = 4 \cdot 10^6 M;$$

$$g = 7,05 \frac{M}{c^2};$$

$$G = 6,7 \cdot 10^{-11} \frac{H \cdot M^2}{\text{кг}^2}$$

$\rho - ?$

Решение.

Ускорение свободного падения на поверхности планеты  $g = G \frac{M}{R^2}$ . Масса планеты  $M = \rho \cdot V$ . Объем планеты  $V = \frac{4}{3} \pi R^3$ .

Тогда  $g = G \frac{\rho \cdot \frac{4}{3} \pi R^3}{R^2}$  или  $g = \frac{4\pi GR\rho}{3}$ , откуда плотность

планеты  $\rho = \frac{3g}{4\pi GR}$ ;  $\rho = \frac{3 \cdot 7,02}{4 \cdot 3,14 \cdot 6,7 \cdot 10^{-11} \cdot 4 \cdot 10^6} = 6,3 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{M^3}$ .

Ответ: 3

А6. Уравнение движения материальной точки массой 200 г вдоль оси OX имеет вид  $x = 5 + 10t + 4t^2$ . Определите значение проекции равнодействующей всех сил, приложенных к телу, на ось OX.

- 1) 4,0 Н      2) 1,6 Н      3) 1,0 Н      4) 2,0 Н      5) 0,8 Н

Решение.

Дано:

$$m = 200 \text{ г} = 0,2 \text{ кг};$$

$$x = 5 + 10t + 4t^2 (\text{м});$$

$$F_{\text{РХ}} = ?$$

Из второго закона Ньютона следует, что  $F_{\text{РХ}} = m \cdot a_x$ . Ускорение вдоль оси OX – это произведение от скорости по времени:  $V_x = x' = (5 + 10t + 4t^2)' = 10 + 8t$ . Ускорение

$$a_x = V'_x = (10 + 8t)' = 8 \frac{\text{М}}{\text{с}^2}. \text{ Проекция равнодействующей всех}$$

$$\text{сил на ось OX } F_{\text{РХ}} = 0,24 \text{ Н} \cdot 8 \frac{\text{М}}{\text{с}^2} = 1,6 \text{ Н}$$

Ответ: 2

А7. Из неподвижной лодки массой 200 кг на берег бросают груз массой 10 кг под углом  $30^\circ$  к горизонту со скоростью  $10 \frac{\text{М}}{\text{с}}$ . Какое расстояние будет между точкой падения груза и лодкой, когда груз коснется земли?

- 1) 3 м      2) 6 м      3) 9 м      4) 10 м      5) 12 м

Дано:

$$m_1 = 200 \text{ кг};$$

$$m_2 = 10 \text{ кг};$$

$$\alpha = 30^\circ;$$

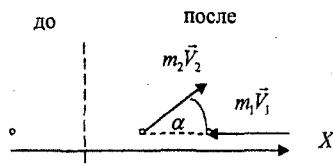
$$V_2 = 10 \frac{\text{М}}{\text{с}};$$

$$V_1 = 0$$

$$S = ?$$

Решение.

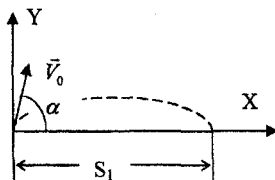
Покажем, как направлены импульсы лодки груза до и после взаимодействия.



Запишем закон сохранения импульса в проекции на ось OX:  $0 = -m_1 V_1 + m_2 V_2 \cos \alpha$ . Откуда скорость лодки после броска груза

$$V_1 = \frac{m_2 V_2 \cos \alpha}{m_1}; V_1 = \frac{10 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{М}}{\text{с}} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{200 \text{ кг}} = 0,25 \sqrt{3} \frac{\text{М}}{\text{с}}.$$

Расстояние между точкой падения груза и лодкой  $S = S_1 + S_2$ .  $S_1$  – расстояние, пройденное грузом, брошенным со скоростью  $V_2$  под углом  $\alpha$  к горизонту. В направлении оси OX расстояние, пройденное грузом



$$S_1 = V_{\alpha} \cdot t = V_0 \cos \alpha \cdot t. \text{ Время движения груза } t = 2 \cdot \frac{V_{0y}}{g} = \frac{2V_0 \sin \alpha}{g}; t = \frac{2 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \frac{1}{2}}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 1 \text{ с.}$$

$$S_1 = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 1 \text{ с} = 5\sqrt{3} \text{ м} = 8,5 \text{ м.}$$

Считая, что лодка движется равномерно со скоростью  $V_1, S_2 = V_1 t$ ;

$$S_2 = 0,25\sqrt{3} \cdot 1 = 0,425 \text{ м. Следовательно, } S = 8,5 \text{ м} - 0,425 \text{ м} \approx 9 \text{ м.}$$

Ответ: 3

**A8.** Однородный брусок массой 720 г и длиной 120 см шарнирно закреплен на расстоянии 40 см от одного из его концов. Какую минимальную силу по модулю необходимо приложить к правому концу бруска (2), чтобы он находился в равновесии в горизонтальном положении?



- 1) 1,6 Н      2) 2,4 Н      3) 3,0 Н      4) 1,8 Н      5) 1,2 Н

Решение.

Дано:

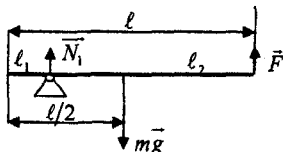
$$m = 0,72 \text{ кг};$$

$$l = 1,2 \text{ м};$$

$$l_1 = 0,4 \text{ м}$$

$F = ?$

Брусок будет находиться в равновесии, если момент сил  $\vec{F}$  и  $m\vec{g}$  относительно точки опоры будут равны.



$$F(l-l_1) = mg \left( \frac{l}{2} - l_1 \right) \quad F = \frac{mg \left( \frac{l}{2} - l_1 \right)}{l-l_1}$$

$$F = \frac{7,2 \text{ Н} \cdot 0,2 \text{ м}}{0,8 \text{ м}} = 1,8 \text{ Н.}$$

Ответ: 4

**A9.** Пробирка с пластилином плавает в воде. Как изменится глубина погружения пробирки, если из нее вынуть пластилин и приклеить снаружи ко дну пробирки?

- 1) уменьшится  
2) увеличится  
3) не изменится  
4) сначала придет в колебательное движение, а потом увеличится  
5) после затухания колебаний не изменится

Решение.

Так как пробирка плавает, то  $mg = F_{арх}$ . Архимедова сила  $F = \rho_0 g V$ , где  $V$  – объем воды, вытесненной пробиркой. Если из пробирки вынули пластилин и прикрепили его снаружи ко дну пробирки, то сила тяжести  $mg$  не изменится, а архимедова сила возрастет. Следовательно,  $F_{арх}$  станет больше  $mg$  и пробирка будет всплывать, глубина ее погружения уменьшится.

Ответ: 1

**A10.** Груз массой 400 г, подвешенный на пружине, совершает гармонические колебания с амплитудой 4 см и циклической частотой  $4 \frac{рад}{с}$ . Максимальная

потенциальная энергия колебаний груза составляет

- 1) 5,0 мДж      2) 7,5 мДж      3) 10,0 мДж      4) 12,5 мДж      5) 15,0 мДж

Дано:

$$m = 0,4 \text{ кг};$$

$$w = 4 \frac{рад}{с};$$

$$A = 4 \cdot 10^{-2} \text{ м};$$

$$w_{\max} = ?$$

Решение.

При гармонических колебаниях выполняется закон сохранения механической энергии, поэтому максимальная потенциальная энергия равна максимальной кинетической энергии груза.

$w_{\max} = \frac{mV_{\max}^2}{2}$ . Скорость – это первая производная смещения по

времени. При гармонических колебаниях  $x = A \sin(\omega t + \varphi_0)$ .  $V = x' = A\omega \cos(\omega t + \varphi_0)$ .

Максимальная скорость  $V_{\max} = A\omega$ . Тогда  $w_{\max} = \frac{m(A\omega)^2}{2}$ ;

$$w_{\max} = \frac{0,4 \text{ кг} \cdot 16 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \cdot 16 \text{ с}^{-2}}{2} = 512 \cdot 10^{-5} \text{ Дж} \approx 5 \cdot 10^{-3} \text{ Дж} = 5 \text{ мДж}$$

Ответ: 1

**A11.** Происходит ли перенос энергии и вещества в процессе распространения волны в упругой среде?

- 1) энергии – нет, вещества – да  
 2) энергии – да, вещества – нет  
 3) энергии и вещества – да  
 4) энергии и вещества – нет  
 5) ответ зависит от параметров среды

Решение.

При распространении волны в упругой среде происходит перенос энергии, но не происходит переноса вещества.

Ответ: 2

**A12.** Средняя квадратичная скорость движения молекул газа равна  $400 \frac{м}{с}$ , газ находится под давлением  $1,2 \cdot 10^5$  Па. Определите объем газа, если его масса  $0,9$  кг.

- 1)  $0,60 \text{ м}^3$       2)  $0,40 \text{ м}^3$       3)  $0,25 \text{ м}^3$       4)  $0,50 \text{ м}^3$       5)  $0,36 \text{ м}^3$

Дано:

$$\langle v \rangle = 400 \frac{м}{с};$$

$$p = 1,2 \cdot 10^5 \text{ Па};$$

$$m = 0,9 \text{ кг}$$

$V = ?$

Решение.

Запишем основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеального газа  $p = \frac{1}{3} \rho \langle v \rangle^2$ . Плотность газа  $\rho = \frac{m}{V}$ .

Тогда  $p = \frac{1}{3} \frac{m}{V} \langle v \rangle^2$ , откуда объем газа  $V = \frac{m \langle v \rangle^2}{3p}$ ;

$$V = \frac{0,9 \text{ кг} \cdot 16 \cdot 10^4 \frac{м^2}{с^2}}{3 \cdot 1,2 \cdot 10^5 \text{ Па}} = 4 \cdot 10^{-1} \text{ м}^3 = 0,4 \text{ м}^3$$

Ответ: 2

**A13.** Если при начальной температуре  $7^\circ\text{C}$  в изохорном процессе давление увеличилось на  $5\%$ , то температура увеличилась на

- 1)  $5 \text{ К}$       2)  $7 \text{ К}$       3)  $12 \text{ К}$       4)  $14 \text{ К}$       5)  $35 \text{ К}$

Дано:

$$T_1 = 280 \text{ К};$$

$$V = \text{const};$$

$$p_2 = 1,05 p_1$$

$\Delta T = ?$

Решение.

При изохорном процессе выполняется закон Шарля:

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{T_2}{T_1}; T_2 = T_1 + \Delta T.$$

Тогда

$$1,05 = 1 + \frac{\Delta T}{T_1}; 0,05 = \frac{\Delta T}{T_1}; \Delta T = 0,05 \cdot 280 \text{ К} = 14 \text{ К}.$$

Ответ: 4

**A14.** В баллоне находится метан под давлением  $8 \text{ МПа}$ , температура которого  $47^\circ\text{C}$ . Масса метана  $3 \text{ кг}$ , молярная масса метана  $0,016 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$ . Определите объем

баллона.

- 1)  $6,0 \text{ м}^3$       2)  $3,0 \text{ м}^3$       3)  $0,60 \text{ м}^3$       4)  $0,06 \text{ м}^3$       5)  $0,03 \text{ м}^3$

Дано:

$$p = 8 \cdot 10^6 \text{ Па};$$

$$\mu = 0,016 \frac{\text{кг}}{\text{моль}};$$

$$T = 320 \text{ К};$$

$$m = 3 \text{ кг}$$

$V = ?$

Решение.

Запишем уравнение Менделеева-Клапейрона:  $PV = \frac{m}{\mu} RT$

$R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$  — универсальная газовая постоянная. Объем

$$\text{баллона } V = \frac{mRT}{p\mu}; V = \frac{3 \text{ кг} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 320 \text{ К}}{16 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}} \cdot 8 \cdot 10^6 \text{ Па}} = 6 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3$$

Ответ: 4

**A15.** В сосуд, содержащий 1,5 кг холодной воды, добавили 200 г воды, температура которой 100 °С. Общая температура при тепловом равновесии 25 °С. Определите температуру холодной воды.

- 1) 25 °С      2) 15 °С      3) 10 °С      4) 0 °С      5) 5 °С

Решение.

Дано:

$$m_1 = 1,5 \text{ кг};$$

$$m_2 = 0,2 \text{ кг};$$

$$t_2 = 100 \text{ °С};$$

$$t = 25 \text{ °С}$$

$t_1 = ?$

По закону сохранения энергии количество теплоты, полученное холодной водой при нагревании ее от  $t_1$  до 25 °С ( $Q_1 = cm_1(t - t_1)$ ) равно количеству теплоты, отданное горячей водой при охлаждении ее от 100 °С до 25 °С ( $Q_2 = cm_2(t_2 - t)$ ). Следовательно,

$cm_1(t - t_1) = cm_2(t_2 - t)$ .  $c$  — удельная теплоемкость воды.

$$1,5(25 - t_1) = 0,2(100 - 25)$$

$$1,5 \cdot 25 - 1,5t_1 = 20 - 5t_1 = \frac{1,5 \cdot 25 - 15}{1,5} = 15 \text{ °С}.$$

Ответ: 2

**A16.** Сопротивление спирали нагревателя 20 Ом, а КПД нагревателя — 60 %. За 5 мин нагреватель испаряет некоторую массу воды при температуре кипения.

Удельная теплота парообразования воды равна  $2,3 \frac{\text{МДж}}{\text{кг}}$ . Ток, текущий через спираль нагревателя, равен 8 А. Масса испарившейся воды равна

- 1) 0,10 кг      2) 0,15 кг      3) 0,20 кг      4) 0,25 кг      5) 0,30 кг

Дано:

$$R = 20 \text{ Ом};$$

$$\eta = 0,6;$$

$$t = 300 \text{ °С};$$

$$L = 2,3 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

$$I = 8 \text{ А}$$

$m = ?$

Решение.

КПД нагревателя  $\eta = \frac{A_n}{A_c}$ . Полезная работа равна количеству

теплоты, необходимой для парообразования воды при температуре кипения  $A_n = Q = mL$ . Совершенная работа — это работа электрического тока в спирали нагревателя  $A_c = I^2 Rt$ .

Тогда  $\eta = \frac{mL}{I^2 R t}$ , откуда масса испарившейся воды  $m = \frac{\eta I^2 R t}{L} = \frac{0,6 \cdot 64 \cdot 20 \cdot 300}{2,3 \cdot 10^6} = 0,1 \text{ кг}$ .

Ответ: 1

A17. Стальная проволока, температура которой  $0^\circ\text{C}$ , закреплена между двумя стенками. До какой температуры необходимо охладить проволоку, чтобы она лопнула? Температурный коэффициент линейного расширения стали  $1,2 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ , предел прочности стали 500 МПа, модуль упругости стали 200 ГПа.

- 1)  $-147^\circ\text{C}$     2)  $-158^\circ\text{C}$     3)  $-176^\circ\text{C}$     4)  $-193^\circ\text{C}$     5)  $-208^\circ\text{C}$

Дано:

$$t_1 = 0^\circ\text{C};$$

$$\alpha = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1};$$

$$\sigma = 5 \cdot 10^8 \text{ Па}$$

Решение.

По закону Гука  $\sigma = E \cdot \varepsilon$ . Относительная деформация  $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$ .

Абсолютная деформация  $\Delta l = l - l_0$ . При охлаждении стальной проволоки от  $0^\circ\text{C}$  до  $t (t < 0)$  ее длина стала  $l = l_0(1 - \alpha t)$ , откуда  $\Delta l = -l_0 \alpha t$ . Подставив в закон Гука, получим  $\sigma = -E \alpha t$ , откуда

температура, до которой необходимо охладить проволоку:

$$t = \frac{\sigma}{E \alpha} = \frac{5 \cdot 10^8 \text{ Па}}{2 \cdot 10^{11} \text{ Па} \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}} = -2 \cdot 10^2 \text{ K} = -208 \text{ K}$$

Ответ: 5

A18. Три одинаковых точечных заряда по 20 нКл расположены в вершинах равностороннего треугольника. На каждый заряд действует сила 10 мН. Найдите длину стороны треугольника.

- 1) 2,0 см    2) 2,50 см    3) 2,75 см    4) 3,0 см    5) 3,25 см

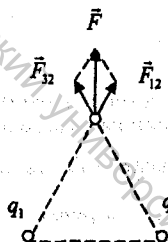
Дано:

$$q = 2 \cdot 10^{-8} \text{ Кл};$$

$$F = 10^{-2} \text{ Н}$$

Решение.

На каждый заряд в вершине равностороннего треугольника действуют две



одинаковые силы со стороны двух других зарядов

$F_{12} = F_{21} = k \frac{q^2}{a^2}$ . Угол между этими силами  $\alpha = 60^\circ$ , т.е. треугольник равносторонний. По теореме косинусов искомая сила

$F = \sqrt{F_{12}^2 + F_{21}^2 + 2F_{12} \cdot F_{21} \cos \alpha} = F_{12} \sqrt{3} = k \frac{q^2}{a^2} \sqrt{3}$ , откуда сторона треугольника

$$a = q \sqrt{\frac{k\sqrt{3}}{F}} = 2 \cdot 10^{-8} \sqrt{\frac{9 \cdot 10^9 \sqrt{3}}{10^{-2}}} = 24,7 \cdot 10^{-3} \text{ (м)} = 2,47 \text{ см}.$$

**A19.** Кольцо радиусом  $R$  имеет заряд  $q$ . Определите напряженность электрического поля кольца на его оси на расстоянии  $h$  от центра.

- 1)  $\frac{khq}{\sqrt{(R^2 + h^2)}}$     2)  $\frac{khq}{(R^2 + h^2)}$     3)  $\frac{khq}{(R^2 + h^2)^2}$     4)  $\frac{khq}{\sqrt{(R^2 + h^2)^3}}$     5)  $\frac{khq}{\sqrt{(R^2 + h^2)^5}}$

Решение.

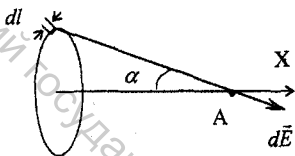
Дано:

$R$ ;

$q$ ;

$h$

$E = ?$



Выделим на кольце малый элемент  $dl$ . Линейная плотность заряда кольца  $\tau = \frac{q}{l} = \frac{q}{2\pi R}$ . Тогда заряд элемента  $dl$   $dq = \tau dl = \frac{qdl}{2\pi R}$

можно считать точечным и в точке  $A$  этот заряд создаст электрическое поле напряженностью  $|d\vec{E}| = k \frac{dq}{R^2 + h^2} = k \frac{qdl}{2\pi R(R^2 + h^2)}$ . Из рисунка видно, что сумма проекций  $d\vec{E}$  на ось  $OX$ , создаваемого всеми элементами кольца

можно считать точечным и в точке  $A$  этот заряд создаст электрическое поле напряженностью  $|d\vec{E}| = k \frac{dq}{R^2 + h^2} = k \frac{qdl}{2\pi R(R^2 + h^2)}$ . Из рисунка видно, что сумма проекций  $d\vec{E}$  на ось  $OX$ , создаваемого всеми элементами кольца

можно считать точечным и в точке  $A$  этот заряд создаст электрическое поле напряженностью  $|d\vec{E}| = k \frac{dq}{R^2 + h^2} = k \frac{qdl}{2\pi R(R^2 + h^2)}$ . Из рисунка видно, что сумма проекций  $d\vec{E}$  на ось  $OX$ , создаваемого всеми элементами кольца

$$E_x = \int_0^{2\pi R} k \frac{qdl \cdot \cos \alpha}{2\pi R(R^2 + h^2)} = kq \frac{2\pi R \cdot \frac{h}{\sqrt{R^2 + h^2}}}{2\pi R(R^2 + h^2)} = \frac{qgh}{(R^2 + h^2)^{3/2}}$$

перпендикулярную оси  $OX$  равна нулю, поэтому искомая напряженность  $E = E_x$ .

Ответ: 4

**A20.** Потенциальная энергия системы в результате электростатического взаимодействия четырех электронов, расположенных в вакууме вдоль одной прямой на расстоянии  $2a$  друг от друга, равна

- 1)  $\frac{13q^2}{12\pi\epsilon_0 a}$     2)  $\frac{11q^2}{24\pi\epsilon_0 a}$     3)  $\frac{13q^2}{24\pi\epsilon_0 a}$     4)  $\frac{9q^2}{8\pi\epsilon_0 a}$     5)  $\frac{13q^2}{8\pi\epsilon_0 a}$

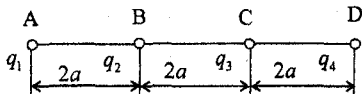
Дано:

$q_1 = q_2 = q_3 = q_4 = q$ ;

$r = 2a$

$W = ?$

Решение.



Потенциальная энергия системы четырех зарядов

$$W = \frac{1}{2}(q_1\varphi_1 + q_2\varphi_2 + q_3\varphi_3 + q_4\varphi_4) = q(\varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3 + \varphi_4);$$



Где  $\varphi_1$  – потенциал точки А, создаваемый зарядами  $q_2, q_3, q_4$ .

$$\varphi_1 = k \frac{q_2}{2a} + k \frac{q_3}{4a} + k \frac{q_4}{6a} = kq \left( \frac{1}{2a} + \frac{1}{4a} + \frac{1}{6a} \right) = \frac{kq \cdot 11}{12a}$$

Аналогично

$$\varphi_2 = k \frac{q_1}{2a} + k \frac{q_3}{2a} + k \frac{q_4}{4a} = kq \left( \frac{1}{2a} + \frac{1}{2a} + \frac{1}{4a} \right) = \frac{kq \cdot 5}{4a}$$

$$\varphi_3 = \varphi_2 = \frac{kq \cdot 5}{4a}$$

$$\varphi_4 = \varphi_1 = \frac{kq \cdot 11}{12a}$$

$$\text{Искомая энергия } W = \frac{q}{2} \left( 2 \frac{kq \cdot 5}{4a} + 2 \frac{kq \cdot 11}{12a} \right) = \frac{q}{2} \frac{26kq}{6a} = \frac{13kq^2}{6a}; \quad k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

$$W = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{13kq^2}{6a} = \frac{13q^2}{24\pi\epsilon_0 a}$$

Ответ: 3

**А21.** При подключении к источнику постоянного тока с внутренним сопротивлением  $r$  двух одинаковых сопротивлений во внешней цепи выделится одна и та же мощность как при последовательном, так и при параллельном их соединении. Сопротивление всей цепи при параллельном соединении равно

- 1)  $2r$                       2)  $\frac{r}{2}$                       3)  $\frac{2r}{3}$                       4)  $r$                       5)  $\frac{3r}{2}$

Решение.

Запишем закон Ома для полной цепи, если внешняя цепь состоит из одинаковых сопротивлений  $R$ , соединенных последовательно:  $I_1 = \frac{\epsilon}{2R+r}$ . Если

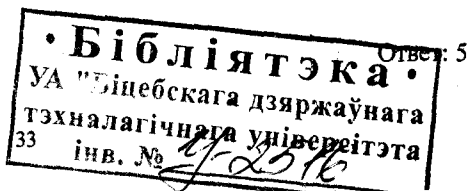
эти же сопротивления соединены параллельно, то  $I_2 = \frac{\epsilon}{\frac{R}{2}+r}$ . По условию задачи

во внешней цепи в этих случаях выделилась одна и та же мощность  $P = I_1^2 \cdot 2R$

$P_1 = I_1^2 \cdot \frac{R}{2}$ , следовательно  $\frac{\epsilon^2 \cdot 2R}{(2R+r)^2} = \frac{\epsilon^2 \cdot \frac{R}{2}}{\left(\frac{R}{2}+r\right)^2}$ , сократив на  $\epsilon^2 R$ , получим

$$\frac{2}{(2R+r)^2} = \frac{1}{2\left(\frac{R}{2}+r\right)^2} \quad \text{или} \quad \frac{4}{(2R+r)^2} = \frac{1}{\left(\frac{R}{2}+r\right)^2}, \quad \text{откуда} \quad \frac{2}{2R+r} = \frac{1}{\frac{R}{2}+r} \quad R+2r = 2R+r,$$

следовательно  $R=r$ . Полное сопротивление цепи при параллельном соединении равно  $\frac{R}{2}+r = \frac{r}{2}+r = \frac{3r}{2}$ .



**A22.** В растворе медного купороса за время  $t$  сила тока равномерно возрастает от 0 до  $I$ . Если при этом на катоде выделится объем  $V$  меди, а масса одного атома меди  $m_0$ , валентность иона меди  $n$ , то плотность меди согласно этим данным равна

- 1)  $\frac{N_A m_0 I t}{F n V}$       2)  $\frac{N_A n m_0 I t}{F V}$       3)  $\frac{N_A n m_0 I t}{2 F V}$       4)  $\frac{N_A m_0 I t}{2 F n V}$       5)  $\frac{2 N_A m_0 I t}{F n V}$

Дано:

$$I_1 = 0;$$

$$I_2 = I;$$

$$m_0;$$

$$n$$

$$\rho - ?$$

Решение.

Масса меди, выделившейся на катоде по закону Фарадея  $m = \frac{1}{F} \frac{M}{n} \cdot I_{cp} \cdot t$ . Средняя сила тока  $I_{cp} = \frac{I_1 + I_2}{2} = \frac{I}{2}$ . Молярная масса

меди  $M = m_0 \cdot N_A$ ; плотность меди  $\rho = \frac{m}{V}$ , тогда

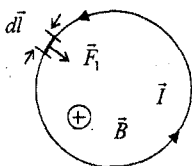
$$\rho = \frac{1}{V} \frac{m_0 N_A}{F n} \cdot \frac{I}{2} \cdot t = \frac{N_A m_0 I t}{2 F n V}$$

Ответ: 4

**A23.** В горизонтальной плоскости лежит подвижный виток из гибкой проволоки. Однородное магнитное поле направлено сверху вниз. Какую форму примет виток, если по нему пропустить электрический ток в направлении, противоположном направлению движения часовой стрелки, если смотреть сверху?

- 1) квадрата
- 2) треугольника
- 3) окружности
- 4) соприкасающихся прямых
- 5) эллипса

Решение.



На каждый элемент  $dl$  гибкой проволоки в однородном магнитном поле действуют одинаковые силы Ампера, направленные внутрь витка. Направление силы Ампера определяется по правилу левой руки. Следовательно, виток будет иметь форму

окружности.

Ответ: 3

**A24.** Определите частоту обращения электрона в магнитном поле с индукцией  $2\pi$  мТл.

- 1)  $1,23 \cdot 10^8 \text{ с}^{-1}$     2)  $1,76 \cdot 10^8 \text{ с}^{-1}$     3)  $1,76 \cdot 10^{11} \text{ с}^{-1}$     4)  $2,23 \cdot 10^8 \text{ с}^{-1}$     5)  $2,23 \cdot 10^{11} \text{ с}^{-1}$

Дано:

$$m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг};$$

$$q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл};$$

$$B = 2\pi \cdot 10^{-3} \text{ Тл}$$

$\nu = ?$

Решение.

Период обращения электрона в однородном магнитном поле

$$T = \frac{2\pi m}{qB}, \text{ тогда частота обращения } \nu = \frac{1}{T} = \frac{qB}{2\pi m};$$

$$\nu = \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 2\pi \cdot 10^{-3}}{2\pi \cdot 9,1 \cdot 10^{-31}} = 1,76 \cdot 10^8 \text{ с}^{-1}$$

Ответ: 2

**A25.** Нормаль к плоскости квадратной рамки со стороной 10 см составляет с линиями индукции магнитного поля угол  $60^\circ$ . Определите магнитную индукцию поля, если в рамке при включении поля в течение 0,01 с индуцируется ЭДС 50 мВ.

- 1) 58,0 Тл    2) 20,0 Тл    3) 5,80 Тл    4) 0,10 Тл    5) 0,01 Тл

Дано:

$$a = 0,1 \text{ м};$$

$$\alpha = 60^\circ;$$

$$\Delta t = 0,01;$$

$$\mathcal{E}_i = 0;$$

$$\mathcal{E}_i = 0,05 \text{ В}$$

$B_2 = ?$

Решение.

По закону электромагнитной индукции  $\mathcal{E}_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ . Изменение магнитного потока  $\Delta\Phi = \Phi_2 - \Phi_1$ ,  $\Phi_1 = 0$ , т.к.  $B_1 = 0$ .  $\Phi_2 = B_2 S \cos \alpha$ ;

площадь рамки  $S = a^2$ , тогда  $|\mathcal{E}_i| = \frac{B_2 a^2 \cos 60^\circ}{\Delta t}$ , откуда индукция

$$\text{магнитного поля } B_2 = \frac{2|\mathcal{E}_i| \cdot \Delta t}{a^2} = \frac{2 \cdot 0,05 \cdot 10^{-2} \cdot 10^{-2}}{10^2} = 0,1 \text{ Тл}.$$

Ответ: 4

**A26.** Ток в колебательном контуре изменяется со временем по закону  $I = 0,01 \cos 1000t$  (А). Найдите индуктивность контура, если емкость конденсатора 0,2 мкФ.

- 1)  $5 \cdot 10^{-3}$  Гн    2)  $50 \cdot 10^{-3}$  Гн    3) 5 Гн    4)  $500 \cdot 10^{-3}$  Гн    5) 50 Гн

Дано:

$$I = 0,01 \cos 1000t \text{ А};$$

$$C = 0,2 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$$

$L = ?$

Решение.

Сила тока в колебательном контуре изменяется по закону  $I = I_{\text{max}} \cos \omega t$ , откуда следует, что циклическая частота

$$\omega = 1000 \frac{\text{рад}}{\text{с}}. \text{ Циклическая частота } \omega = \frac{2\pi}{T}, \text{ а период}$$

собственных колебаний  $T = 2\pi\sqrt{LC}$  (формула Томсона). Следовательно,  $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$   
или  $\omega^2 = \frac{1}{LC}$ , откуда  $L = \frac{1}{\omega^2 C} = \frac{1}{10^6 \cdot 2 \cdot 10^{-7}} = 5 \Gamma\text{н}$ .

Ответ: 3

**A27.** Воздушная линия электропередачи переменного тока промышленной частоты 50 Гц имеет длину 600 км. Определите сдвиг фаз напряжений в начале и в конце линии.

- 1)  $\frac{\pi}{5}$       2)  $\frac{\pi}{4}$       3)  $\frac{\pi}{3}$       4)  $\frac{\pi}{2}$       5)  $\pi$

Дано:

$$\nu = 50 \text{ Гн};$$

$$l = 6 \cdot 10^5 \text{ м}$$

$$\Delta\varphi = ?$$

Решение.

На расстоянии равном длине волны  $\lambda$  разность фаз равна  $2\pi$ .

Если же расстояние  $l$ , то  $\Delta\varphi = \frac{2\pi \cdot l}{\lambda}$  длина волны

$$\lambda = \frac{v}{\nu}; v = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}} \text{ — скорость распространения электромагнитных}$$

волн в воздухе, следовательно  $\Delta\varphi = \frac{2\pi \cdot 6 \cdot 10^5 \cdot 50}{3 \cdot 10^8} = \frac{\pi}{5}$ .

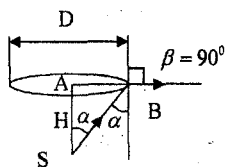
Ответ: 1

**A28.** В центре дна металлического цилиндрического сосуда, до краев заполненного жидкостью, находится точечный источник света. Высота сосуда  $H$ , показатель преломления жидкости  $n$ . Лучи от источника не выходят из жидкости у края сосуда, если диаметр сосуда равен

- 1)  $\frac{2H}{\sqrt{2n^2 - 1}}$       2)  $\frac{H}{\sqrt{n^2 - 2}}$       3)  $\frac{2H}{\sqrt{n^2 - 1}}$       4)  $\frac{H}{2\sqrt{n^2 - 1}}$       5)  $\frac{H}{\sqrt{n^2 - 1}}$

Решение.

По закону преломления  $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1}$ ;  $\sin \alpha = \frac{1}{n}$  из



$$\Delta SAB \quad \sin \alpha = \frac{\frac{D}{2}}{\sqrt{\frac{D^2}{4} + H^2}} = \frac{D}{\sqrt{D^2 + 4H^2}}, \quad \beta = 90^\circ, \sin \beta = 1$$

откуда  $\frac{D}{\sqrt{D^2 + 4H^2}} = \frac{1}{n} \quad D \cdot n = \sqrt{D^2 + 4H^2}$ . Возведем в

квадрат  $D^2 n^2 = D^2 + 4H^2 \quad D^2 (n^2 - 1) = 4H^2$

$$D = \frac{2H}{\sqrt{n^2 - 1}}$$

Ответ: 3

**A29.** Точечный источник света находится на расстоянии  $d$  от собирающей тонкой линзы, а расстояние от его действительного изображения до линзы в 3 раза больше. Фокусное расстояние линзы равно

- 1)  $0,50d$       2)  $0,75d$       3)  $2,0d$       4)  $0,10d$       5)  $0,25d$

Решение.

Дано:

$$d$$

$$f = 3d$$

$F = ?$

По условию задачи собирающая линза дает действительное изображение. Тогда  $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$  или  $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{3d} = \frac{4}{3d}$ ;  $F = \frac{3d}{4} = 0,75d$ .

Ответ: 2

**A30.** Частица движется со скоростью  $0,75$  скорости света для неподвижного наблюдателя. Во сколько раз масса движущейся частицы больше ее массы покоя?

- 1)  $0,51$       2)  $0,66$       3)  $1,52$       4)  $2,0$       5)  $4,0$

Решение.

Дано:

$$V = 0,75c$$

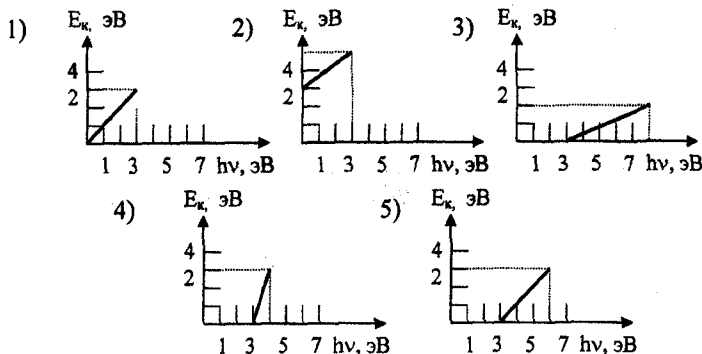
$\frac{m}{m_0} = ?$

при скорости соизмеримой со скоростью света, масса движущейся частицы  $m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}$ , где  $m_0$  – масса покоя.

$$\frac{m}{m_0} = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}; \quad \frac{m}{m_0} = \frac{1}{\sqrt{1 - 0,75^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 - 0,5625}} \approx 1,52$$

Ответ: 3

**A31.** Работа выхода электронов с поверхности металла равна  $3$  эВ. Какой из графиков соответствует зависимости максимальной энергии фотоэлектронов от энергии падающих на катод фотонов?



Решение.

Запишем уравнение Эйнштейна для фотоэффекта:  $h\nu = A_{\text{вых}} + E_k$ . Уравнение зависимости максимальной кинетической энергии фотоэлектрона от энергии фотона  $E_k = h\nu - 3\text{эВ}$  – это уравнение прямой. При  $E_k = 0$   $h\nu = 3\text{эВ}$ ; это соответствует графикам 3, 4 и 5. По графику 3 если  $E_k = 2\text{эВ}$ , то  $h\nu$  должно быть  $5\text{эВ}$ , а есть  $8\text{эВ}$ . По графику 4  $E_k = 3\text{эВ}$   $h\nu = 4\text{эВ}$ , это тоже не подходит. Рассмотрим график 5:  $E_k = 3\text{эВ}$   $h\nu = 6\text{эВ}$ .

Ответ: 5

A32. Количество заряженных частиц в атоме изотопа золота  $^{197}_{79}\text{Au}$  равно

- 1) 197      2) 79      3) 118      4) 158      5) 276

Решение.

В атоме золота 79 протонов в ядре и 79 электронов – всего 158 заряженных частиц.

Ответ: 4

A33. Длина волны монохроматического излучения равна  $0,7$  мкм. Масса фотона этого излучения равна

- 1)  $1,7 \cdot 10^{-36}$  кг      2)  $5,2 \cdot 10^{-36}$  кг      3)  $6,4 \cdot 10^{-36}$  кг      4)  $3,2 \cdot 10^{-36}$  кг      5)  $3,8 \cdot 10^{-36}$  кг

Решение.

Дано:

$$\lambda = 7 \cdot 10^{-7} \text{ м}$$

$m_\phi = ?$

Энергия фотона  $\epsilon = h \frac{c}{\lambda}$ , где  $h$  – постоянная Планка,  $c$  – скорость света в вакууме. Из закона взаимосвязи массы и энергии  $\epsilon = mc^2$  следует, что масса фотона  $m_\phi = \frac{h}{\lambda c}$ ,

$$m_\phi = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}}{7 \cdot 10^{-7} \text{ м} \cdot 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}} = 3,2 \cdot 10^{-36} \text{ кг}.$$

Ответ: 4

A34. Определите удельную энергию связи для  $^2_1\text{H}$ . Относительная атомная масса дейтерия  $2,01410$  а. е. м. ( $m_p = 1,0078$  а. е. м.,  $m_n = 1,0087$  а. е. м.,  $m_e = 15,99491$  а. е. м.).

- 1)  $0,50$  МэВ      2)  $0,73$  МэВ      3)  $1,20$  МэВ      4)  $1,30$  МэВ      5)  $1,50$  МэВ

Решение.

Удельная энергия связи  $E_{\text{уд}} = \frac{E_{\text{св}}}{A}$ . Энергия связи  $E_{\text{св}} = 931 \frac{\text{МэВ}}{\text{а.е.м}} (m_p + m_n - m_{\text{я}})$ . В ядре дейтерия один протон и один нейтрон. Значит  $E_{\text{уд}} = \frac{931(1,0078 \text{ а.е.м} + 1,0087 \text{ а.е.м} - 2,01410 \text{ а.е.м})}{2} = 1,2 \text{ МэВ}$ .

Ответ: 2

A35. Найдите недостающий продукт в ядерной реакции  ${}_{13}^{27}\text{Al} + \gamma \rightarrow {}_{12}^{26}\text{Mg} + ?$

- 1) n      2) p      3)  $\gamma$       4)  $\alpha$       5)  $\beta$

Решение.

Запишем ядерную реакцию:  ${}_{13}^{27}\text{Al} + {}_0^0\gamma \rightarrow {}_{12}^{26}\text{Mg} + {}_1^1\text{X}$ . Недостающим продуктом является протон  $p = {}_1^1\text{H}$ .

Ответ: 2

### Часть В

B1. Искусственный спутник выведен на круговую орбиту на высоту 3 600 км над поверхностью Земли. Скорость движения спутника ...  $\frac{\text{км}}{\text{с}}$ . Радиус Земли 6 400 км.

Дано:

$$R = 64 \cdot 10^3 \text{ м}$$

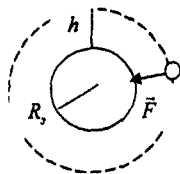
$$h = 36 \cdot 10^3 \text{ м}$$

$v = ?$

спутнику

$$a = \frac{v^2}{(R_3 + h)}. \text{ По}$$

На искусственный спутник действует сила притяжения Земли



Решение.

$$F = G \frac{m_{\text{сп}} M_3}{(R_3 + h)^2}, \text{ которая сообщает}$$

центростремительное ускорение

второму закону Ньютона  $F = m_{\text{сп}} \cdot a$

$$G \frac{m_{\text{сп}} M_3}{(R_3 + h)^2} = \frac{m_{\text{сп}} v^2}{(R_3 + h)}, \text{ откуда скорость}$$

движения спутника  $v = \sqrt{\frac{GM_3}{R_3 + h}}$ . Зная ускорение свободного падения у

поверхности Земли  $g = G \frac{M_3}{R_3^2}$ . Выразим  $GM_3 = g \cdot R_3^2$   $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ , следовательно

$$v = R_3 \sqrt{\frac{g}{R_3 + h}} = 64 \cdot 10^3 \sqrt{\frac{10}{100 \cdot 10^3}} = 6400 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 6 \frac{\text{км}}{\text{с}}$$

Ответ: 6

**В2.** На тело массой 1 кг в течение 2 с действует сила 1 Н. Если начальная кинетическая энергия тела равна нулю, то его конечная кинетическая энергия составит ... Дж.

Решение.

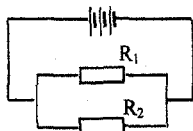
По второму закону Ньютона импульс силы, действующей на тело, равен изменению импульса тела  $Ft = mv_2 - mv_1$ ,  $v_1 = 0$ , т.к.  $E_{k1} = 0$  тогда  $v_2 = \frac{Ft}{m}$ . Конечная

кинетическая энергия тела  $E_{k2} = \frac{mv_2^2}{2} = \frac{F^2 t^2}{2m}$

$$E_{k2} = \frac{1 \text{ Н}^2 \cdot 4 \text{ с}^2}{2 \cdot 1 \text{ кг}} = 2 \text{ Дж}.$$

Ответ: 2

**В3.** Если ЭДС и внутреннее сопротивление одного элемента батареи в приведенной схеме составляют соответственно 1,5 В и 0,5 Ом,  $R_1 = 4,0$  Ом, а сила тока через это сопротивление 0,75 А, то  $R_2$  равно ... Ом.



Дано:

$$\varepsilon_1 = 1,5 \text{ В}$$

$$r_1 = 0,5 \text{ Ом}$$

$$R_1 = 4 \text{ Ом}$$

$$I_1 = 0,75 \text{ А}$$

$$R_2 = ?$$

Решение.

Напряжение  $U_1 = I_1 R_1 = 0,75 \text{ А} \cdot 4 \text{ Ом} = 3 \text{ В}$ . Такое же напряжение на сопротивлении  $R_2$ . По закону Ома для полной цепи сила тока, которую дает источник, состоящий из трех последовательно соединенных элементов  $I = \frac{3 \cdot \varepsilon_1}{R + 3r_1}$ .  $I \cdot R = 3 \text{ В}$   $\frac{3 \cdot \varepsilon_1}{R + 3r_1} \cdot R = 3$ .

$$\text{Отсюда находим } R \cdot \frac{\varepsilon_1}{R + 3r_1} \cdot R = 1$$

$$\varepsilon_1 R = R + 3r_1$$

$$R(\varepsilon_1 - 1) = 3r_1 \quad R = \frac{3r_1}{\varepsilon_1 - 1} = \frac{1,5}{0,5} = 3 \text{ (Ом)}.$$

Так как  $R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$ , то  $R_2$  равно  $\frac{4R_2}{4 + R_2} = 3$  или  $12 + 3R_2 = 4R_2$ , отсюда  $R_2 = 12 \text{ Ом}$

Ответ: 12

**В4.** Определите энергию магнитного поля катушки (в Дж), состоящей из 100 витков, если при токе 2 А магнитный поток через витки катушки, равен 0,03 Вб.



Дано:  
 $n = 100$   
 $I = 2A$   
 $\Phi = 0,03Вб$

$W - ?$

Решение.

Энергия магнитного поля в катушке с током  $W = \frac{LI^2}{2}$ , где  $L$  - индуктивность катушки. Магнитный поток, создаваемый катушкой  $\Phi = L \cdot I$ , откуда  $L = \frac{\Phi}{I}$ . Тогда энергия магнитного

поля  $W = \frac{\Phi \cdot I^2}{2I} = \frac{\Phi \cdot I}{2}$ , так как  $\Phi = \Phi_1 \cdot N$ , то

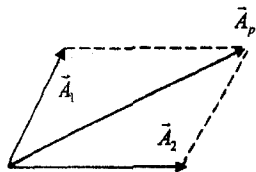
$$W = \frac{\Phi_1 \cdot N \cdot I}{2} = \frac{0,03Вб \cdot 100 \cdot 2A}{2} = 3Дж$$

Ответ: 3

**В5.** Если в результате сложения двух когерентных волн с одинаковой амплитудой  $A_0$  волны усиливают друг друга и дают колебание с результирующей амплитудой

в  $\sqrt{3}$  раз больше  $A_0$ , то разность фаз этих волн равна...градусов.

Решение.



При сложении когерентных волн амплитуды складываются векторной. По теореме косинусов

$$A_0^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos \Delta\varphi,$$

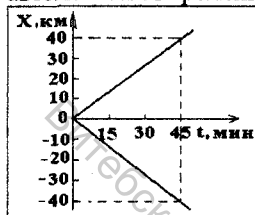
откуда

$$\cos \Delta\varphi = \frac{A_0^2}{2A_0^2} = \frac{1}{2}; \quad \varphi = 60^\circ$$

Ответ: 60

### Тест по физике № 3

A1. На рисунке представлены зависимости координат автобуса и легкового автомобиля от времени.



Модуль их относительной скорости равен

- 1)  $87 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$     2)  $97 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$     3)  $107 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$     4)  $117 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$     5)  $127 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$

Решение.

Из графиков зависимости координат автобуса и легкового автомобиля видно, что в начальный момент ( $t = 0$ ), расстояние между ними  $\Delta X_1 = 0$ . Через

$45 \text{ мин} = \frac{3}{4} \text{ часа}$  расстояние  $\Delta X_2 = 80 \text{ км}$ . Модуль их относительной скорости:

$$V = \frac{\Delta X_2 - \Delta X_1}{\Delta t}$$

$$V = \frac{80 \text{ км}}{\frac{3}{4} \text{ ч}} = 107 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$$

Ответ: 3

A2. Диаметр ведущего колеса трактора 1,2 м. При прямолинейном равномерном движении трактор совершил перемещение 1 130,4 м. Определите число оборотов ведущего колеса трактора на всем перемещении.

- 1) 47,7    2) 149,9    3) 360,0    4) 300,0    5) 468,0

Решение.

Дано:

$$d = 1,2 \text{ м};$$

$$S = 1130,4 \text{ м};$$

$N = ?$

За один оборот ведущего колеса трактор совершил перемещение  $S_1 = 2\pi R = \pi d$ . Пройденный трактором путь

$$S = S_1 \cdot N, \text{ откуда число оборотов ведущего колеса } N = \frac{S}{\pi d};$$

$$N = \frac{1130,4 \text{ м}}{3,14 \cdot 1,2 \text{ м}} = 300$$

Ответ: 4

**A3.** Тело свободно падает с высоты 20 м. Определите время падения тела.

- 1) 1,4 с      2) 2,4 с      3) 2,0 с      4) 3,0 с      5) 3,4 с

Дано:

$$h = 20 \text{ м};$$

$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2};$$

$$t = ?$$

Решение.

Путь, пройденный при свободном падении,  $h = \frac{gt^2}{2}$ , откуда

$$\text{время падения } t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{40 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}} = 2 \text{ с}$$

Ответ: 3

**A4.** Тело, брошенное под углом к горизонту, в верхней точке траектории имеет полное ускорение  $12 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ . Если масса тела 1 кг, то сила сопротивления среды в этой точке равна

- 1) 2,0 Н      2) 22,0 Н      3) 15,6 Н      4) 6,6 Н      5) 0 Н

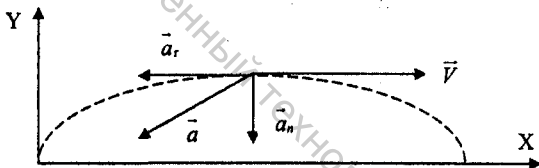
Решение.

Дано:

$$m = 1 \text{ кг};$$

$$a = 12 \frac{\text{м}}{\text{с}^2};$$

$$F_{\text{сопр}} = ?$$



Определим тангенциальное ускорение в верхней точке. Полное ускорение  $\vec{a} = \vec{a}_t + \vec{a}_n$ .

Нормальное ускорение  $a_n = g$  сообщает сила тяжести  $a_n = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

$a_t = \sqrt{a^2 - g^2} = \sqrt{144 - 100} = \sqrt{44} \approx 6,6 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}^2}\right)$ . Это ускорение сообщает сила

сопротивления в верхней точке. По второму закону Ньютона

$$F_{\text{сопр}} = ma_t = 1 \text{ кг} \cdot 6,6 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = 6,6 \text{ Н}$$

Ответ: 4

**A5.** Если жесткость трех одинаковых последовательно соединенных пружин равна  $k$ , то жесткость одной пружины равна...

- 1)  $k$       2)  $\frac{k}{3}$       3)  $3k$       4)  $\frac{k}{9}$       5)  $9k$

Решение.

Дано:

$$k = k;$$

$$k_1 = ?$$

Жесткость пружины зависит от ее материала и размеров

$k_1 = \frac{E \cdot S_1}{l_{01}}$ . Если три одинаковых пружины соединить

последовательно, то их общая длина  $l_0 = 3l_{01}$ , тогда  $k = \frac{E \cdot S_1}{3l_{01}} = \frac{k_1}{3}$ .

Жесткость одной пружины  $k_1 = 3k$ .

Ответ: 3

А6. Уравнение движения материальной точки массой 200 г вдоль оси OX имеет вид  $x = 5 + 10t + 4t^2$ . Определите значение проекции равнодействующей всех сил, приложенных к телу, на ось OX.

- 1) 1,6 Н      2) 4,0 Н      3) 1,0 Н      4) 2,0 Н      5) 0,8 Н

Дано:

$$m = 200 \text{ г} = 0,2 \text{ кг};$$

$$x = 5 + 10t + 4t^2 (\text{м});$$

$$F_{\text{px}} = ?$$

Решение.

Из второго закона Ньютона следует, что  $F_{\text{px}} = ma_x$ . Ускорение вдоль оси OX – это произведение от скорости по времени:

$V_x = x' = (5 + 10t + 4t^2)' = 10 + 8t$ . Ускорение  $a_x = V_x' = (10 + 8t)' = 8$ . Проекция

равнодействующей всех сил на ось OX  $F_{\text{px}} = 0,242 \cdot 8 \frac{\text{М}}{\text{с}^2} = 1,6 \text{ Н}$

Ответ: 1

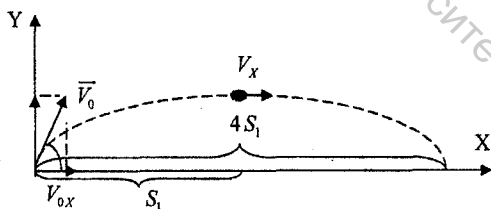
А7. Снаряд, вылетающий из орудия, разрывается на 2 осколка в верхней точке своей траектории. Один из осколков падает вертикально вниз, а другой улетает от места стрельбы на расстояние в четыре раза большее, чем расстояние от места стрельбы до места разрыва по горизонтали. Какая часть снаряда по массе упала вертикально вниз?

- 1)  $\frac{1}{12}$       2)  $\frac{1}{4}$       3)  $\frac{1}{3}$       4)  $\frac{2}{3}$       5)  $\frac{3}{4}$

Дано:

$$S_2 = 4S_1;$$

$$\frac{m_1}{m} = ?$$



Решение.

Впишем закон сохранения импульса для разрыва снаряда в проекциях на ось (OX), полагая, что скорость падающего вниз осколка равна 0

$mV_{ax} = (m - m_1)V_x$ , где  $V_{ax}$  - скорость снаряда до разрыва

$V_x = \frac{mV_{ax}}{m - m_1}$ , где  $V_x$  - скорость осколка, летящего горизонтально

Расстояние от места стрельбы до места разрыва:

$$S_1 = V_{ax} \cdot t_1;$$

$$t_1 = \frac{V_{ay}}{g};$$

$$S_1 = \frac{V_{ax} \cdot V_{ay}}{g}$$

Расстояние от места разрыва до места падения  $3S_1 = V_x \cdot t_2$ . Время падения,

$t_2 = \frac{V_{ay}}{g}$ ,  $3S_1 = \frac{mV_{ax}}{m - m_1} \cdot \frac{V_{ay}}{g}$ . Учитывая, что второе расстояние в 3 раза больше

первого

$$\frac{mV_{ax}}{m - m_1} \cdot \frac{V_{ay}}{g} = 3 \frac{V_{ax}V_{ay}}{g}, \text{ получим } \frac{m}{m - m_1} = 3, \quad m = 3m - 3m_1, \quad 3m_1 = 2m, \quad 3 \frac{m_1}{m} = 2, \quad \frac{m_1}{m} = \frac{2}{3}$$

Ответ: 4

А8. К концам стержня длиной 60 см подвешены грузы, массы которых  $m_1 = 200$  г и  $m_2 = 300$  г. Пренебрегая массой стержня, определите, на каком расстоянии от точки, на которой подвешен груз массой 200 г, необходимо подвесить стержень, чтобы он находился в равновесии в горизонтальном положении.



- 1) 40 см      2) 36 см      3) 32 см      4) 20 см      5) 24 см

Решение.

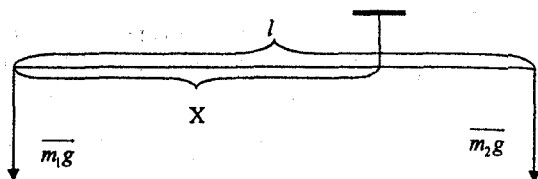
Дано:

$$m_1 = 0,2 \text{ кг};$$

$$m_2 = 0,3 \text{ кг};$$

$$l = 0,6 \text{ м};$$

$$x = ?$$



Стержень будет находиться в равновесии в горизонтальном положении, если моменты сил  $m_1\bar{g}$  и  $m_2\bar{g}$  будут равны.

$$M_1 = M_2;$$

$$M_1 = m_1 g \cdot x; \quad \text{Следовательно, } m_1 g x = m_2 g (l - x), \text{ откуда } m_1 x = m_2 l - m_2 x, \quad x = \frac{m_2 l}{m_1 + m_2},$$

$$M_2 = m_2 g (l - x)$$

$$x = \frac{0,3 \text{ кГ} \cdot 0,6 \text{ м}}{0,5 \text{ кГ}} = 0,36 \text{ м} = 36 \text{ см}$$

Ответ: 2

**A9.** Теплоход переходит из моря ( $\rho_M = 1030 \frac{\text{кГ}}{\text{м}^3}$ ) в реку ( $\rho_B = 1000 \frac{\text{кГ}}{\text{м}^3}$ ). Для того чтобы его осадка не изменилась, с него сняли 90 т груза. Определите вес теплохода с грузом до перехода в реку.

- 1) 27,0 МН    2) 30,9 МН    3) 90,0 МН    4) 20,3 МН    5) 10,3 МН

Решение.

Дано:

$$\rho_M = 1030 \frac{\text{кГ}}{\text{м}^3};$$

$$\rho_B = 1000 \frac{\text{кГ}}{\text{м}^3};$$

$$\Delta m = 9 \cdot 10^4 \text{ кГ};$$

$$m g = ?$$

Т.к осадка судна не изменялась, то объем воды, вытесненной теплоходом не изменится. Запишем условие плавания теплохода в море и реке:  $m g = \rho_M g V$  и  $m g - \Delta m g = \rho_B g V$ .

Вычислим эти уравнения  $\Delta m g = g V (\rho_M - \rho_B)$ , откуда объем воды, вытесненной теплоходом  $V = \frac{\Delta m}{\rho_M - \rho_B}$ . Тогда искомая величина

$$m g = \rho_M g \frac{\Delta m}{\rho_M - \rho_B};$$

$$m g = 1030 \frac{\text{кГ}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \frac{9 \cdot 10^4 \text{ кГ}}{30 \frac{\text{кГ}}{\text{м}^3}} = 309 \cdot 10^5 \text{ Н} = 30,9 \text{ МН}$$

Ответ: 2

**A10.** Груз массой 100 г совершает колебания на пружине жесткостью  $250 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$ .

Если амплитуда колебаний 0,15 м, то модуль максимальной скорости равен

- 1)  $1,60 \frac{\text{м}}{\text{с}}$     2)  $7,50 \frac{\text{м}}{\text{с}}$     3)  $3,75 \frac{\text{м}}{\text{с}}$     4)  $11,25 \frac{\text{м}}{\text{с}}$     5)  $6,25 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

Решение.

Дано:

$$k = 250 \frac{\text{Н}}{\text{м}};$$

$$m = 0,1 \text{ кГ};$$

$$A = 0,15 \text{ м};$$

$$V_{\text{max}} = ?$$

При гармонических колебаниях груза на пружине выполняется закон сохранения механической энергии: максимальная потенциальная энергия пружины превращается в максимальную кинетическую энергию груза:  $\frac{kA^2}{2} = \frac{mV_{\text{max}}^2}{2}$ , откуда

$$V_{\text{max}} = A \sqrt{\frac{k}{m}}; \quad V_{\text{max}} = 0,15 \text{ м} \sqrt{\frac{250 \frac{\text{Н}}{\text{м}}}{0,1 \text{ кГ}}} = 7,5 \frac{\text{м}}{\text{с}};$$

A11. Две волны распространяются в одной и той же среде. Первая имеет длину волны 2 м, вторая – 8 м. Отношение частот колебаний источников  $\nu_1/\nu_2$  составляет

- 1) 1,0                      2) 0,25                      3) 2,0                      4) 0,50                      5) 4,0

Дано:

$$V = \text{const};$$

$$\lambda_1 = 2\text{ м};$$

$$\lambda_2 = 8\text{ м};$$

$$\frac{\nu_1}{\nu_2} = ?$$

$$\nu_2$$

Решение.

В одной той же среде волны распространяются с одинаковой скоростью. Запишем длину волн для двух случаев  $\lambda_1 = \frac{V}{\nu_1}$  и

$$\lambda_2 = \frac{V}{\nu_2}, \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{\nu_2}{\nu_1}, \text{ откуда } \frac{\nu_1}{\nu_2} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{8\text{ м}}{2\text{ м}} = 4$$

Ответ: 5

A12. Идеальный газ занимает объем  $2,5\text{ м}^3$  и имеет массу 6 кг при давлении 200 кПа. Определите среднюю квадратичную скорость молекул газа.

- 1)  $167 \frac{\text{м}}{\text{с}}$                       2)  $334 \frac{\text{м}}{\text{с}}$                       3)  $500 \frac{\text{м}}{\text{с}}$                       4)  $250 \frac{\text{м}}{\text{с}}$                       5)  $668 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

Дано:

$$V = 2,5\text{ м}^3;$$

$$m = 6\text{ кг};$$

$$P = 2 \cdot 10^5\text{ Па};$$

$$\langle v \rangle = ?$$

Решение.

Запишем основное уравнение молекулярно-кинетической теории в виде  $P = \frac{1}{3} \rho \langle v^2 \rangle$ . Плотность газа:  $\rho = \frac{m}{V}$ .

Следовательно  $P = \frac{1}{3} \frac{m}{V} \langle v^2 \rangle$ , откуда средняя квадратичная

$$\text{скорость } \langle v \rangle = \sqrt{\frac{3P \cdot V}{m}},$$

$$\langle v \rangle = \sqrt{\frac{3 \cdot 2 \cdot 10^5\text{ Па} \cdot 2,5\text{ м}^3}{6\text{ кг}}} = 250 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Ответ: 3

A13. Определите начальную температуру газа, если в изохорном процессе при нагревании на 45 К давление возрастает на 15 %.

- 1) 7 °C                      2) 17 °C                      3) 27 °C                      4) 68 °C                      5) 50 °C

Дано:

$$V = \text{const};$$

$$\Delta T = 45\text{ К};$$

$$P_2 = 1,15 P_1;$$

$$T_1 = ?$$

Решение.

При изохорном процессе выполняется закон Шарля:  $\frac{P_2}{P_1} = \frac{T_2}{T_1}$ .

Конечная температура  $T_2 = T_1 + \Delta T$ , откуда  $1,15 = \frac{T_1 + \Delta T}{T_1}$ ,

$$1,15 = 1 + \frac{\Delta T}{T_1}$$

$$\frac{\Delta T}{T_1} = 0,15, \quad T_1 = \frac{\Delta T}{0,15} = \frac{45K}{0,15} = 300K. \text{ По шкале Цельсия } t_1 = T_1 - 273 = 27^\circ C$$

Ответ: 3

**A14.** Определите давление кислорода, заключенного в сосуд емкостью  $2 \text{ м}^3$ .

Масса кислорода равна  $4 \text{ кг}$ , температура  $29^\circ \text{C}$ , молярная масса  $0,032 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$ .

- 1)  $126,0 \text{ кПа}$     2)  $11,0 \text{ кПа}$     3)  $78,50 \text{ кПа}$     4)  $157,0 \text{ кПа}$     5)  $39,25 \text{ кПа}$

Дано:

$$V = 2 \text{ м}^3;$$

$$m = 4 \text{ кг};$$

$$M = 0,032 \frac{\text{кг}}{\text{моль}};$$

$$T = 302K;$$

$$P = ?$$

Решение.

Запишем уравнение Менделеева-Кестейрона:  $PV = \frac{m}{M}RT$ , где

$$R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} - \text{универсальная, газовая постоянная.}$$

$$\text{Давление газа } P = \frac{mRT}{MV},$$

$$P = \frac{4 \text{ кг} \cdot 8,31 \frac{\text{кг}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 302K}{2 \text{ м}^3 \cdot 0,032 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}} = 157 \cdot 10^3 \text{ Па} = 157 \text{ кПа}$$

Ответ: 4

**A15.** Смешали  $6 \text{ кг}$  воды, температура которой  $t_1$ ,  $4 \text{ кг}$  воды, температура которой

$70^\circ \text{C}$ , и  $10 \text{ кг}$  воды, температура которой  $8^\circ \text{C}$ . Определите температуру  $t_1$ , если температура полученной смеси равна  $30^\circ \text{C}$ .

- 1)  $50^\circ \text{C}$     2)  $40^\circ \text{C}$     3)  $30^\circ \text{C}$     4)  $20^\circ \text{C}$     5)  $10^\circ \text{C}$

Дано:

$$m_1 = 6 \text{ кг};$$

$$m_2 = 4 \text{ кг};$$

$$t_2 = 70^\circ \text{C};$$

$$t_3 = 8^\circ \text{C};$$

$$m_3 = 10 \text{ кг};$$

$$t = 30^\circ \text{C}$$

$$t_1 = ?$$

Решение.

По закону сохранения энергии  $Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0$ ,  $Q_1 = cm_1(t - t_1)$  - количество теплоты, полученное или отданное водой массой  $m_1$  при изменении ее температуры от  $t_1$  до  $t$ . Аналогично:

$$Q_2 = cm_2(t - t_2) \text{ и } Q_3 = cm_3(t - t_3). \text{ Тогда}$$

$$cm_1(t - t_1) + cm_2(t - t_2) + cm_3(t - t_3) = 0. \text{ Сохраним на удельную}$$

$$\text{теплоемкость воды и получим } m_1(t - t_1) + m_2(t - t_2) + m_3(t - t_3) = 0.$$

Подставляем данные из условия задачи:

$$6(30 - t_1) - 4 \cdot 40 + 10 \cdot 22 = 0, \quad 180 - 6t_1 - 160 + 220 = 0, \quad 6t_1 = 240, \quad t_1 = 40^\circ \text{C};$$

Ответ: 2



**A16.** Если у идеального теплового двигателя с КПД 20 % при неизменной температуре холодильника увеличить температуру нагревателя в 2 раза, то КПД увеличится в

- 1) 1 раз                      2) 2 раза                      3) 3 раза                      4) 4 раза                      5) 5 раз

Решение.

Дано:

$$\eta = 0,2;$$

$$T_1 = T_2';$$

$$T_1' = 2T_1;$$

$$\eta' = ?$$

$$\eta = ?$$

КПД теплового двигателя:  $\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$ ;  $0,2 = 1 - \frac{T_2}{T_1}$ ;  $\frac{T_2}{T_1} = 0,8$ .

При изменении температуры холодильника изменится, и КПД теплового двигателя и станет:  $\eta' = \frac{T_1' - T_2}{T_1'} = 1 - \frac{T_2}{T_1'}$ ;

$$\eta' = 1 - \frac{T_2}{2T_1} = 1 - 0,4 = 0,6; \quad \frac{\eta'}{\eta} = \frac{0,6}{0,2} = 3$$

Ответ: 3

**A17.** Концы горизонтального стержня с площадью сечением  $2 \text{ см}^2$  прочно закреплены. С какой силой стержень будет сжат, если его температура изменилась от 0 до  $50 \text{ }^\circ\text{C}$ ? Температурный коэффициент линейного расширения стали  $1,2 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ , модуль упругости стали  $200 \text{ ГПа}$ .

- 1) 23 кН                      2) 24 кН                      3) 25 кН                      4) 26 кН                      5) 27 кН

Решение.

Дано:

$$S = 2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2;$$

$$t_0 = 0 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$t = 50 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$\alpha = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1};$$

$$E = 200 \cdot 10^9 \text{ Па};$$

$$F = ?$$

По закону Гука возникшая сила упругости  $F = k \Delta l$ .

Коэффициент упругости  $k = \frac{E \cdot S}{l_0}$ . Изменение длины,

возникает при тепловом расширении стержня  $l = l_0(1 + \alpha \Delta t)$ ;

$\Delta l = l - l_0 = l_0 \alpha \Delta t$ ;  $\Delta t = 50 \text{ K}$ . Тогда сила сжимающая стержень:

$$F = \frac{E \cdot S}{l_0} \cdot l_0 \alpha \Delta t = E \cdot S \alpha \Delta t;$$

$$F = 2 \cdot 10^{11} \text{ Па} \cdot 2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1} \cdot 50 \text{ K} = 24 \cdot 10^3 \text{ Н} = 24 \text{ кН}$$

Ответ: 2

**A18.** Два точечных заряда  $q_1$  и  $q_2$  находятся на расстоянии  $r$  друг от друга. Если расстояние между ними уменьшить на 50 см, то сила взаимодействия увеличится в 2 раза. Найдите расстояние  $r$ .

- 1) 0,71 м                      2) 1,17 м                      3) 1,71 м                      4) 1,87 м                      5) 2,17 м

Решение.

Дано:

$$q_1 = q_1;$$

$$q_2 = q_2;$$

$$r_1 = r;$$

$$r_2 = r - 0,5;$$

$$F_2 = 2F_1;$$

$$r - ?$$

Запишем закон Кулона для двух ситуаций, описанных в условии задачи:  $F_1 = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$  и  $F_2 = k \frac{q_1 q_2}{(r-0,5)^2}$ . Так  $F_2 = 2F_1$ , то

$\frac{1}{(r-0,5)^2} = \frac{2}{r^2}$ . Извлечем квадратный корень из левой и правой части:

$$\frac{1}{r-0,5} = \frac{\sqrt{2}}{r}, r = 1,4r - 0,7, 0,7 = 0,4r, r = \frac{0,7}{0,4} = 1,75(\text{м})$$

Ответ: 3

**A19.** Сосуд с маслом помещен в вертикальное, однородное электрическое поле напряженностью  $E$ . В масле во взвешенном состоянии находится заряженный алюминиевый шарик диаметром 3 мм. Определите напряженность электрического поля  $E$ , если заряд шарика  $1 \cdot 10^{-7}$  Кл. Плотность алюминия равна  $2,6 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$ , плотность масла равна  $900 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , диэлектрическая проницаемость масла равна 5.

- 1)  $8 \frac{\text{кВ}}{\text{м}}$       2)  $10 \frac{\text{кВ}}{\text{м}}$       3)  $12 \frac{\text{кВ}}{\text{м}}$       4)  $14 \frac{\text{кВ}}{\text{м}}$       5)  $16 \frac{\text{кВ}}{\text{м}}$

Решение.

Дано:

$$d = 3 \text{ мм} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

$$q = 10^{-7} \text{ Кл};$$

$$\rho_{\text{Ал}} = 2,6 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3};$$

$$\rho_{\text{М}} = 900 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3};$$

$$\epsilon = 5;$$

$$E - ?$$

В масле находится шарик во взвешенном состоянии, т.е. в равновесии. По первому закону Ньютона равнодействующая всех сил, действующих на шарик. На шарик действует сила тяжести  $mg$ , ( $m = \rho_{\text{Ал}} V$ . Объем шарика равен  $\frac{4}{3} \pi R^3 = \frac{1}{6} \pi d^3$ ). Архимедова сила

$F_{\text{арх}} = \rho_{\text{М}} g V = \rho_{\text{М}} g \frac{1}{6} \pi d^3$  и направленная вверх сила электрического поля  $F = qE_{\text{н}}$ . Напряженность

электрического поля в масле (в диэлектрике)  $E_{\text{н}} = \frac{E}{\epsilon}$ . По

первому закону Ньютона  $mg = F_{\text{арх}} + F$ ;  $\rho_{\text{Ал}} \cdot \frac{1}{6} \pi d^3 g = \rho_{\text{М}} g \frac{1}{6} \pi d^3 + q \frac{E}{\epsilon}$ ; откуда

$$E = \frac{\frac{1}{6} \pi d^3 (\rho_{\text{Ал}} - \rho_{\text{М}}) g \cdot \epsilon}{q}; E = \frac{\frac{1}{6} \cdot 3,14 \cdot 27 \cdot 10^{-9} \cdot 1,7 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 5}{10^{-7}} = 12 \cdot 10^3 \frac{\text{Н}}{\text{Кл}} = 12 \frac{\text{кВ}}{\text{м}}$$

Ответ: 3

A20. Если потенциал электрического поля в точке на расстоянии 30 см от поверхности сферы радиусом 20 см равен 4 В, то потенциал электрического поля в точке на расстоянии 10 см от центра сферы равен...

- 1) 0 В      2) 10 В      3) 20 В      4) 40 В      5) 5 В

Дано:

$$l_1 = 0,3 \text{ м};$$

$$R = 0,2 \text{ м};$$

$$r_2 = 0,1 \text{ м};$$

$$\varphi_1 = 4 \text{ В};$$

$$\varphi_2 = ?$$

Решение.

Потенциал электрического поля, созданного заряженной сферой в точке 1 на расстоянии  $l_1$  от ее поверхности

$\varphi_1 = k \frac{q}{R+l_1}$ , а искомый потенциал точки 2, находящийся внутри

сферы  $\varphi_2 = k \frac{q}{R}$ , ( $r_2 < R$ ). Разделим эти выражения  $\frac{\varphi_1}{\varphi_2} = \frac{R}{R+l_1}$ ,

$$\text{откуда } \varphi_2 = \frac{\varphi_1 \cdot (R+l_1)}{R}$$

$$\varphi_2 = \frac{4 \text{ В} \cdot 0,5 \text{ м}}{0,2 \text{ м}} = 10 \text{ В}$$

Ответ: 2

A21. Два одинаковых резистора, сопротивление каждого из которых равно  $R$ , подключены во внешнюю цепь источника тока. Мощность  $P$ , выделяющаяся во внешней цепи, одинакова как при последовательном, так и при параллельном их соединении. ЭДС источника равна...

- 1)  $\sqrt{\frac{3PR}{2}}$       2)  $3 \cdot \sqrt{\frac{PR}{2}}$       3)  $\sqrt{\frac{PR}{2}}$       4)  $\sqrt{\frac{PR}{3}}$       5)  $\sqrt{\frac{2PR}{3}}$

Решение.

Дано:

$$R_1 = R_2 = R;$$

$$P_1 = P_2;$$

$$\varepsilon = ?$$

Запишем, закон Ома для полной цепи для случаев, последовательного и параллельного соединения резисторов его

внешней цепи:  $I_1 = \frac{\varepsilon}{2R+r}$  и  $I_2 = \frac{\varepsilon}{\frac{R}{2}+r}$ . Мощность, выделяемая

во внешней цепи  $P = I^2 R$ . При последовательном соединении резисторов во внешней цепи  $P_1 = I_1^2 \cdot 2R$ , а при параллельном  $P_2 = I_2^2 \cdot \frac{R}{2}$ . По условию задачи

$$P_1 = P_2, \left(\frac{\varepsilon^2}{(2R+r)^2}\right) \cdot 2R = \left(\frac{\varepsilon}{\frac{R}{2}+r}\right)^2 \cdot \frac{R}{2} \text{ или } \frac{\varepsilon^2 \cdot 2R}{(2R+r)^2} = \frac{\varepsilon^2 \cdot \frac{R}{2}}{\left(\frac{R}{2}+r\right)^2}. \text{ Сокращаем на } \varepsilon^2 R \text{ и}$$

$$\text{получаем } \frac{2}{(2R+r)^2} = \frac{\frac{1}{2}}{\left(\frac{R}{2}+r\right)^2} \text{ или } \frac{4}{(2R+r)^2} = \frac{1}{\left(\frac{R}{2}+r\right)^2}. \text{ Извлечем корень квадратный}$$

из левой и правой части  $\frac{2}{2R+r} = \frac{1}{\frac{R}{2}+r}$ ,  $R+2r=2R+r$ , откуда  $r=R$ . Тогда

мощность  $P = \frac{\varepsilon^2}{(3R)^2} \cdot 2R$ ;  $P = \frac{2\varepsilon^2}{9R}$ ; ЭДС источника  $\varepsilon^2 = \frac{9PR}{2}$ ;  $\varepsilon = 3\sqrt{\frac{PR}{2}}$

Ответ: 2

**A22.** Через раствор соли серебра в течение времени  $t$  пропускался ток силой  $I$ . Электрохимический эквивалент серебра равен  $k$ . Если плотность серебра равна  $\rho$ , площадь поверхности катода равна  $S$ , то толщина слоя выделившегося серебра равна...

- 1)  $\frac{kIt}{2\rho S}$       2)  $\frac{2kIt}{\rho S}$       3)  $\frac{kIt}{\rho S}$       4)  $\frac{kIt}{4\rho S}$       5)  $\frac{4kIt}{\rho S}$

Решение.

Дано:

$t$ ;  
 $I$ ;  
 $k$ ;  
 $\rho$ ;  
 $S$ ;

$h$ —?

По закону Фарадея масса серебра, выделившегося на электроде  $m = k \cdot I \cdot t$ . С другой стороны  $m = \rho \cdot V$ ; объем серебра  $V = S \cdot h$ , тогда:  $S \cdot h \cdot \rho = k \cdot I \cdot t$ , откуда толщина слоя выделившегося серебра

$$h = \frac{k \cdot I \cdot t}{\rho \cdot S}$$

Ответ: 3

**A23.** Между полюсами электромагнита в горизонтальном магнитном поле находится проводник, расположенный горизонтально, перпендикулярно линиям магнитной индукции. Определите плотность материала, из которого изготовлен проводник. Ток, проходящий по проводнику, равен 5 А, площадь поперечного сечения проводника  $3,7 \text{ мм}^2$ . Вектор магнитной индукции равен  $65 \text{ мТл}$ .

- 1)  $7,3 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$       2)  $7,8 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$       3)  $8,5 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$       4)  $8,8 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$       5)  $10,5 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$

Решение.

Дано:

$\alpha = 90^\circ$ ;  
 $I = 5 \text{ А}$ ;  
 $B = 65 \cdot 10^{-3} \text{ Тл}$ ;  
 $S = 3,7 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$ ;

$\rho$ —?

На проводник с током в магнитном поле действует сила Ампера:  $F_A = BIl \sin \alpha = BIl$ , т.к.  $\sin \alpha = 1$ . Т.к. проводник находится в покое, то  $F_A = mg$ . Масса проводника  $m = \rho \cdot V$ . Объем проводника  $V = I \cdot S$ . Тогда  $BIl = \rho l S g$ , откуда плотность материала проводника

$$\rho = \frac{BI}{Sg} = \frac{65 \cdot 10^{-3} \cdot 5}{3,7 \cdot 10^{-6} \cdot 10} = 87,8 \cdot 10^2 \left( \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right) = 8,8 \left( \frac{\text{г}}{\text{см}^3} \right)$$

Ответ: 4

A24. Линии напряженности однородного электрического поля и линии индукции однородного магнитного поля взаимно перпендикулярны. Напряженность электрического поля равна  $1 \frac{\kappa B}{M}$ , индукция магнитного поля равна 1 мТл. Определите модуль скорости электрона, если его движение в этих полях прямолинейно.

- 1)  $1 \cdot 10^4 \frac{M}{c}$     2)  $2 \cdot 10^4 \frac{M}{c}$     3)  $1 \cdot 10^5 \frac{M}{c}$     4)  $1 \cdot 10^6 \frac{M}{c}$     5)  $2 \cdot 10^6 \frac{M}{c}$

Решение.

Дано:

$$\vec{B} \perp \vec{E};$$

$$E = 10^3 \frac{B}{M};$$

$$B = 10^{-3} \text{ Тл};$$

$$\vec{v} = \text{const.}$$

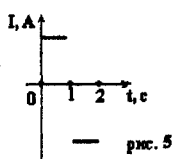
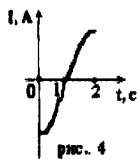
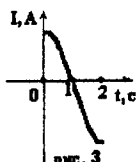
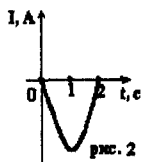
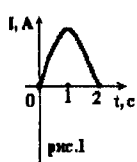
$v = ?$

На электрон в электрическом поле действует сила  $F = q \cdot E$ , а в магнитном поле сила Лоренца  $F_L = qBv$ . Электрон движется прямолинейно, если эти силы компенсируют друг друга, т.е.

$$qE = qBv, \text{ откуда } v = \frac{E}{B}, v = \frac{10^3 \frac{B}{M}}{10^{-3} \text{ Тл}} = 10^6 \frac{M}{c}$$

Ответ: 4

A25. На железный сердечник надеты катушка и металлическое кольцо, изолированное от катушки. Изменение силы тока в катушке со временем представлено на рис. 1.



Какой рисунок отражает зависимость силы тока в кольце от времени?

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

Решение.

В кольце возникает индукционное поле при пересечении его изменяющимся магнитным потоком, создаваемым и меняющейся силой тока в катушке. По правилу Ленца при увеличении силы в катушке сила тока в кольце должна быть направлена, противоположно и тоже увеличиваться, а при уменьшении силы

тока в катушке сила тока в кольце будет иметь то же направление и должна увеличиваться. Поэтому изменение силы тока в катушке рис. 4

Ответ: 4

A26. Конденсатор колебательного контура в первоначальный момент времени имеет заряд  $q_m$ . Через какое время заряд на обкладках конденсатора будет в два раза меньше амплитудного значения?

- 1)  $\frac{T}{8}$       2)  $\frac{T}{6}$       3)  $\frac{T}{4}$       4)  $\frac{T}{3}$       5)  $\frac{T}{2}$

Дано:

$$\begin{aligned} t_1 &= 0; \\ q_1 &= q_m; \\ t_2 &= t; \\ a_2 &= \frac{q_m}{2}; \end{aligned}$$

$t=?$

Решение.

Зависимость заряда конденсатора от времени  $q = q_m \cos \omega t$ . В момент времени  $t_2 = t$ , заряд  $q_2 = a_{\max} \cos(\omega t)$ . Используя условие

задачи  $\frac{q_m}{2} = a_{\max} \cos \omega t$  или  $\frac{1}{2} = \cos \omega t$ ,  $\cos \frac{\pi}{3} = \cos \omega t$ , откуда  $\frac{\pi}{3} = \omega t$ ;

$$\text{циклическая частота } \omega = \frac{2\pi}{T} \text{ или } \frac{\pi}{3} = \frac{2\pi}{T} t; t = \frac{T}{6}$$

Ответ: 2

A27. Колебательный контур состоит из плоского конденсатора, заполненного парафином ( $\epsilon=2$ ). Площадь пластин конденсатора  $100,0 \text{ см}^2$ , расстояние между пластинами  $1,1 \text{ мм}$ . Определите, индуктивность катушки, если контур настроен на длину волны  $4333 \text{ м}$ .

- 1) 32 мГн      2) 40 мГн      3) 50 мГн      4) 60 мГн      5) 82 мГн

Дано:

$$\begin{aligned} \epsilon &= 2; \\ t &= 100 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2; \\ d &= 1,1 \cdot 10^{-3} \text{ м}; \\ \lambda &= 4333 \text{ м}; \end{aligned}$$

$L=?$

Решение.

Длина волны  $\lambda = c \cdot T$ , где  $c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$  — скорость распространения электромагнитной волны в воздухе. Период колебаний, возникающих в колебательном контуре  $T = 2\pi \sqrt{L \cdot C}$ .

Емкость плоского конденсатора  $C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$ . Т.к.  $k = \frac{1}{4\pi \epsilon_0}$ ,

$$\text{то } \epsilon_0 = \frac{1}{4\pi k}, k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2}. \text{ Тогда } \lambda = c \cdot 2\pi \sqrt{L \frac{\epsilon S}{4\pi k \cdot d}} \text{ или } \lambda^2 = c^2 \cdot 4\pi^2 \cdot L \frac{\epsilon S}{4\pi k \cdot d}$$

$$\text{, откуда } L = \frac{\lambda^2 k d}{c^2 \pi \epsilon S}, L = \frac{4333^2 \cdot 9 \cdot 10^9 \cdot 1,1 \cdot 10^{-3}}{9 \cdot 10^{16} \cdot 3,14 \cdot 2 \cdot 10^{-2}} = 32 \cdot 10^{-3} \text{ Гн} = 32 \text{ мГн}$$

Ответ: 1

A28. Точечный источник света находится в жидкости на глубине  $H$  под центром плавающего круглого куска пенопласта, диаметр которого равен  $D$ . Угол, под

которым лучи от источника выходят из воды у края пенопласта (угол преломления), равен  $\beta$ . Показатель преломления жидкости равен...

- 1)  $\frac{\sin \beta \sqrt{4H^2 + D^2}}{2D}$       2)  $\frac{\sin \beta \sqrt{H^2 + D^2}}{2D}$       3)  $\frac{2 \sin \beta \sqrt{H^2 + D^2}}{D}$   
 4)  $\frac{\sin \beta \sqrt{4H^2 + D^2}}{D}$       5)  $\frac{\sin \beta \sqrt{H^2 + 4D^2}}{D}$

Решение.

Запишем закон преломления  $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1}$ ,

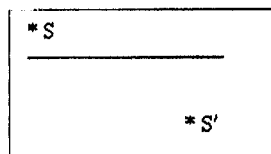
$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{1}{n}$ . Из треугольника SAB

$$\sin \alpha = \frac{\frac{D}{2}}{\sqrt{\frac{D}{4} + H^2}} = \frac{D}{\sqrt{D^2 + 4H^2}}. \text{ Показатель}$$

преломления  $n = \frac{\sin \beta}{\sin \alpha} = \frac{\sqrt{D^2 + 4H^2} \sin \beta}{D}$

Ответ: 4

A29. Изображение точечного источника света  $S'$  и сам источник  $S$  расположены относительно главной оптической оси тонкой линзы так, как показано на рисунке.



Данному случаю соответствует формула линзы

- 1)  $-\frac{1}{F} = -\frac{1}{d} + \frac{1}{f}$       2)  $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$       3)  $-\frac{1}{F} = \frac{1}{d} - \frac{1}{f}$   
 4)  $-\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$       5)  $\frac{1}{F} = -\frac{1}{d} + \frac{1}{f}$

Решение.

Из рисунка видно, что изображение источника света расположены дальше относительно главной оптической оси и по другую сторону от нее.

Следовательно, линза собирающая, а изображение действительное. Формула

$$\text{линзы имеет вид } \frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}.$$

Ответ: 2

**A30.** На сколько увеличится масса 1 кг воды при нагревании ее на 50 °С?

Удельная теплоемкость воды 4200  $\frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^\circ\text{C}}$ .

- 1)  $2,33 \cdot 10^{-9}$  кг    2)  $2,33 \cdot 10^{-12}$  кг    3)  $0,93 \cdot 10^{-15}$  кг    4)  $1,30 \cdot 10^{-17}$  кг    5)  $1,30 \cdot 10^{-20}$  кг

Решение.

Дано:

$$m = 1 \text{ кг};$$

$$\Delta t = 50^\circ \text{C};$$

$$c_1 = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^\circ\text{C}};$$

$\Delta m = ?$

При нагревании воды ей сообщили энергию  $\Delta E = c_1 m \Delta t$ . Из закона взаимосвязи массы и энергии следует, что  $\Delta E = \Delta m \cdot c^2$ ,

откуда увеличение массы воды  $\Delta m = \frac{c_1 m \Delta t}{c^2}$ ,  $c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$  —

скорость света в вакууме.  $\Delta m = \frac{4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^\circ\text{C}} \cdot 1 \text{ кг} \cdot 50^\circ \text{C}}{9 \cdot 10^{16} \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}} = 2,33 \cdot 10^{-12} \text{ кг}$

Ответ: 2

**A31.** Поверхность платиновой пластинки освещается светом с длиной волны  $5,0 \cdot 10^{-7}$  м ( $A_{\text{в}} = 5,31$  эВ). Что произойдет с платиновой пластинкой?

- 1) зарядится, т. к.  $E > A_{\text{в}}$   
 2) зарядится, т. к.  $E = A_{\text{в}}$   
 3) ничего не произойдет  
 4) разрядится, т. к.  $E < A_{\text{в}}$   
 5) разрядится, т. к.  $E > A_{\text{в}}$

Решение.

Дано:

$$\lambda = 5 \cdot 10^{-7};$$

$$A_{\text{в}} = 5,31 \text{ эВ} = 8,5 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$$

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

что произойдет?

Определим энергию фота, падающего на платиновую

пластину:  $E = \frac{ch}{\lambda}$ ;  $c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ ;  $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж}\cdot\text{с}$ ;

$$E = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{5 \cdot 10^{-7}} = 4 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}; \text{ Энергия фотона,}$$

меньше работы выхода электрона из металла,

следовательно, ничего не произойдет.

Ответ: 3

**A32.** Количество заряженных частиц в атоме изотопа индия  $^{115}_{49}\text{In}$  равно...

- 1) 164    2) 66    3) 115    4) 49    5) 98



Решение.

Дано:

${}_{49}^{115}\text{In}$ ;

$h=?$

В ядре индия находится 49 протонов, а в атоме еще и 9 электронов. Значит, число заряженных частиц в атоме индия  $h = 49 + 49 = 98$

Ответ: 5

A33. Длина волны испускаемого атомом излучения равна  $2,5 \cdot 10^{-9}$  м. Энергия атома уменьшилась на...

- 1)  $5,3 \cdot 10^{-17}$  Дж 2)  $4,0 \cdot 10^{-17}$  Дж 3)  $2,9 \cdot 10^{-17}$  Дж 4)  $3,5 \cdot 10^{-17}$  Дж 5)  $7,9 \cdot 10^{-17}$  Дж

Решение.

Дано:

$\lambda = 2,5 \cdot 10^{-9}$  м;

$\Delta E=?$

При испускании атомом кванта излученная энергия

уменьшается на  $\Delta E = \frac{hc}{\lambda}$ ,  $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$  Дж·с - постоянная

Планка,  $c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$  - скорость света в вакууме,

$$\Delta E = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{2,5 \cdot 10^{-9} \text{ м}} = 7,9 \cdot 10^{-17} \text{ Дж}$$

Ответ: 5

A34. Определите минимальную энергию, необходимую для расщепления ядра кислорода  ${}^1_8\text{O}$  на протоны и нейтроны ( $m_p = 1,00780$  а. е. м.,  $m_n = 1,00870$  а. е. м.,

$m_0 = 15,99491$  а. е. м.).

- 1) 14 МэВ 2) 18 МэВ 3) 127 МэВ 4) 190 МэВ 5) 200 МэВ

Решение.

Дано:

${}^1_8\text{O}$ ;

$m_p = 1,00780 \text{ а.е.м.}$ ;

$m_n = 1,00870 \text{ а.е.м.}$ ;

$m_0 = 15,99491 \text{ а.е.м.}$ ;

$E=?$

Минимальная энергия, необходимая для расщепления ядра на протоны и нейтроны - это энергия связи ядра:

$E = 931 \frac{\text{МэВ}}{\text{а.е.м}} \Delta m$ . Ядро состоит из 8 протонов и 8 нейтронов.

Дефект массы  $m = 8m_p + 8m_n - m_0$ . Тогда

$$E = 931 \frac{\text{МэВ}}{\text{а.е.м}} \cdot 8(1,00780 + 1,00870 - 15,99491) = 128 \text{ МэВ}$$

Ответ: 3

A35. Найдите недостающий продукт ядерной реакции  ${}^{55}_{23}\text{Mn} + {}^2_1\text{D} \rightarrow {}^{56}_{26}\text{Fe} + ?$

- 1)  $\gamma$  2) n 3) p 4)  ${}^3_1\text{T}$  5)  $\beta$

Решение.

Допишем ядерную реакцию, используя законы сохранения массового числа и заряда:  ${}_{25}^{55}M_n \rightarrow {}_1^2D \rightarrow {}_{26}^{56}Fe + {}_0^1X$ . Частица X является нейтроном.

Ответ: 2

### Часть В

**В1.** Какой должна быть скорость мотоциклиста (в  $\frac{M}{c}$ ), чтобы он мог ездить внутри поверхности вертикального цилиндра по горизонтальному кругу, если при движении по горизонтальной поверхности при том же коэффициенте трения и скорости  $18 \frac{KM}{ч}$  минимальный радиус поворота составляет 4,5 м? Радиус вертикального цилиндра 8 м.

Решение.

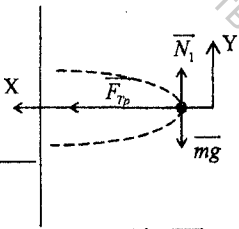
Дано:

$$V_1 = 5 \frac{M}{c};$$

$$R_1 = 4,5 M;$$

$$R_2 = 8 M;$$

$V - ?$



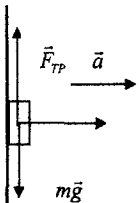
Когда мотоциклист движется, по горизонтальной поверхности на него действует сила тяжести  $\vec{mg}$ , сила реакции опоры  $\vec{N}_1$  и сила трения скольжения  $\vec{F}_{тр}$ .

По второму закону Ньютона  $\vec{mg} + \vec{N}_1 + \vec{F}_{тр} = \vec{ma}$ , в проекции на оси ОХ и ОУ.

ОХ:  $\vec{F}_{тр} = \vec{ma}_1$ . ОУ:  $N_1 - mg = 0$ .  $F_{тр} = \mu \cdot N_1$ , центростремительное

ускорение  $a_1 = \frac{V_1^2}{R_1}$ , тогда  $\mu \cdot mg = m \cdot \frac{V_1^2}{R_1}$ , откуда коэффициент трения

$$\mu = \frac{V_1^2}{g \cdot R} = \frac{25 \frac{M^2}{c^2}}{45 \frac{M^2}{c^2}} = 0,5.$$



Если мотоциклист движется внутри поверхности вертикального цилиндра, то на него действует  $\vec{mg}, \vec{N}, \vec{F}_{тр}$ . По второму закону Ньютона  $\vec{mg} + \vec{N} + \vec{F}_{тр} = \vec{ma}$ , в проекции на оси: ОХ:  $N = ma$ ;  $F_{тр} - mg = 0$ ;

$$F_{тр} = \mu \cdot N; \quad \mu \cdot ma = mg; \quad a = \frac{V^2}{R}; \quad \frac{V^2}{R} = g;$$

Скорость мотоциклиста  $V = \sqrt{\frac{g \cdot R}{\mu}} = \sqrt{\frac{80}{0,5}} = \sqrt{160} = 12,649 \frac{M}{c}$ .

Ответ: 13

В2. Два шара массами  $m$  и  $2m$  движутся по взаимно перпендикулярным направлениям с равными по величине скоростями. После соударения тело массой  $m$  останавливается. Какую часть его энергии (в %) составляет выделившаяся при ударе теплота?

Решение.

Дано:

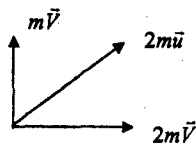
$$m_1 = m$$

$$m_2 = 2m$$

$$V_1 = V_2 = V$$

$$u_1 = 0$$

$$\frac{Q}{E_1} = ?$$



шаров до удара

$$E = \frac{mV^2}{2} + \frac{2mV^2}{2} = \frac{3mV^2}{2}$$

Шар массой  $m$  обладал кинетической энергией

$$E_1 = \frac{mV^2}{2}. \text{ Когда он (по условию}$$

задачи остановился) его кинетическая энергия стала равна 0. Кинетическая энергия

После удара кинетическая энергия шаров  $E' = \frac{2m \cdot u_2^2}{2}$ .

$$m\vec{V} + 2m\vec{V} = 2m\vec{u} \text{ или } \sqrt{m^2V^2 + 4m^2V^2} = 2mu$$

$\sqrt{5}mV = 2mu$ . Откуда скорость второго шара после удара  $u = \frac{\sqrt{5}V}{2}$ . Кинетическая

энергия после удара  $E' = \frac{2m \cdot 5V^2}{8} = \frac{5m \cdot V^2}{4}$ . Количество теплоты, выделившейся

при ударе  $Q = E - E' = \frac{3mV}{2} - \frac{5mV}{4} = \frac{mV}{4}$ . Следовательно  $\frac{Q}{E_1} = \frac{\frac{mV}{4}}{\frac{mV^2}{2}} = \frac{1}{2} = 50\%$ .

Ответ: 50

В3. Если при измерении напряжения на зажимах источника вольтметром с внутренним сопротивлением 20 Ом показания вольтметра составляют 1,37 В, а при замыкании источника на сопротивление 10 Ом ток в цепи равен 0,104 А, то ЭДС элемента составляет ... В.

Дано:

$$u_1 = 1.37 \text{ В}$$

$$R_1 = 20 \text{ Ом}$$

$$R_2 = 10 \text{ Ом}$$

$$I = 0.104 \text{ А}$$

$$E = ?$$

Решение.

Сила тока в цепи, если при замыкании источника на сопротивление  $R$  по закону Ома для полной цепи  $I = \frac{\varepsilon}{R+r}$ .

При подключении к зажимам источника тока вольтметра, через него потечет ток  $I_v = \frac{\varepsilon}{R_v + r}$  и вольтметр покажет

$$u_v = I_v \cdot R_v$$

$$u_v = \frac{\varepsilon}{R_v + r} \cdot R_v$$

Нужно решить систему уравнений  $\left\{ \begin{array}{l} I = \frac{\varepsilon}{R+r} \\ u_v = \frac{\varepsilon}{R_v+r} \cdot R_v \end{array} \right.$  относительно  $\varepsilon$ .

Из первого уравнения выразим внутреннее сопротивление источника

$$r = \frac{\varepsilon}{I} - R \text{ и подставим во второе уравнение: } u_v = \frac{\varepsilon \cdot R_v}{R_v + \frac{\varepsilon}{I} - R} \quad u_v = \frac{\varepsilon \cdot R_v \cdot I}{(R_v - R) \cdot I + \varepsilon};$$

$$u_v \cdot (R_v - R) \cdot I = \varepsilon \cdot (R_v \cdot I + u_v); \quad \varepsilon = \frac{u_v \cdot (R_v - R) \cdot I}{R_v \cdot I + u_v};$$

$$\varepsilon = \frac{1.37 \cdot 10 \cdot 0.104}{20 \cdot 0.104 - 1.37} = 2(\text{В});$$

Ответ: 2

**В4.** Катушка индуктивностью 0,4 Гн находится в магнитном поле. При равномерном изменении магнитного поля его поток через катушку возрос на 0,02 Вб. Ток в катушке увеличился на ... мА.

Решение.

Дано:  
 $L = 0,4 \text{ Гн}$   
 $\Delta\Phi = 0,02 \text{ Вб}$

$\Delta I = ?$

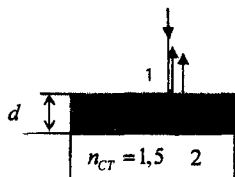
При равномерном изменении магнитного поля в катушке на  $\Delta\Phi$  за время  $\Delta t$  в ней возникла ЭДС индукции  $\varepsilon_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ . Магнитный поток определяется выражением  $\Phi = L \cdot I$ , тогда изменение магнитного потока  $\Delta\Phi = L \cdot \Delta I$ , а изменение силы тока  $\Delta I = \frac{\Delta\Phi}{L} = \frac{0,02 \text{ Вб}}{0,4 \text{ Гн}} = 0,05 \text{ А} = 50 \text{ мА}$ .

Ответ: 50

**В5.** Для просветления оптики на линзу нанесли пленку толщиной 100 нм с показателем преломления 1,2. Определите минимальную длину волны (в нм) отраженного света.

### Решение.

Лучи, отраженные в точках 1 и 2 интерферируют. Оптическая разность хода для них  $\Delta = 2dn$ . Лучи при интерференции будут гасить друг



Дано:

$$d = 10^{-7} \text{ м}$$

$$n = 1.2$$

$$\lambda_{\min} - ?$$

друга, если

$$\Delta = (2m+1) \frac{\lambda}{2} \quad 2dn = (2m+1) \frac{\lambda}{2} \quad d \text{ будет минимальной при } m = 0. \text{ тогда}$$

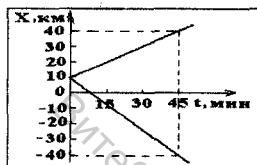
$$2d_{\min} n = \frac{\lambda}{2}, \text{ откуда}$$

$$\lambda = 4dn = 4 \cdot 10^{-7} \cdot 1.2 = 4,8 \cdot 10^{-7} \text{ м} = 480 \text{ нм.}$$

Ответ: 480

### Тест по физике № 4

A1. На рисунке представлены зависимости координат автобуса и легкового автомобиля от времени.



Модуль их относительной скорости равен

- 1)  $87 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$    2)  $97 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$    3)  $107 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$    4)  $117 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$    5)  $127 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$

Решение.

Из графиков зависимости координат автобуса и легкового автомобиля видно, что в начальный момент ( $t = 0$ ), расстояние между ними  $\Delta X_1 = 0$ . Через

$45 \text{ мин} = \frac{3}{4} \text{ часа}$  расстояние  $\Delta X_2 = 80 \text{ км}$ . Модуль их относительной скорости:

$$V = \frac{\Delta X_2 - \Delta X_1}{\Delta t}$$

$$V = \frac{80 \text{ км}}{\frac{3}{4} \text{ ч}} = 107 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$$

Ответ: 3

A2. Колесо радиусом 30 см движется по горизонтальной дороге без проскальзывания. Определите путь, пройденный колесом за время, в течение которого колесо совершило 800 оборотов.

- 1) 968 м   2) 1 286 м   3) 754 м   4) 1 507 м   5) 480 м

Решение.

За один оборот колесо проходит путь  $2\pi R$ . Значит за  $N$  оборотов  $S = 2\pi RN$ . Откуда  $S = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,3 \text{ м} \cdot 800 = 1507 \text{ м}$

Ответ: 4

Дано:

$$R = 0,3$$

$$N = 800$$

S - ?

A3. Тело свободно падает с высоты 500 м. Какой путь пройдет тело за последнюю секунду своего падения?

- 1) 5,0 м   2) 25,0 м   3) 47,5 м   4) 95,0 м   5) 200,0 м

Решение.

Дано:

$$V_0 = 0;$$

$$g = 9,8 \frac{M}{c^2};$$

$$h = 500 \text{ м};$$

S - ?

Зная высоту свободного падения  $h = \frac{gt^2}{2}$ , найдем время падения.

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}; \quad t = \sqrt{\frac{2 \cdot 500}{10}} = 10 \text{ с.}$$

Следовательно, надо найти путь за десятую секунду  $S = h - h_9$ ,

где  $h_9$  - путь, пройденный за девять секунд.

$$h_9 = \frac{g \cdot (9c)^2}{2} = \frac{10 \frac{M}{c^2} \cdot (9c)^2}{2} = 405 \text{ м.}$$

Откуда  $S = 500 \text{ м} - 405 \text{ м} = 95 \text{ м}$ .

Ответ: 4

**A4.** Брусок, лежащий на доске, начинает двигаться, если доску поднять за один конец так, что она образует угол  $30^\circ$  с горизонтом. Если длина доски 1 м, а угол наклона  $45^\circ$ , то брусок соскользнет с доски за

- 1) 0,43 с    2) 1,12 с    3) 0,48 с    4) 0,96 с    5) 0,82 с

Решение.

Дано:

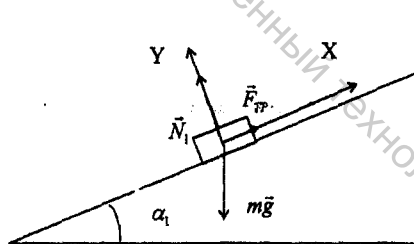
$$V_0 = 0;$$

$$S = 1 \text{ м};$$

$$\alpha_1 = 30^\circ;$$

$$\alpha_2 = 45^\circ;$$

t - ?



ОУ имеем

При угле наклона  $\alpha_1$  груз находится в покое. К этой ситуации применим I закон Ньютона:

$$m\vec{g} + \vec{N}_1 + \vec{F}_{\text{мп1}} = 0$$

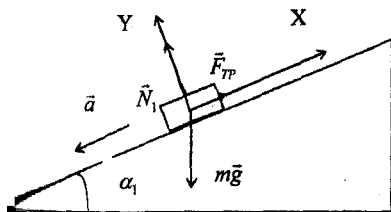
В проекциях на оси OX и OY:

$$-mg \sin \alpha_1 + F_{\text{мп1}} = 0;$$

ОУ:  $N_1 - mg \cos \alpha_1 = 0$ ; Учтем, что  $F_{\text{мп1}} = \mu N_1$ . Следовательно  $mg \sin \alpha_1 = \mu mg \cos \alpha_1$ .

Откуда  $\mu = \tan \alpha_1$ .

При угле наклона  $\alpha_2 = 45^\circ$  брусок движется с ускорением  $\vec{a}$ . По II закону Ньютона:  $m\vec{g} + \vec{N}_2 + \vec{F}_{\text{мп2}} = m\vec{a}$ .



В проекциях на оси OX и OY имеем OX:

$$-mg \sin \alpha_2 + F_{\text{мп2}} = -ma;$$

OY:  $N_2 - mg \cos \alpha_2 = 0$ ; Учтем, что  $F_{\text{мп2}} = \mu N_2$ .

Найдем ускорение бруска

$$a = \frac{mg \sin \alpha_2 - F_{\text{мп2}}}{m} = \frac{mg \sin \alpha_2 - \mu mg \cos \alpha_2}{m}$$

$$a = g(\sin \alpha_2 - \mu \cos \alpha_2) = 10 \frac{M}{c^2} \left( \frac{\sqrt{2}}{2} - \frac{\sqrt{3}}{3} \frac{\sqrt{2}}{2} \right) \approx 3 \frac{M}{c^2}$$

Так как движение бруска равно ускоренное, то  $S = V_0 \cdot t + \frac{a \cdot t^2}{2} = \frac{a \cdot t^2}{2}$ . Откуда

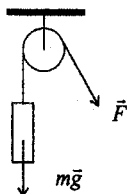
$$t = \sqrt{\frac{2S}{a}} = \sqrt{\frac{2M}{3 \frac{M}{c^2}}} = 0,82 \text{ с}$$

Ответ: 5

**A5. Использование неподвижного блока при подъеме груза обеспечивает**

- 1) выигрыш в силе
- 2) выигрыш в работе
- 3) выигрыш в силе и работе
- 4) изменение направления силы, выигрыша в силе нет
- 5) выигрыш в силе в 2 раза

**Решение.**



Неподвижный блок не дает выигрыша ни в силе, ни в работе, он изменяет направление силы.

Ответ: 4

**A6. Уравнение движения материальной точки массой 200 г вдоль оси OX имеет вид  $x = 5 + 10t + 4t^2$ . Определите значение проекции равнодействующей всех сил, приложенных к телу, на ось OX.**

- 1) 4,0 Н      2) 0,8 Н      3) 1,6 Н      4) 2,0 Н      5) 1,0 Н

Дано:

$$m = 0,2 \text{ кг}$$

$$x = 5 + 10t + 4t^2$$

$$F_{px} = ?$$

**Решение.**

Из второго закона Ньютона следует, что  $F_{px} = ma_x$ . Ускорение вдоль оси OX это производная от проекции скорости по времени.  $V_x = x' = (5 + 10t + 4t^2)' = 10 + 8t$ .

Ускорение  $a_x = V_x' = (10 + 8t)' = 8$ . Проекция равнодействующей всех сил на ось OX

$$F_{px} = 0,2 \text{ кг} \cdot 8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = 1,6 \text{ Н}$$

Ответ: 3

**A7. Надувной плот массой 10 кг отплывает от берега со скоростью  $2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ , направленной под углом  $30^\circ$  к линии берега. С берега на плот с разгона прыгает человек массой 70 кг со скоростью  $10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ , перпендикулярной линии берега.**

Найдите скорость плота с человеком.



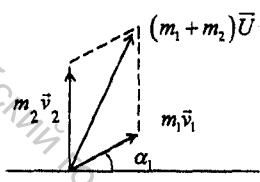
- 1)  $6,6 \frac{M}{c}$       2)  $8,9 \frac{M}{c}$       3)  $10,2 \frac{M}{c}$       4)  $11,5 \frac{M}{c}$       5)  $12,8 \frac{M}{c}$

$\frac{M}{c}$

Дано:

- $V_1 = 2 \frac{M}{c}$ ;  
 $V_2 = 10 \frac{M}{c}$ ;  
 $m_1 = 10 \text{ кг}$ ;  
 $m_2 = 70 \text{ кг}$ ;  
 $\alpha_1 = 30^\circ$ ;  
 $\alpha_2 = 90^\circ$ ;  
 1) - ?

Покажем направления импульсов до и после взаимодействия плота и человека. По закону сохранения импульса:



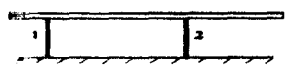
Из теоремы косинусов  
 $(m_2 + m_1)^2 U^2 = m_2^2 v_2^2 + m_1^2 v_1^2 + 2m_2 v_2 m_1 v_1 \cos(90^\circ - 30^\circ)$   
 $(m_2 + m_1)^2 U^2 = m_2^2 v_2^2 + m_1^2 v_1^2 + 2m_2 v_2 m_1 v_1 \frac{1}{2}$

$$U = \sqrt{\frac{(m_2 + m_1)^2 U^2 = m_2^2 v_2^2 + m_1^2 v_1^2 + 2m_2 v_2 m_1 v_1 \frac{1}{2}}{(m_2 + m_1)^2}}$$

$$U = \sqrt{\frac{400 \text{ кг}^2 \frac{M^2}{c^2} + 490000 \text{ кг}^2 \frac{M^2}{c^2} + 14000 \text{ кг}^2 \frac{M^2}{c^2}}{6400 \text{ кг}^2}} = 8,9 \frac{M}{c}$$

Ответ: 2

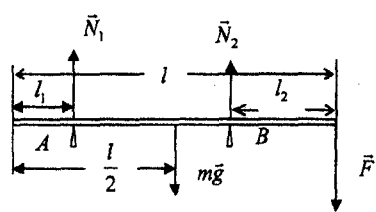
А8. Однородная балка массой 360 кг и длиной 6 м расположена горизонтально на двух опорах. Левый конец балки выступает за опору 1 на 1 метр, а правый конец балки выступает за опору 2 на 2 м. Какую минимальную силу, направленную вниз, необходимо приложить к правому концу балки, чтобы ее приподнять?



- 1) 2 400 Н      2) 3 600 Н      3) 7 200 Н      4) 2 880 Н      5) 1 800 Н

Решение.

- Дано:  
 $m = 360 \text{ кг}$ ;  
 $l = 6 \text{ м}$ ;  
 $l_1 = 1 \text{ м}$ ;  
 $l_2 = 2 \text{ м}$ ;  
 1) - ?



Если к правому концу балки приложим силу направленную вниз, чтобы ее приподнять то балка будет вращаться относительно точки В

и момент силы  $mg$  и силы  $\vec{F}$  относительно точки В должны быть равны.  $M_1 = M_2$ .

$M_1 = mg(\frac{l}{2} - l_2)$ ,  $M_2 = F \cdot l_2$ . Значит  $mg(\frac{l}{2} - l_2) = Fl_2$ . Откуда

$$F = \frac{mg(\frac{l}{2} - l_2)}{l_2} = \frac{360 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{М}}{\text{с}^2} \cdot 1 \text{ м}}{2 \text{ м}} = 1800 \text{ Н}.$$

Ответ: 5

**А9.** В сосуде с водой плавает кусок льда, внутри которого находится пузырек воздуха. После того, как весь лед растаял, уровень воды в сосуде

- 1) повысится
- 2) понизится
- 3) не изменится
- 4) необходимо знать массу льда и пробки
- 5) необходимо знать объем льда и пробки

Решение.

Условие плавания льда:  $(m_s + m_n)g = \rho_w g V$

где  $V$  - объем воды вытесненной куском льда.

Откуда  $V = \frac{m_s + m_n}{\rho_w}$ . Когда лед растает, то получится объем воды  $V_1 = \frac{m_s}{\rho_w}$ , если

пренебречь массой пузырька воздуха, то  $V_1 = V$ , т.е. уровень воды не изменится.

Ответ: 3

**А10.** Груз массой 100 г совершает колебания на пружине жесткостью 250  $\frac{\text{Н}}{\text{м}}$ .

Если амплитуда колебаний 0,15 м, то модуль максимальной скорости равен

- 1)  $1,60 \frac{\text{М}}{\text{с}}$
- 2)  $7,50 \frac{\text{М}}{\text{с}}$
- 3)  $3,75 \frac{\text{М}}{\text{с}}$
- 4)  $11,25 \frac{\text{М}}{\text{с}}$
- 5)  $6,25 \frac{\text{М}}{\text{с}}$

Решение.

Дано:

$$k = 250 \frac{\text{Н}}{\text{м}};$$

$$m = 0,1 \text{ кг};$$

$$A = 0,15 \text{ м};$$

$$V_{\text{max}} = ?$$

При гармонических колебаниях груза на пружине выполняется закон сохранения механической энергии: максимальная потенциальная энергия пружины превращается в максимальную кинетическую энергию груза:  $\frac{kA^2}{2} = \frac{mV_{\text{max}}^2}{2}$ , откуда

$$V_{\text{max}} = A \sqrt{\frac{k}{m}}; \quad V_{\text{max}} = 0,15 \text{ м} \sqrt{\frac{250 \frac{\text{Н}}{\text{м}}}{0,1 \text{ кг}}} = 7,5 \frac{\text{М}}{\text{с}};$$

Ответ: 2

**A11.** Если упругая волна переходит из одной среды в другую и при этом ее скорость уменьшается в 2 раза, то частота колебаний  $\nu$  и длина волны  $\lambda$

- 1) уменьшаются в 2 раза
- 2) увеличиваются в 2 раза
- 3) не изменяются
- 4)  $\nu$  увеличивается 2 раза,  $\lambda$  не изменяется
- 5)  $\lambda$  уменьшается в 2 раза,  $\nu$  не изменяется

Решение.

Дано:

$$\nu_1 = \frac{v_1}{\lambda_1}$$

$$\lambda_2 = ?$$

При переходе упругой волны из одной среды в другую частота колебаний не изменяется  $\nu_1 = \nu_2$ . Длина волны  $\lambda = \frac{v}{\nu}$ . Значит

$$\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{v_1}{v_2} \cdot \frac{\nu}{\nu} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{v_1}{\frac{v_1}{2}} = 2. \quad \text{Следовательно,} \quad \text{длина} \quad \text{волны}$$

уменьшится в 2 раза.

Ответ: 5

**A12.** Плотность гелия, необходимого для сварки в инертных газах,  $45 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$  при давлении  $1,5 \cdot 10^7 \text{ Па}$ . Определите среднюю квадратичную скорость движения его молекул.

- 1)  $1,7 \cdot 10^3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$
- 2)  $1,0 \cdot 10^3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$
- 3)  $1,1 \cdot 10^4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$
- 4)  $0,5 \cdot 10^3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$
- 5)  $1,5 \cdot 10^3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

Решение.

Дано:

$$\rho = 45 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3};$$

$$P = 1,5 \cdot 10^7 \text{ Па.}$$

$$\langle v \rangle = ?$$

Запишем основное уравнение молекулярно кинетической теории в виде  $P = \frac{1}{3} \rho \langle v \rangle^2$ , откуда средняя квадратичная скорость

$$\langle v \rangle = \sqrt{\frac{3P}{\rho}} = \sqrt{\frac{3 \cdot 1,5 \cdot 10^7 \text{ Па}}{45 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}}} = 10^3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Ответ: 2

**A13.** Определите начальную температуру газа, если в изохорном процессе при нагревании на 14 К давление возрастает на 5%.

- 1) 19 °C
- 2) 70 °C
- 3) 7 °C
- 4) 17 °C
- 5) 36 °C

Решение.

Дано:

$$V = \text{const};$$

$$T_2 - T_1 = 14 \text{ К};$$

$$P_2 = 1,05 P_1.$$

$$t_1 = ?$$

При изохорном процессе справедлив закон Шарля:

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{T_2}{T_1}; \quad \text{Так как } T_2 = T_1 + 14 \text{ К, то } 1,05 = \frac{T_1 + 14 \text{ К}}{T_1} = 1 + \frac{14 \text{ К}}{T_1}$$

$$0,05 = \frac{14 K}{T_1} \text{ или } T_1 = \frac{14 K}{0,05} = 280 K. \text{ Температура по шкале Цельсия } t_1 = T_1 - 273 = 7^\circ C$$

Ответ: 3

**A14.** При температуре  $35^\circ C$   $0,47$  молей газа в баллоне объемом  $12$  литров создают давление

- 1)  $90$  кПа      2)  $96$  кПа      3)  $100$  кПа      4)  $102$  кПа      5)  $140$  кПа

Дано:  
 $t = 35^\circ C$ ;  
 $T = 308 K$ ;  
 $V = 12 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ ;  
 $\nu = 0,47 \text{ моль}$

$P = ?$

Решение.

Запишем уравнение Менделеева-Клапейрона в виде  $PV = \nu RT$ , где  $R$  – универсальная газовая постоянная.

$$R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot K}$$

$$\text{Давление газа } P = \frac{\nu RT}{V} = \frac{0,47 \text{ моль} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot K} \cdot 308 K}{12 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3} = 10^5 \text{ Па.}$$

Ответ: 3

**A15.** Для приготовления ванны емкостью  $200$  л смешали холодную воду, температура которой  $10^\circ C$ , с горячей водой, температура которой  $60^\circ C$ . Какой объем горячей воды нужно взять, чтобы температура воды в ванной была  $40^\circ C$ ?

- 1)  $150$  л      2)  $160$  л      3)  $140$  л      4)  $120$  л      5)  $180$  л

Решение.

Дано:  
 $V = 0,2 \text{ м}^3$ ;  
 $t_1 = 10^\circ C$ ;  
 $t_2 = 60^\circ C$ ;  
 $t = 40^\circ C$ ;

$V_2 = ?$

Масса холодной воды  $m_1 = \rho_0 V_1$ , масса горячей  $m_2 = \rho_0 V_2$   
 По закону сохранения энергии  $Q_1 + Q_2 = 0$ . Где  $Q_1 = m_1 c (t - t_1)$  - количество теплоты, полученное холодной водой при нагревании ее от  $10^\circ C$  до  $40^\circ C$ ,  $Q_2 = m_2 c (t - t_2)$  - количество теплоты, отданное горячей водой при остывании ее от  $60^\circ C$  до  $40^\circ C$ .  $c$  - удельная теплоемкость воды. По условию задачи  $V = V_1 + V_2$ . Значит

$$\rho_0 V_2 c (t - t_2) + \rho_0 V_1 c (t - t_1) = 0.$$

$$(V - V_2)(t - t_1) + V_2(t - t_2) = 0, \text{ откуда } V(t - t_2) - V_2(t - t_1) + V_2(t - t_1) = 0,$$

$$V_2 = \frac{V(t - t_1)}{t - t_1 - t + t_2} = \frac{V(t - t_1)}{t_2 - t_1} = \frac{0,2 \text{ м}^3 \cdot 30^\circ}{50^\circ} = 0,12 \text{ м}^3 = 120 \text{ л.}$$

Ответ: 4

**A16.** Тепловая машина отдает холодильнику  $600$  кДж теплоты. Определите количество теплоты, получаемое машиной от нагревателя, если его температура  $127^\circ C$ , температура холодильника  $27^\circ C$ .

- 1)  $1000$  кДж      2)  $960$  кДж      3)  $750$  кДж      4)  $800$  кДж      5)  $1200$  кДж

## Решение.

Дано:

$Q_2 = 600 \text{ Дж}$

$T_1 = 400 \text{ К};$

$T_2 = 300 \text{ К};$

 $Q_1 - ?$ 

КПД идеальной тепловой машины можно определить двумя способами:  $\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$  и  $\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$ .

Следовательно

$$1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}; \quad \text{Откуда} \quad \frac{T_2}{T_1} = \frac{Q_2}{Q_1}. \quad \text{Количество теплоты,}$$

полученное машиной от нагревателя  $Q_1 = \frac{Q_2 T_1}{T_2} = \frac{600 \text{ Дж} \cdot 400 \text{ К}}{300 \text{ К}} = 800 \text{ Дж}.$

Ответ: 4

**A17.** Определите массу 60 капель воды, вытекающих из капилляра диаметром 2 мм. Коэффициент поверхностного натяжения равен  $0,0726 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$ .

- 1) 1,20 г      2) 1,60 г      3) 2,0 г      4) 2,24 г      5) 2,74 г

Дано:

$n = 60;$

$d = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м};$

$\sigma = 0,0726 \frac{\text{Н}}{\text{м}}.$

 $m - ?$ 

## Решение.

Капля отрывается от капилляра, когда ее сила тяжести равна силе поверхностного натяжения. Поэтому  $m_1 g = \sigma l$ , где  $m_1$  – масса одной капли,  $l$  – длина линии соприкосновения капли с капилляром:  $l = \pi d$ . Таким образом, масса 60 капель

$$m = 60 m_1 = 60 \frac{\sigma \pi d}{g} = 60 \frac{0,0726 \frac{\text{Н}}{\text{м}} \cdot 3,14 \cdot 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 2,74 \cdot 10^{-3} \text{ кг} = 2,74 \text{ г}.$$

Ответ: 5

**A18.** Одинаковые металлические шарики, заряженные одноименными зарядами  $q$  и  $9q$ , находятся на расстоянии  $r$  друг от друга. Шарики приводят в соприкосновение. На какое расстояние нужно их развести, чтобы сила взаимодействия осталась прежней?

- 1)  $2r$       2)  $\frac{3}{2}r$       3)  $\frac{5}{3}r$       4)  $\frac{3}{5}r$       5)  $3r$

Дано:

$$q_1 = q$$

$$q_2 = 9q$$

$$r_1 = r$$

$$r_2 = ?$$

Решение.

Сила взаимодействия между заряженными шариками

$$F_1 = k \frac{q_1 \cdot q_2}{r_1^2} = k \frac{9q^2}{r_1^2}. \text{ Если шарики привести в соприкосновение, то}$$

на них будут одинаковые заряды  $q'$ . По закону сохранения зарядов  $q_1 + q_2 = 2q' = q + 9q = 10q$ . Откуда  $q' = 5q$ . Сила

$$\text{взаимодействия после соприкосновения } F_2 = k \frac{(q')^2}{r_2^2} = k \frac{25q^2}{r_2^2}. \text{ По}$$

$$\text{условию } F_1 = F_2. \text{ Значит } k \frac{25q^2}{r_2^2} = k \frac{9q^2}{r_1^2}. \text{ Откуда } \frac{3}{r_1} = \frac{5}{r_2}, r_2 = \frac{5}{3}r.$$

Ответ: 3

**A19.** На шарик радиусом 2 см помещен заряд  $4 \cdot 10^{-12}$  Кл. С какой скоростью подлетает к нему электрон, начавший движение из точки, бесконечно удаленной от шарика?

- 1)  $5,6 \cdot 10^5 \frac{м}{с}$       2)  $1,5 \cdot 10^5 \frac{м}{с}$       3)  $4,0 \cdot 10^5 \frac{м}{с}$       4)  $8,0 \cdot 10^5 \frac{м}{с}$       5)  $16,0 \cdot 10^5 \frac{м}{с}$

Решение.

Дано:

$$R = 0,02 \text{ м};$$

$$q = 4 \cdot 10^{-12} \text{ Кл};$$

$$v_0 = 0.$$

$$m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ н};$$

$$v = ?$$

Потенциал шара  $\varphi = \frac{kq}{R}$ . В бесконечно удаленной точке электрон имеет энергию взаимодействия равную нулю. В точке, находящейся на расстоянии  $R = 2$  см, электрон обладает кинетической  $E_k = \frac{mv^2}{2}$  и потенциальной энергией взаимодействия  $E_p = e\varphi$ . Из закона сохранения

энергии для замкнутой системы имеем:  $E_k + E_p = 0$ . Откуда  $\frac{mv^2}{2} + k \frac{eq}{R} = 0$ , а

$$v = \sqrt{-k \frac{2eq}{mR}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \cdot 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2} \cdot 4 \cdot 10^{-12} \text{ Кл}}{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \cdot 2 \cdot 10^{-2} \text{ м}}} = 8 \cdot 10^5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Ответ: 4

**A20.** Четыре электрона помещены в вершины квадрата со стороной  $2a$ . Какую наибольшую скорость приобретут электроны в результате электростатического взаимодействия? Масса электрона –  $m$ , заряд электрона –  $q$ .

- 1)  $\sqrt{\frac{2,7q^2}{4\pi\epsilon_0 ma}}$       2)  $\sqrt{\frac{2,7q^2}{8\pi\epsilon_0 ma}}$       3)  $\sqrt{\frac{2,7q^2}{2\pi\epsilon_0 ma}}$   
 4)  $\sqrt{\frac{0,58q^2}{4\pi\epsilon_0 ma}}$       5)  $\sqrt{\frac{0,58q^2}{8\pi\epsilon_0 ma}}$

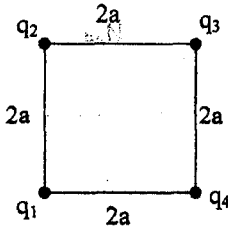
Решение.

Дано:

$$q_1 = q_2 = q_3 = q_4 = q;$$

$$q = 4 \cdot 10^{-12} \text{ Кл};$$

$$m_1 = m_2 = m_3 = m_4 = m.$$



$V_{\text{max}} = ?$

Потенциальная энергия взаимодействия системы четырех зарядов

$$E = \frac{1}{2} (q_1\varphi_1 + q_2\varphi_2 + q_3\varphi_3 + q_4\varphi_4),$$

где  $\varphi_i$  - потенциал результирующего поля в той точке, где находится  $i$ -заряд. Так как заряды равноправны,

то  $(q_1\varphi_1 = q_2\varphi_2 = q_3\varphi_3 = q_4\varphi_4)$  и потенциальная энергия взаимодействия:

$$E = \frac{1}{2} (4 \cdot q_1\varphi_1) = 2 \cdot q_1\varphi_1 = 2 \cdot q \left( k \frac{q}{2a} + k \frac{q}{2a} + k \frac{q}{2a\sqrt{2}} \right) = k \frac{2q^2}{a} + k \frac{q^2}{a\sqrt{2}}$$

Кинетическую энергию, которую приобретут электроны, найдем из закона сохранения энергии для замкнутой системы:

$$4 \cdot \frac{mv_{\text{max}}^2}{2} = k \frac{2q^2}{a} + k \frac{q^2}{a\sqrt{2}}. \text{ Откуда, максимальная скорость электронов равна:}$$

$$v = \sqrt{\frac{1}{2m} \left( k \frac{2q^2}{a} + k \frac{q^2}{a\sqrt{2}} \right)} = \sqrt{\frac{1}{8\pi\epsilon_0} \frac{2,7 \cdot q^2}{ma}}$$

Ответ: 2

**A21.** При подключении к источнику постоянного тока с внутренним сопротивлением  $r$  двух одинаковых сопротивлений во внешней цепи выделится одна и та же мощность как при последовательном, так и при параллельном их соединении. Сопротивление внешней цепи при параллельном соединении резисторов равно

- 1)  $2r$       2)  $\frac{r}{2}$       3)  $3r$       4)  $r$       5)  $\frac{r}{3}$

Решение.

Дано:

$$R_1 = R_2 = R;$$

$$R = P_1;$$

$\epsilon^2$

Запишем закон Ома для полной цепи для случаев последовательного и параллельного соединения резисторов его

внешней цепи:  $I_1 = \frac{\epsilon}{2R+r}$  и  $I_2 = \frac{\epsilon}{\frac{R}{2}+r}$ . Мощность, выделяемая во

внешней цепи  $P = I^2 R$ . При последовательном соединении резисторов во внешней цепи  $P_1 = I_1^2 \cdot 2R$ , а при параллельном  $P_2 = I_2^2 \cdot \frac{R}{2}$ . По условию задачи

$$P_1 = P_2, \left( \frac{\epsilon^2}{2R+r} \right)^2 \cdot 2R = \left( \frac{\epsilon}{\frac{R}{2}+r} \right)^2 \cdot \frac{R}{2} \text{ или } \frac{\epsilon^2 \cdot 2R}{(2R+r)^2} = \frac{\epsilon^2 \cdot \frac{R}{2}}{\left( \frac{R}{2}+r \right)^2}. \text{ Сокращаем на } \epsilon^2 R \text{ и}$$

получаем  $\frac{2}{(2R+r)^2} = \frac{\frac{1}{2}}{(\frac{R}{2}+r)^2}$  или  $\frac{4}{(2R+r)^2} = \frac{1}{(\frac{R}{2}+r)^2}$ . Извлечем корень квадратный

из левой и правой части  $\frac{2}{2R+r} = \frac{1}{\frac{R}{2}+r}$ ,  $R+2r=2R+r$ , откуда  $r=R$ . Тогда мощность

$$P = \frac{\varepsilon^2}{(3R)^2} \cdot 2R; P = \frac{2\varepsilon^2}{9R}; \text{ ЭДС источника } \varepsilon^2 = \frac{9PR}{2}; \varepsilon = 3\sqrt{\frac{PR}{2}}$$

Ответ: 2

**A22.** Для получения меди включено последовательно  $N$  электрохимических ванн. Площадь катодных пластин одинакова и равна  $S$ . Плотность электрического

тока  $j$ . Если напряжение на каждой ванне равно  $U$ , то расход электроэнергии при электролизе за время  $t$  равен

- 1)  $2UjSNt$     2)  $\frac{jSUt}{2N}$     3)  $UjSNt$     4)  $\frac{UjSt}{N}$     5)  $\frac{UjSNt}{2}$

Решение.

Расход электроэнергии при электролизе равен работе, совершаемой током при электролизе.  $\Delta E = NIUt$ . Сила тока  $I = jS$ . Тогда  $\Delta E = NjSUt$ .

Ответ: 3

**A23.** Между полюсами электромагнита в горизонтальном магнитном поле находится проводник, расположенный горизонтально, перпендикулярно линиям магнитной индукции. Какой ток должен пройти через проводник, чтобы он висел, не падая, если  $B = 0,02$  Тл, масса единицы длины  $0,01 \frac{\text{кг}}{\text{м}}$ ?

- 1) 1 А    2) 3 А    3) 5 А    4) 7 А    5) 9 А

Решение.

Дано:

$$B = 0,02 \text{ Тл};$$

$$\frac{m}{l} = 0,01 \frac{\text{кг}}{\text{м}};$$

$$\alpha = 90^\circ;$$

$I = ?$

На проводник стоком, находящийся в магнитном поле действует сила Ампера  $F_a = Bil \sin \alpha$ , т.к.  $\sin \alpha = 1$ , то  $F_a = Bil$ . Проводник висит не падая, если сила тяжести уравновешена силой Ампера.  $mg = Bil$ . Масса проводника  $M$  равна:  $m = m_1 l$ . Тогда  $m_1 l g = Bil$ . Откуда

$$I = \frac{m_1 g}{lB} = \frac{0,01 \frac{\text{кг}}{\text{м}} \cdot 10 \frac{\text{М}}{\text{с}^2}}{0,02 \text{ Тл}} = 5 \text{ А}$$

Ответ: 3



A24. В однородное магнитное поле с индукцией 0,01 Тл влетает электрон, пройдя ускоряющую разность потенциалов 25 кВ под углом  $30^\circ$  к линиям магнитной индукции. Найдите период вращения электрона.

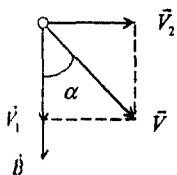
- 1) 2,4 нс    2) 3,6 нс    3) 3,9 нс    4) 4,2 нс    5) 4,6 нс

Дано:

$B = 0,01$  Тл;  
 $\Delta\varphi = 25 \cdot 10^3$  В;  
 $R = 10$  Ом; Ответ: 3

$\alpha = 30^\circ$ ;

$T = ?$



Решение.

По теореме о кинетической энергии  $\Delta E = A$ , т.к. начальная скорость равна нулю, то  $\frac{mv^2}{2} = e\Delta\varphi$ . Отсюда, скорость

электрона  $v = \sqrt{\frac{2e\Delta\varphi}{m}}$ . Разложим скорость электрона на

составляющие вдоль поля  $\vec{V}_1$  и перпендикулярную вектору  $\vec{B}$   $\vec{V}_2$ . Составляющие равны:  $V_1 = v \cos \alpha$ ,  $V_2 = v \sin \alpha$ . Период обращения электрона  $T = \frac{2\pi R}{V_2} = \frac{2\pi R}{v \sin \alpha}$ . Радиус окружности,

по которой движется электрон, найдем из условия:  $F_n = \frac{mV_2^2}{R}$ .

$qBV_2 = \frac{mV_2^2}{R}$ . Откуда  $R = \frac{mV_2}{qB}$ . Период обращения электрона

$$T = \frac{2\pi m}{qB} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \cdot 0,01 \text{ Тл}} = 3,6 \cdot 10^{-9} \text{ с} = 3,6 \text{ нс}$$

Ответ: 2

A25. Однослойная катушка площадью  $10 \text{ см}^2$ , содержащая 100 витков провода, помещена в однородное магнитное поле с индукцией 8 мТл. Линии магнитной индукции перпендикулярны плоскости витков катушки. Сопротивление катушки 10 Ом. Если отключить магнитное поле, то по катушке пойдет заряд в

1) 0,08 мкКл    2) 0,80 мкКл    3) 64,0 мкКл    4) 80,0 мкКл    5) 100,0 мкКл

Дано:

$S = 10 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$ ;  
 $N = 100$ ;  
 $B_1 = 8 \cdot 10^{-3}$  Тл;  
 $R = 10$  Ом;  
 $\alpha = 0^\circ$ ;  $B_2 = 0$

$q = ?$

Решение.

По закону электромагнитной индукции ЭДС индукции на концах катушки  $E_i = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ . Изменение магнитного потока

сквозь один виток катушки  $\Delta\Phi = \Phi_2 - \Phi_1$ . Конечный магнитный поток  $\Phi_2$  сквозь катушку равен нулю. Таким

образом,  $\Delta\Phi = -\Phi_1 = -BS \cos \alpha = -BS$ ,  $E_i = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -N \frac{-BS}{\Delta t}$ . Сила

индукционного тока  $I_i = \frac{E_i}{R} = \frac{q}{\Delta t}$ . Отсюда заряд, который пойдет по катушке:

$$q = \frac{NBS}{R} = \frac{100 \cdot 8 \cdot 10^{-3} \text{ Тл} \cdot 10 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2}{10 \text{ Ом}} = 80 \cdot 10^{-6} \text{ Кл} = 80 \text{ мкКл}$$

**A26.** Приемный контур состоит из катушки индуктивности 2 мкГн и из конденсатора емкостью 1 800 пФ. На какую длину волны рассчитан контур?

- 1) 106 м      2) 113 м      3) 115 м      4) 119 м      5) 125 м

Решение.

Дано:  
 $L = 2 \cdot 10^{-6} \text{ Гн};$   
 $c = 1800 \cdot 10^{-12} \text{ Ф}$   
 $= 18 \cdot 10^{-10} \text{ Ф};$

Период собственных колебаний приёмного контура  
 $T = 2\pi\sqrt{Lc}$ . Тот контур рассчитан на длину волн

$\lambda - ?$

$\lambda = cT = c2\pi\sqrt{Lc}; c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

$\lambda = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 6,28\sqrt{2 \cdot 10^{-6} \text{ Гн} \cdot 18 \cdot 10^{-10} \text{ Ф}} = 113 \text{ м}$

Ответ: 2

**A27.** Через какое время возвратится к радиолокатору отраженный от цели сигнал, если цель находится на расстоянии 50 км от локатора?

- 1)  $33,0 \cdot 10^{-4} \text{ с}$       2)  $20,0 \cdot 10^{-4} \text{ с}$       3)  $2,2 \cdot 10^{-4} \text{ с}$       4)  $3,3 \cdot 10^{-4} \text{ с}$       5)  $22,0 \cdot 10^{-4} \text{ с}$

Дано:  
 $S = 5 \cdot 10^4 \text{ м};$   
 $c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}};$

Решение.

За время  $t$  сигнал, отражённый от цели, пройдёт расстояние

$t - ?$

$2S$ , поэтому  $t = \frac{2S}{c}$ .  $t = \frac{10^5}{3 \cdot 10^8} = 0,33 \cdot 10^{-3} \text{ с} = 3,3 \cdot 10^{-4} \text{ с}$

Ответ: 4

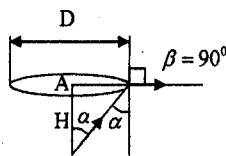
**A28.** Точечный источник света находится в жидкости на некоторой глубине  $H$  под центром плавающего круглого куска пенопласта, диаметр которого равен  $D$ . Если лучи от источника не выходят из жидкости, то ее показатель преломления равен

- 1)  $\sqrt{\frac{H^2}{4D^2} + 1}$       2)  $\sqrt{\frac{H^2}{D^2} + 1}$       3)  $\sqrt{\frac{H^2}{D^2} + 2}$       4)  $\sqrt{\frac{H^2}{D^2} + 4}$       5)  $\sqrt{\frac{4H^2}{D^2} + 1}$

Решение.

Дано:  
 $H;$   
 $D;$   
 $n - ?$

$k_2 = 1(\text{воздух})$   
 $k_1 = n$



О

Запишем закон отражения света

$\frac{\sin \alpha}{\sin 90^\circ} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{1}{n}$

$$\text{Из } \triangle ABC \quad \sin \alpha = \frac{\frac{D}{2}}{\sqrt{\frac{D^2}{4} + H^2}} = \frac{D}{\sqrt{D^2 + 4H^2}}$$

$$\text{т.к. } \sin 90^\circ = 1, \text{ тогда } n = \frac{1}{\sin \alpha} = \frac{\sqrt{D^2 + 4H^2}}{D} = \sqrt{1 + 4 \frac{H^2}{D^2}}$$

Ответ: 5

**A29.** Точечный источник расположен на главной оптической оси собирающей линзы с фокусным расстоянием  $F$ . Расстояние от источника до линзы в 1,5 раза больше фокусного расстояния. Расстояние от изображения источника до линзы равно

- 1)  $2F$       2)  $3F$       3)  $F$       4)  $4F$       5)  $-F$

Дано:  
 $d = 1,5F$

Решение.

Так как линза, собирающая и  $d > F_1$ , то изображение

действительное и формула имеет вид:  $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$  или  $\frac{1}{F} = \frac{1}{1,5F} + \frac{1}{f}$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{F} - \frac{1}{1,5F} = \frac{1}{3F}, \text{ откуда } f = 3F;$$

Ответ: 2

**A30.** Определите массу протона, летящего со скоростью  $2,4 \cdot 10^8 \frac{M}{c}$ .

- 1)  $0,6 \cdot 10^{-27}$  кг    2)  $1,0 \cdot 10^{-27}$  кг    3)  $4,6 \cdot 10^{-27}$  кг    4)  $2,8 \cdot 10^{-27}$  кг    5)  $9,6 \cdot 10^{-27}$  кг

Дано:  
 $m_0 = 1,672 \cdot 10^{-27}$  кг;

Решение.

Если протон движется со скоростью, близкой к скорости

света в вакууме ( $3 \cdot 10^8 \frac{M}{c}$ ), то его масса  $m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$

$$m = \frac{1,672 \cdot 10^{-27} \text{ кг}}{\sqrt{1 - \frac{(2,4 \cdot 10^8 \frac{M}{c})^2}{(3 \cdot 10^8 \frac{M}{c})^2}}} = \frac{1,672 \cdot 10^{-27}}{\sqrt{1 - 0,64}} = \frac{1,672 \cdot 10^{-27}}{0,6} = 2,8 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$$

Ответ: 4

**A31.** С какой скоростью должен двигаться электрон, чтобы его импульс был равен импульсу фотона с длиной волны 5 200 Å?

- 1)  $140 \cdot 10^{-3} \frac{KM}{c}$     2)  $1\,400 \cdot 10^{-3} \frac{KM}{c}$     3)  $14 \frac{KM}{c}$     4)  $140 \frac{KM}{c}$     5)  $1\,400 \frac{KM}{c}$

Дано:

$$P_e = P_\phi;$$

$$\lambda = 5200 \text{ \AA} = 5,2 \cdot 10^{-7} \text{ м};$$

$$({}^0 A = 10^{-10} \text{ м})$$

$\vartheta$  - ?

Решение.

$$\text{Импульс фотона } P_\phi = \frac{h}{\lambda}$$

$$h = 6662 \cdot 10^{-34} \text{ Дж}\cdot\text{с} - \text{постоянная Планка}$$

Импульс электрона  $P_e = m\vartheta$ . Масса электрона

$$m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}, \text{ тогда } \vartheta = \frac{h}{\lambda m}$$

$$\vartheta = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж}\cdot\text{с}}{5,2 \cdot 10^{-7} \text{ м} \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}} = 0,14 \cdot 10^4 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 1400 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 1400 \cdot 10^{-3} \frac{\text{км}}{\text{с}}$$

Ответ: 2

**A32.** Количество электронов в атоме изотопа свинца  ${}^{207}_{82}\text{Pb}$  равно

- 1) 207                      2) 125                      3) 164                      4) 82                      5) 43

Порядковый номер изотопа свинца 82, значит в атоме свинца 82 электрона.

Ответ: 4

**A33.** Энергия электрона на орбите  $W_1 = -8,2 \text{ эВ}$ . Электрон переходит на орбиту с энергией  $W_2 = -4,7 \text{ эВ}$ . Энергия поглощенного кванта равна

- 1) 13,5 эВ                      2) 12,9 эВ                      3) 2,5 эВ                      4) 4,0 эВ                      5) 3,5 эВ

Дано:

$$W_1 = -8,2 \text{ эВ};$$

$$W_2 = -4,7 \text{ эВ};$$

$\Delta E$  - ?

Решение.

Энергия поглощённого кванта равна разности энергий стационарных состояний электрона  $\Delta E = W_2 - W_1$

$$\Delta E = -4,7 \text{ эВ} + 8,2 \text{ эВ} = 3,5 \text{ эВ}$$

Ответ: 5

**A34.** Вычислите энергию связи  $U_{92}^{235}$  ( $m_p = 1,0078 \text{ а. е. м.}$ ,  $m_n = 1,0087 \text{ а. е. м.}$ ,  $m_{\text{я}} = 235,0439 \text{ а. е. м.}$ ).

- 1) 1 567 МэВ    2) 1 657 МэВ    3) 1 756 МэВ    4) 1 786 МэВ    5) 1 867 МэВ

Дано:

$${}_{92}^{235}U;$$

$$m_p = 1,0078 \text{ а. е. м.}$$

$$m_n = 1,0087 \text{ а. е. м.}$$

$$m_{\text{я}} = 235,0439 \text{ а. е. м.}$$

$E_{\text{св}}$  - ?

Решение.

$$\text{Энергия связи атомного урана } {}_{92}^{235}U \quad E_{\text{св}} = 931 \frac{\text{МэВ}}{\text{а.е.м.}} \cdot \Delta m$$

Дефект массы атомного ядра урана

$$\Delta m = 92m_p + (235 - 92)m_n - m_{\text{я}}. \text{ Тогда}$$

$$E_{\text{св}} = 931 \frac{\text{МэВ}}{\text{а.е.м.}} (92 \cdot 1,0078 \text{ а.е.м.} + 143 \cdot 1,0087 \text{ а.е.м.} - 235,0439 \text{ а.е.м.}) =$$

$$= 931(92,7178 + 144,2441 - 235,0439) \text{ МэВ} = 17856 \text{ МэВ}$$

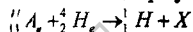
Ответ: 4

А35. При бомбардировке ядра  ${}_{13}^{27}\text{Al}$   $\alpha$ -частицами выбивается протон и образуется

- 1)  ${}_{6}^{12}\text{C}$       2)  ${}_{14}^{30}\text{Si}$       3)  ${}_{11}^{22}\text{Na}$       4)  ${}_{14}^{28}\text{Si}$       5)  ${}_{13}^{29}\text{Al}$

Решение.

Напишем ядерную реакцию.



Найдём заряд и массовое число образования ядра X  ${}_{14}^{30}\text{X}$ . Это ядро  ${}_{14}^{30}\text{Si}$

Ответ: 2

### Часть В

В1. Автомобиль движется по внутренней поверхности вертикальной цилиндрической стены, описывая окружность в горизонтальной плоскости. Определите максимальный коэффициент трения покоя между колесами автомобиля и стеной, если скорость автомобиля  $72 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$ , а

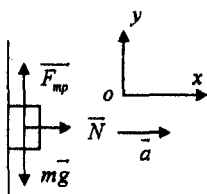
радиус цилиндра 40 м.

Дано:

$$v = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}};$$

$$R = 40 \text{ м};$$

$$\mu = ?$$



Решение.

На автомобиль действуют силы  $m\vec{g}$ ,  $\vec{F}_{\text{тр}}$  и  $\vec{N}$ , он движется с центростремительным ускорением

$a = \frac{v^2}{R}$ , направленным по радиусу к центру окружности. По второму закону

Ньютона  $m\vec{g} + \vec{F}_{\text{тр}} + \vec{N} = m\vec{a}$ . В проекции на ось OX и OY получим:

$$(OX) : N = ma;$$

$$(OY) : mg - F_{\text{тр}} = 0;$$

$$\text{Т.к. } F_{\text{тр}} = \mu N, \text{ то } mg = \mu ma, \text{ откуда } \mu = \frac{g}{a} = \frac{g \cdot R^2}{v^2}$$

$$\mu = \frac{10 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 40 \text{ м}}{400 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}} = 1$$

Ответ: 1

В2. Тело бросают вверх со скоростью  $20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ . Отношение кинетической энергии тела к его потенциальной энергии на высоте 10 м от точки бросания составит ...

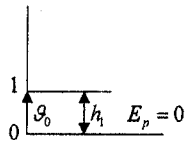
Решение.

Дано:

$$g_0 = 20 \frac{M}{c};$$

$$h = 10 M;$$

$$\frac{E_{k1} - ?}{E_{k2}}$$



Потенциальная энергия на высоте  $h$ ,  
 $E_{p1} = mgh$ . Кинетическую энергию в этой  
 точке найдём из закона сохранения энергии для точек 0 и 1

$$\frac{mg_0^2}{2} = mgh + E_{k1}$$

$$E_{k1} = \frac{mg_0^2}{2} - mgh,$$

$$\frac{E_{k1}}{E_{p2}} = \frac{\frac{mg_0^2}{2} - mgh}{mgh} = \frac{g_0^2}{2gh} - 1$$

тогда

$$\frac{E_{k1}}{E_{p1}} = \frac{400 \frac{M^2}{c^2}}{2 \cdot 10 \frac{M}{c} \cdot 10 M} - 1 = 2 - 1 = 1$$

Ответ: 1

**В3.** Цепь состоит из аккумулятора и нагрузки сопротивлением 400 Ом. Вольтметр сопротивлением 800 Ом, подключенный последовательно, а затем параллельно к сопротивлению, показывает одинаковое напряжение. Внутреннее сопротивление аккумулятора ... Ом.

Дано:

$$R = 400 \text{ Ом}$$

$$R_v = 800 \text{ В}$$

$$r - ?$$

Решение.

Сопротивление вольтметра и сопротивление катушки – это сопротивление внешней части цепи. Когда вольтметр включён последовательно катушке, сопротивление внешней части  $R_1 = R + R_v = 1200 \text{ Ом}$

Когда вольтметр подключён параллельно катушке, сопротивление внешней части цепи  $R_2 = \frac{R \cdot R_v}{R + R_v} = \frac{400 \cdot 800}{1200} = \frac{800}{3} \text{ Ом}$

Запишем закон Ома для полной цепи без этих двух ситуаций:  $I_1 = \frac{\varepsilon}{R_1 + r}$ ;

$$I_2 = \frac{\varepsilon}{R_2 + r}$$

По условию задачи в этих двух ситуациях вольтметр показал одинаковое напряжение, поэтому  $I_1 \cdot R_v = I_2 \cdot R_2$

$$\frac{\varepsilon}{1200 + r} \cdot 800 = \frac{\varepsilon}{\frac{800}{3} + r} \cdot \frac{800}{3}; \text{ Сократили на } 800 \varepsilon$$

$$\frac{1}{1200+r} = \frac{1}{800+3r}$$

$$800+3r = 1200+r$$

$$2r = 400$$

$$r = 200 \text{ (Ом)}$$

Ответ: 200

В4. Ток в катушке за 0,1 с возрос от 2 А до 6 А. При этом в катушке возникла ЭДС самоиндукции 10 В. Определите изменение энергии магнитного поля катушки (в Дж).

Дано:

$$\Delta t = 0,1 \text{ с}$$

$$I_1 = 2 \text{ А}$$

$$I_2 = 6 \text{ А}$$

$$|\mathcal{E}| = 10 \text{ В}$$


---


$$\Delta W = ?$$

Решение.

ЭДС самоиндукции возникает в катушке при изменении в ней силы тока от  $I_1$  до  $I_2$

$$|\mathcal{E}| = L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$$\Delta I = I_2 - I_1$$

Тогда индуктивность катушки

$$L = \frac{|\mathcal{E}| \Delta t}{\Delta I}; \quad L = 0,25$$

Изменение энергии магнитного поля

$$\Delta W = \frac{LI_2^2}{2} - \frac{LI_1^2}{2} = \frac{L}{2} (I_2^2 - I_1^2);$$

$$\Delta W = \frac{0,25}{2} (36 - 4) = 4 \text{ Дж.}$$

Ответ: 4

В5. Два параллельных луча падают на кварцевую призму с показателем преломления 1,5 и преломляющим углом  $45^\circ$ . При каком расстоянии между ними (в см) оптическая разность хода лучей будет равна 45 мм?

Дано:

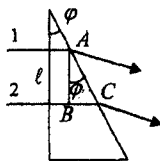
$$h = 45$$

$$\varphi = 45^\circ$$

$$\Delta = 45 \text{ см}$$


---


$$l = ?$$



Решение.

Геометрическая разность хода лучей в призме  $BC = l$  ( $\varphi = 45^\circ$ )

Если дана оптическая разность хода  $\Delta$ , то

$$\Delta = \ell \cdot n, \text{ тогда } \ell = \frac{\Delta}{n}$$

$$l = \frac{45 \text{ мм}}{1,5} = 30 \text{ мм} = 3 \text{ см}$$

Ответ: 3

### Тест по физике № 5

**A1.** Автобус половину пути проехал со скоростью  $52,5 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$ , а вторую половину – со скоростью  $70 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$ . Средняя скорость автобуса равна

- 1)  $55 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$       2)  $57,5 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$       3)  $60 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$       4)  $62,5 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$       5)  $65 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$

Решение.

Дано:

$$s_1 = s/2;$$

$$V_1 = 52,5 \text{ км/ч};$$

$$s_2 = s/2;$$

$$V_2 = 52,5 \text{ км/ч}$$

$V_{\text{ср}} = ?$

Средняя скорость движения равна  $V_{\text{ср}} = \frac{s}{t}$ . Время движения  $t$

состоит из времени движения со скоростью  $V_1$  и времени

движения со скоростью  $V_2$ . Время движения  $t_1 = \frac{S_1}{V_1} = \frac{S}{2V_1}$ , время

движения  $t_2 = \frac{S_2}{V_2} = \frac{S}{2V_2}$ . Тогда все время движения автобуса

$$t = t_1 + t_2, \quad t = \frac{S_1}{2V_1} + \frac{S_2}{2V_2} = \frac{S(V_1 + V_2)}{2V_1V_2}, \quad \text{а средняя скорость } V_{\text{ср}} = \frac{2V_1V_2}{V_1 + V_2}.$$

$$V_{\text{ср}} = \frac{2 \cdot 52,5 \frac{\text{км}}{\text{ч}} \cdot 70 \frac{\text{км}}{\text{ч}}}{125,2 \frac{\text{км}}{\text{ч}}} \approx 60 \frac{\text{км}}{\text{ч}}.$$

Ответ: 3

**A2.** Диаметр ведущего колеса трактора 1,2 м. За 5 мин равномерного прямолинейного движения трактор закультивировал 0,8478 га. Ширина захвата культиватора 3 м. Сколько оборотов совершило ведущее колесо трактора за 1 с?

- 1) 3,0      2) 2,50      3) 5,0      4) 3,92      5) 7,85

Решение.

Дано:

$$d = 1,2 \text{ м};$$

$$t = 300 \text{ с};$$

$$S = 8478 \text{ м}^2;$$

$$h = 3 \text{ м};$$

$\nu = ?$

Путь, пройденный трактором,  $l = \frac{S}{h}$ ; его линейная скорость

$V = \frac{l}{t} = \frac{S}{th}$ . Линейная скорость  $V = 2\pi R\nu = \pi d\nu$ . Следовательно

$\frac{S}{th} = \pi d\nu$ , откуда число оборотов ведущего колеса за 1 с (частота

$$\text{вращения } \nu) \nu = \frac{S}{th\pi d}. \quad \nu = \frac{8742 \text{ м}^2}{300 \text{ с} \cdot 3 \text{ м} \cdot 3,14 \cdot 1,2 \text{ м}} = 2,5 \text{ с}^{-1}.$$

Ответ: 2



**A3.** Самолет для взлета должен достичь скорости  $198 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$ , двигаясь с ускорением

$12,5 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ . Какой должна быть минимальная длина взлетной полосы?

- 1) 121 м      2) 1 568 м      3) 221 м      4) 1 336 м      5) 151 м

Дано:

$$V_0 = 0;$$

$$V = 198 \text{ км/ч} = 55 \frac{\text{м}}{\text{с}};$$

$$a = 12,5 \frac{\text{м}}{\text{с}^2};$$

$$V_1 = 52,5 \text{ км/ч};$$

$$S = ?$$

Решение.

Путь при равноускоренном движении определяется:

$$S = \frac{V^2 - V_0^2}{2a}; \quad S = \frac{(55 \frac{\text{м}}{\text{с}})^2}{2 \cdot 12,5 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 121 \text{ м}.$$

Ответ: 1

**A4.** На тело массой 1 кг действует сила 15 Н. С какой силой необходимо действовать на тело вдвое большей массы, чтобы оно двигалось с таким же ускорением, как и первое тело? Трение не учитывать.

- 1) 7,5 Н      2) 15,0 Н      3) 30,0 Н      4) 5,0 Н      5) 10,0 Н

Дано:

$$m_1 = 1 \text{ кг};$$

$$F = 15 \text{ Н};$$

$$a_1 = a_2 = a;$$

$$m_2 = 2m_1;$$

$$F_2 = ?$$

Решение.

По второму закону Ньютона  $F_1 = m_1 a$ ,  $F_2 = m_2 a$ ,  $F_1 = m_1 a$ ,  $F_2 = 2m_1 a$ .

Видно, что  $F_2 = 2F_1 = 30 \text{ Н}$

Ответ: 3

**A5.** На горизонтальной поверхности лежит тело массой 1 кг. На тело подействовали горизонтальной силой 0,6 Н. Коэффициент трения тела о поверхность 0,1. Определите силу трения.

- 1) 0,1 Н      2) 1,6 Н      3) 1,0 Н      4) 0,4 Н      5) 0,6 Н

Дано:

$$m = 1 \text{ кг};$$

$$F = 0,6 \text{ Н}$$

$$\mu = 0,1$$

$$F_{\text{тр}} = ?$$

Решение.

Найдем максимальную силу трения покоя  $F_{\text{тр max}} = \mu N$ . Так как тело лежит на горизонтальной поверхности и на него действует горизонтальная сила, то  $N = mg$ . Поэтому  $F_{\text{тр max}} = \mu mg = 1 \text{ Н}$ . Она больше горизонтальной силы  $F$ , поэтому тело будет в покое и

на него действует  $F_{\text{тр}} = F = 0,6 \text{ Н}$ .

Ответ: 5

А6. Уравнение движения материальной точки массой 200 г вдоль оси OX имеет вид  $x = 5 + 10t + 4t^2$ . Определите значение проекции равнодействующей всех сил, приложенных к телу, на ось OX.

- 1) 4,0 Н      2) 0,8 Н      3) 1,0 Н      4) 1,6 Н      5) 2,0 Н

Дано:

$$m = 0,2 \text{ кг};$$

$$x = 5 + 10t + 4t^2$$

$$F_{Rx} = ?$$

Решение.

Из второго закона Ньютона следует, что  $F_{Rx} = m \cdot a_x$ . Ускорение вдоль оси OX – это произведение от скорости по времени:  $V_x = x' = (5 + 10t + 4t^2)' = 10 + 8t$ . Ускорение  $a_x = V_x' = (10 + 8t)' = 8$ .  
Проекция равнодействующей всех сил на ось OX

$$F_{Rx} = 0,2 \text{ кг} \cdot 8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = 1,6 \text{ Н}$$

Ответ: 4

А7. Тележка массой 120 кг движется по рельсам без трения со скоростью  $6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ . С тележки соскакивает человек массой 80 кг под углом  $60^\circ$  к направлению ее движения. Скорость тележки при этом уменьшается до  $5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ . Определите скорость человека относительно земли во время прыжка.

- 1)  $5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$       2)  $15 \frac{\text{м}}{\text{с}}$       3)  $10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$       4)  $45 \frac{\text{м}}{\text{с}}$       5)  $20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

Дано:

$$m_1 = 120 \text{ кг};$$

$$V_1 = 6 \frac{\text{м}}{\text{с}};$$

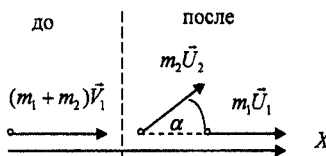
$$m_2 = 80 \text{ кг};$$

$$\alpha = 60^\circ;$$

$$V = 5 \frac{\text{м}}{\text{с}};$$

$$V_2 = ?$$

Решение.



$$\text{вид: } (m_1 + m_2)v_1 = m_2 V_2 \cos \alpha + m_1 V_1,$$

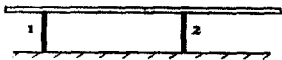
$$\text{откуда } V_2 = \frac{(m_1 + m_2)v_1 - m_1 V_1}{m_2 \cos \alpha}, V_2 = \frac{200 \text{ кг} \cdot 6 \frac{\text{м}}{\text{с}} - 120 \text{ кг} \cdot 5 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{80 \text{ кг} \cdot \frac{1}{2}} = 15 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Покажем, как направлены импульсы тележки и человека до и после прыжка

В проекции на ось OX закон сохранения импульса имеет

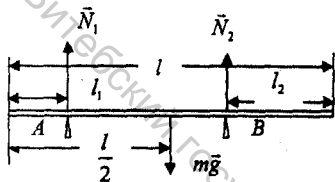
Ответ: 2

А8. Однородная балка массой 360 кг и длиной 6 м расположена горизонтально на двух опорах. Левый конец балки выступает за опору 1 на 1 метр, а правый конец балки выступает за опору 2 на 2 м. Определите силу реакции левой (1) опоры.



- 1) 3 000 Н    2) 1 200 Н    3) 3 600 Н    4) 2 400 Н    5) 4 800 Н

Решение.



Запишем правило моментов относительно опоры В:  $M_{N_1} = M_{mg}$ .

Момент силы реакции опоры  $N_1$  относительно опоры В  $M_{N_1} = N_1(l - l_1 - l_2)$ . Момент силы тяжести

относительно опоры В  $M_{mg} = mg\left(\frac{l}{2} - l_2\right)$

$$N_1(l - l_1 - l_2) = mg\left(\frac{l}{2} - l_2\right). \text{ Тогда сила реакции левой опоры } N_1 = \frac{mg\left(\frac{l}{2} - l_2\right)}{l - l_1 - l_2}$$

$$N_1 = \frac{360 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 1 \text{ м}}{3 \text{ м}} = 1200 \text{ Н}$$

Ответ: 2

А9. Изменится ли осадка теплохода, перешедшего из северных вод в экваториальные, вследствие уменьшения ускорения свободного падения тел с широтой при приближении к экватору?

- 1) сначала будет увеличиваться, а затем уменьшаться
- 2) сначала будет уменьшаться, а затем увеличиваться
- 3) не изменится
- 4) увеличится
- 5) уменьшится

Решение.

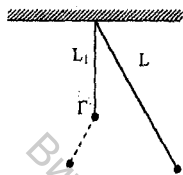
Осадка теплохода определяется объемом воды, вытесненной им при погружении в воду. На теплоход действует сила тяжести  $mg$  и архимедова сила

$$F_A = \rho_b g V. \text{ Условие плавания теплохода } mg = F_{\text{арх}} \quad mg = \rho_b g V \quad V = \frac{m}{\rho_b}. \text{ Так как}$$

$V$  не зависит от  $g$ , то осадка теплохода не изменится при переходе из северных вод в экваториальные, вследствие уменьшения ускорения свободного падения с широтой при приближении к экватору.

Ответ: 3

A10. Маятник длиной 10,0 см совершает колебания вблизи вертикальной стенки, в которую на расстоянии  $L_1 = 6,4$  см от точки подвеса вбит гвоздь Г.



Период колебаний такого маятника равен

- 1) 0,2 с      2) 0,3 с      3) 0,4 с      4) 0,5 с      5) 0,6 с

Дано:

$$l = 0,1 \text{ м}$$

$$l_1 = 0,064 \text{ м}$$

$$T = ?$$

Решение.

Период колебаний получившегося маятника – это время одного полного колебания  $T = \frac{1}{2}T_1 + \frac{1}{2}T_2$ ,

где  $T_1$  – период колебания маятника длиной  $l$   $T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ .

$T_2$  – период колебаний маятника длиной  $(l - l_1)$   $T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{l - l_1}{g}}$ . Тогда

$$T = \pi\sqrt{\frac{l}{g}} + \pi\sqrt{\frac{l - l_1}{g}} = \frac{\pi}{\sqrt{g}}(\sqrt{l} + \sqrt{l - l_1}) \quad T = \frac{3,14}{\sqrt{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}}(\sqrt{0,1 \text{ м}} + \sqrt{0,036 \text{ м}}) = 0,5$$

Ответ: 1

A11. От каких физических величин зависит скорость распространения волны?

- 1) от длины волны
- 2) от частоты
- 3) от параметров среды и ее состояния
- 4) от амплитуды колебаний источника волн
- 5) от частоты и параметров среды

Решение.

Скорость распространения волн зависит от параметров среды и ее состояния.

Ответ: 3

A12. В газе при давлении  $1,5 \cdot 10^5$  Па содержится  $6 \cdot 10^{25}$  молекул. Средняя кинетическая энергия поступательного движения одной молекулы газа  $1,1 \cdot 10^{-20}$  Дж. Определите объем газа.

- 1)  $1,5 \text{ м}^3$       2)  $2,0 \text{ м}^3$       3)  $2,9 \text{ м}^3$       4)  $2,4 \text{ м}^3$       5)  $3,6 \text{ м}^3$

Дано:  
 $p = 1,5 \cdot 10^5 \text{ Па}$   
 $N = 6 \cdot 10^{25}$   
 $\langle E_k \rangle = 1,1 \cdot 10^{-20} \text{ Дж}$   
 $V = ?$

Решение.

Основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеального газа  $p = \frac{2}{3} n \langle E_k \rangle$ , где  $n$  – концентрация молекул, т.е. число молекул в единице объема;  $n = \frac{N}{V}$ .

Тогда  $p = \frac{2}{3} n \langle E_k \rangle$ , откуда объем газа

$$V = \frac{2N \langle E_k \rangle}{3p}; V = \frac{2 \cdot 6 \cdot 10^{25} \cdot 1,1 \cdot 10^{-20} \text{ Дж}}{3 \cdot 1,5 \cdot 10^5 \text{ Па}} = 2,9 \text{ м}^3$$

Ответ: 3

A13. Определите начальное давление газа, если при его изотермическом сжатии на 20 % давление увеличилось на 19 кПа.

- 1) 76 кПа      2) 9 кПа      3) 38 кПа      4) 19 кПа      5) 25 кПа

Дано:  
 $T = \text{const}$   
 $V_2 = 0,8V_1$   
 $\Delta p = 19 \cdot 10^3 \text{ Па}$   
 $p_1 = ?$

Решение.

При изотермическом процессе выполняется закон Бойля-Мариотта:  $p_1 V_1 = p_2 V_2$ . Воспользуемся условием задачи  $p_1 V_1 = (p_1 + 19 \cdot 10^3) \cdot 0,8V_1$ . Сократим на  $V_1$ .

$$p_1 = (p_1 + 19 \cdot 10^3) \cdot 0,8 \quad p_1 = 0,8p_1 + 19 \cdot 10^3 \cdot 0,8$$

$$0,2p_1 = 19 \cdot 10^3 \cdot 0,8. \quad \text{Сократим на } 0,2 \text{ и получим}$$

$$p_1 = 19 \cdot 10^3 \cdot 4 = 76 \cdot 10^3 \text{ Па} = 76 \text{ кПа}.$$

Ответ: 1

A14. В баллоне вместимостью  $0,06 \text{ м}^3$  находится метан под давлением  $8,0 \cdot 10^6 \text{ Па}$ . Масса метана 3 кг. Определите температуру метана в баллоне. Молярная масса метана  $0,016 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$ .

- 1) 35 °C      2) 27 °C      3) 40 °C      4) 60 °C      5) 17 °C

Дано:  
 $V = 0,06 \text{ м}^3$   
 $p = 8 \cdot 10^6 \text{ Па}$   
 $m = 3 \text{ кг}$   
 $M = 0,016 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$   
 $T = ?$

Решение.

Запишем уравнение Менделеева-Клапейрона:  $PV = \frac{m}{M} RT$ , откуда абсолютная температура метана в баллоне  $T = \frac{PVM}{mR} T = \frac{8 \cdot 10^6 \cdot 0,06 \cdot 16 \cdot 10^{-3}}{3 \cdot 8,31} = 308 \text{ К}.$

По шкале Цельсия  $t = 308 - 273 = 35 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Ответ: 1

**A15.** С какой скоростью должна лететь свинцовая пуля, чтобы расплавиться при ударе о стенку? Температура летящей пули  $127 \text{ }^\circ\text{C}$ . Считать, что все количество теплоты, выделившееся при ударе, пошло на плавление пули. Температура плавления свинца  $327 \text{ }^\circ\text{C}$ . Удельная теплоемкость свинца  $100 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$ . Удельная теплота плавления свинца  $0,3 \cdot 10^5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$ .

- 1)  $100 \frac{\text{м}}{\text{с}}$       2)  $300 \frac{\text{м}}{\text{с}}$       3)  $600 \frac{\text{м}}{\text{с}}$       4)  $316 \frac{\text{м}}{\text{с}}$       5)  $400 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

Дано:

$$t_1 = 127 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_2 = 327 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$C = 100 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$$

$$\lambda = 0,3 \cdot 10^5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

$v = ?$

Решение.

Летящая пуля обладала кинетической энергией  $E_k = \frac{mv^2}{2}$ .

При ударе кинетическая энергия превратилась во внутреннюю энергию пули и, т.к. ее температура  $t_1$  ниже температуры плавления  $t_2$ , то пуля нагрелась до температуры плавления и расплавилась. Следовательно,  $\frac{mv^2}{2} - cm(t_2 - t_1) + \lambda m$ . Сократим на  $m$  и определим

$$v = \sqrt{2c(t_2 - t_1) + 2\lambda}$$

$$v = \sqrt{2 \cdot (100 \cdot 200 + 3 \cdot 10^4)} = 316 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Ответ: 4

**A16.** Сопротивление спирали нагревателя  $20 \text{ Ом}$ . За  $5 \text{ мин}$  нагреватель испаряет  $100 \text{ г}$  воды при температуре кипения. Удельная теплота парообразования воды  $2,3 \frac{\text{МДж}}{\text{кг}}$ . КПД нагревателя  $60 \%$ . Сила тока, текущего через спираль нагревателя, равна

- 1)  $4 \text{ А}$       2)  $6 \text{ А}$       3)  $8 \text{ А}$       4)  $10 \text{ А}$       5)  $12 \text{ А}$

Дано:

$$R = 20 \text{ Ом}$$

$$t = 300 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$m = 0,1 \text{ кг}$$

$$t = 100 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$L = 2,3 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

$$\eta = 6,6$$

$I = ?$

Решение.

Запишем КПД нагревателя  $\eta = \frac{A_{\text{пол}}}{A_{\text{сое}}}$ . Полезная работа

нагревателя равна количеству теплоты, необходимой для обращения воды при температуре кипения в пар  $A_{\text{пол}} = Q = Lm$ . Совершенная работа – это работа электрического тока в нагревателе  $A_{\text{сое}} = I^2 Rt$ , тогда

$\eta = \frac{Lm}{I^2 Rt}$ , откуда сила тока, текущего через спираль

$$\text{нагревателя } I = \sqrt{\frac{Lm}{\eta Rt}} \cdot I = \sqrt{\frac{2,3 \cdot 10^6 \cdot 0,1}{0,6 \cdot 20 \cdot 300}} = 8 \text{ A}$$

Ответ: 3

A17. В закрытом сосуде объемом  $10 \text{ дм}^3$ , из которого предварительно был откачан воздух, открыли колбочку с  $1 \text{ г}$  воды. Сосуд нагревают до температуры  $30^\circ \text{C}$ . Какая часть воды испарится? Плотность насыщенных водяных паров при  $30^\circ \text{C}$  равна  $30 \frac{\text{г}}{\text{м}^3}$ .

- 1) 15 %      2) 30 %      3) 45 %      4) 60 %      5) 100 %

Дано:

$$V = 10^{-2} \text{ м}^3$$

$$m = 10^{-3} \text{ кг}$$

$$t = 30^\circ \text{C}$$

$$\rho = 3 \cdot 10^{-2} \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\Delta m - ?$$

Решение.

Определим массу насыщенного пара в сосуде  $\Delta m = \rho V$  -

это масса испарившейся воды,  $\frac{\Delta m}{m} = \frac{\rho V}{m}$ ;

$$\frac{\Delta m}{m} = \frac{3 \cdot 10^{-2} \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10^{-2} \text{ м}^3}{10^{-3}} = 0,3 = 30\%$$

Ответ: 2

A18. Два отрицательно заряженных маленьких шарика, расположенных на расстоянии  $10 \text{ см}$  друг от друга, взаимодействуют с силой  $0,46 \text{ мН}$ . Заряды шариков отличаются в

2 раза. Определите число избыточных электронов на шарике с меньшим зарядом.

- 1)  $1 \cdot 10^{11}$       2)  $2 \cdot 10^{11}$       3)  $1 \cdot 10^{10}$       4)  $2 \cdot 10^{10}$       5)  $1 \cdot 10^9$

Дано:

$$r = 0,1 \text{ м}$$

$$F = 46 \cdot 10^{-5} \text{ Н}$$

$$q_2 = 2q_1$$

$$n_1 - ?$$

Решение.

Запишем закон Кулона  $F = k \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2}$  или  $F = \frac{k 2q_1^2}{r^2}$ . Модуль

меньшего заряда шарика  $q_1 = r \sqrt{\frac{F}{2k}}$ . Число избыточных

электронов  $n_1 = \frac{q_1}{|e|}$

$$n_1 = \frac{0,1 \cdot \sqrt{46 \cdot 10^{-5}}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 1 \cdot 10^{11}$$

Ответ: 1

A19. Стальной шарик ( $\rho = 7,8 \frac{г}{см^3}$ ) радиусом 1 см помещен в воду. Определите заряд шарика, если в однородном электрическом поле, создаваемом двумя параллельными пластинами, он оказался взвешенным в жидкости. Расстояние между пластинами 20 см, разность потенциалов 400 В. Поле направлено вертикально вверх.

- 1) 0,10 мкКл    2) 0,14 мкКл    3) 0,20 мкКл    4) 0,24 мкКл    5) 0,28 мкКл

Дано:

$$\rho = 7,8 \cdot 10^3 \frac{кг}{м^3}$$

$$R = 10^{-2} м$$

$$d = 0,2 м$$

$$n = 400 В$$

$$q = ?$$



Решение.

По условию задачи шарик находится во взвешенном состоянии в жидкости, т.е. в покое. На него действует сила тяжести  $m\vec{g}$ , архимедова сила  $\vec{F}_{арх}$  и сила со стороны электрического поля  $\vec{F}$ . По первому закону Ньютона  $m\vec{g} = \vec{F} + \vec{F}_{арх}$ . Объем шарика

$$V = \frac{4}{3}\pi R^3. \text{ Масса шарика } m = \rho \cdot V = \frac{4}{3}\pi R^3 \rho.$$

$$\text{Архимедова сила } F_{арх} = \rho_0 g V = \frac{4}{3}\pi R^3 \rho_0 g. \text{ Сила,}$$

со стороны однородного электрического поля  $F = qE$   $E = \frac{U}{d}$ , тогда  $F = \frac{qU}{d}$ .

$$\text{Следовательно: } \frac{4}{3}\pi R^3 \rho g = \frac{qU}{d} + \frac{4}{3}\pi R^3 \rho_0 g, \text{ откуда } \frac{4}{3}\pi R^3 g (\rho - \rho_0) = \frac{qU}{d}.$$

$$\text{Заряд шарика } q = \frac{4\pi R^3 g (\rho - \rho_0) d}{3U}$$

$$q = \frac{4 \cdot 3,14 \cdot 10^{-6} м^3 \cdot 10^3 \frac{кг}{м^3} \cdot 6,8 \cdot 10^3 \cdot 0,2}{3 \cdot 4 \cdot 10^2} = 0,14 \cdot 10^{-3} Кл = 14 мкКл.$$

Ответ: 2

A20. Шар радиусом 5 см, заряженный до потенциала 100 кВ, соединили проволокой с незаряженным шаром радиусом 6 см. Найдите их потенциал.

- 1) 25 кВ    2) 35 кВ    3) 45 кВ    4) 55 кВ    5) 65 кВ

Дано:

$$R_1 = 5 \cdot 10^{-2} м$$

$$P_1 = 100 В$$

$$R_2 = 6 \cdot 10^{-2} м$$

$$P_2 = 0$$

$$\varphi = ?$$

Решение.

Потенциал первого шара  $\varphi_1 = \frac{kq_1}{R_1}$ , откуда его заряд

$q_1 = \frac{\varphi_1 R_1}{k}$ . Заряд второго шара  $q_2 = 0$ . После соединения

шаров их заряды станут  $q_1'$  и  $q_2'$  такими, чтобы потенциалы шаров стали одинаковыми  $\varphi$ .



Следовательно,  $\varphi = \frac{kq_1'}{R_1}$  и  $\varphi = \frac{kq_2'}{R_2}$ , откуда заряды шаров  $q_1' = \frac{\varphi R_1}{k}$  и  $q_2' = \frac{\varphi R_2}{k}$ . По закону сохранения заряда  $q_1 + q_2 = q_1' + q_2'$ . Следовательно  $\frac{\varphi_1 R_1}{k} = \frac{\varphi R_1}{k} + \frac{\varphi R_2}{k}$  или  $\varphi_1 R_1 = \varphi (R_1 + R_2)$ , откуда потенциал шаров после соединения  $\varphi = \frac{\varphi_1 R_1}{R_1 + R_2}$ ;

$$\varphi = \frac{10^3 \text{ В} \cdot 0,05 \text{ м}}{0,11 \text{ м}} = 45 \cdot 10^3 \text{ В} = 45 \text{ кВ}.$$

Ответ: 3

A21. При подключении к источнику постоянного тока с ЭДС  $\mathcal{E}$  последовательно двух резисторов с сопротивлениями  $R_1$  и  $R_2 = 2R_1$  во внешней цепи выделяется, мощность  $P$ . Определите мощность источника.

- 1)  $\mathcal{E} \sqrt{\frac{P}{R_1}}$       2)  $2\mathcal{E} \sqrt{\frac{P}{R_1}}$       3)  $\mathcal{E} \sqrt{\frac{P}{3R_1}}$       4)  $\mathcal{E} \sqrt{\frac{3P}{R_1}}$       5)  $\mathcal{E} \sqrt{\frac{P}{2R_1}}$

Дано:

$\mathcal{E}$

$R_2 = 2R_1$

$P$

$P' - ?$

Решение.

Так как резисторы  $R_1$  и  $R_2$  включены последовательно, то внешнее сопротивление  $R = R_1 + R_2 = 3R_1$ . Мощность, выделявшаяся во внешней цепи  $P = I^2 R = I^2 3R_1$ , откуда сила тока в цепи  $I = \sqrt{\frac{P}{3R_1}}$ . Мощность источника  $P' = \mathcal{E} \cdot I = \mathcal{E} \sqrt{\frac{P}{3R_1}}$ .

Ответ: 3

A22. Через раствор соли серебра пропускался ток, плотность которого  $j$ . Электрохимический эквивалент серебра равен  $k$ , плотность серебра  $\rho$ . За время электролиза выделился слой серебра толщиной  $h$ . Определите время электролиза.

- 1)  $\frac{h\rho}{4kj}$       2)  $\frac{h\rho}{kj}$       3)  $\frac{2h\rho}{kj}$       4)  $\frac{h\rho}{2kj}$       5)  $\frac{4h\rho}{kj}$

Дано:

$j$

$k$

$\rho$

$h$

$t - ?$

Решение.

Запишем закон Фарадея для электролиза  $m = kIt$ . Масса серебра  $m = \rho \cdot V$ . Объем выделившегося серебра  $V = h \cdot S$ , где  $S$  — площадь электрода. Сила тока  $I = jS$ . Тогда  $\rho hS = kjS \cdot t$ , откуда время электролиза  $t = \frac{h\rho}{kj}$ .

Ответ: 2

A23. По проводнику длиной  $L$  течет электрический ток. Проводник поочередно помещают в магнитные однородные поля с индукцией  $B$  и  $2B$ . Сравните силы, действующие на проводник с током в магнитных полях.

- 1)  $\frac{F_1}{F_2} = 1$       2)  $\frac{F_1}{F_2} = 2$       3)  $\frac{F_1}{F_2} = \frac{1}{2}$       4)  $\frac{F_1}{F_2} = \frac{1}{4}$       5)  $\frac{F_1}{F_2} = 4$

Дано:

$l$

$B_1 = B$

$B_2 = 2B$

$\frac{F_1}{F_2} = ?$

Решение.

На проводник с током в магнитном поле действует сила Ампера  $F_1 = B \cdot I \cdot l \sin \alpha$   $F_2 = 2B \cdot I \cdot l \sin \alpha$ , откуда  $\frac{F_1}{F_2} = \frac{1}{2}$ .

Ответ: 3

A24. Протон, ускоряясь напряжением  $1,0$  кВ, влетает в однородное магнитное поле с индукцией  $0,1$  Тл перпендикулярно силовым линиям. Определите радиус окружности, которую описывает протон.

- 1)  $2,1$  см      2)  $3,5$  см      3)  $4,1$  см      4)  $4,6$  см      5)  $5,2$  см

Дано:

$U = 10^3$  В

$B = 0,1$  Тл

$\alpha = 90^\circ$

$m = 1,67 \cdot 10^{-27}$  кг

$q = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл

$R = ?$

Решение.

Найдем скорость ускоренного протона, используя теорему о кинетической энергии  $\Delta E_k = A$ .  $\Delta E_k = \frac{mv^2}{2}$  ( $v_0 = 0$ ). Работа ускоряющего электрического поля  $A = qU$ , откуда скорость протона  $v = \sqrt{\frac{2qU}{m}}$ . Влетев перпендикулярно линиям индукции, протон движется по окружности с центростремительным ускорением  $a = \frac{v^2}{R}$ , которое ему

сообщает сила Лоренца.  $F_L = qBv$  ( $\sin \alpha = 1$ ). По второму закону Ньютона  $qBv = \frac{mv^2}{R}$ , откуда радиус окружности, которую описывает протон

$$R = \frac{mv}{qB} = \frac{m \sqrt{\frac{2qU}{m}}}{qB} = \frac{1}{B} \sqrt{\frac{2mU}{q}}$$

$$R = \frac{1}{0,1} \sqrt{\frac{2 \cdot 1,67 \cdot 10^{-27} \cdot 10^3}{1,6 \cdot 10^{-19}}} = 4,5 \cdot 10^{-2} \text{ м.}$$

Ответ: 4

**A25.** Ось соленоида составляет с вектором индукции магнитного поля угол  $60^\circ$ . Радиус соленоида 2 см, число витков провода 1 000. Определите ЭДС при изменении индукции магнитного поля со скоростью  $20 \frac{\text{мТл}}{\text{с}}$ .

- 1) 12,6 мВ    2) 14,5 мВ    3) 63,0 мВ    4) 630,0 мВ    5) 0 мВ

Дано:

$$\alpha = 60^\circ$$

$$R = 2 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

$$N = 1000$$

$$\frac{\Delta B}{\Delta t} = 2 \cdot 10^{-2} \frac{\text{Тл}}{\text{с}}$$

$$|\mathcal{E}| = ?$$

Решение.

Запишем закон электромагнитной индукции для  $N$  витков соленоида

$$|\mathcal{E}| = N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

$$\Delta \Phi = \Phi_2 - \Phi_1 \quad \Phi = BS \cos \alpha \quad S = \pi R^2 \quad \Delta \Phi = \Delta BS \cos \alpha$$

Следовательно  $|\mathcal{E}| = N \frac{\Delta B}{\Delta t} \pi R^2 \cdot \cos 60^\circ$

$$|\mathcal{E}| = 1000 \cdot 2 \cdot 10^{-2} \cdot 3,14 \cdot 4 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{1}{2} = 12,6 \cdot 10^{-3} \text{ В} = 12,6 \text{ мВ}$$

Ответ: 1

**A26.** В колебательном контуре, состоящем из конденсатора с зарядом  $2,5 \cdot 10^{-8}$  Кл и катушки индуктивности, возникли свободные электромагнитные колебания с периодом 2,5 мкс. Определите максимальную силу тока, проходящего через катушку.

- 1) 0,0314 А    2) 0,0628 А    3) 0,3140 А    4) 0,6280 А    5) 0,9420 А

Дано:

$$q_{\text{max}} = 2,5 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}$$

$$T = 2,5 \cdot 10^{-6} \text{ с}$$

$$I_{\text{max}} = ?$$

Решение.

Запишем закон сохранения энергии в колебательном контуре: максимальная энергия электрического поля конденсатора  $W = \frac{q_{\text{max}}^2}{2c}$  превратится в максимальную

энергию магнитного поля в катушке  $W = \frac{I_{\text{max}}^2 L}{2}$

$$\frac{q_{\text{max}}^2}{2c} = \frac{I_{\text{max}}^2 L}{2}, \text{ откуда } I_{\text{max}} = \frac{q_{\text{max}}}{\sqrt{Lc}}. \text{ Учтем, что период электромагнитных колебаний}$$

$$\text{в контуре } T = 2\pi\sqrt{Lc}, \text{ тогда } I_{\text{max}} = \frac{2\pi q_{\text{max}}}{T}$$

$$I_{\text{max}} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 2,5 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}}{2,5 \cdot 10^{-6} \text{ с}} = 0,0628 \text{ А}$$

Ответ: 2

**A27.** Радиолокатор может обнаружить цель, находящуюся на расстоянии 100 км. Определите минимальную частоту передачи импульсов.

- 1) 15 Гц    2) 150 Гц    3) 1 500 Гц    4) 15 000 Гц    5) 150 000 Гц

Дано:

$$S = 10^5 \text{ м}$$

$$C = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$\nu - ?$

Решение.

Частота передачи импульсов  $\nu = \frac{c}{2S}$ , т.к. за время минимальное между передачей импульсов электромагнитная волна должна пройти расстояние

$$\nu = \frac{3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{2 \cdot 10^5 \text{ м}} = 1,5 \cdot 10^3 \text{ Гц} = 1500 \text{ Гц}.$$

Ответ: 3

A28. Луч света падает на плоско-параллельную пластинку под углом  $60^\circ$ . Угол преломления  $30^\circ$ . При выходе из пластинки луч сместился на расстояние, равное 5,8 см. Толщина пластинки равна

- 1) 6,5 см    2) 15,0 см    3) 18,0 см    4) 10,0 см    5) 9,0 см

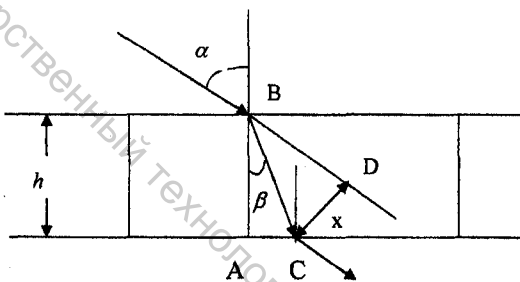
Дано:

$$\alpha = 60^\circ$$

$$\beta = 30^\circ$$

$$x = 5,8 \text{ см}$$

$n - ?$



Решение.

Рассмотрим  $\triangle ABC$ .  $BC = \frac{CD}{\sin(\alpha - \beta)} = \frac{x}{\sin 30^\circ}$ . Из треугольника ABC

$$AB = BC \cdot \cos \beta; \quad h = \frac{x}{\sin 30^\circ} \cos 30^\circ, \quad h = \frac{5,8 \text{ см}}{1} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 10 \text{ см}.$$

Ответ: 4

A29. Модуль оптической силы рассеивающей линзы равен  $D$ . Расстояние от линзы до источника равно  $d$ . Модуль расстояния от изображения до линзы равен

- 1)  $\frac{d}{1+dD}$     2)  $\frac{d}{1-dD}$     3)  $\frac{d}{dD-1}$     4)  $\frac{D}{1+dD}$     5)  $-\frac{d}{1+dD}$

## Решение.

Дано:

 $D$  $d$  $f - ?$ Запишем формулу рассеивающей линзы  $-D = \frac{1}{d} - \frac{1}{f}$ ,откуда  $f = \frac{d}{1+dD}$ ,  $\frac{1}{f} = \frac{1}{d} + D$ ;  $\frac{1}{f} = \frac{1+dD}{d}$ 

Ответ: 1

**A30.** Масса покоящегося тела равна 2 т. На сколько увеличится масса тела при его движении со скоростью  $3 \cdot 10^7 \frac{м}{с}$ ?

1)  $1 \cdot 10^{-1}$  кг

2) 1 кг

3) 20 кг

4) 100 кг

5)  $1 \cdot 10^3$  кг

Дано:

$$m_0 = 2 \cdot 10^3 \text{ кг}$$

$$v = 3 \cdot 10^7 \frac{м}{с}$$

 $\Delta m - ?$ 

## Решение.

Масса тела, движущегося со скоростью  $v$   $m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$ , $c = 3 \cdot 10^8 \frac{м}{с}$  — скорость света в вакууме. Изменение массы

$$\Delta m = m - m_0 = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - m_0 = m_0 \left( \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - 1 \right)$$

$$\Delta m = 2 \cdot 10^3 \text{ кг} \left( \frac{1}{\sqrt{1 - 10^{-2}}} - 1 \right) = 20 \text{ кг}$$

Ответ: 3

**A31.** Поверхность платиновой пластинки освещают светом с длиной волны  $2,04 \cdot 10^{-7}$  м. Величина задерживающего потенциала оказалась, равной 0,8 В. Определите максимальную длину волны, при которой еще возможен фотоэффект.

1)  $1,35 \cdot 10^{-7}$  м2)  $1,53 \cdot 10^{-7}$  м3)  $2,06 \cdot 10^{-7}$  м4)  $2,35 \cdot 10^{-7}$  м5)  $2,64 \cdot 10^{-7}$  м

Дано:

$$\lambda = 2,04 \cdot 10^{-7} \text{ м}$$

$$\phi_3 = 0,8 \text{ В}$$

 $\lambda_{\text{max}} - ?$ 

## Решение.

Максимальная длина волны, при которой еще возможен фотоэффект — это красная граница фотоэффекта. Запишем уравнение Эйнштейна для фотоэффекта:  $h \frac{c}{\lambda} = A_e + E_{k \text{ max}}$ .

Работа выхода электрона из платины  $A_e = \frac{hc}{\lambda_{\text{max}}}$ , максимальная

кинетическая энергия электрона  $E_{k \text{ max}} = e\phi_3$ ,  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$ . Следовательно

$\frac{h \cdot c}{\lambda} = \frac{hc}{\lambda_{\max}} + e\varphi_3$ , откуда  $\lambda_{\max} = \frac{hc}{\frac{hc}{\lambda} - e\varphi_3}$ ,  $c = 3 \cdot 10^8 \frac{м}{с}$  — скорость света в вакууме.

$$\lambda_{\max} = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot c \cdot 3 \cdot 10^8 \frac{м}{с}}{6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot c \cdot \frac{3 \cdot 10^8 \frac{м}{с}}{2,04 \cdot 10^{-7} \text{ м}} - 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \cdot 0,8 \text{ В}} = 2,33 \cdot 10^{-7} \text{ м}$$

Ответ: 4

**A32.** Общий заряд электронов в атоме цинка равен  $-4,8 \cdot 10^{-18}$  Кл. Порядковый номер атома цинка в периодической системе Менделеева

- 1) 16      2) 30      3) 96      4) 20      5) 60

Решение.

Порядковый номер элемента в таблице Менделеева равен количеству электронов в атоме. Атом этого элемента  $z = \frac{q}{e}$ , где заряд электрона

$$e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \text{ равен: } z = \frac{-4,8 \cdot 10^{-18} \text{ Кл}}{-1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}} = 30$$

Ответ: 2

**A33.** При переходе электрона из состояния с энергией  $W_1 = -4,8$  эВ в другое состояние испускается фотон с энергией  $W = 3,1$  эВ. Энергия конечного состояния электрона равна

- 1) 3,9 эВ      2) 1,7 эВ      3) 7,9 эВ      4) 2,7 эВ      5) 1,3 эВ

Дано:

$$W_1 = -4,8 \text{ эВ}$$

$$W = 3,1 \text{ эВ}$$

$$W_2 = ?$$

Решение.

Энергия испускаемого фотона равна разности энергий конечного и начального состояний электрона  $W = W_2 - W_1$ , откуда энергия конечного состояния электрона  $W_2 = W + W_1$ .  
 $W_2 = 3,1 \text{ эВ} + 4,8 \text{ эВ} = 7,9 \text{ эВ}$ .

Ответ: 3

**A34.** Определите удельную энергию связи ядра  $^{12}_6\text{C}$ , относительная атомная масса которого 12,0 а. е. м. ( $m_p = 1,0078$  а. е. м.,  $m_n = 1,0087$  а. е. м.,  $m_\alpha = 15,99491$  а. е. м.).

- 1) 6,95 МэВ      2) 7,0 МэВ      3) 7,68 МэВ      4) 8,13 МэВ      5) 8,25 МэВ

Решение.

Удельная энергия связи ядра – это отношение энергии связи к числу нуклонов в ядре (в ядре  $^{12}_6\text{C}$  их 12)

$$\Delta E_{\text{yo}} = \frac{E_{\text{с}}}{12}. \text{ Энергия связи ядра } E_{\text{с}} = 931 \frac{\text{МэВ}}{\text{а.е.м}} \cdot \Delta m. \text{ Дефект массы } \Delta m = 6m_p + 6m_n - m_{\text{yo}}.$$

$$\text{Тогда удельная энергия связи } \Delta E_{\text{yo}} = \frac{931 \frac{\text{МэВ}}{\text{а.е.м}} (6m_p + 6m_n - m_{\text{yo}})}{12}$$

$$E_{\text{yo}} = \frac{931(6(1,0078 + 1,0087) - m_{\text{yo}})}{12} = 7,68 \text{ МэВ}.$$

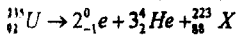
Ответ: 3

A35. Определите порядковый номер в таблице Менделеева элемента, образовавшегося из  $^{235}_{92}\text{U}$  после двух  $\beta$ -распадов и трех  $\alpha$ -распадов.

- 1) 86                      2) 87                      3) 88                      4) 89                      5) 90

Решение.

Запишем ядерную реакцию, описанную в условии задачи, учтя, что  $\beta$ -частица это электрон  $^0_{-1}e$  и  $\alpha$ -частица – это ядро гелия  $^4_2\text{He}$ .



Порядковый номер образовавшегося элемента 88.

Ответ: 3

Часть В

В1. Спутник движется по круговой орбите на высоте  $h$ , равной радиусу Земли, над ее поверхностью. Найдите его скорость (в  $\frac{\text{км}}{\text{с}}$ ). Радиус Земли считайте равным 6 400 км.

Дано:

$$h = R$$

$$R = 64 \cdot 10^5 \text{ м}$$

$$V = ?$$

Решение.

Так как спутник движется по круговой орбите на высоте  $h$ , равной радиусу Земли  $R$ , то радиус орбиты спутника равен  $2R$ . Уравнение движения для спутника

$$\text{имеет вид: } G \frac{mM}{(R+R)^2} = \frac{mV^2}{R+R}. \text{ Сократим на массу спутника } m \text{ и } 2R. \text{ Получим}$$

$$G \frac{M}{(R+R)} = V^2. \text{ Учтем, что ускорение свободного падения определяется}$$

$$\text{выражением } g = G \frac{M}{R^2},$$

тогда  $G \frac{M}{2R} = \frac{gR}{2} = V^2$ . Откуда  $V = \sqrt{\frac{gR}{2}} = \sqrt{5 \frac{M}{c} \cdot 64 \cdot 10^5 M} = 5,7 \cdot 10^3 \frac{M}{c} \approx 5,7 \frac{кг}{с}$

Ответ: 6

**В2.** Насос поднимает воду на поверхность земли с глубины 18 м за 30 мин. Плотность воды  $1\ 000 \frac{кг}{м^3}$ . Если мощность насоса 10 кВт, то объем поднятой воды равен ...  $м^3$ .

Решение.

Дано:

$$h = 18 м$$

$$t = 1800 с$$

$$\rho = 1000 \frac{кг}{м^3}$$

$$P = 10^4 Вт$$

$$V = ?$$

Мощность численно, развиваемая насосом равна работе, совершаемой за 1с против силы тяжести.

Значит  $P = \frac{mgh}{t}$ . Так как  $m = \rho \cdot V$ , то  $P = \frac{\rho \cdot V \cdot g \cdot h}{t}$  или

$$V = \frac{t}{\rho \cdot g \cdot h} = \frac{30 \cdot 60 \cdot 10 \cdot 10^3}{1000 \cdot 10 \cdot 18} = 100 м^3$$

Ответ: 100

**В3.** Батарея элементов с внутренним сопротивлением 2 Ом замкнута двумя одинаковыми параллельно соединенными проводниками. Вольтметр, подключенный к зажимам источника, показывает напряжение 6 В. Если одно из сопротивлений отключить, показание вольтметра возрастает до 8 В. Сопротивления проводников равны ... Ом.

Решение.

Дано:

$$r = 2 Ом$$

$$R_1 = R_2 = R_3$$

$$U_1 = 6 В$$

$$U_2 = 8 В$$

$$R = ?$$

Запишем закон Ома для полной цепи для этих двух случаев:  $I_1 = \frac{\varepsilon}{R_1 + r}$ ;  $I_2 = \frac{\varepsilon}{R_2 + r}$ , где  $R_1 = \frac{R}{2}$ ,  $R_2 = R$ .

Падения напряжений на зажимах источника — это падение напряжения на внешнем участки цепи:

$$U_1 = I_1 \cdot R_1 = \frac{\varepsilon}{\frac{R}{2} + r} \cdot \frac{R}{2} = \frac{\varepsilon \cdot R}{R + 2r}, \text{ откуда } \frac{U_1}{U_2} = \frac{R + r}{R + 2r}$$

$$U_2 = I_2 \cdot R_2 = \frac{\varepsilon}{R + r} \cdot R = \frac{\varepsilon \cdot R}{R + r}$$

$$\frac{6}{8} = \frac{R + 2r}{R + r}; \frac{3}{4} = \frac{R + 2}{R + 4}; 3R + 12 = 4R + 8 \quad R = 4 Ом$$

Ответ: 4



**В4.** Определите индуктивность катушки с током (в мГн), состоящей из 20 витков, если энергия ее магнитного поля равна 4,5 Дж, а магнитный поток через витки катушки равен 0,015 Вб.

Дано:

$$N = 20$$

$$W = 4,5 \text{ Дж}$$

$$\Phi_1 = 0,015 \text{ Вб}$$

$$L = ?$$

Решение.

Энергия магнитного поля катушки  $W = \frac{LI^2}{2}$ , где  $I$  - сила тока в катушке,  $L$  - ее индуктивность.

Магнитный поток, создаваемый катушкой с током,  $\Phi = \Phi_1 \cdot N$  с другой стороны  $\Phi = L \cdot I$  откуда, сила тока

$$I = \frac{\Phi_1 \cdot N}{L}. \text{ Следовательно, энергия магнитного поля } W = \frac{L \cdot \frac{\Phi_1^2 \cdot N^2}{L^2}}{2} = \frac{\Phi_1^2 \cdot N^2}{2L}.$$

$$\text{Отсюда индуктивность катушки } L = \frac{\Phi_1^2 \cdot N^2}{2W} = \frac{400 \cdot 225 \cdot 10^{-6}}{2 \cdot 4,5} = 10 \text{ мГн}.$$

Ответ: 10

**В5.** Если второй дифракционный максимум находился на экране на расстоянии 5 см от центра экрана, то при увеличении расстояния от дифракционной решетки до экрана на 20 % этот дифракционный максимум будет находиться на расстоянии ... см.

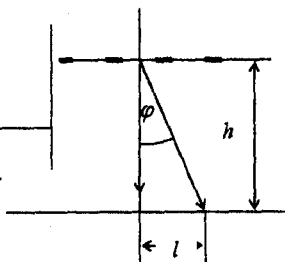
Дано:

$$e_1 = 5 \text{ см}$$

$$h_2 = 1,2h_1$$

$$l_2 = ?$$

экрана.



Решение.

Запишем уравнение максимума в дифракционной решётке  $d \sin \varphi = k\lambda$ . Второй дифракционный максимум находится на расстоянии  $l_2$  от центра. Расстояние от экрана до дифракционной решетки равно  $h$ .

Так как угол дифракции мал, то  $\sin \varphi = \operatorname{tg} \varphi = \frac{l}{h}$ . Угол дифракции определяется

только постоянной дифракционной решётки и порядком. Значит, в обоих

случаях он одинаков. То есть, справедливо:  $\frac{l_2}{h_2} = \frac{l}{h}$  или  $\frac{l_2}{1,2h_1} = \frac{l}{h_1}$ .

Откуда  $l_2 = \frac{l}{h_1} \cdot 1,2h_1 = 1,2l_1 = 6 \text{ см}$ .

Ответ: 6

### Тест по физике № 6

**A1.** Автомобиль  $\frac{3}{4}$  времени своего движения проехал со скоростью  $60 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$ , а оставшуюся часть – со скоростью  $80 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$ . Средняя скорость автомобиля равна

- 1)  $65 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$     2)  $68 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$     3)  $70 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$     4)  $72 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$     5)  $75 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$

Дано:

$$t_1 = 3/4t;$$

$$v_1 = 60 \text{ км/ч};$$

$$t_2 = 1/4t;$$

$$v_2 = 80 \text{ км/ч};$$

$$v_{\text{ср}} = ?$$

Решение.

Средняя скорость  $v_{\text{ср}} = \frac{S}{t}$ . Весь путь состоит из двух

участков  $S_1 = t_1 v_1$  и  $S_2 = t_2 v_2$ .  $S = S_1 + S_2$ .

$$S = v_1 \cdot \frac{3}{4}t + v_2 \cdot \frac{1}{4}t = t \left( \frac{3}{4}v_1 + \frac{1}{4}v_2 \right).$$

Средняя скорость тогда

$$v_{\text{ср}} = \frac{3}{4}v_1 + \frac{1}{4}v_2; \quad v_{\text{ср}} = \frac{3}{4} \cdot 60 \frac{\text{км}}{\text{ч}} + \frac{1}{4} \cdot 80 \frac{\text{км}}{\text{ч}} = 65 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$$

Ответ: 1

**A2.** Диаметр ведущего колеса трактора 1,2 м. За 5 мин равномерного прямолинейного движения трактор закультивировал 0,8478 га. Ширина захвата культиватора 3 м. Определите угловую скорость вращения точек ведущего колеса трактора.

- 1)  $5,0 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$     2)  $7,85 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$     3)  $15,70 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$     4)  $12,50 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$     5)  $9,42 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$

Дано:

$$D = 1,2 \text{ м};$$

$$t = 300 \text{ с};$$

$$S = 8478 \text{ м}^2;$$

$$(1 \text{ га} = 10^4 \text{ м}^2);$$

$$h = 3 \text{ м};$$

$$\omega = ?$$

Решение.

Путь, пройденный трактором  $\ell = \frac{S}{h}$ . Линейная скорость

ведущего колеса  $v = \frac{S}{t}$ , а угловая скорость  $\omega = \frac{v}{R}$ , тогда

$$\omega = \frac{\ell}{t \cdot R}; \quad R = \frac{D}{2} = 0,6 \text{ м}. \text{ Отсюда } \omega = \frac{2S}{t \cdot h \cdot D};$$

$$\omega = \frac{2 \cdot 8478 \text{ м}^2}{300 \text{ с} \cdot 3 \text{ м} \cdot 1,2 \text{ м}} = 15,7 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$$

Ответ: 3

**A3.** От движущегося поезда отцепили последний вагон, при этом скорость поезда не изменилась. Сравните пути, пройденные поездом и вагоном до остановки вагона. Ускорение вагона считать постоянным.

- 1)  $\frac{S_n}{S_p} = 1,5$     2)  $\frac{S_n}{S_p} = 3$     3)  $\frac{S_n}{S_p} = 4$     4)  $\frac{S_n}{S_p} = 2$     5)  $\frac{S_n}{S_p} = 2,5$

Решение.

Дано:

$$g_{0n} = g_{0c} = g;$$

$$a_r = const;$$

$$a_n = 0;$$

$$\frac{S_n}{S_r} = ?$$

Пусть вагон до остановки двигался время  $t$ . За это время поезд, двигаясь с постоянной скоростью, прошёл путь  $S_r = g \cdot t$ . Скорость вагона, двигавшегося равноускоренно за время  $t$  изменилась от  $g$  до 0 и он прошёл путь  $S_n = \frac{g}{2} \cdot t$ .

$$\text{Отсюда } \frac{S_n}{S_r} = 2$$

Ответ: 4

**A4.** Парашютист массой 80 кг опускается с установившейся скоростью  $6 \frac{M}{c}$ .

Если сила сопротивления воздуха пропорциональна квадрату скорости, то мальчик массой 40 кг будет опускаться на этом же парашюте с установившейся скоростью

- 1)  $12,0 \frac{M}{c}$     2)  $8,5 \frac{M}{c}$     3)  $10,4 \frac{M}{c}$     4)  $4,2 \frac{M}{c}$     5)  $3,0 \frac{M}{c}$

Решение.

Пусть масса парашютиста  $m_1$ , а масса мальчика  $m_2$ . Тогда, в случае

установившегося падения для парашютиста и мальчика имеем: 
$$\begin{cases} F_{C1} - m_1 g = 0; \\ F_{C2} - m_2 g = 0; \end{cases}$$

или

$$\begin{cases} kV_1^2 - m_1 g = 0; \\ kV_2^2 - m_2 g = 0; \end{cases} \text{ откуда } V_2 = \sqrt{\frac{m_2}{m_1}} V_1 = \sqrt{\frac{40 \text{ кг}}{80 \text{ кг}}} 6 \frac{M}{c} = 4,2 \frac{M}{c}$$

Ответ: 4

**A5.** От груза массой  $M$ , висящего на пружине жесткостью  $k$ , отвалилась его часть массой  $m = 0,25M$ . Максимальная высота, на которую поднимется оставшаяся часть груза, составляет

- 1)  $\frac{Mg}{k}$     2)  $\frac{2Mg}{k}$     3)  $\frac{Mg}{2k}$     4)  $\frac{Mg}{3k}$     5)  $\frac{Mg}{4k}$

Дано:

$$m_1 = M;$$

$$k_1 = K;$$

$$m_2 = 0,75M;$$

$$k_2 = K$$

$$\Delta h = ?$$

Решение.

Если к пружине жесткостью  $K$  подвесить груз массой  $m_1$ , то в пружине возникнет сила упругости  $F_1 = Kx_1$ , уравновешивающая  $m_1 g$ . Величина деформации пружины

$$x_1 = \frac{m_1 g}{K} = \frac{Mg}{K}$$

$E_{p1} = \frac{M^2 g^2}{2K}$ . Когда масса груза уменьшилась, то уменьшилась величина

деформации  $x_2 = \frac{0,75Mg}{K}$ . Высота, на которую поднимется остальная часть груза

$$\Delta h = x_1 - x_2 = \frac{Mg}{K} - \frac{0,75Mg}{K} = \frac{0,25Mg}{K} = \frac{Mg}{4K}$$

Ответ: 5

**A6.** Уравнение движения материальной точки массой 200 г вдоль оси OX имеет вид  $x = 5 + 10t + 4t^2$ . Определите значение проекции равнодействующей всех сил, приложенных к телу, на ось OX.

- 1) 4,0 Н      2) 0,8 Н      3) 1,6 Н      4) 2,0 Н      5) 1,0 Н

Решение.

Дано:

$$m = 200\text{г} = 0,2\text{кг};$$

$$x = 5 + 10t + 4t^2 (\text{м});$$

$$F_{\text{px}} = ?$$

Из второго закона Ньютона следует, что  $F_{\text{px}} = \text{max}$ . Ускорение вдоль оси OX – это произведение от скорости по времени:  $V_x = x' = (5 + 10t + 4t^2)' = 10 + 8t$ . Ускорение  $a_x = V_x' = (10 + 8t)' = 8$ . Проекция равнодействующей всех сил на ось OX

$$F_{\text{px}} = 0,24\text{г} \cdot 8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = 1,6\text{н}$$

Ответ: 3

**A7.** Струя воды сечением  $6 \text{ см}^2$  ударяет из брандспойта в стенку под углом  $60^\circ$  к нормали и под тем же углом упруго отражается от нее. Скорость струи  $15 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

какой силой струя давит на стенку?

- 1) 75 Н      2) 95 Н      3) 125 Н      4) 135 Н      5) 145 Н

Дано:

$$S = 6 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2;$$

$$\alpha = 60^\circ;$$

$$g = 15 \text{ м/с};$$

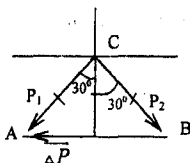
$$F = ?$$

Решение.

За время, равное  $t = 1\text{с}$  о стену ударяет масса воды  $m = \rho_s \cdot S \cdot g \cdot t$ ; Она обладает импульсом  $P_1 = m g = \rho_s S g^2 t$ . После отражения модуль импульса воды не изменится и  $P_2 = P_1 = \rho_s S g^2 t$ . Изменение импульса воды  $\Delta \vec{P} = \vec{P}_2 - \vec{P}_1$ . По

второму закон Ньютона импульс силы действующей на воду равен изменению импульса воды  $\vec{F} \cdot t = \Delta \vec{P}$ .

Изменение импульса найдём векторно:



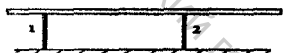
$\Delta ABC$  равнобедренный,  $\angle ACB = 60^\circ$ . Значит этот  $\Delta$  – к равносторонний и  $\Delta P = P_1$ . Сила, действующая на струю воды, а, следовательно, по 3-му закону Ньютона и на стенку

$$F = \frac{\rho_s S g^2 t}{t} = \rho_s S g^2$$

$$F = 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 6 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \cdot 225 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} = 135 \text{ Н}$$

Ответ: 4

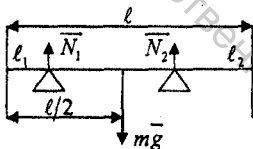
А8. Однородная балка массой 360 кг и длиной 6 м расположена горизонтально на двух опорах. Левый конец балки выступает за опору 1 на 1 метр, а правый конец балки выступает за опору 2 на 2 м. Определите силу давления балки на правую (2) опору.



- 1) 3 600 Н      2) 1 200 Н      3) 2 400 Н      4) 3 000 Н      5) 4 800 Н

Дано:  
 $m = 360 \text{ кг};$   
 $l = 6 \text{ м};$   
 $l_1 = 1 \text{ м};$   
 $l_2 = 2 \text{ м};$

$F_{\text{д}2} = ?$



Решение.

По третьему закону Ньютона сила, действующая на правую опору  $F_{\text{д}2} = N_2$ .

Запишем условие равновесия балки относительно опоры 1. Момент силы

$N_2$   $M_1 = N_2(l - l_2 - l_1)$  равен моменту силы  $mg$   $M_2 = mg(\frac{l}{2} - l_1)$ .

Следовательно,  $N_2(l - l_2 - l_1) = mg(\frac{l}{2} - l_1)$

$$N_2 = \frac{mg(\frac{l}{2} - l_1)}{(l - l_2 - l_1)}; \quad N_2 = \frac{360 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 2 \text{ м}}{3 \text{ м}} = 2400 \text{ Н}$$

Ответ: 3

А9. Стекланный шарик, опущенный в воду, начал падать с ускорением  $6 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ .

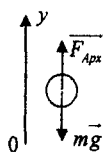
Плотность воды  $1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ . Сопротивлением воды пренебрегаем. Плотность стекла в этом случае равна

- 1) 625  $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$       2) 1 250  $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$       3) 5 000  $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$       4) 1 625  $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$       5) 2 500  $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$

Дано:  
 $a = 6 \text{ м/с}^2;$   
 $\rho_n = 1000 \text{ кг/м}^3;$   
 $\rho_{\text{ст}} = ?$

Решение.

На шарик, падающий в воде, действует сила тяжести  $mg$  и архимедова сила  $\overline{F_{\text{арх}}}$ .



По 2-му закону Ньютона  $\overline{F_{Apx}} + m\overline{g} = m\overline{a}$ . В проекции на ось OY

$$F_{Apx} - mg = -ma. F_{Apx} = \rho_s gV, m = \rho_{cm} \cdot V, \text{ тогда } \rho_s gV - \rho_{cm} Vg = -\rho_c Va,$$

$$\text{откуда } \rho_{cm} = \frac{\rho_s g}{g - a};$$

$$\rho_{cm} = \frac{10^3 \text{ кг/м}^3 \cdot 10 \text{ м/с}^2}{4 \text{ м/с}^2} = 2,5 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = 2500 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

Ответ: 5

**A10.** Груз массой 1 кг, прикрепленный к вертикальной пружине жесткостью  $100 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$ , совершает гармонические колебания с амплитудой 4 см. Определите ускорение груза при смещении 2 см от положения равновесия.

- 1)  $6,4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$     2)  $6,9 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$     3)  $7,3 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$     4)  $7,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$     5)  $8,2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

Дано:

$$m = 1 \text{ кг};$$

$$k = 100 \text{ Н/м};$$

$$A = 0,04 \text{ м};$$

$$x = 0,02 \text{ м};$$

$$a = ?$$

Решение.

Так как колебания груза на пружине гармонические, то  $x = A \sin(\omega t + \phi_0)$ , скорость груза  $\mathcal{V} = x' = A\omega \cos(\omega t + \phi_0)$ , а ускорение  $a = \mathcal{V}' = -A\omega^2 \sin(\omega t + \phi_0) = -x\omega^2$

Циклическая частота  $\omega = 2\pi/T$ , период колебаний

$$T = 2\pi\sqrt{m/k}, \text{ тогда } \omega = \sqrt{k/m}. a = x \frac{k}{m} \quad a = 0,02 \text{ м} \cdot \frac{100 \frac{\text{Н}}{\text{м}}}{1 \text{ кг}} = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

Ответ: 4

**A11.** В каких направлениях движутся частицы среды при распространении в ней поперечных механических колебаний?

- 1) в любых направлениях
- 2) только в направлении распространения волны
- 3) в направлении, противоположном направлению распространения волны
- 4) в направлении, перпендикулярном направлению распространения волны
- 5) частицы среды остаются неподвижными

Решение.

При распространении в упругой среде поперечных механических колебаний частицы среды движутся в направлении, перпендикулярном направлению распространения волн.

Ответ: 4

**A12.** Газ находится под давлением 200 кПа. Определите плотность газа, если средняя квадратичная скорость движения его молекул  $500 \frac{м}{с}$ .

- 1)  $2,0 \frac{кг}{м^3}$     2)  $1,8 \frac{кг}{м^3}$     3)  $1,2 \frac{кг}{м^3}$     4)  $3,6 \frac{кг}{м^3}$     5)  $2,4 \frac{кг}{м^3}$

Дано:

$$p = 2 \cdot 10^5 \text{ Па};$$

$$\langle v \rangle = 500 \text{ м/с};$$


---


$$\rho = ?$$

Решение.

Запишем основное уравнение молекулярно-кинетической теории в виде  $p = \frac{1}{3} \rho \langle v \rangle^2$ , откуда плотность газа  $\rho = \frac{3p}{\langle v \rangle^2}$

$$\rho = \frac{3 \cdot 2 \cdot 10^5 \text{ Па}}{25 \cdot 10^4 \frac{м^2}{с^2}} = 2,4 \frac{кг}{м^3}$$

Ответ: 5

**A13.** Первоначальное давление газа 150 кПа. За счет изотермического сжатия объем газа уменьшили на 12 %. На сколько изменилось давление газа?

- 1) 30 кПа    2) 60 кПа    3) 20 кПа    4) 33 кПа    5) 8 кПа

Дано:

$$p_1 = 15 \cdot 10^4 \text{ Па};$$

$$T = \text{const};$$

$$V_2 = 0,88V_1;$$

$\Delta p = ?$

Решение.

По закону Бойля-Мариотта (процесс изотермический)  $p_1V_1 = p_2V_2$ . При сжатии давление газа возросло, поэтому

$$p_2 = p_1 + \Delta p.$$

$$p_1V_1 = (p_1 + \Delta p) \cdot 0,88V_1;$$

$$p_1 = 0,88p_1 + \Delta p \cdot 0,88;$$

$$0,12p_1 = 0,88\Delta p;$$

$$\Delta p = \frac{0,12 \cdot 15 \cdot 10^4}{0,88} \approx 20 \cdot 10^3 \text{ Па} = 20 \text{ кПа}$$

Ответ: 3

**A14.** Внутри плотно закупоренной бутылки находится газ массой  $m$ . Температура газа  $10^\circ\text{C}$ , давление газа 112 кПа. До какой температуры нагрелся газ, если при давлении 122 кПа пробка вылетела из бутылки?

- 1)  $11^\circ\text{C}$     2)  $15^\circ\text{C}$     3)  $20^\circ\text{C}$     4)  $25^\circ\text{C}$     5)  $35^\circ\text{C}$

Дано:

$$m = \text{const};$$

$$V = \text{const};$$

$$T_1 = 283\text{K};$$

$$p_1 = 112 \cdot 10^3 \text{ Па};$$

$$p_2 = 122 \cdot 10^3 \text{ Па};$$


---


$$T_2 = ?$$

Решение.

Запишем уравнение Менделеева-Клапейрона для двух состояний газа в закупоренной бутылке.

$$p_1V = \frac{m}{\mu} RT_1 \text{ и } p_2V = \frac{m}{\mu} RT_2. \text{ Разделим их и получим } \frac{p_1}{p_2} = \frac{T_1}{T_2},$$

$$\text{откуда } T_2 = \frac{p_2 T_1}{p_1}; T_2 = \frac{122 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot 283 \text{ К}}{112 \cdot 10^3 \text{ Па}} = 308 \text{ К}$$

Температура по шкале Цельсия  $t_2 = 308 - 273 = 35^\circ$

Ответ: 5

**A15.** Лед массой 1,0 кг, температура которого  $20^\circ\text{C}$ , опустили в воду массой 2,0 кг, температура, которой неизвестна. При этом 0,6 кг льда растаяло. Удельные теплоемкости воды и льда  $c_w = 4,2 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$ ,  $c_l = 2,1 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$ , удельная

теплота плавления льда  $\lambda = 340 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$ . Определите температуру воды.

- 1)  $29^\circ\text{C}$     2)  $25^\circ\text{C}$     3)  $20^\circ\text{C}$     4)  $15^\circ\text{C}$     5)  $10^\circ\text{C}$

Решение.

Дано:

$$m_1 = 1 \text{ кг}$$

$$t_1 = -20^\circ\text{C}$$

$$m_2 = 2 \text{ кг}$$

$$c_w = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$$

$$c_l = 2100 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$$

$$m = 0,6 \text{ кг}$$

$$\lambda = 34 \cdot 10^4 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

$$t_2 = ?$$

Лед растаял частично, поэтому окончательная температура смеси воды со льдом  $0^\circ\text{C}$ . При этом лед нагрелся от  $-20^\circ\text{C}$  до  $0^\circ\text{C}$  и частично растаял, он получил количество теплоты  $Q_1 = C_l m_1 (0^\circ - t_1) + m \lambda$ .

Вода отдала теплоту, охлаждаясь от неизвестной температуры  $t_2$  до  $0^\circ\text{C}$ , она отдала количество теплоты  $Q_2 = C_w m_2 (t_2 - 0^\circ\text{C})$ .

Согласно уравнению теплового баланса  $Q_1 = Q_2$

$$-C_l m_1 t_1 + \lambda m = c_w m_2 t_2,$$

откуда

$$t_2 = \frac{-c_l m_1 t_1 + \lambda m}{c_w m_2}; t_2 = \frac{-2100 \cdot 1 \cdot (-20) + 34 \cdot 10^4 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \cdot 0,6 \text{ кг}}{4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \cdot 2 \text{ кг}} = 29^\circ\text{C}.$$

Ответ: 1

**A16.** Тепловая машина получила от нагревателя  $8 \cdot 10^5$  Дж теплоты. Вычислите количество теплоты, отдаваемое холодильнику, если температура нагревателя  $127^\circ\text{C}$ , а холодильника  $27^\circ\text{C}$ .

- 1)  $109 \cdot 10^1$  кДж    2)  $5 \cdot 10^{-1}$  кДж    3) 600 кДж    4) 300 кДж    5) 450 кДж

Дано:

$$Q_1 = 8 \cdot 10^5 \text{ Дж};$$

$$T_1 = 400 \text{ К};$$

$$T_2 = 300 \text{ К};$$

$$Q_2 = ?$$

Решение.

$$\text{КПД тепловой машины } \eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}; \text{ и } \eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1};$$

откуда  $\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{T_2}{T_1}$ . Количество теплоты, отданное холодильнику



$$Q_2 = \frac{Q_1 T_2}{T_1}; Q_2 = \frac{8 \cdot 10^5 \text{ Дж} \cdot 300 \text{ К}}{400 \text{ К}} = 6 \cdot 10^5 \text{ Дж} = 600 \text{ кДж}$$

Ответ: 3

**A17.** В центре стального диска имеется отверстие диаметром 4,99 мм (при 0 °С). До какой температуры следует нагреть диск, чтобы в отверстие начал проходить шарик радиусом 2,5 мм? Коэффициент линейного расширения стали  $1,1 \cdot 10^{-5} \text{ К}^{-1}$ .

- 1) 110 °С      2) 128 °С      3) 142 °С      4) 168 °С      5) 182 °С

Дано:

$$d_0 = 4,99^6 \text{ мм};$$

$$t_0 = 0^0 \text{ C};$$

$$R_1 = 2,5 \text{ мм};$$

$$\alpha = 1,1 \cdot 10^{-5} \text{ К}^{-1};$$

$$t_1 = ?$$

Решение.

Диаметр шарика  $d_1 = 2R_1 = 5 \text{ мм}$ . Зависимость диаметра отверстия от температуры

$$d_1 = d_0(1 + \alpha(\Delta t)), \Delta t = t_1 - t_0 = t_1 \text{ откуда } t_1 = \frac{d_1 - d_0}{d_0 \alpha}$$

$$t_1 = \frac{0,01}{4,99 \cdot 1,1 \cdot 10^{-5}} = 182^0 \text{ C}$$

Ответ: 5

**A18.** Два одинаковых шарика массой 2 г подвешены на шелковых нитях к одному крючку. Определите расстояние между шариками, если угол между нитями  $120^0$ , а каждый шарик потерял по  $1 \cdot 10^{13}$  электронов.

- 1) 0,30 м      2) 0,45 м      3) 0,67 м      4) 0,72 м      5) 0,82 м

Дано:

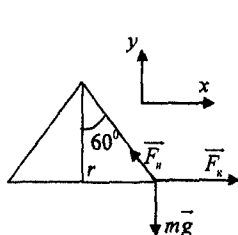
$$m = 2 \cdot 10^{-3} \text{ кг};$$

$$\alpha = 120^0;$$

$$q = 10^{13} e = 1,6 \cdot 10^{-6} \text{ Кл};$$

$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл};$$

$$r = ?$$



Решение.

На каждый шарик действует сила тяжести  $mg$ , сила натяжения нити  $\vec{F}_n$  и кулоновская сила отталкивания  $\vec{F}_k$ . Шарики находятся в покое, следовательно,

по 1-му закону Ньютона  $mg + \vec{F}_n + \vec{F}_k = 0$ . В проекции на оси OX и OY имеем:

$$\text{OX: } -F_n \sin 60^0 + F_k = 0 \quad \text{OY: } F_n \cos \alpha - mg = 0 \text{ или } F_n \sin 60^0 = F_k, F_n \cos 60^0 = mg.$$

Разделим эти уравнения:  $\text{tg} \alpha = \frac{F_k}{mg}$ . По закону Кулона  $F_k = k \frac{q^2}{r^2}$ , тогда

$$\text{tg} 60^0 = \frac{kq^2}{r^2 mg}. \text{ Расстояние между шариками } r = \sqrt{k/mg \cdot \text{tg} 60^0}$$

$$r = 1,6 \cdot 10^{-6} \sqrt{9 \cdot 10^9 / 2 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \cdot \sqrt{3}} = 0,82 \text{ м}$$

Ответ: 5

A19. Шарик массой 16 г, подвешенный на непроводящей нити, совершает колебания с периодом 1 с. Шарик у сообщили отрицательный заряд величиной  $10 \cdot 10^{-8}$  Кл и поместили его в однородное электрическое поле, направленное вверх. Период колебаний шарика стал 0,95 с. Определите напряженность электрического поля.

- 1)  $86 \cdot 10^{-1} \frac{\kappa B}{м}$       2)  $18 \frac{\kappa B}{м}$       3)  $160 \frac{\kappa B}{м}$       4)  $430 \frac{\kappa B}{м}$       5)  $860 \frac{\kappa B}{м}$

Дано:

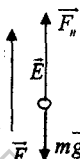
$$m = 16 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$$

$$T_1 = 1 \text{ с};$$

$$q = 10^{-7} \text{ Кл};$$

$$T_2 = 0,95 \text{ с};$$

$E = ?$



Решение.

Когда шарик находится вне электрического поля, то есть период колебаний (как математического маятника)  $T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$ . В электрическом поле на

шарик действует кроме  $mg$  и  $F_n$  сила со стороны электрического поля  $F = qE$ , направленная вниз. Период

колебаний маятника в электрическом поле  $T_2 = 2\pi \sqrt{l/g'}$

$$g' = \frac{F_n}{m}; F_n = mg + F \quad F = qE; \quad g' = g + \frac{qE}{m} \quad T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g'}};$$

Определим  $\frac{T_2}{T_1}; \frac{T_2}{T_1} = \sqrt{\frac{g}{g + \frac{qE}{m}}}$ . Возведём в квадрат и получим  $\left(\frac{T_2}{T_1}\right)^2 = \frac{g}{g + \frac{qE}{m}}$ .

Откуда напряжённость электрического поля  $E = \frac{m}{q} \left[ \frac{g}{\left(\frac{T_2}{T_1}\right)^2} - g \right]$

$$E = \frac{10 \frac{м}{с^2} \cdot 16 \cdot 10^{-3} \text{ кг}}{0,9025 \cdot 10^{-7} \text{ Кл}} \left[ \left( \frac{1 \text{ с}}{0,95 \text{ с}} \right)^2 - 1 \right] = 160 \frac{\kappa B}{м}$$

Ответ: 3

A20. Три электрона расположены в вершинах правильного треугольника со стороной  $2a$ . Какую наибольшую скорость приобретут электроны в результате электростатического взаимодействия? Масса электрона —  $m$ , заряд электрона —  $q$ .

1)  $\sqrt{\frac{2q^2}{3\pi\epsilon_0 m a}}$

2)  $\sqrt{\frac{q^2}{12\pi\epsilon_0 m a}}$

3)  $3 \cdot \sqrt{\frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 m a}}$

4)  $\sqrt{\frac{3q^2}{4\pi\epsilon_0 m a}}$

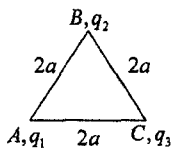
5)  $\sqrt{\frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 m a}}$

Решение.

Дано:  
 $q_1 = q_2 = q_3 = q;$   
 $r = 2a;$   
 $m$   


---

 $g_{\max} = ?$



Потенциальная энергия системы трёх одинаковых зарядов  $q$ .

$$W_p = \frac{1}{2} (q\varphi_A + q\varphi_B + q\varphi_C), \varphi_A = \frac{kq}{2a} + \frac{kq}{2a} = \frac{kq}{a}$$

потенциал электрического поля в точке А, создаваемого

другими зарядами. Аналогично  $\varphi_B = \varphi_C = \frac{kq}{a}$ . Тогда потенциальная энергия

системы зарядов  $W_p = \frac{1}{2} \frac{3kq^2}{a}$ . В результате электрического взаимодействия

электроны приобретают максимальную кинетическую энергию  $W_k = 3 \frac{m g_{\max}^2}{2}$ . По

закону сохранения энергии  $W_p = W_k$ , т.е.  $\frac{1}{2} \frac{3kq^2}{a} = \frac{3m g_{\max}^2}{2}$ , откуда  $g_{\max} = \sqrt{kq^2/am}$ .

Т.к.  $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$ , то  $g_{\max} = \sqrt{q^2/4\pi\epsilon_0 am}$

Ответ: 5

**A21.** При параллельном подключении к источнику постоянного тока с внутренним сопротивлением  $r$  двух одинаковых резисторов сопротивлением  $R = r$  во внешней цепи выделяется мощность  $P$ . ЭДС источника равна

- 1)  $\frac{3}{2}\sqrt{Pr}$       2)  $2\sqrt{Pr}$       3)  $\frac{\sqrt{Pr}}{4}$       4)  $\frac{3}{4}\sqrt{Pr}$       5)

$$\sqrt{\frac{Pr}{2}}$$

Дано:  
 $R = r;$   
 $r$   
 $P$   


---

 $\epsilon = ?$

Решение.

Запишем закон Ома для полной цепи  $I = \frac{\epsilon}{R+r}$ . По условию

$R = r$ , поэтому  $I = \frac{\epsilon}{r+r} = \frac{2\epsilon}{3r}$ . Мощность во внешней цепи:

$$P = I^2 R = \frac{4\epsilon^2}{9r^2} \cdot \frac{r}{2}. \text{ Отсюда ЭДС источника } \epsilon = 3\sqrt{\frac{P \cdot r}{2}}.$$

Ответ: 5

**A22.** В растворе медного купороса за время  $t$  сила тока равномерно возрастает от 0 до  $I$ . При этом на катоде выделилась масса меди, равная молярной массе меди. Если валентность иона меди равна  $n$ , то число Фарадея по этим данным равно

- 1)  $\frac{It}{2n}$       2)  $\frac{It}{n}$       3)  $Itm$       4)  $\frac{Itm}{2}$       5)  $2Itm$

Решение.

Дано:

$$I_1 = 0;$$

$$I_2 = I;$$

$$m = M;$$

$$n, t;$$

$F = ?$

Запишем закон Фарадея для электролиза через число Фарадея.

$$m = \frac{1}{F} \frac{M}{n} I_{cp} \cdot t; \text{ Среднее значение силы тока } I_{cp} = \frac{I_1 + I_2}{2} = \frac{I}{2}; \text{ тогда}$$

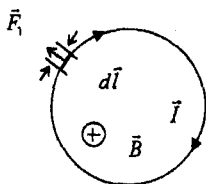
$$m = \frac{1}{F} \frac{M}{n} \frac{I}{2} \cdot t. \text{ По задаче } m \text{ численно равно } M, \text{ тогда } F = \frac{It}{2n}$$

Ответ: 1

**A23.** В горизонтальной плоскости лежит подвижный виток из гибкой проволоки. Однородное магнитное поле направлено сверху вниз. Какую форму примет виток, если по нему пропустить электрический ток в направлении движения часовой стрелки, если смотреть сверху?

- 1) квадрата
- 2) треугольника
- 3) окружности
- 4) соприкасающихся прямых
- 5) эллипса

Решение.



На каждый элемент  $dl$  гибкой проволоки в однородном магнитном поле действуют одинаковые силы Ампера, направленные за пределы витка. Направление силы Ампера определяется по правилу левой руки. Следовательно, виток будет иметь форму окружности.

Ответ: 3

**A24.** В однородное магнитное поле под углом  $30^\circ$  к линиям магнитной индукции влетает электрон, пройдя ускоряющую разность потенциалов 25 кВ. Найдите радиус окружности, по которой движется частица. Индукция магнитного поля равна 0,01 Тл.

- 1) 1,2 см
- 2) 1,8 см
- 3) 2,3 см
- 4) 2,7 см
- 5) 2,9 см

Дано:

$$\alpha = 30^\circ;$$

$$\Delta\varphi = 25 \cdot 10^3 \text{ В};$$

$$q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл};$$

$$m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ Кл};$$

$$B = 10^{-2} \text{ Тл};$$

$R = ?$

Решение.

Скорость электрона, прошедшего ускоряющую разность

потенциалов найдем из уравнения  $\frac{m v^2}{2} = q \Delta\varphi$ ,

откуда  $v = \sqrt{\frac{2q\Delta\varphi}{m}}$ . Разложим скорость электрона на

две составляющих:  $v_{\parallel} = v \cos \alpha$ , она направлена



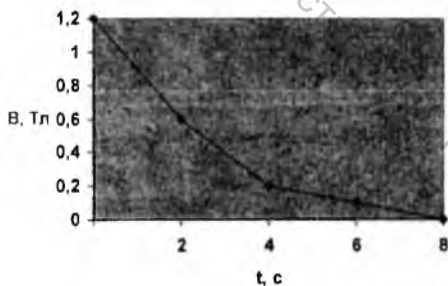
вдоль линии индукции и  $\mathcal{G}_2 = \mathcal{G}_0 \sin \alpha$ , которая направлена перпендикулярно линии индукции. На электрон, движущийся в магнитном поле, действует сила Лоренца  $F_L = qB\mathcal{G}_2$ , которая сообщает электрону центростремительное ускорение  $a = \frac{\mathcal{G}_2^2}{R}$ . По второму закону Ньютона  $qB\mathcal{G}_2^2 = m \frac{\mathcal{G}_2^2}{R}$ , откуда радиус окружности

$$R = \frac{m\mathcal{G}_2}{qB} = \frac{m\mathcal{G} \sin \alpha}{qB}; \quad R = \frac{m\sqrt{2q\Delta\varphi} \sin \alpha}{qB} = \frac{1}{B} \sqrt{\frac{2m\Delta\varphi}{q}} \sin \alpha.$$

Подставим данные из условия и получим  $R = \frac{1}{10^{-3}} \sqrt{\frac{2 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 25 \cdot 10^1}{1,6 \cdot 10^{-19}}} \cdot \frac{1}{2} = 2,7 \text{ см}$

Ответ: 4

A25. Дан график изменения индукции однородного поля в зависимости от времени. Линии индукции направлены под углом  $60^\circ$  к плоскости проволочного кольца площадью  $80 \text{ см}^2$ . Определите минимальное значение индуцируемой в кольце ЭДС.



- 1) 0,20 мВ      2) 0,35 мВ      3) 1,20 мВ      4) 1,40 мВ      5) 2,10 мВ

Дано:

$$\alpha = 60^\circ;$$

$$S = 8 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2;$$

Решение.

ЭДС индукции, возникающая в кольце  $\mathcal{E}_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ . Изменение магнитного потока  $\Delta\Phi = \Phi_2 - \Phi_1$ . Магнитный поток через кольцо

$$\Phi_1 = B_1 S \cos(90^\circ - \alpha), \quad \Phi_2 = B_2 S \cos(90^\circ - \alpha), \quad \text{т.е.}$$

$$\frac{(B_2 - B_1) S \cos(90^\circ - \alpha)}{\Delta t}. \quad \mathcal{E}_i \text{ минимальна на том участке графика зависимости}$$

$B = f(t)$ , где  $\frac{\Delta B}{\Delta t}$  минимальна, т.е. тангенс угла наклона графика зависимости индукции от времени минимален, т.е. где  $B_1 = 0,2 \text{ Тл}, B_2 = 0, \Delta t = 8\text{с} - 4\text{с} = 4\text{с}$ ;

$$\mathcal{E}_i = \frac{B_1 S \cos(90^\circ - \alpha)}{\Delta t} = \frac{0,2 \text{ Тл} \cdot 8 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{4\text{с}} = 0,34 \cdot 10^{-3} = 0,34 \text{ мВ}$$

Ответ: 2

**A26.** Зависимость силы тока от времени в колебательном контуре описывается уравнением  $I=0,5\sin 100\pi t$  (А). Найдите индуктивность контура, если амплитудное значение напряжения на конденсаторе равно 100 В, а емкость конденсатора 50 нФ.

- 1)  $2 \cdot 10^{-1}$  Гн      2)  $2 \cdot 10^{-2}$  Гн      3)  $2 \cdot 10^{-3}$  Гн      4)  $5 \cdot 10^{-3}$  Гн      5)  $1 \cdot 10^{-3}$  Гн

Дано:

$$I = 0,5 \sin 100\pi t;$$

$$U_{\max} = 100 \text{ В};$$

$$c = 5 \cdot 10^{-8} \text{ Ф};$$

$L = ?$

Решение.

По условию задачи  $I_{\max} = 0,5 \text{ А}$ .

В колебательном контуре выполняется закон сохранения

энергии  $\frac{I_{\max}^2 L}{2} = \frac{cU_{\max}^2}{2}$ , откуда индуктивность контура

$$L = \frac{cU_{\max}^2}{I_{\max}^2}; \quad L = \frac{5 \cdot 10^{-8} \text{ Ф} \cdot 10^4 \text{ В}}{0,25 \text{ А}^2} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}$$

Ответ: 3

**A27.** Воздушная линия электропередачи переменного тока промышленной частоты 50 Гц имеет длину 600 км. Найдите разность фаз напряжения на концах линии электропередач. Скорость распространения сигнала по проводам  $3 \cdot 10^8$  м.

- 1)  $\pi$       2)  $\frac{\pi}{2}$       3)  $\frac{\pi}{3}$       4)  $\frac{\pi}{4}$       5)  $\frac{\pi}{5}$

Решение.

Разность фаз напряжения на концах линии электропередач  $\Delta\varphi = \frac{2\pi\Delta r}{\lambda}$ . Длина

$$\text{волны } \lambda = \frac{v}{\nu}, \text{ тогда } \Delta\varphi = \frac{2\pi\Delta r \nu}{v} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 6 \cdot 10^5 \text{ м} \cdot 50 \frac{1}{\text{с}}}{3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}} = \frac{\pi}{5}$$

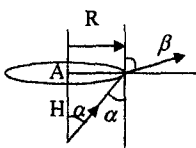
Ответ: 5

**A28.** В центре дна металлического цилиндрического сосуда, до краев заполненного жидкостью, находится точечный источник света. Высота сосуда  $H$ , радиус  $R$ , показатель преломления жидкости  $n$ . Лучи от источника у края сосуда выходят под углом

- 1)  $\beta = \arcsin \frac{Rn}{\sqrt{R^2 + 2H^2}}$       2)  $\beta = \arcsin \frac{2Rn}{\sqrt{R^2 + H^2}}$       3)  $\beta = \arcsin \frac{Rn}{\sqrt{4R^2 + H^2}}$   
 4)  $\beta = \arcsin \frac{Rn}{\sqrt{R^2 + H^2}}$       5)  $\beta = \arcsin \frac{Rn}{\sqrt{R^2 + 4H^2}}$

R

Дано:  
 $H$ ;  
 $R$ ;  
 $n$ ;



Решение.

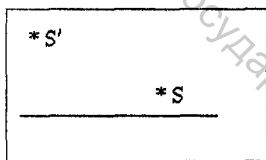
Запишем закон преломления света:  $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{1}{n}$

Из  $\sin \beta = \frac{Rn}{\sqrt{R^2 + H^2}}$ . Луч из сосуда у края диска

выходит под углом  $\beta = \arcsin \frac{Rn}{\sqrt{R^2 + H^2}}$

Ответ: 4

A29. Изображение точечного источника света  $S'$  и сам источник  $S$  расположены относительно главной оптической оси тонкой линзы так, как показано на рисунке.



Данному случаю соответствует формула линзы

1)  $-D = -\frac{1}{d} + \frac{1}{f}$

2)  $D = \frac{1}{d} - \frac{1}{f}$

3)  $-D = \frac{1}{d} - \frac{1}{f}$

4)  $-D = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$

5)  $D = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$

Решение.

Из рисунка видно, что изображение  $S'$  находится над главной оптической осью, как и источник  $S$ , но на большем расстоянии от неё, чем источник. Из этого следует, что линза собирающая, а изображение источника мнимое, поэтому

формула линзы имеет вид  $D = \frac{1}{d} - \frac{1}{f}$

Ответ: 2

A30. В ускорителе электрон получил энергию 6 ГэВ. Во сколько раз масса такого электрона больше его массы покоя?

1) 2 000

2) 5 800

3) 11 700

4) 17 600

5) 35 100

Дано:

$E = 6 \cdot 10^9 \text{ эВ} =$

$= 1,6 \cdot 10^{-10} \text{ Дж};$

$\frac{m}{m_0} - ?$

Решение.

Из закона взаимодействия массы и энергии следует, что

масса ускоренного электрона равна  $m = \frac{E}{c^2}$ .  $c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ ;

$$\frac{m}{m_0} = \frac{E}{c^2 m_0}; \quad \frac{m}{m_0} = \frac{9,6 \cdot 10^{-10} \text{ Дж}}{9 \cdot 10^{16} \frac{\text{М}^2}{\text{с}^2} \cdot 9,1 \cdot 10^{31} \text{ кг}} = 11700$$

Ответ: 3

**A31.** С какой скоростью должен двигаться электрон, чтобы его кинетическая энергия была равна энергии фотона с длиной волны  $5\,200 \text{ \AA}$ ?

- 1)  $92 \cdot 10^{-1} \frac{\text{км}}{\text{с}}$     2)  $92 \frac{\text{км}}{\text{с}}$     3)  $920 \frac{\text{км}}{\text{с}}$     4)  $9\,200 \frac{\text{км}}{\text{с}}$     5)  $92\,000 \frac{\text{км}}{\text{с}}$

Дано:

$$E_{\text{ке}} = E_{\text{кф}}$$

$$\lambda = 5,2 \cdot 10^{-7} \text{ м};$$

$\vartheta = ?$

Решение.

Кинетическая энергия электрона  $E_{\text{ке}} = \frac{m\vartheta^2}{2}$ ; где  $m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$  -

масса электрона. Энергия фотона  $E_{\text{кф}} = \frac{hc}{\lambda}$ , где

$h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$  (Постоянная Планка),  $c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{М}}{\text{с}}$ . По условию задачи

$$\frac{m\vartheta^2}{2} = \frac{hc}{\lambda}, \text{ откуда скорость электрона } \vartheta = \sqrt{\frac{2hc}{m\lambda}};$$

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с} \cdot 3 \cdot 10^8 \frac{\text{М}}{\text{с}}}{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \cdot 5,2 \cdot 10^{-7} \text{ м}}} = 920 \frac{\text{км}}{\text{с}}$$

Ответ: 3

**A32.** Порядковый номер атома олова в периодической системе Менделеева

50. Заряд ядра атома олова равен

- 1)  $9,0 \cdot 10^{-18} \text{ Кл}$     2)  $6,0 \cdot 10^{-18} \text{ Кл}$     3)  $8,0 \cdot 10^{-18} \text{ Кл}$     4)  $4,0 \cdot 10^{-18} \text{ Кл}$     5)  $2,6 \cdot 10^{-18} \text{ Кл}$

Решение.

Если порядковый атом олова в периодической системе Менделеева 50, то заряд ядра атома олова  $50 \cdot q_{\text{пр}} \cdot q_{\text{пр}} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$ , откуда  $q = 8 \cdot 10^{-18} \text{ Кл}$

Ответ: 3

**A33.** Если длина волны де Бройля электрона равна  $2,5 \cdot 10^{-10} \text{ м}$ , то электрон движется со скоростью

- 1)  $1,9 \cdot 10^6 \frac{\text{М}}{\text{с}}$     2)  $3,4 \cdot 10^6 \frac{\text{М}}{\text{с}}$     3)  $3,0 \cdot 10^6 \frac{\text{М}}{\text{с}}$     4)  $2,9 \cdot 10^6 \frac{\text{М}}{\text{с}}$     5)  $2,5 \cdot 10^6 \frac{\text{М}}{\text{с}}$

Дано:

$$\lambda = 2,3 \cdot 10^{-10} \text{ м};$$

$\vartheta = ?$

Решение.

Длина волны де Бройля  $\lambda = \frac{h}{p}$ , где  $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$  -

постоянная Планка,  $p = m\vartheta$ . Масса электрона  $m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$ ,



откуда скорость электрона  $\vartheta = \frac{h}{\lambda m}$ ;  $v = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}}{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \cdot 2,5 \cdot 10^{-7} \text{ м}} = 2,9 \cdot 10^6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

Ответ: 4

**A34.** Определите удельную энергию связи для ядра  ${}^{16}_8\text{O}$ , относительная атомная масса которого 15,99491 а. е. м. ( $m_p = 1,00780$  а. е. м.,  $m_n = 1,00870$  а. е. м.,  $m_a = 15,99491$  а. е. м.).

- 1) 7,05 МэВ    2) 7,18 МэВ    3) 7,32 МэВ    4) 7,09 МэВ    5) 7,97 МэВ

Дано:

${}^{16}_8\text{O}$

$m_p = 1,0078 \text{ а. е. м.}$

$m_n = 1,0087 \text{ а. е. м.}$

$m_a = 15,99491 \text{ а. е. м.}$

$E_{\text{св}} - ?$

Решение.

Удельная энергия связи ядра – это отношение энергии ядра к числу нуклонов ядра (для данного ядра  ${}^{16}_8\text{O}$  это 16).

$$E_{\text{уд}} = \frac{E_{\text{св}}}{16}$$

Энергия связи атомного ядра  $E_{\text{св}} = 931 \frac{\text{МэВ}}{\text{а. е. м.}}$

$\Delta m$  – дефект массы для данного ядра, в котором 8 протонов и 8 нейтронов.

$\Delta m = 8(m_p + m_n) - m_a$

Тогда  $E_{\text{уд}} = \frac{931 \frac{\text{МэВ}}{\text{а. е. м.}} \cdot (8(m_p + m_n) - m_a)}{16}$ ;

$E_{\text{уд}} = \frac{931 \frac{\text{МэВ}}{\text{а. е. м.}} (8 \cdot 2,0165 \text{ а. е. м.} - 15,99491 \text{ а. е. м.})}{16} \approx 7,977$

Ответ: 5

**A35.** Найдите недостающий продукт ядерной реакции  ${}^{10}_5\text{B} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^7_3\text{Li} + ?$

- 1) n    2)  $\beta$     3)  $\gamma$     4)  $\alpha$     5) p

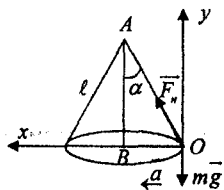
Решение.

Запишем данную в условии ядерную реакцию  ${}^{10}_5\text{B} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^7_3\text{Li} + {}^4_2\text{x}$ . Недостающий продукт – ядро гелия или  $\alpha$ -частица.

Ответ: 4

### Часть В

**B1.** Небольшой шарик, подвешенный на нити длиной 50 см, описывает окружность в горизонтальной плоскости. Нить образует с вертикалью угол  $60^\circ$ . Определите период обращения шарика (в с).



Решение.

На шарик действует сила тяжести  $m\vec{g}$  и сила натяжения нити  $\vec{F}_n$ . Шарик движется по окружности с ускорением, направленным по радиусу к центру окружности. По второму закону Ньютона  $\vec{F}_n + m\vec{g} = m\vec{a}$ .

В проекции на оси OX и OY получим:

OX:  $F_n \sin \alpha = ma$ ; OY:  $F_n \cos \alpha - mg = 0$  или  $F_n \sin \alpha = ma$  и  $F_n \cos \alpha = mg$ . Разделим

эти уравнения и получим  $tg \alpha = \frac{a}{g}$ , откуда  $a = g \cdot tg \alpha$ . Центростремительное

ускорение  $a = \omega^2 R$ . Угловая скорость  $\omega = \frac{2\pi}{T}$ , откуда  $\frac{4\pi^2 R}{T^2} = g \cdot tg \alpha$ . Период

обращения шарика  $T = 2\pi \sqrt{\frac{R}{g \cdot tg \alpha}}$ . Из  $\triangle$ -ка ABO радиус окружности  $R = l \sin \alpha$ ,

тогда  $T = 2\pi \sqrt{\frac{l \sin \alpha}{g \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha}}} = 2\pi \sqrt{\frac{l \cos \alpha}{g}}$ ;  $T = 6,28 \sqrt{\frac{0,5 \text{ м} \cdot 1/2}{10 \text{ м/с}^2}} = 1 \text{ с}$

Ответ: 1

**В2.** Для того чтобы разогнать тело из состояния покоя до скорости  $2v$  с постоянным ускорением, необходимо совершить работу 100 Дж. Для того чтобы увеличить скорость этого тела от  $2v$  до  $4v$ , необходима работа, равная ... Дж.

Дано:

$$\mathcal{E}_1 = 0;$$

$$\mathcal{E}_2 = 2\mathcal{E};$$

$$A = 100 \text{ Дж};$$

$$\mathcal{E}'_1 = 2\mathcal{E};$$

$$\mathcal{E}'_2 = 4\mathcal{E};$$

$$A' = ?$$

Решение.

Вспользуемся теоремой о кинетической энергии: работа равнодействующей силы равна изменению кинетической энергии тела:

$$A = \frac{m\mathcal{E}_2^2}{2} - \frac{m\mathcal{E}_1^2}{2} \text{ и } A' = \frac{m\mathcal{E}'_2^2}{2} - \frac{m\mathcal{E}'_1^2}{2}. \text{ Подставим данные условия}$$

$$A = \frac{m}{2}(4\mathcal{E}^2 - 0) = \frac{m}{2}4\mathcal{E}^2$$

задачи:

$$A' = \frac{m}{2}(16\mathcal{E}^2 - 4\mathcal{E}^2) = \frac{m}{2} \cdot 12\mathcal{E}^2$$

Очевидно, что  $A' = 3A = 300 \text{ Дж}$

Ответ: 300

**В3.** Параллельно амперметру сопротивлением  $0,01 \text{ Ом}$  включен вольтметр. Если вольтметр показывает напряжение  $2 \text{ мВ}$ , то амперметр показывает ток, равный ... мА.

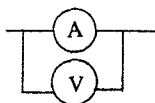
Решение.

Дано:

$$R_A = 0,01 \text{ Ом};$$

$$U_V = 2 \cdot 10^{-3} \text{ В};$$

$$I_A = ?$$



Напряжение на амперметре равно  $U_V$ , тогда амперметр покажет силу тока  $I_A = \frac{U_V}{R_A}$ ;

$$I_A = \frac{2 \cdot 10^{-3} \text{ В}}{0,01 \text{ Ом}} = 200 \cdot 10^{-3} \text{ А} = 200 \text{ мА}$$

Ответ: 200

**В4.** Через обмотку соленоида течет ток 5 А. При увеличении силы тока в 4 раза за

2 с среднее значение ЭДС самоиндукции в соленоиде равно 9 В. Найдите энергию магнитного поля (в Дж) в соленоиде при исходной силе тока.

Дано:

$$I_1 = 5 \text{ А};$$

$$I_2 = 4I_1;$$

$$\Delta t = 2 \text{ с};$$

$$\varepsilon_i = 9 \text{ В};$$

$$W_1 = ?$$

Решение.

ЭДС самоиндукции в соленоиде, при изменении в нём силы тока  $\varepsilon_i = L \frac{\Delta I}{\Delta t}$ ; Изменение силы тока  $\Delta I = I_2 - I_1 = 3I_1$ , откуда индуктивность соленоида  $L = \frac{\varepsilon_i \cdot \Delta t}{\Delta I}$ . Энергия магнитного поля в соленоиде при исходной силе тока

$$W_1 = \frac{LI_1^2}{2}; W = \frac{\varepsilon_i \cdot \Delta t \cdot I_1^2}{2 \cdot 3I_1} = \frac{\varepsilon_i \cdot \Delta t \cdot I_1}{6};$$

$$W_1 = \frac{9 \text{ В} \cdot 2 \text{ с} \cdot 5 \text{ А}}{6} = 15 \text{ Дж}$$

Ответ: 15

**В5.** Определите наибольший порядок спектра в дифракционной решетке, имеющей 500 штрихов на 1 мм, при освещении ее светом с длиной волны 720 нм.

Дано:

$$N = 500;$$

$$\ell = 10^{-3} \text{ м};$$

$$\lambda = 72 \cdot 10^{-8} \text{ м};$$

$$K_{\max} = ?$$

Решение.

Запишем уравнение максимума в дифракционной решётке

$$d \sin \varphi = k \lambda. \text{ Постоянная дифракционной решётки } k = \frac{\ell}{N}.$$

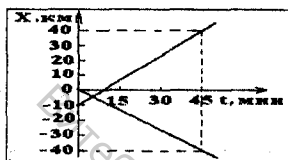
Порядок максимума будет наибольшим, если  $\sin \alpha = 1$ . Тогда

$$\frac{\ell}{N} = K_{\max} \cdot \lambda, \text{ откуда } K_{\max} = \frac{\ell}{N \cdot \lambda}; K_{\max} = \frac{10^{-3} \text{ м}}{500 \cdot 72 \cdot 10^{-8} \text{ м}} = 2$$

Ответ: 2

## Тест по физике № 7

A1. На рисунке представлены зависимости координат автобуса и легкового автомобиля от времени.



Модуль их относительной скорости равен

- 1)  $40 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$     2)  $60 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$     3)  $80 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$     4)  $100 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$     5)  $120 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$

Решение.

Из графиков зависимости координат автобуса и легкового автомобиля видно, что в начальный момент ( $t=0$ ), расстояние между ними  $\Delta x_1 = -10$ . Через

$45 \text{ мин} = \frac{3}{4} \text{ часа}$  расстояние  $\Delta x_2 = 80 \text{ км}$ . Модуль их относительности:

$$V = \frac{\Delta x_2 - \Delta x_1}{\Delta t}$$

$$V = \frac{90 \text{ км}}{\frac{3}{4} \text{ ч}} = 120 \text{ км/ч}$$

Ответ: 5

A2. Диаметр ведущего колеса трактора 1,2 м. Трактор закультивировал 0,8478 га. Ширина захвата культиватора 3 м. Сколько оборотов совершило ведущее колесо трактора за это время?

- 1) 375    2) 750    3) 1 500    4) 625    5) 575

Решение.

Дано:

$$S = 8478 \text{ м}^2;$$

$$D = 1,2 \text{ м};$$

$$(1 \text{ га} = 10^4 \text{ м}^2)$$

$$h = 3 \text{ м};$$

$$N = ?$$

Трактор прошел путь  $l = \frac{S}{h}$ . Путь пройденным ведущем колесом,  $l = 2\pi R \cdot N = \pi D \cdot N$ , откуда число оборотов ведущего колеса  $N = \frac{l}{\pi D} = \frac{S}{h\pi D}$ ;

$$N = \frac{8478 \text{ м}^2}{3 \text{ м} \cdot 3,14 \cdot 1,2 \text{ м}} = 750;$$

Ответ: 2

**A3.** Камень, брошенный с башни горизонтально с начальной скоростью  $10 \frac{м}{с}$ , упал на расстоянии 20 м от ее основания. Определите, с какой высоты

был брошен камень.

- 1) 40 м      2) 20 м      3) 45 м      4) 30 м      5) 10 м

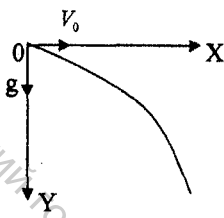
Решение.

Дано:

$$V_0 = 10 \text{ м/с};$$

$$S = 20 \text{ м};$$

$h = ?$

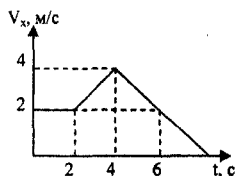


В направлении оси  $OX$  движение камня равномерное, поэтому  $S = V_0 \cdot t$ . В

направлении оси  $OY$  - свободное падение  $h = \frac{g \cdot t^2}{2}$ ;  $t = \frac{S}{V_0} = 2 \text{ с}$ ;  $h = \frac{10 \text{ м/с}^2 \cdot 4 \text{ с}^2}{2} = 20 \text{ м}$ ;

Ответ: 2

**A4.** На рисунке приведен график зависимости проекции скорости тела на ось  $OX$  от времени. Масса тела 0,5 кг.



В момент времени 1 с на тело действует сила, проекция которой на ось  $OX$

- 1) 0,50 Н      2) 1,0 Н      3) 2,0 Н      4) 0,25 Н      5) 0 Н

Дано:

$$t = 1 \text{ с};$$

$$m = 0,5 \text{ кг};$$

$F_x = ?$

Решение.

По второму закону Ньютона  $F_x = m \cdot a_x$ . Из графика зависимости  $V_x$  от  $t$  видно, что на промежутке времени от 0 до 2 с скорость тела не меняется, а, значит,  $a_x = 0$ . Следовательно  $F_x = 0$ .

Ответ: 5

**A5.** Если жесткость трех параллельно соединенных одинаковых пружин равна  $k$ , то жесткость одной пружины равна

- 1)  $k$                       2)  $\frac{k}{3}$                       3)  $3k$                       4)  $\frac{k}{9}$                       5)  $9k$

Дано:

$$k$$

$$k_1 = ?$$

Решение.

Жесткость пружины зависит от ее материала и размеров

$k_1 = \frac{E \cdot S_1}{l_{01}}$ . Если три одинаковых пружины соединить

параллельно, то их общая длина  $l_0 = l_{01}$ , а площадь поперечного сечения

$S = 3S_1$  тогда  $k = \frac{E \cdot 3S_1}{l_{01}} = 3k_1$ . Жесткость одной пружины  $k_1 = \frac{k}{3}$ .

Ответ: 2

**A6.** Уравнение движения материальной точки массой 200 г вдоль оси  $OX$  имеет вид  $x = 5 + 10t + 4t^2$ . Определите значение проекции равнодействующей всех сил, приложенных к телу, на ось  $OX$ .

- 1) 1,6 Н                      2) 0,8 Н                      3) 1,0 Н                      4) 2,0 Н                      5) 4,0 Н

Дано:

$$m = 200 \text{ г} = 0,2 \text{ кг};$$

$$x = 5 + 10t + 4t^2 \text{ (м)};$$

$$F_{px} = ?$$

Решение.

Из второго закона Ньютона следует, что  $F_{px} = m \cdot a_x$ .

Ускорение вдоль оси  $OX$  – это произведение от скорости по времени:  $V_x = x' = (5 + 10t + 4t^2)' = 10 + 8t$ . Ускорение

$a_x = V_x' = (10 + 8t)' = 8$ . Проекция равнодействующей всех сил

на ось  $OX$   $F_{px} = 0,2 \text{ кг} \cdot 8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = 1,6 \text{ Н}$

Ответ: 1

**A7.** Орудие, масса ствола которого 400 кг, стреляет в горизонтальном направлении. Масса снаряда 8 кг, начальная скорость  $100 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ . При выстреле ствол откатывается вместе с орудием на 50 см. Определите среднее значение силы торможения, развивающейся в противоткатном устройстве орудия.

- 1) 0,18 кН                      2) 1,0 кН                      3) 1,60 кН                      4) 16,0 кН                      5) 18,0 кН

Дано:

$$m_1 = 400 \text{ кг};$$

$$m_2 = 8 \text{ кг};$$

$$V_2 = 100 \text{ м/с};$$

$$s = 0,5 \text{ м};$$

$$F_{тр} = ?$$

Решение.

Запишем закон сохранения импульса в проекции на горизонтальную ось:  $0 = m_1 V_1 - m_2 V_2$ , откуда скорость ствола

орудия при отдаче  $V_1 = \frac{m_2 V_2}{m_1}$ . Приобретя скорость  $V_1$ , ствол

приобрел кинетическую энергию  $E_k = \frac{m_1 V_1^2}{2}$ , которая расходуется на работу по преодолению сил торможения в противоткатном устройстве:  $E_k = F_{mp} \cdot s$ , откуда сила торможения  $F_{mp} = \frac{E_k}{s}$ ;  $F_{mp} = \frac{m_1 V_1^2}{2s}$ ;  $V_1 = \frac{8 \text{ кж} \cdot 100 \text{ м/с}}{400 \text{ кг}} = 2 \text{ м/с}$ ,

$$F_{mp} = \frac{400 \text{ кг} \cdot 4 \text{ м}^2 / \text{с}^2}{2 \cdot 0,5 \text{ м}} = 1600 \text{ Н} = 1,6 \text{ кН}$$

Ответ: 3

**А8.** Однородная балка массой 360 кг и длиной 6 м расположена горизонтально на двух опорах. Левый конец балки выступает за опору 1 на 1 метр, а правый конец балки выступает за опору 2 на 2 м. Какую минимальную силу, направленную вверх, необходимо приложить к левому концу балки, чтобы ее приподнять?

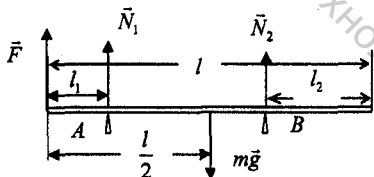


- 1) 1 800 Н      2) 900 Н      3) 3 600 Н      4) 1 200 Н      5) 1 800 Н

Решение.

Дано:  
 $m_1 = 400 \text{ кг}$ ;  
 $m_2 = 8 \text{ кг}$ ;  
 $V_2 = 100 \text{ м/с}$ ;  
 $s = 0,5 \text{ м}$ ;

$N = ?$



Если балку приподнять, приложив силу к ее левому концу, то балка будет вращаться относительно правой опоры В. Балка будет

находиться в равновесии, если моменты сил  $F$  и  $mg$  относительно опоры В будут равны.

$$F(l - l_2) = mg\left(\frac{l}{2} - l_2\right); \quad F = \frac{mg\left(\frac{l}{2} - l_2\right)}{l - l_2}; \quad F = \frac{300 \text{ кг} \cdot 10 \text{ м/с}^2 \cdot 1 \text{ м}}{4 \text{ м}} = 900 \text{ Н}$$

Ответ: 2

**А9.** В сосуд, содержащий ртуть ( $\rho_r = 13600 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ ) и воду ( $\rho_w = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ ), помещен металлический брусок. При этом в ртуть брусок погружен на  $\frac{1}{4}$  своей высоты, в воду – на  $\frac{1}{2}$ . Определите плотность бруска.

- 1)  $3\,500 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$       2)  $4\,000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$       3)  $6\,800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$       4)  $3\,900 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$       5)  $6\,300 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$

Дано:

$$\rho_1 = 13600 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\rho_2 = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$V_1 = \frac{1}{4}V$$

$$V_2 = \frac{1}{2}V$$

$\rho_0 = ?$

Решение.

На металлический брусок действует сила тяжести  $mg$ . Масса бруска  $m = \rho_0 \cdot V$ .

Брусок плавает, значит  $mg = F_{\text{арх}}$ . Архимедова сила действует со стороны ртути и воды  $F_{\text{арх}} = \rho_1 \cdot g \cdot V_1 + \rho_2 \cdot g \cdot V_2$

$\rho_0 \cdot g \cdot V = g \cdot V (\rho_1 \cdot \frac{1}{4} + \rho_2 \cdot \frac{1}{2})$ , откуда плотность бруска

$$\rho_0 = \frac{1}{4} \cdot \rho_1 + \frac{1}{2} \cdot \rho_2$$

$$\rho_0 = \frac{13600 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}}{4} + \frac{1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}}{2} = 3900 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

Ответ: 4

**A10.** Тело совершает гармонические синусоидальные колебания с периодом 1,2 с и нулевой начальной фазой. Через какое время после начала колебаний смещение тела от положения равновесия станет равным половине амплитуды?

- 1) 0,1 с      2) 0,2 с      3) 0,3 с      4) 0,4 с      5) 0,5 с

Дано:

$$T = 1,2 \text{ с}$$

$$\varphi_0 = 0$$

$$x = \frac{A}{2}$$

$t = ?$

Решение.

При гармонических синусоидальных колебаниях при

$\varphi_0 = 0$  По условию задачи  $x = \frac{A}{2}; \frac{A}{2} = A \cdot \sin \omega t$   
 $x = A \cdot \sin \omega t$

Сократим на  $A$  и получим  $\frac{1}{2} = \sin \omega t; \frac{1}{2} = \sin \frac{\pi}{6}$ ,

тогда  $\sin \frac{\pi}{6} = \sin \omega t; \frac{\pi}{6} = \omega t$ ; откуда  $t = \frac{\pi}{6\omega}; \omega = \frac{2\pi}{T}; t = \frac{T}{12}; t = 0,1 \text{ с}$ .

Ответ: 1

**A11.** В каких упругих средах могут возникать поперечные волны?

- 1) в газообразных
- 2) в жидких и газообразных
- 3) в вакууме и газообразных
- 4) в твердых
- 5) в газообразных и твердых



Решение.

Поперечные волны могут возникнуть в твердых средах и на поверхности жидкости.

Ответ: 4

A12. Давление газа в газонаполненной электрической лампе  $0,3 \cdot 10^4$  Па. Плотность этого газа  $- 0,9 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ . При горении лампы давление в ней равно  $1,2 \cdot 10^4$  Па. На сколько средняя квадратичная скорость движения молекул газа больше при горении лампы, чем в ее обычном состоянии?

- 1)  $300 \frac{\text{м}}{\text{с}}$     2)  $33 \frac{\text{м}}{\text{с}}$     3)  $100 \frac{\text{м}}{\text{с}}$     4)  $150 \frac{\text{м}}{\text{с}}$     5)  $80 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

Решение.

Дано:

$$p_1 = 3 \cdot 10^3 \text{ Па};$$

$$\rho = 0,9 \text{ кг/м}^3;$$

$$p_2 = 1,2 \cdot 10^4 \text{ Па};$$

$$\Delta \langle V \rangle = ?$$

Запишем основное уравнение молекулярно-кинетической теории для идеального газа в виде  $p_1 = \frac{1}{3} \rho \langle V_1 \rangle^2$  и

$p_2 = \frac{1}{3} \rho \langle V_2 \rangle^2$ . Плотность газа в газонаполненной

электрической лампе при ее горении не изменяется.

$$\langle V_1 \rangle = \sqrt{\frac{3p_1}{\rho}}; \quad \langle V_2 \rangle = \sqrt{\frac{3p_2}{\rho}}$$

Изменение средней квадратичной скорости движения молекул

$$\Delta \langle V \rangle = \langle V_2 \rangle - \langle V_1 \rangle = \sqrt{\frac{3p_2}{\rho}} - \sqrt{\frac{3p_1}{\rho}}$$

$$\Delta \langle V \rangle = \sqrt{\frac{3 \cdot 0,3 \cdot 10^4 \text{ Па}}{0,9 \text{ кг/м}^3}} - \sqrt{\frac{3 \cdot 1,2 \cdot 10^4 \text{ Па}}{0,9 \text{ кг/м}^3}} = 200 \text{ м/с} - 100 \text{ м/с} = 100 \text{ м/с}$$

Ответ: 3

A13. Первоначальное давление газа 100 кПа. За счет изотермического сжатия объем газа уменьшили на 20 %. На сколько изменилось давление газа?

- 1) 75,0 кПа    2) 20,0 кПа    3) 25,0 кПа    4) 38,0 кПа    5) 9,5 кПа

Решение.

Дано:

$$p_1 = 10^5 \text{ Па};$$

$$V_2 = 0,8V_1;$$

$$T = \text{const}$$

$$\Delta p = ?$$

По закону Бойля-Мариотта  $p_1 V_1 = p_2 V_2$ ,  $p_1 V_1 = p_2 \cdot 0,8 V_1$ , откуда

$$p_2 = \frac{p_1}{0,8} \quad \Delta p = p_2 - p_1 = 1,25 p_1 - p_1 = 0,25 p_1 = 0,25 \cdot 10^5 \text{ Па} = 25 \text{ кПа}$$

Ответ: 3

A14. Определите массу водорода, находящегося в баллоне вместимостью  $0,02 \text{ м}^3$  под давлением  $8,3 \cdot 10^6 \text{ Па}$ . Температура водорода  $17^\circ \text{C}$ , молярная масса водорода

$$0,002 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

- 1)  $0,138 \text{ кг}$     2)  $0,20 \text{ кг}$     3)  $0,364 \text{ кг}$     4)  $0,40 \text{ кг}$     5)  $0,10 \text{ кг}$

Решение.

Дано:

$$p = 8,3 \cdot 10^6 \text{ Па};$$

$$V = 0,02 \text{ м}^3;$$

$$T = 290 \text{ К}$$

$$M = 2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$$

$m = ?$

Запишем уравнение Менделеева-Клапейрона  $pV = \frac{m}{\mu} RT$ ,

откуда масса водорода  $m = \frac{pVM}{RT}$ .

$$m = \frac{8,3 \cdot 10^6 \text{ Па} \cdot 0,02 \text{ м}^3 \cdot 2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}}{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 290 \text{ К}} = 0,138 \text{ кг}$$

Ответ: 1

A15. В ванну с холодной водой, температура которой  $10^\circ \text{C}$ , добавили  $16 \text{ л}$  горячей воды, температура которой  $100^\circ \text{C}$ . Общая температура при тепловом равновесии  $25^\circ \text{C}$ . Сколько литров холодной воды было в ванной?

- 1)  $120 \text{ л}$     2)  $100 \text{ л}$     3)  $50 \text{ л}$     4)  $80 \text{ л}$     5)  $16 \text{ л}$

Решение.

Дано:

$$t_1 = 10^\circ \text{C};$$

$$m = 16 \text{ кг};$$

$$t_2 = 100^\circ \text{C};$$

$$t = 25^\circ \text{C};$$

$$V_1 = ?$$

По закону сохранения энергии  $Q_1 + Q_2 = 0$ , где  $Q_1 = cm_1(t - t_1)$  - количество теплоты, которое получила вода при нагревании от  $10^\circ \text{C}$  до  $25^\circ \text{C}$ ,  $Q_2 = cm_2(t - t_2)$  - количество теплоты, которое отдала вода при охлаждении от  $100^\circ \text{C}$  до  $25^\circ \text{C}$ ,  $cm_1(t - t_1) + cm_2(t - t_2) = 0$ , разделим на удельную теплоемкость воды  $c$  и получим  $m_1(t - t_1) + m_2(t - t_2) = 0$ , откуда масса холодной

$$\text{воды } m_1 = \frac{-m_2(t - t_2)}{t - t_1}; \quad m_1 = \frac{-16 \text{ кг}(-75^\circ \text{C})}{15^\circ \text{C}} = 80 \text{ кг}, \text{ так как один литр воды имеет массу}$$

$1 \text{ кг}$ , то  $V_1 = 80 \text{ л}$ .

Ответ: 4

A16. В результате изобарного процесса объем одноатомного, идеального газа увеличился в 3 раза. КПД этого процесса равен

- 1)  $20\%$     2)  $33,3\%$     3)  $40\%$     4)  $60\%$     5)  $66,7\%$

Решение.

Дано:  
 $p = \text{const}$ ;  
 $V_2 = 3V_1$ ;

$\eta = ?$

КПД процесса  $\eta = \frac{A}{Q} \cdot 100\%$ . Работа при изобарном расширении  $A = p(V_2 - V_1) = p \cdot 2V_1$ . Количество теплоты, полученное газом в соответствии с первым законом термодинамики  $Q = \Delta U + A$ . Изменение внутренней энергии одноатомного газа  $\Delta U = \frac{3}{2} \cdot \frac{m}{\mu} R \Delta T = \frac{3}{2} p(V_2 - V_1)$ , откуда  $Q = \frac{5}{2} p(V_2 - V_1) = 5pV_1$ , откуда  $\eta = \frac{p \cdot 2V_1}{5p \cdot V_1} \cdot 100\% = 40\%$

Ответ: 3

A17. В комнате объемом  $250 \text{ м}^3$  при температуре  $15^\circ \text{C}$  относительная влажность воздуха равна  $80\%$ . Определите массу водяных паров в воздухе комнаты. Парциальное давление насыщенного водяного пара при  $15^\circ \text{C}$  равно  $1,7 \text{ кПа}$ .

- 1) 2,1 кг      2) 2,3 кг      3) 2,6 кг      4) 2,8 кг      5) 3,0 кг

Решение.

Дано:

$V = 250 \text{ м}^3$   
 $t = 15^\circ \text{C}; T = 288$   
 $\varphi = 0,8$   
 $p_0 = 1,7 \cdot 10^3 \text{ Па}$

$m = ?$

Определим давление водяного пара в комнате, зная

относительную влажность  $\varphi = \frac{p}{p_0}$

$$p = 0,8 p_0$$

Т.к.  $\varphi = 0,8$ , то водяной пар не насыщенный, для него

выполняется уравнение Менделеева-Клапейрона  $pV = \frac{m}{M} \cdot R \cdot T$ ,

откуда масса водяного пара  $m = \frac{p \cdot V \cdot M}{R \cdot T}$ .

Молярная масса водяного пара ( $\text{H}_2\text{O}$ ):  $M = 18 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$ ;

$$m = \frac{0,8 \cdot 1,7 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot 250 \text{ м}^3 \cdot 18 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}}{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 288 \text{ К}} = 2,6 \text{ кг}.$$

Ответ: 3

A18. Два одинаковых проводящих шарика подвешены на одинаковых нитях длиной  $1 \text{ м}$  и закрепленных в одной точке. Соприкасающимися шарикам сообщили заряд  $40 \text{ мкКл}$ . После этого они разошлись на угол  $60^\circ$ . Найдите силу тяжести, действующую на каждый шарик.

- 1) 6,0 Н      2) 2,4 Н      3) 6,2 Н      4) 2,5 Н      5) 3,2 Н

Дано:

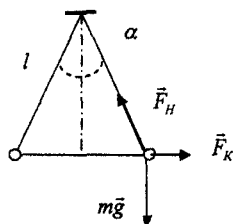
$$q_1 = q_2 = q_3 = 2 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}$$

$$l = 1 \text{ м};$$

$$\alpha = 60^\circ;$$

$$m = m_1 = m_2;$$

$$mg = ?$$



Решение.

На каждый шарик действует сила тяжести  $mg$ , сила натяжения нити  $F_H$  и кулоновская сила отталкивания  $F_K$ . Так как нити разошлись на угол  $60^\circ$ , то по первому закону Ньютона

$mg + F_H + F_K = 0$  В проекции на оси  $OX$  и  $OY$  имеем:

$$OX: -F_H \sin \frac{\alpha}{2} + F_K = 0$$

$$OY: F_H \cos \frac{\alpha}{2} - mg = 0, \text{ откуда } \begin{cases} F_H \cos \frac{\alpha}{2} = mg \\ F_H \sin \frac{\alpha}{2} = F_K \end{cases}, \text{ разделим второе на первое и}$$

$$\text{получим } \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{F_K}{mg}, \quad mg = \frac{F_K}{\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}}$$

Кулоновская сила  $F_K = k \frac{q^2}{r^2}$ , из треугольника  $ABO$   $AO = r = l$ , так как треугольник

$$\text{равносторонний. } mg = \frac{kq^2}{l^2 \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}}, \quad mg = \frac{9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2} \cdot 16 \cdot 10^{-10} \text{ Кл}^2}{1 \text{ м}^2 \cdot \frac{\sqrt{3}}{3}} =$$

Ответ: 3

A19. Три одинаковых заряда  $1 \cdot 10^{-9}$  Кл расположены в вершинах прямоугольного треугольника с катетами 30 и 40 см. Найдите напряженность электрического поля, созданного всеми зарядами, в точке пересечения гипотенузы с перпендикуляром, опущенным на нее из вершины прямого угла.

- 1)  $212 \frac{\text{В}}{\text{м}}$     2)  $224 \frac{\text{В}}{\text{м}}$     3)  $235 \frac{\text{В}}{\text{м}}$     4)  $246 \frac{\text{В}}{\text{м}}$     5)  $258 \frac{\text{В}}{\text{м}}$

Дано:

$$q_1 = q_2 = q_3 = 10^{-9} \text{ Кл}$$

$$l = 1 \text{ м};$$

$$AB = 0,3 \text{ м};$$

$$BC = 0,4 \text{ м};$$

$$E_D = ?$$

Решение.

В точке D электрическое поле создают три заряда. Согласно принципу суперпозиции полей  $\vec{E}_D = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3$ .

Напряженность поля, создаваемого первым зарядом

$$E_1 = k \frac{q}{AD^2}, \text{ вторым } E_2 = k \frac{q}{BD^2}, \text{ третьим } E_3 = k \frac{q}{CD^2}.$$

Гипотенуза AC равна 0,5 м, т.к. треугольник ABC египетский.  $\triangle ABC$  подобен  $\triangle ABD$ , т.к. они прямоугольные и имеют общий угол при вершине А. Из подобия треугольников следует, что  $\frac{AB}{AC} = \frac{AD}{AB}$ , а также  $\frac{AB}{AC} = \frac{BD}{BC}$  или

$$AD = \frac{AB^2}{AC}, \quad BD = \frac{AB \cdot BC}{AC}. \quad \text{Откуда } AD = \frac{0,3^2}{0,5} = 0,18 \text{ м},$$

$$CD = AC - AD = 0,5 \text{ м} - 0,18 \text{ м} = 0,32 \text{ м}. \quad BD = \frac{0,3 \text{ м} \cdot 0,4 \text{ м}}{0,5 \text{ м}} = 0,24 \text{ м}. \quad \text{Так как}$$

$$CD > AD, \text{ то } E_1 > E_2 \cdot E_{1,3} = E_1 - E_3. \quad \text{Таким образом } E_D = \sqrt{(E_1 - E_3)^2 + E_2^2}$$

$$E_D = \sqrt{\left(k \frac{q}{0,18 \text{ м}} - k \frac{q}{0,32 \text{ м}}\right)^2 + \left(k \frac{q}{0,24 \text{ м}}\right)^2} = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2} \cdot 10^{-9} \cdot \sqrt{\left(\frac{1 \cdot \text{Кл}}{0,18 \text{ м}} - \frac{1 \cdot \text{Кл}}{0,32 \text{ м}}\right)^2 + \left(\frac{1 \cdot \text{Кл}}{0,24 \text{ м}}\right)^2}$$

$$E_D = 246 \frac{\text{В}}{\text{м}}.$$

Ответ: 4

**A20.** Два точечных заряда по  $1 \cdot 10^{-7}$  Кл каждый расположены на расстоянии 10 см друг от друга. Определите потенциал в точке, удаленной на 10 см от каждого заряда.

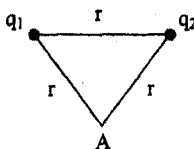
- 1) 0,9 кВ      2) 90,0 кВ      3) 180,0 кВ      4) 9,0 кВ      5) 18,0 кВ

Дано:

$$q_1 = q_2 = q = 10^{-7} \text{ Кл}$$

$$r = 0,1 \text{ м}$$

$\varphi = ?$



Решение.

Потенциал в точке А  $\varphi_A = \varphi_1 + \varphi_2$

Потенциал в точке А, создаваемый

первым зарядом  $\varphi_1 = \frac{kq}{r} = \varphi_2$ ;

Тогда

$$\varphi_A = \frac{2 \cdot 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2} \cdot 10^{-7} \text{ Кл}}{0,1 \text{ м}} = 18 \cdot 10^3 \text{ В} = 18 \text{ кВ}.$$

Ответ: 5

**A21.** При параллельном подключении к источнику постоянного тока с ЭДС  $\mathcal{E}$  двух одинаковых резисторов сопротивлением  $R$  во внешней цепи выделяется мощность. Найдите мощность источника.

- 1)  $\mathcal{E} \sqrt{\frac{2P}{R}}$       2)  $\mathcal{E} \frac{1}{2} \sqrt{\frac{P}{R}}$       3)  $\mathcal{E} \sqrt{\frac{P}{3R}}$       4)  $\mathcal{E} \sqrt{\frac{P}{R}}$       5)  $\mathcal{E} \sqrt{\frac{P}{2R}}$

Решение.

При параллельном соединении двух одинаковых сопротивлений  $R$  общее сопротивление равно  $\frac{R}{2}$ . Значит, мощность, выделяемая во внешней цепи

$$P = I^2 \frac{R}{2}, I = \sqrt{\frac{2P}{R}}. \text{ Мощность источника } P_1 = \varepsilon \sqrt{\frac{2P}{R}}$$

Ответ: 1

A22. Через раствор соли серебра в течение времени  $t$  пропускался ток силой  $I$ . На катоде выделилось серебро объемом  $V$ . Плотность серебра  $\rho$ . Определите электрохимический эквивалент серебра.

- 1)  $\frac{4\rho V}{It}$     2)  $\frac{2\rho V}{It}$     3)  $\frac{\rho V}{2It}$     4)  $\frac{\rho V}{4It}$     5)  $\frac{\rho V}{It}$

Дано:

$t$

$J$

$V$

$\rho$

$k - ?$

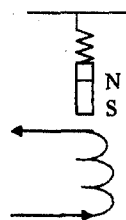
Решение.

Запишем закон Фарадея для электролиза  $m = k \cdot J \cdot t$ . Масса выделившегося серебра  $m = \rho \cdot V$ , тогда электрохимический эквивалент серебра  $k = \frac{\rho \cdot V}{J \cdot t}$

Ответ: 5

A23. Над соленоидом вдоль осевой линии подвешен магнит. Что произойдет с магнитом, если по соленоиду пропустить ток, направление которого совпадает с направлением по часовой стрелке, если смотреть сверху?

- 1) притянется к катушке  
2) оттолкнется от катушки  
3) ничего не произойдет  
4) сместится вправо  
5) сместится влево



Решение.

Если по соленоиду пропустить ток, направление которого совпадает с направлением по часовой стрелке, если смотреть сверху, то соленоид будет представлять собой электромагнит, внизу которого северный полюс, а сверху южный. Следовательно, висящий магнит отталкивается от него.

Ответ: 2

A24. Электрон, прошедший ускоряющую разность потенциалов в 25 кВ, влетает в однородное магнитное поле с индукцией 0,01 Тл. Направление вектора скорости электрона перпендикулярно вектору магнитной индукции. Найдите силу, действующую на частицу.

- 1) 1,50 нН    2) 15,0 нН    3) 0,15 нН    4) 1,50 нН    5) 15,0 нН

Дано:

$$q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

$$m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$$

$$\Delta\varphi = 25 \cdot 10^3 \text{ В}$$

$$B = 10^{-2} \text{ Тл}$$

$$\alpha = 90^\circ$$

$F = ?$

Решение.

Если электрон прошел ускоряющую разность потенциалов, то он приобрел кинетическую энергию равную работе

ускоряющего поля:  $\frac{mv^2}{2} = q \Delta\varphi$ , откуда скорости электрона

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot q \Delta\varphi}{m}}$$

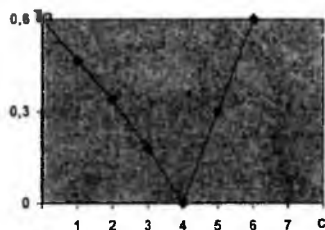
На электрон, влетевший в магнитное поле действует сила Лоренца:

$$F_q = q \cdot B \cdot v \cdot \sin \alpha;$$

$$F_q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \cdot 10^{-2} \text{ Тл} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \cdot 25 \cdot 10^3 \text{ В}}{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}}} = 1,5 \cdot 10^{-13} \text{ Н} = 0,15 \text{ нН};$$

Ответ: 3

A25. Плоскость медного витка площадью 20 см<sup>2</sup> составляет угол 90° с направлением линий магнитной индукции. Определите ЭДС индукции, возникшей в рамке через 5 с, если магнитная индукция изменяется так, как



показано на графике.

- 1) 0 мВ    2) 0,12 мВ    3) 0,30 мВ    4) 0,60 мВ    5) 0,90 мВ

Дано:

$$S = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

$$\alpha = 0^\circ$$

$$\Delta t = 5 \text{ с}$$

$\mathcal{E} = ?$

Решение.

Из графика видно, что ЭДС, возникающая через 5 с будет такой, какой она возникнет за  $\Delta t = 5 \text{ с} - 4 \text{ с} = 1 \text{ с}$ , при изменении индукции магнитного поля от 0 до 0,3 Тл:

$$|\varepsilon_i| = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t};$$

$$\Delta\Phi = \Phi_2 - \Phi_1 = B_2 \cdot S \cdot \cos\alpha - B_1 \cdot S \cdot \cos\alpha = (B_2 - B_1) \cdot S;$$

$$|\varepsilon_i| = \frac{(B_2 - B_1) \cdot S}{\Delta t};$$

$$|\varepsilon_i| = \frac{0,37 \text{ Тл} \cdot 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2}{1 \text{ с}} = 0,6 \cdot 10^{-3} \text{ В} = 0,6 \text{ мВ};$$

Ответ: 4

**A26.** Катушка индуктивностью 31 мГн присоединена к плоскому конденсатору. Площадь пластин конденсатора 20,0 см<sup>2</sup>, расстояние между ними 1 см. Определите диэлектрическую проницаемость среды, заполняющей пространство между пластинами конденсатора. Амплитуда силы тока в контуре 0,2 А, амплитуда напряжения 10 В.

- 1) 5                      2) 6                      3) 7                      4) 8                      5) 9

Дано:

$$L = 31 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}$$

$$S = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

$$d = 0,01 \text{ м}$$

$$I_{\text{max}} = 2 \cdot 10^{-1} \text{ А}$$

$$U_{\text{max}} = 10 \text{ В}$$

$$\varepsilon - ?,$$

Решение.

Запишем закон сохранения энергии в колебательном контуре:

максимальная энергия электрического поля равна

$$\text{максимальной энергии магнитного поля } \frac{C \cdot U_{\text{max}}^2}{2} = \frac{L \cdot I_{\text{max}}^2}{2}$$

$$\text{откуда емкость конденсатора } C = \frac{L I_{\text{max}}^2}{U_{\text{max}}^2}$$

$$C = \frac{\varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot S}{d};$$

Так как конденсатор плоский, то его емкость

$$\varepsilon_0 = \frac{1}{4\pi k} = \frac{1}{4\pi \cdot 9 \cdot 10^9};$$

Диэлектрическая проницаемость среды, заполняющей пространство между пластинами конденсатора:

$$\varepsilon = \frac{Cd}{\varepsilon_0 S} = \frac{L \cdot I_{\text{max}}^2 \cdot 4\pi \cdot 9 \cdot 10^9}{S \cdot U_{\text{max}}^2};$$

$$\varepsilon = \frac{31 \cdot 10^{-3} \cdot 4 \cdot 10^{-1} \cdot 4 \cdot 3,14 \cdot 9 \cdot 10^9}{2 \cdot 10^{-3} \cdot 100} = 7$$

Ответ: 3

**A27.** Воздушная линия электропередачи переменного тока промышленной частоты 50 Гц имеет длину 600 км. Определите сдвиг фаз напряжения в начале и в конце линии.

- 1)  $\frac{\pi}{5}$                       2)  $\frac{\pi}{4}$                       3)  $\frac{\pi}{3}$                       4)  $\frac{\pi}{2}$                       5)  $\pi$



Дано:  
 $v = 50 \text{ ГГц}$ ;  
 $l = 6 \cdot 10^3 \text{ м}$   
 $\Delta\varphi = ?$

Решение.

На расстоянии равном длине волны  $\lambda$  разность фаз равна  $2\pi$ .  
 Если же расстояние  $l$ , то  $\Delta\varphi = \frac{2\pi \cdot l}{\lambda}$  длина волны

$\lambda = \frac{v}{\nu}$ ;  $\nu = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$  — скорость распространения электромагнитных

волн в воздухе, следовательно  $\Delta\varphi = \frac{2\pi \cdot 6 \cdot 10^3 \cdot 50}{3 \cdot 10^8} = \frac{\pi}{5}$ .

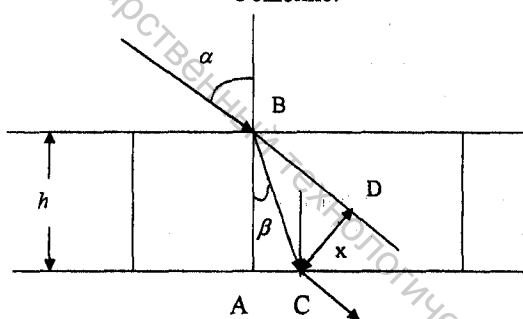
Ответ: 1

**А28.** Луч света падает на плоско-параллельную пластинку под углом  $60^\circ$ . Толщина пластинки  $10,0 \text{ см}$ , угол преломления  $30^\circ$ . При выходе из пластинки луч сместился на расстояние, равное

- 1)  $3,0 \text{ см}$       2)  $4,5 \text{ см}$       3)  $5,8 \text{ см}$       4)  $2,0 \text{ см}$       5)  $6,5 \text{ см}$

Дано:  
 $\alpha = 60^\circ$ ;  
 $h = 10 \text{ см}$ ;  
 $\beta = 30^\circ$ ;  
 $x = ?$

Решение.



Смещение луча при выходе из плоско-параллельной пластинки  $x$  найдем из треугольника  $CBD$   $x = BC \cdot \sin(\alpha - \beta)$ .  $BC$  найдем из треугольника  $ABC$

$$BC = \frac{AB}{\cos \beta} = \frac{h}{\cos \beta}, \text{ тогда } x = \frac{h \sin(\alpha - \beta)}{\cos \beta}, x = \frac{10 \text{ см} \cdot \sin 30^\circ}{\cos 30^\circ} = \frac{10 \text{ см} \cdot \frac{1}{2}}{\frac{\sqrt{3}}{2}} = \frac{10 \text{ см}}{1,7} = 5,8 \text{ см}$$

Ответ: 3

**А29.** Фокусное расстояние собирающей линзы равно  $F$ . Расстояние от точечного источника до линзы равно  $d$ . Модуль расстояния от мнимого изображения до линзы равен

- 1)  $\frac{dF}{F+d}$       2)  $\frac{dF}{F-d}$       3)  $\frac{2dF}{d+F}$       4)  $\frac{d+F}{Fd}$       5)  $\frac{2d+F}{Fd}$

## Решение.

Дано:

 $F$  $d$  $f - ?$ 

Запишем формулу собирающей линзы из случая, когда изображение мнимое:  $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} - \frac{1}{f}$ ;  $\frac{1}{f} = \frac{1}{d} - \frac{1}{F}$ ;  $f = \frac{dF}{F-d}$ ;

Ответ: 2

А30. Мальчик массой 45 кг поднялся по лестнице на высоту 20 м. На сколько изменилась его масса?

- 1)  $0,13 \cdot 10^{-13}$  кг   2)  $1,0 \cdot 10^{-13}$  кг   3)  $1,50 \cdot 10^{-13}$  кг   4)  $2,0 \cdot 10^{-13}$  кг   5)  $2,50 \cdot 10^{-13}$  кг

## Решение.

Дано:

 $m = 45 \text{ кг}$  $h = 20 \text{ м}$  $\Delta m - ?$ 

Когда мальчик поднялся на высоту  $h$ , то его энергия возросла на  $\Delta E = mgh$ . Из закона взаимосвязи массы и энергии следует, что

масса мальчика увеличилась на  $\Delta m = \frac{\Delta E}{c^2} = \frac{mgh}{c^2}$ ;  $c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ ;

$$\Delta m = \frac{45 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 20 \text{ м}}{9 \cdot 10^{16} \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}} = 10^{-13} \text{ кг}.$$

Ответ: 2

А31. С какой скоростью должен двигаться электрон, чтобы его импульс был равен импульсу фотона с длиной волны  $5200 \text{ \AA}$ ?

- 1)  $140 \cdot 10^{-3} \frac{\text{км}}{\text{с}}$    2)  $1400 \cdot 10^{-3} \frac{\text{км}}{\text{с}}$    3)  $14 \frac{\text{км}}{\text{с}}$    4)  $140 \frac{\text{км}}{\text{с}}$    5)  $1400 \frac{\text{км}}{\text{с}}$

Дано:

 $m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$  $\lambda = 5,2 \cdot 10^{-7} \text{ м}$  $(1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ м})$  $v - ?$ 

## Решение.

Импульс электрона  $p = mv$ , импульс фотона  $p = \frac{h}{\lambda}$ . По условию задачи эти импульсы равны, когда скорость электрона

$$v = \frac{h}{m\lambda}$$

$$v = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}}{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \cdot 5,2 \cdot 10^{-7} \text{ м}} = 1,4 \cdot 10^3 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 1,4 \frac{\text{км}}{\text{с}}.$$

Ответ: 2

А32. Заряд всех электронов в атоме олова равен  $-8,0 \cdot 10^{18}$  Кл. Порядковый номер атома олова в периодической системе Менделеева

- 1) 96   2) 25   3) 16   4) 8   5) 50

## Решение.

Дано:

$$q = -8 \cdot 10^{-18} \text{ Кл}$$

$$e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$


---


$$z = ?$$

В атоме количество электронов равно порядковому номеру элемента в таблице Менделеева:  $q = ze$ , откуда  $z = \frac{q}{e}$ ;

$$z = \frac{-8 \cdot 10^{-18} \text{ Кл}}{-1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}} = 50$$

Ответ: 5

**A33.** Скорость электрона на орбите в атоме водорода  $2,2 \cdot 10^6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ . Длина волны де Бройля электрона равна

- 1)  $3,6 \cdot 10^{-10} \text{ м}$  2)  $3,3 \cdot 10^{-10} \text{ м}$  3)  $6,3 \cdot 10^{-10} \text{ м}$  4)  $6,6 \cdot 10^{-10} \text{ м}$  5)  $2,2 \cdot 10^{-10} \text{ м}$

Дано:

$$v = 2,2 \cdot 10^6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$$


---


$$\lambda = ?$$

## Решение.

Длина волны де Бройля  $\lambda = \frac{h}{mv}$ ,  $h$  – постоянная Планка

$$\lambda = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}}{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \cdot 2,2 \cdot 10^6 \frac{\text{м}}{\text{с}}} = 0,33 \cdot 10^{-9} \text{ м} = 3,3 \cdot 10^{-10} \text{ м}$$

Ответ: 2

**A34.** Определите минимальную энергию, необходимую для расщепления ядра углерода  ${}^{12}_6\text{C}$  на протоны и нейтроны ( $m_p = 1,0078 \text{ а. е. м.}$ ,  $m_n = 1,0087 \text{ а. е. м.}$ ,  $m_x = 12,0 \text{ а. е. м.}$ ).

- 1) 50,60 МэВ 2) 53,60 МэВ 3) 84,22 МэВ 4) 92,20 МэВ 5) 108,02 МэВ

Дано:

$${}^{12}_6\text{C}$$

$$m_p = 1,0078 \text{ а. е. м.}$$

$$m_n = 1,0087 \text{ а. е. м.}$$

$$m_x = 12,0 \text{ а. е. м.}$$


---


$$E = ?$$

## Решение.

Минимальная энергия, необходимая на расщепление ядра  ${}^{12}_6\text{C}$  на протоны и нейтроны – это энергия связи атомного ядра:  $E_{\text{св}} = 931 \frac{\text{МэВ}}{\text{а. е. м.}} \cdot \Delta m$ . В ядре  ${}^{12}_6\text{C}$  находится 6 протонов и 6 нейтронов.

Дефект массы:

$$\Delta m = 6(m_p + m_n) - m_x;$$

$$E = 931 \frac{\text{МэВ}}{\text{а. е. м.}} (6(m_p + m_n) - m_x);$$

$$E = 931 \frac{\text{МэВ}}{\text{а. е. м.}} (6(1,0078 \text{ а. е. м.} + 1,0087 \text{ а. е. м.}) - 12 \text{ а. е. м.}) = 92,2 \text{ МэВ}$$

Ответ: 4

A35. Найдите недостающий продукт ядерной реакции  ${}^2_1\text{H} + {}^3_2\text{He} \rightarrow p + ?$

- 1) n      2) p      3)  $\alpha$       4)  $\gamma$       5)  $\beta$

Решение.

Допишем ядерную реакцию, используя законы сохранения массового числа и заряда:  ${}^2_1\text{H} + {}^3_2\text{He} \rightarrow {}^1_1\text{H} + {}^4_2\text{He}$ .

Продукт ядерной реакции ( ${}^4_2\text{He}$ )- ядро гелия, т.е.  $\alpha$ - частица.

Ответ: 3

### Часть В

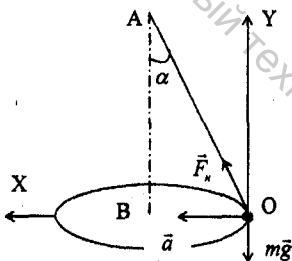
В1. Шарик массой 200 г, подвешенный на нити, вращается в горизонтальной плоскости по окружности с постоянной по модулю скоростью. Определите силу натяжения нити (в Н), если радиус окружности, по которой движется шарик, равен  $\frac{2l}{\sqrt{5}}$ , где  $l$  – длина нити.

Дано:

$$m = 0,2 \text{ кг}$$

$$R = \frac{2l}{\sqrt{5}}$$

$$F_H = ?$$



Решение.

На шарик, движущийся по окружности в горизонтальной плоскости, действует сила тяжести  $m\vec{g}$ , и сила натяжения нити  $\vec{F}_H$ . Шарик движется по окружности с ускорением, по радиусу к центру

направленным

окружности. По второму закону Ньютона  $\vec{F}_H + m\vec{g} = m\vec{a}$ . В проекции на оси OX и OY получим OX:

$$F_H \cdot \sin \alpha = ma, \text{ на ось OY: } F_H \cdot \cos \alpha - mg = 0$$

Найдем  $F_H$  из проекции на ось OY  $F_H = \frac{mg}{\cos \alpha}$ , из треугольника ABO

$$\sin \alpha = \frac{R}{l} = \frac{2}{\sqrt{5}}, \text{ так как } \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1, \text{ то } \cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = \sqrt{1 - \frac{4}{5}} = \frac{1}{\sqrt{5}}$$

$$F_H = 0,2 \text{ кг} \cdot 10 \text{ м/с}^2 \cdot \sqrt{5} = 4,5 \text{ Н}$$

Ответ: 4,5

В2. Если тело брошено под углом  $60^\circ$  к горизонту с начальной скоростью  $20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ , то потенциальная энергия тела на максимальной высоте подъема больше его кинетической энергии в этой же точке в ... раз.

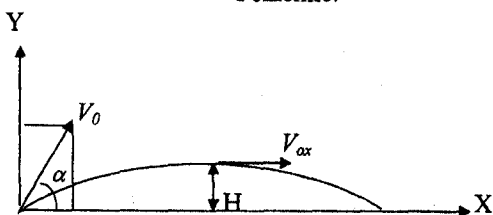
Дано:

$$\alpha = 60^\circ$$

$$V_0 = 20 \frac{m}{c}$$

$$\frac{E_p}{E_k} = ?$$

Решение.



Найдем проекции  $V_0$  на оси  $OX$  и  $OY$ :

$$V_{0x} = V_0 \cdot \cos \alpha;$$

$$V_{0y} = V_0 \cdot \sin \alpha;$$

На максимальной высоте скорость направлена по касательной и равна  $V_{0x}$ ,

значит кинетическая энергия:  $E_k = \frac{m \cdot V_{0x}^2}{2} = \frac{m \cdot V_0^2 \cdot \cos^2 \alpha}{2}$ .

Максимальная высота  $H = \frac{V_{0y}^2}{2g} = \frac{V_0^2 \cdot \sin^2 \alpha}{2g}$ , потенциальная энергия тела

$$E_p = m \cdot g \cdot H = \frac{m \cdot V_0^2 \cdot \sin^2 \alpha}{2}; \text{ отношение } E_p \text{ к } E_k \quad \frac{E_p}{E_k} = \frac{\sin^2 \alpha}{\cos^2 \alpha} = \operatorname{tg}^2 \alpha = 3$$

Ответ: 3

**В3.** Аккумулятор с внутренним сопротивлением 2 Ом заряжен до напряжения 12 В и подключен для подзарядки к сети с напряжением 15 В. Чтобы сила зарядного тока не превышала 1 А, в цепь необходимо подключить дополнительное сопротивление, равное ... Ом.

Дано:

$$r = 2 \text{ Ом}$$

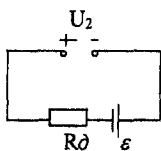
$$U_1 = 12 \text{ В}$$

$$U_2 = 15 \text{ В}$$

$$I = 1 \text{ А}$$

$$R_0 = ?$$

Решение.



Дополнительное сопротивление подключено последовательно аккумулятору, напряжение на нем  $U_0 = U_2 - U_1$ . Зная зарядную силу тока можно найти сопротивление  $R_0 + r = \frac{U_0}{I}$ .

$$R_0 + r = \frac{15 \text{ В} - 12 \text{ В}}{1 \text{ А}} = 3 \text{ Ом} \quad R_0 = 3 - r = 1 \text{ Ом}.$$

Ответ: 1

**В4.** Энергия магнитного поля катушки, состоящей из 10 витков, равна 100 Дж. Чему равен магнитный поток (в Вб) через витки катушки, если ее индуктивность равна 4,5 Гн.

Решение.

Дано:

$$N = 10$$

$$W = 100 \text{ Дж}$$

$$L = 4,5 \text{ Гн}$$

$$\Phi_1 - ?$$

Энергия магнитного поля катушки  $W = \frac{LI^2}{2}$ , где  $I$  - сила тока

в катушке  $I = \sqrt{\frac{2W}{L}}$ . Магнитный поток через витки катушки

$\Phi = IL = \sqrt{2WL}$ .  $\Phi = \sqrt{2 \cdot 100 \text{ Дж} \cdot 4,5 \text{ Гн}} = 30 \text{ Вб}$ . Через один виток,

магнитный поток  $\Phi_1 = \frac{\Phi}{N} = 3 \text{ Вб}$

Ответ: 3

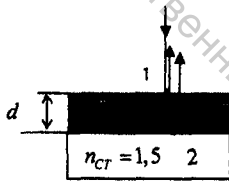
**В5.** При какой минимальной толщине  $d$  (в нм) мыльной пленки с показателем преломления 1,35 в отраженном свете она будет окрашена в фиолетовый цвет ( $\lambda_{\text{ф}} = 432 \text{ нм}$ )?

Дано:

$$n = 1,35$$

$$\lambda = 432 \cdot 10^{-9} \text{ м}$$

$$d_{\text{min}} - ?$$



Решение.

Лучи, отраженные в точках 1 и 2 интерферируют. Оптическая разность хода для них  $\Delta = 2dn$ . Лучи при интерференции будут гасить друг друга, если

$$\Delta = (2m+1) \frac{\lambda}{2} \quad 2dn = (2m+1) \frac{\lambda}{2} \quad d \text{ будет минимальной при } m = 0. \text{ тогда}$$

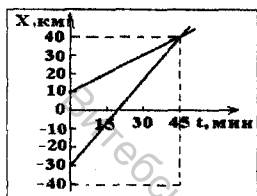
$$2d_{\text{min}}n = \frac{\lambda}{2}, \text{ откуда: } d_{\text{min}} = \frac{\lambda}{4n}$$

$$d_{\text{min}} = \frac{432 \cdot 10^{-9} \text{ м}}{4 \cdot 1,35} = 80 \cdot 10^{-9} \text{ м} = 80 \text{ нм}.$$

Ответ: 80

## Тест по физике № 8

A1. На рисунке представлены зависимости координат автобуса и легкового автомобиля от времени.



Модуль их относительной скорости равен

- 1)  $44 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$    2)  $47 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$    3)  $50 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$    4)  $53 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$    5)  $56 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$

Решение.

Из графиков зависимости координат автобуса и легкового автомобиля от времени видно, что в начальный момент времени координаты их были 10 км и 30 км. Через  $\frac{3}{4}$  часа (45 мин) их координаты были одинаковые, их перемещение друг относительно друга  $S = x_{01} - x_{02} = 40$  км. Средняя скорость их относительного

движения  $V_{\text{сп}} = \frac{S}{t}$ .

$$V_{\text{сп}} = \frac{40 \text{ км}}{\frac{3}{4} \text{ ч}} = 53,3 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$$

Ответ: 4

A2. За 5 мин равномерного прямолинейного движения трактор закультивировал 0,8478 га. Ширина захвата культиватора 3 м. Определите линейную скорость движения точки на ободе ведущего колеса.

- 1)  $18,84 \frac{\text{м}}{\text{с}}$    2)  $5,52 \frac{\text{м}}{\text{с}}$    3)  $3,00 \frac{\text{м}}{\text{с}}$    4)  $9,42 \frac{\text{м}}{\text{с}}$    5)  $6,28 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

Решение.

Дано:

$$h = 3 \text{ м};$$

$$S = 8478 \text{ м}^2;$$

$$t = 300 \text{ с};$$

$v = ?$

Путь, пройденный трактором,  $l = \frac{S}{h}$ . Тогда линейная скорость трактора, которая равна линейной скорости движения точки на ободе ведущего колеса,  $v = \frac{l}{t}$ ;  $v = \frac{S}{h \cdot t}$ . Подставим данные из условия задачи

$$v = \frac{8478 \text{ м}^2}{3 \text{ м} \cdot 300 \text{ с}} = 9,42 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Ответ: 4

А3. Тело свободно падает с высоты 20 м. Найдите перемещение, которое совершает тело за последнюю секунду падения.

- 1) 5 м      2) 15 м      3) 10 м      4) 12 м      5) 20 м

Дано:

$$h = 20 \text{ м};$$

$$t_{\text{последняя}} = 1 \text{ с};$$

$S = ?$

Решение.

Определим время свободного падения тела с высоты  $h$ ;

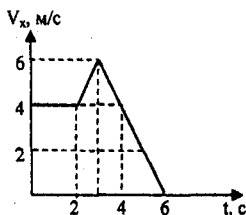
$h = \frac{gt^2}{2}$ , откуда  $t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = 2 \text{ с}$ . Таким образом, нужно найти

путь за вторую секунду.  $S = h - h_1$ ;  $h_1$  - это путь, пройден-

ный за первую секунду.  $h_1 = \frac{g(1 \text{ с})^2}{2} = 5 \text{ м}$ . Тогда  $S = 15 \text{ м}$ .

Ответ: 2

А4. На рисунке приведен график зависимости проекции скорости тела от времени. Масса тела 0,5 кг.



Разность модулей сил, действующих на тело в интервале времени 2 с – 3 с и 3 с – 6 с, составляет

- 1) 0 Н      2) 2 Н      3) 4 Н      4) 6 Н      5) 3 Н

Решение.

Модули сил найдем из второго закона Ньютона  $|F_1| = m|a_1|$ ,  $|F_2| = m|a_2|$ . Ускорение на двух интервалах времени найдем из графика зависимости скорости от времени  $a = \frac{V - V_0}{t}$ . На первом интервале времени  $V_{01} = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ ;  $V_1 = 6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ ;  $t = 1 \text{ с}$ .

$a_1 = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ . На втором интервале времени  $V_{02} = 6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ ,  $V_2 = 0$ ;  $t = 1 \text{ с}$ ,  $a_2 = -2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ . Очевидно, что  $m|a_1| - m|a_2| = 0$

Ответ: 1



**A5.** Если под действием силы  $F = 0,5mg$ , направленной под углом  $30^\circ$  к горизонту, тело массой  $m$  движется с ускорением  $a = 0,25g$ , то коэффициент трения тела о поверхность равен

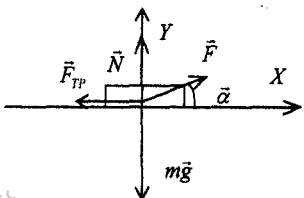
- 1) 0,24      2) 0,66      3) 0,14      4) 0,73      5) 0,91

Дано:  
 $F = 0,5mg$ ;

$\alpha = 30^\circ$ ;

$a = 0,25g$ ;

$\mu = ?$



Решение.

На тело действуют силы  $\vec{F}$ ,  $m\vec{g}$ ,  $\vec{N}$  и  $\vec{F}_{\text{тр}}$  и тело движется с ускорением. По второму закону Ньютона  $\vec{F} + m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{\text{тр}} = m\vec{a}$ , в проекции на оси  $OX$  и  $OY$  по-

лучим:

$OX: F \cos \alpha - F_{\text{тр}} = ma$ ;  $OY: -mg + N + F \sin \alpha = 0$ . Так как  $N = mg - F \sin \alpha$ , то  $F_{\text{тр}} = \mu N = \mu(mg - F \sin \alpha)$ , тогда  $F \cos \alpha - \mu(mg - F \sin \alpha) = ma$ , откуда коэффициент

трения  $\mu = \frac{F \cos \alpha - ma}{mg - F \sin \alpha}$ . Подставим данные из условия и получим:

$$\mu = \frac{0,5mg \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} - m \cdot 0,5g}{mg - 0,5mg \cdot \frac{1}{2}} = \frac{0,25mg(\sqrt{3}-1)}{0,25mg(4-1)} = \frac{0,7}{3} = 0,233$$

Ответ: 1

**A6.** Уравнение движения материальной точки массой 200 г вдоль оси  $OX$  имеет вид  $x = 5 + 10t + 4t^2$ . Определите значение проекции равнодействующей всех сил, приложенных к телу, на ось  $OX$ .

- 1) 4,0 Н      2) 1,6 Н      3) 1,0 Н      4) 2,0 Н      5) 0,8 Н

Дано:

$m = 200\text{г} = 0,2\text{кг}$ ;

$x = 5 + 10t + 4t^2(\text{м})$ ;

$F_{\text{px}} = ?$

Решение.

Из второго закона Ньютона следует, что  $F_{\text{px}} = m \cdot a_x$ . Ускорение вдоль оси  $OX$  — это произведение от скорости по времени:  $V_x = x' = (5 + 10t + 4t^2)' = 10 + 8t$ . Ускорение  $a_x = V_x' = (10 + 8t)' = 8$ . Проекция равнодействующей всех сил на ось  $OX$

$$F_{\text{px}} = 0,2\text{кг} \cdot 8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = 1,6\text{Н}$$

Ответ: 2

**A7.** Два шарика разной массы движутся навстречу друг другу с одинаковыми скоростями. После неупругого взаимодействия они стали двигаться со скоростью втрое меньше первоначальной. Найдите отношение масс шариков.

- 1) 2      2) 2,5      3) 3      4) 3,5      5) 4

Решение.

Запишем закон сохранения импульса в проекции на ось, совпадающую со скоростью движения первого шарика, для неупругого удара  $m_1V - m_2V = (m_1 + m_2)\frac{V}{3}$ .

Разделим на  $m_2V$  и получим:  $\frac{m_1}{m_2} - 1 = \frac{1}{3} \frac{m_1}{m_2} + \frac{1}{3}$ ;

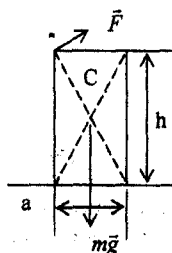
$$\frac{2}{3} \frac{m_1}{m_2} = \frac{4}{3}; \quad \frac{m_1}{m_2} = \frac{2}{1} = 2$$

Ответ: 1

А8. Брусок массой 8,8 кг, ширина основания которого 20 см, а высота 40 см, необходимо опрокинуть через ребро. Определите модуль наименьшей силы, которую необходимо приложить к бруску.

- 1) 40 Н      2) 20 Н      3) 60 Н      4) 80 Н      5) 30 Н

Решение.



Наименьшая сила, которую необходимо приложить к бруску, направлена перпендикулярно диагонали бруска. Ее момент должен быть равен моменту сил тяжести бруска, которая приложена в центре тяжести бруска С.

$$M_1 = M_2; \quad M_1 = F_{\min} \cdot \sqrt{a^2 + h^2}; \quad M_2 = mg \cdot \frac{a}{2} \quad \text{Откуда} \quad F_{\min} = \frac{mga}{2\sqrt{a^2 + h^2}}$$

Подставим данные из условия:

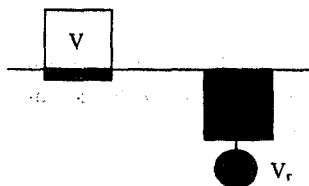
$$F_{\min} = \frac{8,8 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{М}}{\text{с}^2} \cdot 0,2 \text{ м}}{2 \cdot \sqrt{4 \cdot 10^{-2} + 16 \cdot 10^{-2}}} = \frac{8,8 \text{ Н}}{0,4} = 20 \text{ Н}$$

Ответ: 2

А9. Если к бруску, плавающему в воде и имеющему объем надводной части  $V$ , подвесить груз массой  $m$ , то брусок находится на грани полного погружения в воду, плотность которой  $\rho_0$ . Плотность груза в этом случае равна

- 1)  $\rho_0 \sqrt{\frac{\rho_0 - m}{m}}$       2)  $\rho_0 \sqrt{\frac{m}{\rho_0 V - m}}$       3)  $\frac{\rho_0 m}{m - \rho_0 V}$       4)  $\frac{(m - \rho_0 V) \rho_0}{m}$       5)  $\rho_0 (1 - \rho_0 V)$

Решение.



Запишем условие плавания бруска для двух ситуаций: до подвешивания груза массой  $m$  и после него  $M_0 g = \rho_0 g (V_0 - V)$ ;  $(M_0 + m) g = \rho_0 g (V_0 + V_1)$ . Вычтем из второго уравнения первое и получим:

$mg = \rho_s g(V_s + V)$ . Объем груза массой  $m$   $V_s = \frac{m}{\rho_s}$ . Тогда

$$m = \rho_s \left( \frac{m}{\rho_s} + V \right); \quad m = \frac{\rho_s m}{\rho_s} + \rho_s V, \text{ откуда } \rho_s = \frac{\rho_s m}{m - \rho_s V}.$$

Ответ: 3

**A10.** Амплитуда незатухающих колебаний струны 1 мм, частота 1 кГц. Какой путь пройдет точка за 0,2 с?

- 1) 0,60 м      2) 0,70 м      3) 0,80 м      4) 0,85 м      5) 0,90 м

Дано:

$$\nu = 1000 \text{ Гц};$$

$$t = 0,2 \text{ с};$$

$$A = 10^{-3} \text{ м};$$

$t - ?$

Решение.

Найдем число колебаний струны за время  $t$   $n = \frac{1}{T} \nu; n = t \nu$ .

Учитывая, что за 1 колебание струна проходит путь, равный четырем амплитудам, определим путь, пройденный за время  $t$   $S = 4At\nu$

$$S = 4 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot 0,2 \text{ с} \cdot 10^3 \text{ Гц} = 0,8 \text{ м}$$

Ответ: 3

**A11.** Если длину волны и период ее колебаний увеличить в 3 раза, то скорость распространения волны

- 1) увеличится в 3 раза  
2) уменьшится в 3 раза  
3) увеличится в 9 раз  
4) уменьшится в 9 раз  
5) не изменится

Дано:

$$\lambda_2 = 3\lambda_1;$$

$$T_2 = 3T_1;$$

$$\frac{V_2}{V_1} - ?$$

Решение.

Скорость распространения волны  $V = \frac{\lambda}{T}$ , тогда  $V_2 = \frac{\lambda_2}{T_2}$ ;  $V_1 = \frac{\lambda_1}{T_1}$

$$\text{или } V_2 = \frac{3\lambda_1}{3T_1} = \frac{\lambda_1}{T_1}; \quad V_1 = \frac{\lambda_1}{T_1} \quad V_1 = V_2$$

Ответ: 5

**A12.** В  $2,0 \text{ м}^3$  газа при давлении  $1,5 \cdot 10^5 \text{ Па}$  содержится  $2 \cdot 10^{25}$  молекул. Определите среднюю кинетическую энергию хаотического движения этих молекул.

- 1)  $2,20 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$       2)  $3,10 \cdot 10^{-20} \text{ Дж}$       3)  $2,25 \cdot 10^{-20} \text{ Дж}$   
4)  $1,80 \cdot 10^{-20} \text{ Дж}$       5)  $2,0 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$

Дано:

$$p = 1,5 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

$$V = 2 \text{ м}^3;$$

$$N = 2 \cdot 10^{25};$$

$$\langle E_k \rangle = ?$$

Решение.

Из основного уравнения молекулярно-кинетической энергии идеального газа  $p = \frac{2}{3} n \langle E_k \rangle$ . Концентрация молекул  $n = \frac{N}{V}$ , то-

$$\text{гда } \langle E_k \rangle = \frac{3pV}{2N} \langle E_k \rangle = \frac{3 \cdot 1,5 \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot 2 \text{ м}^3}{4 \cdot 10^{25}} = 2,25 \cdot 10^{-20} \text{ Дж}$$

Ответ: 3

**A13.** Если при начальной температуре  $127^\circ \text{C}$  в изохорном процессе давление увеличилось на 25 %, то температура увеличилась на

- 1) 63 К    2) 100 К    3) 32 К    4) 96 К    5) 127 К

Дано:

$$\Delta p = 0,25 p_1;$$

$$T_1 = 400 \text{ К};$$

$$V = \text{const}$$

$$\Delta T = ?$$

Решение.

Для изохорного процесса выполняется закон Шарля

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{T_2}{T_1}; \quad T_2 = T_1 + \Delta T, \quad \text{тогда } 1,25 = \frac{T_1 + \Delta T}{T_1}; \quad 1,25 = 1 + \frac{\Delta T}{T_1}; \quad 0,25 = \frac{\Delta T}{T_1}$$

$$\text{откуда } \Delta T = 0,25 T_1 = 0,25 \cdot 400 \text{ К} = 100 \text{ К}$$

Ответ: 2

**A14.** Какая масса воздуха при нормальном атмосферном давлении выйдет из комнаты объемом  $100 \text{ м}^3$ , если температура повысилась от  $10^\circ \text{C}$  до  $25^\circ \text{C}$ ? Молярная масса воздуха равна  $29 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$ ,  $p_0 = 1 \cdot 10^5 \text{ Па}$ ,  $T_0 = 273 \text{ К}$ .

- 1) 6,2 кг    2) 9,2 кг    3) 1,2 кг    4) 1,3 кг    5) 1,9 кг

Дано:

$$p_0 = 1 \cdot 10^5 \text{ Па};$$

$$V = 100 \text{ м}^3;$$

$$T_0 = 273^\circ \text{C};$$

$$t_1 = 10^\circ \text{C};$$

$$t_2 = 25^\circ \text{C};$$

$$M = 2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль};$$

$$\Delta m = ?$$

Решение.

Запишем уравнение Менделеева-Клапейрона для двух состояний воздуха в комнате:  $p_0 V = \frac{m_1}{M} R T_1$  и  $p_0 V = \frac{m_2}{M} R T_2$ . Масса вышедшего из комнаты воздуха

$$\Delta m = m_1 - m_2 \quad m_1 = \frac{p_0 V M}{R T_1} \quad m_2 = \frac{p_0 V M}{R T_2}, \quad \text{тогда } \Delta m = \frac{p_0 V M}{R} \left( \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)$$

Подставив данные из условия задачи, получим:

$$\Delta m = \frac{10^5 \text{ Па} \cdot 10^2 \text{ м}^3 \cdot 29 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}}{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}} \left( \frac{1}{283 \text{ К}} - \frac{1}{298 \text{ К}} \right) = 7 \text{ кг.}$$

Ответ: 1

**A15.** Для приготовления ванны емкостью 200 л смешали холодную воду, температура которой  $10^{\circ}\text{C}$ , с горячей, температура которой  $60^{\circ}\text{C}$ . Какой объем холодной воды нужно взять, чтобы установилась температура  $40^{\circ}\text{C}$ ?

- 1) 100 л      2) 120 л      3) 80 л      4) 130 л      5) 90 л

Дано:

$$t_1 = 10^{\circ}\text{C};$$

$$V = 200 \text{ л};$$

$$t_2 = 60^{\circ}\text{C};$$

$$t = 40^{\circ}\text{C};$$

$V_1 = ?$

Решение.

По закону сохранения энергии  $Q_1 + Q_2 = 0$   $Q_1 = cm_1(t - t_1)$  - количество теплоты, полученной холодной водой при нагревании от  $10^{\circ}\text{C}$  до  $40^{\circ}\text{C}$ .  $Q_2 = c(m - m_1)(t - t_1)$  - количество теплоты, отданное горячей водой при охлаждении от  $60^{\circ}\text{C}$  до  $40^{\circ}\text{C}$ . Следовательно  $cm_1(t - t_1) + c(m - m_1)(t - t_1) = 0$ . Сократим на удельную теплоемкость воды и получим  $m_1(t - t_1) + m(t - t_1) - m_1(t - t_1) = 0$ , откуда масса холодной во-

$$\text{ды } m_1 = \frac{m(t - t_2)}{t - t_2 - t + t_1} = \frac{m(t - t_2)}{t_1 - t_2}$$

$$m_1 = \frac{200 \text{ кг} \cdot (-20^{\circ}\text{C})}{-50^{\circ}\text{C}} = 80 \text{ кг}. \text{ Так как } 1 \text{ л воды имеет массу } 1 \text{ кг, то } V_1 = 86 \text{ л}.$$

Ответ: 3

**A16.** В идеальной тепловой машине газ получил от нагревателя  $10 \text{ кДж}$  теплоты,  $7,5 \text{ кДж}$  которой газ отдал холодильнику. Определите температуру нагревателя, если температура холодильника  $20^{\circ}\text{C}$ .

- 1)  $127^{\circ}\text{C}$       2)  $118^{\circ}\text{C}$       3)  $236^{\circ}\text{C}$       4)  $157^{\circ}\text{C}$       5)  $163^{\circ}\text{C}$

Дано:

$$Q_1 = 10^4 \text{ Дж};$$

$$Q_2 = 7,5 \cdot 10^3 \text{ Дж};$$

$$T_2 = 293 \text{ К};$$

$T_1 = ?$

Решение.

Запишем КПД идеальной тепловой машины

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}; \quad \eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1}. \text{ Следовательно } \frac{Q_2}{Q_1} = \frac{T_2}{T_1},$$

откуда абсолютная температура нагревателя  $T_1 = \frac{Q_1 T_2}{Q_2}$

$$T_1 = \frac{10^4 \text{ Дж} \cdot 293 \text{ К}}{7,5 \cdot 10^3 \text{ Дж}} = 391 \text{ К}. \text{ По шкале Цельсия } t_1 = T_1 - 273 = 118^{\circ}\text{C}$$

Ответ: 2

**A17.** Масса 40 капель керосина, вытекающего из капилляра, равна  $0,6 \text{ г}$ . Определите коэффициент поверхностного натяжения керосина, если диаметр шейки капли в момент отрыва равен  $2 \text{ мм}$ .

- 1)  $0,022 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$       2)  $0,024 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$       3)  $0,030 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$       4)  $0,043 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$       5)  $0,072 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$

Решение.

Капля отрывается, если ее сила тяжести преодолевает силу поверхностного натяжения  $m_1 g = F_{n.н.}$ . Масса одной капли  $m_1 = \frac{m}{n}$ . Сила поверхностного натяжения

$F_{n.н.} = \sigma \cdot l$   $l = \pi d$  — длина границы поверхностного слоя жидкости. Тогда  $\frac{m}{n} g = \sigma \pi d$ , откуда коэффициент поверхностного натяжения  $\sigma = \frac{m}{n \pi d} g$ . Подставив

данные из условия, получим  $\sigma = \frac{6 \cdot 10^4 \text{ кг} \cdot 10^{-3} \frac{\text{М}}{\text{с}^2}}{40 \cdot 314 \cdot 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}} = 0,024 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$ .

Ответ: 2

**A18.** Три одинаково заряженных маленьких шарика расположены вдоль одной прямой на одинаковых расстояниях и связаны нитью. Найдите отношение силы натяжения нити к силе электрического взаимодействия между крайними шариками.

- 1) 2                      2) 3                      3) 4                      4) 5                      5) 6

Решение.

Так как шарик с зарядом  $q$  находится в равновесии, то  $F_n = F_{12} + F_{13}$ . Сила, с которой второй шарик действует на первый  $F_{1,2} = \frac{kq^2}{r^2}$  и аналогично третий шарик действует на первый с силой  $F_{1,3} = \frac{kq^2}{4r^2}$ . Откуда  $F_n = \frac{5kq^2}{4r^2}$ . Сила электростатического взаимодействия между крайними шариками  $F_k = F_{1,3} = \frac{kq^2}{4r^2}$ . Откуда  $\frac{F_n}{F_{1,3}} = 5$ .

Ответ: 4

**A19.** В однородном электростатическом поле с напряженностью  $E$ , направленном вертикально вниз, подвешенный на нити шарик массой  $m$  с положительным зарядом  $q$  совершает круговые движения в горизонтальной плоскости. Угол отклонения нити от вертикали равен  $\alpha$ . Найдите силу натяжения нити.

- 1)  $\frac{mg + qE}{\cos \alpha}$                       2)  $\frac{mg - qE}{\cos \alpha}$                       3)  $(mg + qE) \cdot \cos \alpha$   
 4)  $(mg - qE) \cdot \cos \alpha$                       5)  $\frac{qE - mg}{\cos \alpha}$

Решение.

На шарик в однородном электрическом поле действуют силы  $m\vec{g}$ ,  $\vec{F}_n$ ,  $\vec{F}$   $F = qE$  направлена вертикально вниз. Шарик движется по окружности с ускорением  $\vec{a}$ ,

направленным по радиусу к центру окружности. Поэтому, по второму закону Ньютона  $m\vec{g} + \vec{F}_n + \vec{F} = m\vec{a}$ , т.к. нужно найти силу натяжения нити, то воспользуемся проекцией второго закона Ньютона на ось ОУ:  $-mg - qE + F_n \cos \alpha = 0$ , откуда сила натяжения нити  $F_n = \frac{mg + qE}{\cos \alpha}$ .

Ответ: 1

**A20.** Четыре маленьких одноименно заряженных шарика с зарядом  $q$  каждый удерживаются в вакууме вдоль одной прямой на расстоянии  $a$  друг от друга тремя нитями. Какую максимальную кинетическую энергию приобретет каждый крайний шарик, если обе крайние нити одновременно пережечь?

- 1)  $\frac{5q^2}{8\pi\epsilon_0 a}$       2)  $\frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 a}$       3)  $\frac{5q^2}{16\pi\epsilon_0 a}$       4)  $\frac{5q^2}{12\pi\epsilon_0 a}$       5)  $\frac{q^2}{2\pi\epsilon_0 a}$

Решение.

Определим потенциальную энергию систему четырех заряженных шариков  $W_n = \frac{1}{2}(q\varphi_A + q\varphi_B + q\varphi_C + q\varphi_D)$  Потенциал точки А  $\varphi_A = \frac{kq}{a} + \frac{kq}{2a} + \frac{kq}{3a} = \frac{11kq}{6a}$ . Потенциал точки В  $\varphi_B = \frac{2kq}{a} + \frac{kq}{2a} = \frac{5kq}{2a}$ . Потенциал точки С  $\varphi_C = \varphi_B = \frac{5kq}{2a}$ . Потенциал точки D  $\varphi_D = \varphi_A = \frac{11kq}{6a}$ . Тогда  $W_n = \frac{1}{2}q\left(\frac{11kq}{3a} + \frac{5kq}{a}\right) = \frac{1}{2} \cdot \frac{26kq^2}{3a} = \frac{13kq^2}{3a}$ .

Определим потенциальную энергию системы двух оставшихся зарядов, если  $W_{n_1} = \frac{1}{2}\left(q \frac{kq}{a} + q \frac{kq}{a}\right) = \frac{kq^2}{a}$ . По закону сохранения энергии  $W_{n_1} - W_n = 2E_k$ ;  $2E_k = \frac{13kq^2}{3a} - \frac{kq^2}{a} = \frac{10kq^2}{3a}$ ;  $E_k = \frac{5kq^2}{3a}$ ;  $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$ ;  $E_k = \frac{5q^2}{12\pi\epsilon_0 a}$ .

Ответ: 4

**A21.** Два резистора сопротивлением  $R_1$  и  $R_2 = 2R_1$  подключены в цепь параллельно. Сила тока в цепи  $I$ . Определите мощность, потребляемую первым резистором.

- 1)  $\frac{2I^2 R_1}{3}$       2)  $\frac{I^2 R_1}{2}$       3)  $\frac{I^2 R_1}{4}$       4)  $\frac{4I^2 R_1}{9}$       5)  $I^2 R_1$

Дано:

$$P_2 = 2R_1$$

$I$

$P_1$

Решение.

Резисторы  $R_1$  и  $R_2$  включены параллельно и их общее сопротивление  $R = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{2R_1^2}{3R_1} = \frac{2}{3}R_1$ . Напряжение на резисторах одинаковое

и равно  $U = IR = \frac{2}{3} IR_1$ . Мощность, потребляемая первым резистором

$$P_1 = \frac{U^2}{R_1} = \frac{4I^2 R_1^2}{9R_1} = \frac{4}{9} I^2 R_1.$$

Ответ: 4

**A22.** При никелировании изделий через электролитическую ванну пропускается ток плотностью  $0,14 \frac{A}{\text{дм}^2}$ . Электрохимический эквивалент никеля равен

$3,0 \cdot 10^{-7} \frac{\text{кг}}{\text{Кл}}$ , плотность никеля  $8,90 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ . При никелировании выделился

слой толщиной  $0,05$  мм. Определите время электролиза.

- 1) 29 ч      2) 58 ч      3) 15 ч      4) 20 ч      5) 35 ч

Дано:

$$j = 0,14 \frac{A}{\text{дм}^2} = 14 \frac{A}{\text{м}^2};$$

$$K = 3 \cdot 10^{-7} \frac{\text{кг}}{\text{Кл}};$$

$$\rho = 8,9 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3};$$

$$h = 5 \cdot 10^{-5} \text{ м}$$

$t = ?$

Решение.

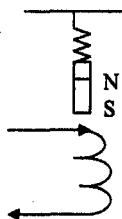
Запишем закон электролиза  $m = kIt$ . Сила тока  $I = jS$ , масса выделившейся меди  $m = \rho V = \rho hS$ , тогда  $\rho hS = kjSt$ , откуда время электролиза  $t = \frac{\rho h}{kj}$ . Подставим данные и по-

$$\text{лучим: } t = \frac{8,9 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 5 \cdot 10^{-5} \text{ м}}{3 \cdot 10^{-7} \frac{\text{кг}}{\text{Кл}} \cdot 14 \frac{A}{\text{м}^2}} = 10^5 \text{ с} = 29 \text{ ч}.$$

Ответ: 1

**A23.** Над соленоидом вдоль осевой линии подвешен магнит. Что произойдет с магнитом, если по соленоиду пропустить ток, направление которого совпадает с направлением по часовой стрелке, если смотреть сверху?

- 1) притянется к катушке
- 2) оттолкнется от катушки
- 3) ничего не произойдет
- 4) сместится вправо
- 5) сместится влево



Решение.

Если по соленоиду пропустить ток, направление которого совпадает с направлением по часовой стрелке, если смотреть сверху, то соленоид будет представлять собой электромагнит, внизу которого северный полюс, а вверху южный. Следовательно, висящий магнит отталкивается от него.

Ответ: 2



A24. Электрон влетает в однородное магнитное поле (по центру) шириной 10,0 см, с индукцией 0,01 Тл перпендикулярно линиям магнитной индукции. Вычислите, с какой скоростью должен двигаться электрон, чтобы не вылететь за пределы этого поля.

- 1)  $20 \frac{\text{мм}}{\text{с}}$     2)  $60 \frac{\text{мм}}{\text{с}}$     3)  $96 \frac{\text{мм}}{\text{с}}$     4)  $126 \frac{\text{мм}}{\text{с}}$     5)  $176 \frac{\text{мм}}{\text{с}}$

Дано:

$$d = 10^{-1} \text{ м};$$

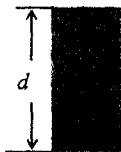
$$B = 10^{-2} \text{ Тл};$$

$$m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг};$$

$$q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл};$$

$$\alpha = 90^\circ$$

$$v = ?$$



Решение.

Для того, чтобы электрон, влетающий по центру в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям индукции, не вылетает за пределы этого поля, то он должен

двигаться по окружности радиусом равным  $\frac{1}{4}$  ширины этого поля, т.е.  $R = \frac{d}{4}$ . На электроны действует сила Лоренца

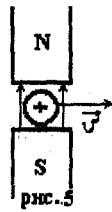
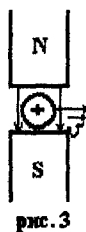
$F_L = qBv$ , которая сообщает ему центростремительное ускорение  $a = \frac{v^2}{R}$  и электрон движется по окружности радиусом  $R$ . По второму закону Ньютона

$qBv = \frac{mv^2}{R}$ , откуда скорость электрона  $v = \frac{qBR}{m}$  или  $v = \frac{qBd}{4m}$ . Подставив данные,

$$\text{получим } v = \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \cdot 10^{-2} \text{ Тл} \cdot 0,1 \text{ м}}{4 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}} = 43 \cdot 10^6 \frac{\text{м}}{\text{с}}. \text{ } v \text{ должно быть } \leq 43 \frac{\text{мм}}{\text{с}}.$$

Ответ: 1

A25. Укажите рисунок, где правильно показано направление индукционного тока в проводнике.



1) рис. 1

2) рис. 2

3) рис. 3

4) рис. 4

5) рис. 5

Решение.

Применить нужно правило правой руки: правую руку необходимо расположить так, чтобы вектор магнитной индукции входил в ладонь (ладонь расположить к северному полюсу магнита), отогнутый под прямым углом большой палец совпадал с направлением скорости движения проводника. Тогда четыре пальца укажут направление индукционного поля.

Ответ: 3

**A26.** Колебательный контур состоит из трех последовательно соединенных одинаковых конденсаторов и катушки индуктивности. Период электромагнитных колебаний в контуре 20 мкс. Чему будет равен период электромагнитных колебаний в контуре, если конденсаторы соединить параллельно?

- 1) 6,7 мкс      2) 20,0 мкс      3) 34,0 мкс      4) 60,0 мкс      5) 180,0 мкс

Дано:

$$C_1 = C_2 = C_3 = C;$$

$$T_1 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ с}$$

---

 $T_2$ 

Решение.

По условию задачи, в первом случае три конденсатора соединены последовательно, тогда их общая емкость  $C_1 = \frac{C}{3}$ , а

период колебаний  $T_1 = 2\pi\sqrt{LC_1} = 2\pi\sqrt{\frac{LC}{3}}$ . Если конденсаторы

соединить параллельно, то их общая емкость  $C_2 = 3C$ , а период колебаний

$T_2 = 2\pi\sqrt{3LC}$ . Найдем отношение  $\frac{T_2}{T_1} = 3$ , следовательно  $T_2 = 3T_1 = 60 \text{ мкс}$ .

Ответ: 4

**A27.** Воздушная линия электропередачи переменного тока промышленной частоты 50 Гц имеет длину 600 км. Определите сдвиг фаз напряжения в начале и в конце линии.

1)  $\frac{\pi}{5}$

2)  $\frac{\pi}{4}$

3)  $\frac{\pi}{3}$

4)  $\frac{\pi}{2}$

5)  $\pi$

Решение.

На расстоянии равном длине волны  $\lambda$  разность фаз равна  $2\pi$ . Если же расстояние  $l$ , то  $\Delta\varphi = \frac{2\pi \cdot l}{\lambda}$  длина волны  $\lambda = \frac{V}{\nu}$ ;  $V = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$  — скорость распространения

электромагнитных волн в воздухе, следовательно  $\Delta\varphi = \frac{2\pi \cdot 6 \cdot 10^5 \cdot 50}{3 \cdot 10^8} = \frac{\pi}{5}$ .

Ответ: 1

**A28.** В центре дна металлического цилиндрического сосуда, до краев заполненного жидкостью, находится точечный источник света. Высота сосуда  $H$ , радиус  $R$ . Лучи от источника у края сосуда выходят под углом  $\beta$ . Показатель преломления жидкости равен

- 1)  $\frac{\sin \beta}{R} \sqrt{R^2 + H^2}$       2)  $\frac{\sin \beta}{R} \sqrt{R^2 + 4H^2}$       3)  $\frac{\sin \beta}{2R} \sqrt{R^2 + H^2}$   
 4)  $\frac{\sin \beta}{R} \sqrt{4R^2 + H^2}$       5)  $\frac{2 \sin \beta}{R} \sqrt{R^2 + H^2}$

Дано:

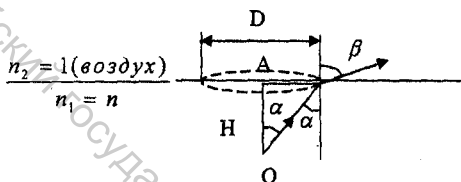
$H$ ;

$R$ ;

$\beta$ ;

$n_2$

Решение.

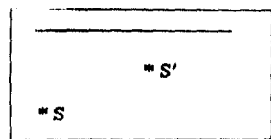


Запишем закон преломления  $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n} = \frac{1}{n}$ . Из треугольника OAB

$$\sin \alpha = \frac{R}{\sqrt{R^2 + H^2}} = \frac{R}{\sqrt{R^2 + H^2}} \cdot \frac{\sin \beta}{\sin \alpha} = \frac{\sin \beta}{n} \cdot \frac{\sqrt{R^2 + H^2} \sin \beta}{R}$$

Ответ: 1

**A29.** Изображение точечного источника света  $S'$  и сам источник  $S$  расположены относительно главной оптической оси тонкой линзы так, как показано на рисунке.



Данному случаю соответствует формула линзы

- 1)  $-D = -\frac{1}{d} + \frac{1}{f}$       2)  $D = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$       3)  $-D = \frac{1}{d} - \frac{1}{f}$       4)  $-D = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$       5)  $D = -\frac{1}{d} + \frac{1}{f}$

Решение.

Так как изображение точного источника находится по одну сторону относительно главной оптической оси и ближе к ней, чем источник  $S$ , то линза рассеивающая, изображение мнимое и формула линзы:  $-D = \frac{1}{d} - \frac{1}{f}$ .

Ответ: 3

**A30.** Солнце излучает в пространство каждую секунду около  $3,75 \cdot 10^{26}$  Дж энергии. На сколько в связи с этим уменьшается ежесекундно масса Солнца?

- 1)  $0,60 \cdot 10^9$  кг    2)  $1,25 \cdot 10^9$  кг    3)  $4,16 \cdot 10^9$  кг    4)  $8,0 \cdot 10^9$  кг    5)  $10,0 \cdot 10^9$  кг

Дано:

$$\Delta E = 3,75 \cdot 10^{26} \text{ Дж}$$

$\Delta m = ?$

Решение.

Из закона взаимосвязи массы и энергии можно определить ежесекундное уменьшение массы Солнца  $\Delta m = \frac{\Delta E}{c^2}$   $c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

$$\Delta m = \frac{3,75 \cdot 10^{26} \text{ Дж}}{9 \cdot 10^{16} \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}} = 0,416 \cdot 10^{10} \text{ кг} = 4,16 \cdot 10^9 \text{ кг}$$

Ответ: 3

**A31.** Определите число световых квантов, излучаемых ежесекундно монохроматическим источником света, мощность которого 50 Вт, КПД 2 %. Источник излучает зеленый свет с длиной волны 0,53 мкм.

- 1)  $2,7 \cdot 10^{15}$     2)  $2,7 \cdot 10^{17}$     3)  $2,7 \cdot 10^{18}$     4)  $2,7 \cdot 10^{20}$     5)  $37,5 \cdot 10^{20}$

Решение.

Дано:

$$P = 50 \text{ Вт};$$

$$\eta = 0,02;$$

$$\lambda = 53 \cdot 10^{-8} \text{ м}$$

$n = ?$

Энергия одного кванта излучения  $E_1 = \frac{hc}{\lambda}$ , где  $h$  – постоянная

Планка.

КПД  $\eta = \frac{A_n}{A_c} = \frac{E_1 \cdot n}{Pt}$ , откуда число световых квантов  $n = \frac{P \cdot t \cdot \eta \cdot \lambda}{hc}$ .

Подставив

данные,

получим:

$$n = \frac{50 \text{ Вт} \cdot 1 \text{ с} \cdot 0,02 \cdot 53 \cdot 10^{-8} \text{ м}}{6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}} = 2,26 \cdot 10^{18}.$$

Ответ: 3

**A32.** Заряд ядра изотопа фосфора  $2,4 \cdot 10^{-18}$  Кл. Порядковый номер атома фосфора в периодической системе Менделеева

- 1) 17    2) 25    3) 18    4) 15    5) 35

Решение.

Заряд ядра равен произведению заряда протона на число протонов ядра, равное порядковому номеру элемента в периодической системе Менделеева, тогда порядковый номер  $Z = \frac{q}{e}$ ;

$$Z = \frac{2,4 \cdot 10^{-18} \text{ Кл}}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}} = 15.$$

Ответ: 4

**A33.** Длина волны электромагнитного излучения составляет  $1,8 \cdot 10^{-8}$  м. Импульс фотона этого излучения равен

- 1)  $3,0 \cdot 10^{-26} \frac{\text{КгМ}}{\text{с}}$    2)  $1,7 \cdot 10^{-26} \frac{\text{КгМ}}{\text{с}}$    3)  $3,7 \cdot 10^{-26} \frac{\text{КгМ}}{\text{с}}$    4)  $7,3 \cdot 10^{-26} \frac{\text{КгМ}}{\text{с}}$    5)  $4,1 \cdot 10^{-26} \frac{\text{КгМ}}{\text{с}}$

Дано:

$$\lambda = 1,8 \cdot 10^{-8} \text{ м}$$

Решение.

Импульс фотона  $p_\phi = \frac{h}{\lambda}$ , где  $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$  Дж·с - постоянная Планка.

$$P_\phi = ? \quad \text{ка. } P_\phi = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}}{1,8 \cdot 10^{-8} \text{ м}} = 3,7 \cdot 10^{-26} \frac{\text{Кг} \cdot \text{М}}{\text{с}}$$

Ответ: 3

**A34.** Определите удельную энергию связи ядра  ${}^7_3\text{Li}$ , если масса изотопа  ${}^7_3\text{Li}$  7,01823 ( $m_p = 1,0078$  а. е. м.,  $m_n = 1,0087$  а. е. м.).

- 1) 3,0 МэВ   2) 4,0 МэВ   3) 5,2 МэВ   4) 6,8 МэВ   5) 7,2 МэВ

Решение.

Удельная энергия связи – это отношение энергии связи ядра к числу нуклонов в нем. Для ядра  ${}^7_3\text{Li}$  число нуклонов = 7.  $E_{\text{св}} = \frac{E_{\text{св}}}{7}$ . Энергия связи атомного ядра

$E_{\text{св}} = 931 \frac{\text{МэВ}}{\text{а.е.м}} \Delta m$ , т.к. массы в условии задачи даны в а.е.м. Дефект массы

$\Delta m = 3m_p + 4m_n - m_{\text{ядро}}$ . Масса ядра равна массе атома изотопа минус три массы электрона. Т.к. массой электрона можно пренебречь (она мала), то  $m_e = m$ . Тогда

$$E_{\text{св}} = \frac{931 \frac{\text{МэВ}}{\text{а.е.м}} (3m_p + 4m_n - m)}{7};$$

$$E_{\text{св}} = \frac{931 \frac{\text{МэВ}}{\text{а.е.м}} (3 \cdot 1,0078 \text{ а.е.м.} + 4 \cdot 1,0087 \text{ а.е.м.} - 7,01823 \text{ а.е.м.})}{7} = 5,3 \text{ МэВ}$$

Ответ: 3

**A35.** Найдите недостающий продукт ядерной реакции  ${}^1_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + ?$

- 1) n   2) p   3) α   4) γ   5) β

Решение.

Допишем ядерную реакцию, применив к ней закон сохранения массового числа и заряда  ${}^1_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^0_0\text{X}$ . Продуктом реакции  ${}^0_0\text{X}$  является γ-излучение.

Ответ: 4

## Часть В

**В1.** Самолет, летящий со скоростью  $720 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$ , описывает вертикальную петлю радиусом 400 м. В нижней точке петли вес летчика превышает силу тяжести в... раз.

Дано:

$$v = 720 \frac{\text{км}}{\text{ч}} = 200 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\frac{P}{mg} = ?$$

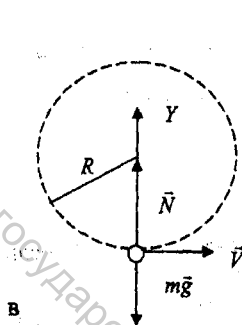
$$\vec{N} + m\vec{g} = m\vec{a},$$

Цен-

$$a = \frac{v^2}{R}, \text{ тогда вес летчика в нижней точке петли } P = mg + \frac{mv^2}{R}, \text{ откуда}$$

$$\frac{P}{mg} = 1 + \frac{v^2}{gR}$$

$$\frac{P}{mg} = 1 + \frac{4 \cdot 10^4 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 400 \text{ м}} = 11.$$



Решение.

На летчика в нижней точке петли действует сила тяжести  $m\vec{g}$  и сила реакции опоры  $N$ , которая по третьему закону Ньютона равна весу летчика. Летчик движется с ускорением, направленным по радиусу к центру окружности. По второму закону Ньютона проекции на ось  $OY$   $N - mg = ma$ . тростремительное ускорение

Ответ: 11

**В2.** Пуля, летящая горизонтально со скоростью  $v_0$ , попадает в две доски одинаковой толщины, расположенные вплотную. Пробив две доски, пуля продолжает лететь со скоростью  $v = 0,6v_0$ . В какой по счету доске застрянет пуля, если сложить несколько таких досок?

Решение.

Пусть, толщина доски  $d$ . После пробивания двух досок кинетическая энергия пули изменилась и ее изменение равно работе по пробиванию досок  $\Delta E_k = F2d$

$$\frac{mV_0^2}{2} - \frac{mV}{2} = F2d; \quad F = \frac{\frac{mV_0^2}{2} - \frac{0,36V_0^2}{2}}{2d} = \frac{m \cdot 0,64V_0^2}{4d} = \frac{m \cdot 0,16V_0^2}{d}.$$

Если пуля пробьет  $n$  досок, то ее кинетическая энергия станет равной 0, следовательно

$$\frac{mV_0^2}{2} = Fnd, \text{ откуда } n = \frac{mV_0^2}{2Fd}$$

$$n = \frac{mV_0^2}{2 \cdot 0,16V_0^2 \cdot d} = \frac{1}{0,32} \approx 3,125. \text{ Пуля застрянет в четвертой доске.}$$

Ответ: 4

**В3.** При внешнем сопротивлении 4 Ом сила тока в цепи составляет 0,2 А, при внешнем сопротивлении 7 Ом сила тока равна 0,14 А. Если тот же источник замкнуть накоротко, то сила тока в цепи будет равна ... мА.

Решение.

Сила тока короткого замыкания  $I_{кз} = \frac{\varepsilon}{r}$ , где  $\varepsilon$  - ЭДС источника тока,  $r$  - сопротивление источника тока. Запишем закон Ома для полной цепи для двух ситуаций, описанных в условии задачи.  $I_1 = \frac{\varepsilon}{R_1 + r}$  и  $I_2 = \frac{\varepsilon}{R_2 + r}$ . Имеем систему двух уравнений с двумя неизвестными  $\varepsilon$  и  $r$ .

$\varepsilon = I_1(R_1 + r)$ ,  $\varepsilon = I_2(R_2 + r)$ , откуда  $r = \frac{I_2 R_2 - I_1 R_1}{I_1 - I_2}$ . Подставим данные и получим:

$$r = \frac{0,14 \cdot 7 \text{ Ом} - 0,2 \cdot 4 \text{ Ом}}{0,2 \text{ А} - 0,14 \text{ А}} = \frac{0,98 - 0,08}{0,06} = 3 \text{ Ом}.$$

ЭДС источника  $\varepsilon = I_1(R_1 + r) = 0,2(4 + 15) = 1,4 \text{ В}$ .

Сила тока короткого замыкания  $I_{кз} = \frac{1,4 \text{ В}}{3 \text{ Ом}} = 0,467 \text{ А} = 467 \text{ мА} \approx 470 \text{ мА}$ .

Ответ: 470

**В4.** В катушке энергия магнитного поля равномерно уменьшилась в 9 раз за 0,2 с. Определите ЭДС самоиндукции (в В) в этой катушке, если ее индуктивность равна 0,3 Гн, а первоначальный ток равен 12 А.

Дано:

$$\frac{W_1}{W_2} = \frac{1}{9};$$

$$L = 0,3 \text{ Гн};$$

$$\Delta t = 0,2 \text{ с};$$

$$I_1 = 12 \text{ А}$$

$\varepsilon_n$  - ?

Решение.

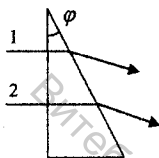
ЭДС самоиндукции  $\varepsilon_n = L \frac{|\Delta I|}{\Delta t}$ . Изменение силы тока  $\Delta I = I_2 - I_1$ .

Энергия магнитного поля  $W = \frac{LI^2}{2}$ , тогда  $9 = \frac{I_1^2}{I_2^2}$ , откуда

$$I_2 = \frac{I_1}{3} = 4 \text{ А}. \text{ Тогда } \varepsilon_n = 0,3 \text{ Гн} \cdot \frac{8 \text{ А}}{0,2 \text{ с}} = 12 \text{ В}.$$

Ответ: 12

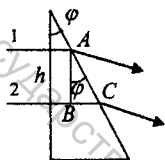
**В5.** Два параллельных луча падают на кварцевую ( $n = 1,6$ ) призму. При каком расстоянии между ними (в см) оптическая разность хода лучей в проходящем свете будет равна 32 мм? Угол  $\varphi = 45^\circ$ .



Дано:  
 $n = 1,6$ ;  
 $\Delta = 0,032 \text{ м}$ ;  
 $\varphi = 45^\circ$ ;

$h - ?$

$$h = \frac{3,2 \text{ см}}{1,6} = 2 \text{ см}$$



угол  $\varphi = 45^\circ$ , то  $\Delta r = h$  (из треугольника ABC)

Решение.

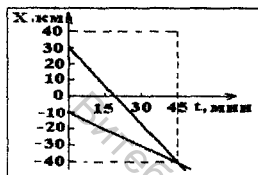
Оптическая разность хода лучей, проходящих в призме  $\Delta = \Delta r \cdot n$ , откуда геометрическая разность хода  $\Delta r = \frac{\Delta}{n}$ . Так как

Ответ: 2



## Тест по физике № 9

A1. На рисунке представлены зависимости координат автобуса и легкового автомобиля от времени.



Модуль их относительной скорости равен

- 1)  $44 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$     2)  $47 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$     3)  $50 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$     4)  $53 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$     5)  $57 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$

Решение.

Из графика зависимости координат автобуса и автомобиля видно, что в начальный момент времени их координаты были  $x_{01} = 30 \text{ км}$  и  $x_{02} = -10 \text{ км}$ . Расстояние между ними было  $S = x_{01} - x_{02} = 40 \text{ км}$ . Через  $\frac{3}{4}$  часа координаты стали одинаковые. Относительная скорость  $V = \frac{S}{t}$ .

$$V = \frac{40 \text{ км}}{\frac{3}{4} \text{ часа}} = 53,3 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$$

Ответ: 4

A2. Колесо радиусом 30 см движется по горизонтальной дороге без проскальзывания. Скорость поступательного движения оси вращения колеса  $12,56 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ . Сколько оборотов вокруг оси вращения совершит точка колеса за 1 мин движения?

- 1) 360    2) 240    3) 400    4) 600    5) 540

Решение.

Линейная скорость точек на ободе колеса  $V = 2\pi R\nu$ , где  $\nu$  - частота вращения колеса, т.е. число оборотов за 1 с, тогда число оборотов за время  $t$   $N = \nu \cdot t$ .

$$\nu = \frac{V}{2\pi R}; \quad N = \frac{\nu \cdot t}{2\pi R} \cdot 2\pi R. \quad \text{Подставив данные, получим: } N = \frac{12,56 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 60 \text{ с}}{6,28 \cdot 0,3 \text{ м}} = 400.$$

Ответ: 3

**A3.** Поезд через 10 с после начала движения приобретает скорость  $0,6 \frac{M}{c}$ . Через какое время от начала движения скорость поезда станет равной  $3 \frac{M}{c}$ ?

- 1) 25 с      2) 2 с      3) 30 с      4) 50 с      5) 60 с

Решение.

При равноускоренном движении ( $V_0 = 0$ )  $V_1 = at_1$ ,  $V_2 = at_2$ . Разделив, получим:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{t_1}{t_2}, \text{ откуда } t_2 = \frac{V_2 t_1}{V_1}.$$

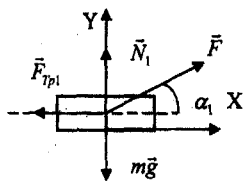
$$t_2 = \frac{3 \frac{M}{c} \cdot 10 \text{ с}}{0,6 \frac{M}{c}} = 50 \text{ с}.$$

Ответ: 4

**A4.** Если к телу массой 25 кг, лежащему на горизонтальной поверхности, приложить силу 120 Н под углом  $60^\circ$  к горизонту, то оно будет двигаться равномерно. Если эту же силу приложить под углом  $30^\circ$ , то тело будет двигаться с ускорением

- 1)  $107,0 \frac{M}{c^2}$       2)  $4,6 \frac{M}{c^2}$       3)  $10,0 \frac{M}{c^2}$       4)  $1,7 \frac{M}{c^2}$       5)  $1,0 \frac{M}{c^2}$

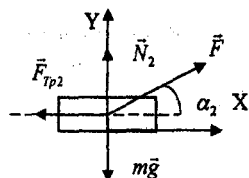
Решение.



Если сила  $\vec{F}$  приложена под углом  $\alpha_1$  к горизонту, то  $V = const$ . В этом случае используем первый закон Ньютона  $\vec{N}_1 + \vec{F} + m\vec{g} + \vec{F}_{fp1} = 0$ . В проекции на оси OX и OY получим OX:  $F \cos \alpha_1 - F_{fp1} = 0$ , OY:  $N_1 + F \sin \alpha_1 - mg = 0$   $N_1 = mg - F \sin \alpha_1$ ;  $F_{fp1} = \mu N_1$

$F_{fp1} = \mu (mg - F \sin \alpha_1)$  Найдем коэффициент трения тела о горизонтальную поверхность, который не меняется.

$$\mu = \frac{F \cos \alpha_1}{mg - F \sin \alpha_1}.$$



Если сила приложена под углом  $\alpha_2$  к горизонту, то тело движется равноускоренно. По второму закону Ньютона  $\vec{N}_2 + \vec{F} + m\vec{g} + \vec{F}_{fp2} = m\vec{a}$ . В проекции на оси OX и OY получим OX:  $F \cos \alpha_2 - F_{fp2} = ma$ , OY:  $N_2 + F \sin \alpha_2 - mg = 0$ .

Ускорение тела  $a = \frac{F \cos \alpha_2 - F_{mp_1}}{m}$ ;  $F_{mp_1} = \mu N_2$ ;  $N_2 = mgF \sin \alpha_2$

$$a = \frac{F \cos \alpha_2 - \frac{F \cos \alpha_1 (mg - F \sin \alpha_2)}{mg - F \sin \alpha_1}}{m}$$

Подставив значения, получим

$$a = \frac{120H \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{120H \cdot \frac{1}{2} \left( 25 \text{кг} \cdot 10 \frac{\text{М}}{\text{с}^2} - 120H \cdot \frac{1}{2} \right)}{25 \text{кг} \cdot 10 \frac{\text{М}}{\text{с}^2} - 120 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}}{25 \text{кг}} = 1 \frac{\text{М}}{\text{с}}$$

Ответ: 5

А5. Если вес тела уменьшился в 2 раза, то тело двигалось

- 1) с ускорением  $a = \frac{g}{2}$ , направленным вниз
- 2) с ускорением  $a = g$ , направленным вверх
- 3) с ускорением  $a = \frac{g}{2}$ , направленным вверх
- 4) с ускорением  $a = g$ , направленным вниз
- 5) равномерно вниз

Решение.

Вес тела, движущего с ускорением  $a$  вертикально вниз  $P = m(g - a)$ . Следовательно

$$\frac{mg}{2} = m(g - a). \text{ Разделим на } m \text{ и получим } \frac{g}{2} = g - a, \text{ откуда } a = \frac{g}{2}.$$

Ответ: 1

А6. Уравнение движения материальной точки массой 200 г вдоль оси OX имеет вид  $x = 5 + 10t + 4t^2$ . Определите значение проекции равнодействующей всех сил, приложенных к телу, на ось OX.

- 1) 4,0 Н
- 2) 0,8 Н
- 3) 1,0 Н
- 4) 2,0 Н
- 5) 1,6 Н

Решение.

Дано:

$$m = 200 \text{г} = 0,2 \text{кг};$$

$$x = 5 + 10t + 4t^2 (\text{м});$$

$$F_{px} = ?$$

Из второго закона Ньютона следует, что  $F_{px} = m \cdot a_x$ . Ускорение вдоль оси OX – это произведение от скорости по времени:  $V_x = x' = (5 + 10t + 4t^2)' = 10 + 8t$ . Ускорение  $a_x = V_x' = (10 + 8t)' = 8$ . Проекция равнодействующей всех сил на ось OX

$$F_{px} = 0,24 \text{кг} \cdot 8 \frac{\text{М}}{\text{с}^2} = 1,6 \text{Н}$$

Ответ: 5

А7. Мальчик массой 40 кг прыгает горизонтально с носа лодки, масса которой 200 кг. Определите скорость лодки после прыжка мальчика. Скорость мальчика относительно Земли равна  $4 \frac{M}{c}$ . Скорость лодки до взаимодействия  $1 \frac{M}{c}$ .

- 1)  $0,8 \frac{M}{c}$       2)  $0,7 \frac{M}{c}$       3)  $0,5 \frac{M}{c}$       4)  $0,4 \frac{M}{c}$       5)  $0,2 \frac{M}{c}$

Решение.

Запишем закон сохранения импульса для системы лодка – мальчик в проекции на ось ОХ, направленную горизонтально:

$$(m_1 + m_2)V = m_1V_1' + m_2V_2'$$

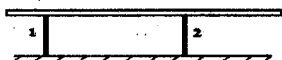
$$V_2' = \frac{(m_1 + m_2)V - m_1V_1'}{m_2}$$

Скорость лодки до прыжка мальчика равна  $1 \frac{M}{c}$ , скорость лодки исходя из ответов  $< 1 \frac{M}{c}$ , поэтому можно считать, что мальчик прыгал в направлении движе-

ния лодки. Подставив данные, получим  $V_2' = \frac{240 \text{ кг} \cdot 1 \frac{M}{c} - 40 \text{ кг} \cdot 4 \frac{M}{c}}{200 \text{ кг}} = 0,4 \frac{M}{c}$ .

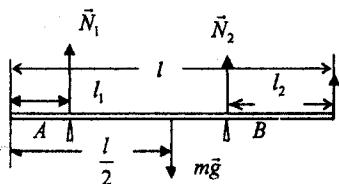
Ответ: 4

А8. Однородная балка массой 360 кг и длиной 6 м расположена горизонтально на двух опорах. Левый конец балки выступает за опору 1 на 1 метр, а правый конец балки выступает за опору 2 на 2 м. Определите, какую минимальную силу, направленную вверх, нужно приложить к правому концу балки, чтобы ее приподнять.



- 1) 2 400 Н      2) 1 800 Н      3) 3 600 Н      4) 1 440 Н      5) 2 880 Н

Решение.



Если к правому концу балки приложить силу, направленную вверх, то она будет вращаться относительно опоры А и балка будет находиться в равновесии, если момент силы  $mg$  будет равен моменту силы

$$F. M_1 = M_2 \quad M_1 = mg \left( \frac{l}{2} - l_1 \right) \quad M_2 = F(l - l_1)$$

$$F = \frac{360 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 2 \text{ м}}{5 \text{ м}} = 1440 \text{ Н}$$

Ответ: 4

**A9.** Над водой показался поплавок на треть своего объема. Чтобы полностью утопить поплавок, сверху нужно положить груз массой, равной

- 1) массе воды, заключенной в объеме подводной части поплавка
- 2) массе воды, заключенной в объеме надводной части поплавка
- 3) массе воды, заключенной в объеме всего поплавка
- 4) массе поплавка
- 5) половине массы поплавка

Решение.

Запишем условие плавания поплавка для двух ситуаций, описанных в условии задачи  $m_n g = \rho_w g \frac{2}{3} V$ ;  $(m_n + m_s) g = \rho_w g V$ . Вычтем из второго уравнения первое и получим  $m_s g = \frac{1}{3} \rho_w g V$ ;  $m_s = \frac{1}{3} \rho_w V$ . Получилось, что масса груза равна массе воды в объеме надводной части поплавка.

Ответ: 2

**A10.** С какой частотой будет раскачиваться математический маятник в салоне самолета, движущегося в горизонтальном направлении с ускорением  $4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ .

Длина маятника 43,0 см.

- 1)  $0,2 \text{ с}^{-1}$       2)  $0,4 \text{ с}^{-1}$       3)  $0,6 \text{ с}^{-1}$       4)  $0,8 \text{ с}^{-1}$       5)  $1,0 \text{ с}^{-1}$

Решение.

Частота колебаний математического маятника  $\nu = \frac{1}{T} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g'}{l}}$ ;  $g' = \sqrt{g^2 + a^2}$

$\nu = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{\sqrt{g^2 + a^2}}{l}}$ . Подставим данные и получим

$$\nu = \frac{1}{6,28} \cdot \sqrt{\frac{\sqrt{10^2 + 4^2}}{0,43}} = \frac{1}{6,28} \cdot \sqrt{\frac{10,7}{0,43}} = 0,8 \text{ с}^{-1}$$

Ответ: 4

**A11.** Если ультразвуковой сигнал с частотой 60 кГц возвратился после отражения от дна моря на глубине 300 м через 0,4 с, то длина ультразвуковой волны составляет

- 1) 10 мм      2) 15 мм      3) 20 мм      4) 25 мм      5) 30 мм

Решение.

Длина ультразвуковой волны  $\lambda = \frac{V}{\nu}$ . Скорость распространения ультразвука найдем из соображений, что за промежуток времени  $\Delta t$ , ультразвук прошел расстояние  $2h$ . Тогда скорость распространения ультразвука  $V = \frac{2h}{\Delta t}$ . Длина волны  $\lambda = \frac{2h}{\nu \cdot \Delta t}$ . Подставим данные  $\lambda = \frac{2 \cdot 300 \text{ м}}{6 \cdot 10^4 \text{ Гц} \cdot 0,4 \text{ с}} = 25 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 25 \text{ мм}$ .

Ответ: 4

**A12.** Средняя кинетическая энергия хаотического движения одной молекулы газа

- $1,1 \cdot 10^{-20}$  Дж при давлении  $1,5 \cdot 10^5$  Па. Сколько молекул содержится в  $1 \text{ м}^3$  газа?  
1)  $1,2 \cdot 10^{25}$       2)  $2,0 \cdot 10^{25}$       3)  $2,5 \cdot 10^{25}$       4)  $3,0 \cdot 10^{25}$       5)  $5,0 \cdot 10^{25}$

Решение.

Средняя кинетическая энергия одной молекулы  $\langle E \rangle_k = \frac{3}{2} kT$ . Основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеального газа запишем в виде  $p = nkT$ , откуда число молекул в  $1 \text{ м}^3$  газа (концентрация молекул)  $n = \frac{p}{kT}$ ;  $kT = \frac{2 \langle E \rangle_k}{3}$ .

Тогда  $n = \frac{3p}{2 \langle E \rangle_k}$ . Подставим данные из условия задачи

$$n = \frac{3 \cdot 1,5 \cdot 10^5 \text{ Па}}{2 \cdot 1,1 \cdot 10^{-20} \text{ Дж}} = 2 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}.$$

Ответ: 2

**A13.** Какова начальная температура газа, если в изохорном процессе при нагревании на 100 К давление газа возросло на 25 %?

- 1) 43 °C      2) 123 °C      3) 127 °C      4) 67 °C      5) 75 °C

Решение.

При изохорном процессе выполняется закон Шарля  $\frac{p_2}{p_1} = \frac{T_2}{T_1}$   $T_2 = T + \Delta T$

$$1,25 = \frac{T_1 + \Delta T}{T_1}; \quad 1,25 = 1 + \frac{\Delta T}{T_1}; \quad 0,25 = \frac{\Delta T}{T_1}, \text{ откуда начальная температура}$$

$$T_1 = \frac{\Delta T}{0,25} = 400 \text{ K}. \text{ По шкале Цельсия } t_1 = T_1 - 273 = 400 - 273 = 127^\circ \text{ C}.$$

Ответ: 3

**A14.** В баллоне вместимостью  $0,06 \text{ м}^3$  находится метан, температура которого  $35^\circ \text{ C}$ . Масса метана  $3,0 \text{ кг}$ . Под каким давлением находится метан в баллоне.

Молярная масса метана  $0,016 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$  ?

- 1)  $10 \cdot 10^6 \text{ Па}$     2)  $8 \cdot 10^6 \text{ Па}$     3)  $16 \cdot 10^6 \text{ Па}$     4)  $8 \cdot 10^4 \text{ Па}$     5)  $2 \cdot 10^6 \text{ Па}$

Решение.

Запишем уравнение Менделеева-Клапейрона  $pV = \frac{m}{M}RT$ , откуда давление газа в

баллоне  $P = \frac{mRT}{MV}$   $R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{K}}$  - универсальная газовая постоянная. Подста-

вим данные задачи  $P = \frac{3 \text{ кг} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{K}} \cdot 308 \text{ K}}{16 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}} \cdot 6 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3} = 8 \cdot 10^6 \text{ Па}.$

Ответ: 2

**A15.** Для приготовления  $500 \text{ л}$  воды температурой  $30^\circ \text{ C}$  смешивают воду, температура которой  $20^\circ \text{ C}$ , с водой, температура которой  $70^\circ \text{ C}$ . Пренебрегая теплоемкостью сосуда, определите, сколько литров воды, температура которой  $20^\circ \text{ C}$ , израсходовали для приготовления смеси.

- 1)  $200 \text{ л}$     2)  $100 \text{ л}$     3)  $300 \text{ л}$     4)  $400 \text{ л}$     5)  $350 \text{ л}$

Решение.

По закону сохранения энергии  $Q_1 + Q_2 = 0$ , где  $Q_1 = cm_1(t - t_1)$  - количество теплоты, полученное водой при нагревании ее от  $20^\circ \text{ C}$  до  $30^\circ \text{ C}$ .  $Q_2 = c(m - m_1)(t - t_2)$  - количество теплоты, отданное горячей водой при охлаждении ее от  $70^\circ \text{ C}$  до  $30^\circ \text{ C}$ . Получаем  $cm_1(t - t_1) + c(m - m_1)(t - t_2) = 0$ . Сократим на удельную теплоемкость воды  $c$  и получим  $m_1(t - t_1) + m(t - t_2) - m_1(t - t_2)$ , откуда масса холодной воды

$$m_1 = \frac{m(t - t_2)}{t_1 - t_2}. \text{ Подставим данные из условия}$$

$$m_1 = \frac{-500 \text{ кг} \cdot 40^\circ \text{ C}}{-50^\circ \text{ C}} = 400 \text{ кг}. \text{ Т.к. масса } 1 \text{ л воды равна } 1 \text{ кг, то } V_1 = 400 \text{ л}.$$

Ответ: 4

**A16.** Если у идеального теплового двигателя с КПД 10 % при неизменной температуре холодильника увеличить температуру нагревателя в 3 раза, то КПД увеличится в

- 1) 2                      2) 3                      3) 5                      4) 7                      5) 6

Решение.

Зная КПД идеальной тепловой машины  $\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$ . Определим

$\frac{T_2}{T_1} = 1 - \eta = 0,9$ . После увеличения температуры нагревателя в 3 раза при неиз-

менной температуре холодильника КПД стал  $\eta' = 1 - \frac{T_2}{3T_1} = 1 - 0,3 = 0,7$ . Следова-

тельно  $\frac{\eta'}{\eta} = 7$ .

Ответ: 4

**A17.** Стальную пластинку в форме круга нагревают от 0 °С до 900 °С. Определите изменение площади пластины в процентах. Коэффициент линейного расширения стали  $1,1 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ .

- 1) 1 %                      2) 2 %                      3) 3 %                      4) 4 %                      5) 5 %

Решение.

При 0 °С радиус стальной пластины был  $R_0$ , а площадь пластины  $S_1 = \pi R_0^2$ . При нагревании до  $t_2$  радиус пластины стал  $R_2 = R_0(1 + (t_2 - t_1)) = R_0(1 + t_2)$ , а площадь пластины  $S_2 = \pi R_2^2$ . Изменение площади пластины

$$\Delta S = S_2 - S_1 = \pi R_0^2(1 + \alpha t_2)^2 - \pi R_0^2 = \pi R_0^2((1 + \alpha t_2)^2 - 1)$$

$$\frac{\Delta S}{S_1} \cdot 100\% = ((1 + \alpha t_2)^2 - 1) \cdot 100\% \text{ э подставим из условия данные}$$

$$\frac{\Delta S}{S_1} \cdot 100\% = ((1 + 1,1 \cdot 10^{-5} \cdot 900)^2 - 1) \cdot 100\% = 2\%.$$

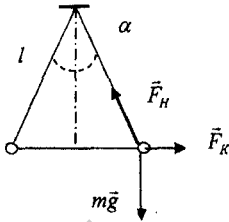
Ответ: 2

**A18.** Два заряженных одинаковых шарика массой  $m$  подвешены на нитях длиной  $l$  в одной точке и разошлись так, что угол между ними стал прямым. Определите заряд каждого из шариков.

- 1)  $l\sqrt{8\pi\epsilon_0 mg}$     2)  $l\sqrt{4\pi\epsilon_0 mg}$     3)  $l\sqrt{2\pi\epsilon_0 mg}$     4)  $l\sqrt{\pi\epsilon_0 mg}$     5)  $\frac{l}{2}\sqrt{8\pi\epsilon_0 mg}$



Решение.



Так как шарики находятся в равновесии, то по первому закону Ньютона  $\vec{F}_H + \vec{F}_K + m\vec{g} = 0$ . В проекции на оси OX и OY получим OX:  $F_H \sin \frac{\alpha}{2} - F_K = 0$ , OY:  $F_H \cos \frac{\alpha}{2} - mg = 0$ .

Преобразуем  $F_H \sin \frac{\alpha}{2} = F_K$  и  $F_H \cos \frac{\alpha}{2} = mg$ . Разделим уравнения  $tg \frac{\alpha}{2} = \frac{F_K}{mg} = 1$ , значит  $F_K = mg$ . Кулоновская сила

отталкивания зарядов  $F_K = \frac{kq^2}{r^2}$ . Расстояние между шариками  $r = 2l \sin \frac{\alpha}{2} = 2l \frac{\sqrt{2}}{2} = l\sqrt{2}$ . Следовательно  $mg = \frac{kq^2}{2l^2}$ , откуда заряд каждого шарика  $q = \sqrt{\frac{2l^2 mg}{k}}$ ;  $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$ . Следовательно  $q = \sqrt{8l^2 \pi \epsilon_0 mg} = l\sqrt{8\pi \epsilon_0 mg}$ .

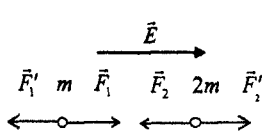
Ответ: 1

A19. Имеются два точечных заряженных тела с зарядами  $-q$  и  $2q$  и массами  $m$  и  $2m$  соответственно. Внешнее однородное электрическое поле с напряженностью  $E$  направлено вдоль прямой, проходящей через заряды. На каком расстоянии друг от друга нужно расположить тела в данном поле, чтобы они двигались с одинаковым ускорением?

- 1)  $\frac{1}{2} \sqrt{\frac{\kappa \cdot q}{E}}$     2)  $\sqrt{\frac{\kappa \cdot q}{E}}$     3)  $2 \cdot \sqrt{\frac{\kappa \cdot q}{E}}$     4)  $\sqrt{\frac{3\kappa \cdot q}{2E}}$     5)  $\sqrt{\frac{2\kappa \cdot q}{E}}$

Решение.

На каждый заряд действуют равные кулоновские силы притяжения зарядов



$F_1 = F_2 = \frac{2q^2}{r^2}$ . Для того, чтобы тела двигались с одинаковыми ускорениями, на второй шарик должна действовать равнодействующая сила в 2 раза большая, чем на первый. Кроме кулоновских сил на тела действуют силы со стороны однородного электрического поля

$F_1' = qE$   $F_2' = 2qE$ . Так как ускорения постоянны, то  $\frac{2qE - \frac{k2q^2}{r^2}}{2m} = \frac{\frac{k2q^2}{r^2} - qE}{m}$  или

$$2qE - \frac{k2q^2}{r^2} = 2 \cdot \left( \frac{k2q^2}{r^2} - qE \right)$$

$4qE = 6 \frac{kq^2}{r^2}$  сократим на  $2q$  и получим

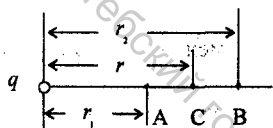
$$E = \frac{3kq}{2r^2}, \text{ откуда } r = \sqrt{\frac{3kq}{2E}}.$$

Ответ: 4

**A20.** Потенциалы точек А и В, лежащих на одной силовой линии поля, созданного точечным зарядом, равны 20 В и 30 В. Найдите потенциал точки, лежащей посередине между точками А и В.

- 1) 25 В      2) 28 В      3) 24 В      4) 26 В      5) 23 В

Решение.



Так как поле создается точечным зарядом  $q$ , то

$$\varphi_A = \frac{kq}{r_1}, \text{ а } \varphi_B = \frac{kq}{r_2}. \text{ Выразим } r_1 \text{ и } r_2$$

$$r_1 = \frac{kq}{\varphi_A}; \quad r_2 = \frac{kq}{\varphi_B}. \quad \text{Потенциал точки C}$$

$$\varphi_C = \frac{kq}{r} \quad r = r_1 + \frac{r_2 - r_1}{2} = \frac{2r_1 + r_2 - r_1}{2} = \frac{r_1 + r_2}{2}. \quad \text{Тогда } r_2 + r_1 = \frac{kq}{\varphi_A} + \frac{kq}{\varphi_B}. \quad \text{Отсюда}$$

$$\varphi_C = \frac{2kq}{kq \left( \frac{1}{\varphi_A} + \frac{1}{\varphi_B} \right)} = \frac{2\varphi_A \varphi_B}{\varphi_A + \varphi_B}.$$

Подставим из условия значения  $\varphi_A$  и  $\varphi_B$

$$\varphi_C = \frac{2 \cdot 20 \text{ В} \cdot 30 \text{ В}}{50 \text{ В}} = 24 \text{ В}.$$

Ответ: 3

**A21.** При подключении к источнику постоянного тока с внутренним сопротивлением  $r$  двух одинаковых сопротивлений во внешней цепи выделится одна и та же мощность как при последовательном, так и при параллельном их соединении. Сопротивление внешней цепи при последовательном соединении резисторов равно

- 1)  $\frac{r}{2}$       2)  $\frac{2r}{3}$       3)  $2r$       4)  $3r$       5)  $r$

Решение.

Запишем закон Ома для полной цепи для случая последовательного и параллельного соединения двух сопротивлений во внешней цепи

$$I_1 = \frac{\varepsilon}{2R+r} \quad I_2 = \frac{\varepsilon}{\frac{R}{2}+r}. \text{ Мощность, выделяемая во внешней цепи в первом случае}$$

$$P_1 = I_1^2 2R, \text{ а во втором } P_2 = I_2^2 \frac{R}{2}. \text{ По условию задачи } P_1 = P_2, \text{ значит}$$

$$\frac{\varepsilon^2 2R}{(2R+r)^2} = \frac{4\varepsilon^2 \frac{R}{2}}{(R+2r)^2} \quad \text{или} \quad \frac{\varepsilon^2 2R}{(2R+r)^2} = \frac{\varepsilon 2R}{(R+2r)^2}$$
 Разделим на  $\varepsilon^2 2R$  получим
 
$$\frac{1}{(2R+r)^2} = \frac{1}{(R+2r)^2}$$
 Извлечем корень квадратный из правой и левой части и получим  $2R+r = R+2r$ , откуда  $R = r$ . Следовательно, при последовательном соединении резисторов, сопротивление внешней цепи равно  $2r$ .

Ответ: 3

**A22.** В растворе медного купороса за время  $t$  сила тока равномерно возрастает от

0 до  $I$ . При этом на катоде выделяется масса меди  $m$ . Если электрохимический эквивалент меди равен  $k$ , то время электролиза равно

- 1)  $\frac{m}{kI}$       2)  $\frac{2m}{kI}$       3)  $\frac{m}{2kI}$       4)  $\frac{2m}{3kI}$       5)  $\frac{m}{3kI}$

Решение.

Запишем закон электролиза  $m = kI_{\phi} t$ ,  $I_{\phi} = \frac{I_1 + I_2}{2} = \frac{I}{2}$ , тогда  $m = \frac{kIt}{2}$ , откуда время электролиза  $t = \frac{2m}{kI}$ .

Ответ: 2

**A23.** В однородном магнитном поле, индукция которого 0,6 Тл, равномерно движется проводник длиной 20 см. По проводнику со скоростью  $20 \frac{\text{см}}{\text{с}}$  течет ток

4 А. Скорость проводника направлена перпендикулярно вектору магнитной индукции. Найдите мощность, необходимую для этого движения.

- 1) 65 мВт      2) 78 мВт      3) 85 мВт      4) 96 мВт      5) 100 мВт

Решение.

На проводник с током в магнитном поле действует сила Ампера  $F_A = BIl \sin \alpha$ ;  $\sin \alpha = 1$   $F_A = BIl$ . Для этого движения необходима мощность  $P = F_A \cdot v = BIlv$ . Подставляем из условия данные

$$P = 0,6 \text{ Тл} \cdot 4 \text{ А} \cdot 0,2 \text{ м} \cdot 0,2 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 96 \cdot 10^{-3} \text{ Вт} = 96 \text{ мВт}.$$

Ответ: 4

A24. В однородное магнитное поле, индукция которого 1,2 Тл, под углом  $30^\circ$  к линиям магнитной индукции влетает электрон, пройдя ускоряющую разность потенциалов 600 В. Найдите ускорение движения электрона в магнитном поле.

- 1)  $1,5 \cdot 10^{12} \frac{м}{с^2}$     2)  $1,5 \cdot 10^{14} \frac{м}{с^2}$     3)  $1,5 \cdot 10^{16} \frac{м}{с^2}$     4)  $1,5 \cdot 10^{18} \frac{м}{с^2}$     5)  $2,0 \cdot 10^{18} \frac{м}{с^2}$

Решение.

Скорость электрона найдем из теоремы о кинетической энергии.  $\frac{mV^2}{2} = q\Delta\phi$ , от-

куда  $V = \sqrt{\frac{2q\Delta\phi}{m}}$ . На электрон, движущийся в магнитном поле действует сила

Лоренца  $F_L = qBV \sin \alpha$ . По второму закону Ньютона

$$a = \frac{F_L}{m} = \frac{qBV \sin \alpha}{m} = \frac{qB \sqrt{\frac{2q\Delta\phi}{m}} \sin \alpha}{m} = \frac{qB}{m} \sqrt{\frac{2q\Delta\phi}{m}} \sin \alpha.$$

Подставим из условия данные и

получим

$$a = \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \cdot 1,2 \text{ Тл}}{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}} \sqrt{\frac{2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \cdot 600 \text{ В}}{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}}} \cdot \frac{1}{2} = 1,5 \cdot 10^{18} \frac{м}{с^2}$$

Ответ: 4

A25. Найдите среднее значение ЭДС индукции в витке площадью  $2 \text{ см}^2$ , если за  $0,05 \text{ с}$  магнитная индукция равномерно убывает от  $0,5$  до  $0,1 \text{ Тл}$ . Виток расположен перпендикулярно к линиям магнитной индукции.

- 1)  $0,8 \text{ мВ}$     2)  $1,6 \text{ мВ}$     3)  $5,0 \text{ мВ}$     4)  $20,0 \text{ мВ}$     5)  $20,0 \text{ мВ}$

Решение.

Средняя ЭДС индукции, возникающая в витке  $\langle \varepsilon_i \rangle = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ . Изменение магнитно-

го потока  $\Delta\Phi = \Phi_2 - \Phi_1$ ,  $\Phi_1 = B_1 S \cos \alpha = B_1 S$ ,  $\Phi_2 = B_2 S \cos \alpha = B_2 S$ . Тогда ЭДС индукции

$$\langle \varepsilon_i \rangle = -\frac{(B_2 - B_1)S}{\Delta t}.$$

Подставим данные из условия

$$\langle \varepsilon_i \rangle = \frac{0,4 \text{ Тл} \cdot 2 \cdot 10^{-4}}{5 \cdot 10^{-2}} = 16 \cdot 10^{-4} \text{ В} = 1,6 \text{ мВ}.$$

Ответ: 2

A26. Какой должна быть емкость конденсатора, чтобы с катушкой  $25 \text{ мкГн}$  обеспечить настройку колебательного контура в резонанс на длину волны  $100 \text{ м}$ ?

- 1)  $105 \text{ пФ}$     2)  $112 \text{ пФ}$     3)  $116 \text{ пФ}$     4)  $119 \text{ пФ}$     5)  $121 \text{ пФ}$

Решение.

Длина волны  $\lambda = c \cdot T$ , где  $c$  – скорость электромагнитной волны в воздухе,  $T$  – период колебаний в контуре. Период колебаний определяется выражением:

$T = 2\pi\sqrt{LC}$ . Откуда  $\lambda^2 = c^2 \cdot 4\pi LC$ . Следовательно емкость конденсатора

$$C = \frac{\lambda^2}{c^2 4\pi^2 L} = \frac{10^4}{9 \cdot 10^{16} \cdot 4 \cdot 9,8 \cdot 25 \cdot 10^{-6}} = 112 \text{ пФ.}$$

Ответ: 2

**A27.** Воздушная линия электропередач переменного тока промышленной частоты 50 Гц имеет длину 600 км. Определите сдвиг фаз напряжений в начале и в конце линии.

- 1)  $\frac{\pi}{5}$       2)  $\frac{\pi}{4}$       3)  $\frac{\pi}{3}$       4)  $\frac{\pi}{2}$       5)  $\pi$

Решение.

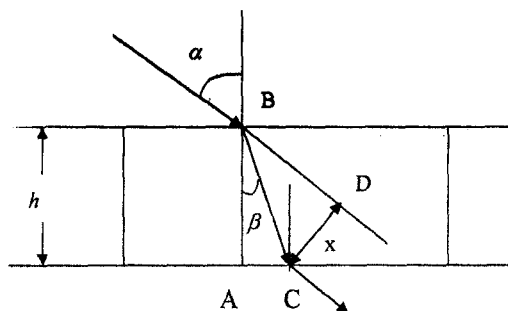
На расстоянии равном длине волны  $\lambda$  разность фаз равна  $2\pi$ . Если же расстояние  $l$ , то  $\Delta\varphi = \frac{2\pi \cdot l}{\lambda}$  длина волны  $\lambda = \frac{v}{\nu}$ ;  $\nu = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$  – скорость распространения

электромагнитных волн в воздухе, следовательно  $\Delta\varphi = \frac{2\pi \cdot 6 \cdot 10^5 \cdot 50}{3 \cdot 10^8} = \frac{\pi}{5}$ .

Ответ: 1

**A28.** Луч света падает на плоско-параллельную пластинку под углом  $75^\circ$ . Толщина пластинки 5 см, угол преломления равен  $45^\circ$ . При выходе луч сместился на расстояние, равное

- 1) 2,5 см      2) 3,0 см      3) 4,0 см      4) 3,5 см      5) 1,5 см



Решение.

$$x = \frac{h \sin(\alpha - \beta)}{\cos \beta}$$

подставим значения из условия

$$x = \frac{5 \text{ см} \cdot \frac{1}{2}}{\frac{\sqrt{2}}{2}} = 3,5 \text{ см.}$$

Ответ: 4

**A29.** Расстояние от собирающей линзы до действительного изображения источника в 2 раза больше расстояния от источника до линзы и равно  $f$ . Фокусное расстояние линзы равно

- 1)  $\frac{2f}{3}$       2)  $\frac{4f}{3}$       3)  $2f$       4)  $4f$       5)  $\frac{f}{3}$

Решение.

Так как линза собирающая и изображение действительное, то формула линзы  $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$ ;  $d = \frac{f}{2}$ , тогда  $\frac{1}{F} = \frac{2}{f} + \frac{1}{f} = \frac{3}{f}$ . Откуда фокусное расстояние линзы

$$F = \frac{f}{3}$$

Ответ: 5

**A30.** Мальчик массой 45 кг поднялся по лестнице на высоту 20 м. На сколько изменилась масса мальчика?

- 1)  $0,13 \cdot 10^{-13}$  кг    2)  $1,0 \cdot 10^{-13}$  кг    3)  $1,50 \cdot 10^{-13}$  кг    4)  $2,0 \cdot 10^{-13}$  кг    5)  $2,50 \cdot 10^{-13}$  кг

Дано:  
 $m = 45 \text{ кг}$   
 $h = 20 \text{ м}$

$\Delta m = ?$

Решение.

Когда мальчик поднялся на высоту  $h$ , то его энергия возросла на  $\Delta E = mgh$ . Из закона взаимосвязи массы и энергии следует, что

масса мальчика увеличилась на  $\Delta m = \frac{\Delta E}{c^2} = \frac{mgh}{c^2}$ ;  $c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ ;

$$\Delta m = \frac{45 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 20 \text{ м}}{9 \cdot 10^{16} \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}} = 10^{-13} \text{ кг}.$$

Ответ: 2

**A31.** Как изменится скорость фотоэлектронов при увеличении в 2 раза частоты монохроматического света, падающего на катод фотоэлемента? Считать, что работа выхода много меньше энергии падающих квантов.

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

Решение.

Запишем уравнение Эйнштейна для фотоэффекта для двух случаев, описанных в условии задачи  $h\nu = A_s + \frac{mV_1^2}{2}$  и  $2h\nu = A_s + \frac{mV_2^2}{2}$ . Выразим  $V_1$  и  $V_2$

$$V_1 = \sqrt{\frac{2(h\nu - A_0)}{m}} \quad V_2 = \sqrt{\frac{2(2h\nu - A_0)}{m}} \quad \text{. Так как } A_0 \ll h\nu, \text{ то } h\nu - A_0 \approx h\nu \text{ и } 2h\nu - A_0 \approx 2h\nu.$$

Найдем отношение  $\frac{V_2}{V_1} = \sqrt{2} = 1,4$   $V_2 = \sqrt{2}V_1$ . Скорость фотоэлектронов увеличиться в  $\sqrt{2}$  раза

Ответ: 3

**A32.** Во сколько раз количество электронов в атоме изотопа ртути  $^{201}_{80}\text{Hg}$  больше, чем в атоме изотопа бора  $^{10}_5\text{B}$  ?

- 1) 12                      2) 8                      3) 20                      4) 16                      5) 40

Решение.

У атома  $^{201}_{80}\text{Hg}$  содержится  $z_1 = 80$  электронов, а у атома  $^{10}_5\text{B}$  содержится  $z_2 = 5$  электронов  $\frac{z_1}{z_2} = \frac{80}{5} = 16$

Ответ: 4

**A33.** Частота колебаний вектора магнитной индукции электромагнитного излучения равна  $7,3 \cdot 10^{13} \text{ Гц}$ . Энергия фотона этого излучения равна

- 1) 1,0 эВ                      2) 0,1 эВ                      3) 0,8 эВ                      4) 0,3 эВ                      5) 0,6 эВ

Решение.

Энергия фотона излучения  $E = h\nu$ , где  $h$  - постоянная Планка.

$$E = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с} \cdot 7,3 \cdot 10^{13} \text{ Гц} = 48 \cdot 10^{-21} \text{ Дж}$$

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

$$E = \frac{48 \cdot 10^{-21} \text{ Дж}}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ эВ}} = 0,3 \text{ эВ}$$

Ответ: 4

**A34.** Определите удельную энергию связи для ядра  $^{11}_5\text{B}$ , относительная атомная масса которого 11,00931 а. е. м. ( $m_p = 1,00780$  а. е. м.,  $m_n = 1,00870$  а. е. м.,  $m_e = 0,00054858$  а. е. м.).

- 1) 6,31 МэВ                      2) 5,55 МэВ                      3) 6,12 МэВ                      4) 6,03 МэВ                      5) 6,93 МэВ

Решение.

Удельная энергия связи равна отношению энергии связи атомного ядра к числу нуклонов ядра (в ядре  $^{11}_5\text{B}$  их 11).  $E_{уд} = \frac{E_{св}}{11}$ . Энергия связи  $E_{св} = \Delta m \cdot 931 \frac{\text{МэВ}}{\text{а.е.м.}}$ . Дефект массы для ядра  $^{11}_5\text{B}$   $\Delta m = 5m_p + 6m_n - m_a$ .

$$\text{Тогда } E_{\gamma 0} = \frac{931 \frac{\text{МэВ}}{\text{а.е.м.}} (5 \cdot 1,0078 \text{ а.е.м.} + 6 \cdot 1,0087 \text{ а.е.м.} - 11,00931 \text{ а.е.м.})}{11} = 6,93 \text{ МэВ.}$$

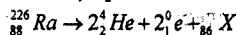
Ответ: 5

**A35.** Из ядра  ${}_{88}^{226}\text{Ra}$  после двух  $\alpha$ -распадов и определенного числа  $\beta$ -распадов образовался элемент с порядковым номером 86. Определите число  $\beta$ -распадов.

- 1) 1                      2) 2                      3) 3                      4) 4                      5) 5

Решение.

Запишем ядерную реакцию, описанную в условии задачи. Для определения числа  $\beta$ -распадов используем закон сохранения зарядовых чисел.

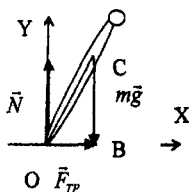


Ответ: 2

### Часть В

**B1.** Определите радиус (в м) виража велосипедиста, едущего со скоростью  $10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ , если он при повороте наклоняется так, что угол между плоскостью велосипеда и поверхностью земли равен  $45^\circ$ .

Решение.



На велосипедиста действуют силы  $m\vec{g}$ ,  $\vec{N}$  и  $\vec{F}_{\text{cp}}$ , он движется по окружности с центростремительным ускорением  $a = \frac{V^2}{R}$ . По второму закону Ньютона  $m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{\text{cp}} = m\vec{a}$ . В проекции на оси OX и OY получим

$$\text{OX: } F_{\text{cp}} = ma;$$

$$\text{OY: } -mg + N = 0 \quad N = mg \quad F_{\text{cp}} = \mu N = \mu mg$$

$$\mu mg = m \frac{V^2}{R}, \text{ откуда } R = \frac{V^2}{\mu g}. \text{ Из треугольника OBC } \operatorname{tg} \alpha = \frac{CB}{OB} = \frac{N}{F_{\text{cp}}} = \frac{N}{\mu N} = \frac{1}{\mu}. \text{ Тогда}$$

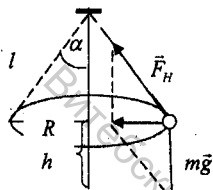
$$R = \frac{V^2}{\operatorname{tg} \alpha \cdot g}, \text{ откуда}$$

$$R = \frac{100 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{1 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 10 \text{ м.}$$

Ответ: 10



**В2.** Шарик массой 100 г, подвешенный на нити длиной 1 м, раскрутили так, что он начинает двигаться по окружности в горизонтальной плоскости. Если при движении нить образует с вертикалью угол  $60^\circ$ , то работа по раскручиванию шарика равна ... Дж.



Решение.

Работа по раскручиванию шарика равна изменению его механической энергии: - потенциальной и кинетической.  $A = mgh + \frac{mV^2}{2}$ . Скорость шарика найдем из второго закона Ньютона  $\vec{F}_H + m\vec{g} = m\vec{a}$ . Т.к. шарик движется по окружности, то  $a = \frac{V^2}{R}$ . Радиус окружности  $R = l \sin \alpha$ . В проекции на оси ОХ и ОУ второй закон Ньютона получим ОХ:  $F_H \sin \alpha = ma$ , ОУ:  $F_H \cos \alpha - mg = 0$ . Преобразуем  $F_H \sin \alpha = ma$  и  $F_H \cos \alpha = mg$ . Разделим эти уравнения  $tg \alpha = \frac{a}{g}$ ;  $tg \alpha = \frac{V^2}{l \sin \alpha \cdot g}$ , откуда  $V^2 = l \cdot g \sin \alpha \cdot tg \alpha$ . Высота, на которую поднимется шарик при раскручивании равна  $h = l - l \cdot \cos \alpha = l - \frac{l}{2} = \frac{l}{2}$ . Следовательно, работа

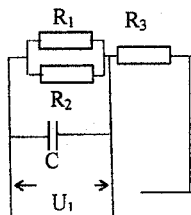
$A = \frac{ml \cdot g \sin \alpha \cdot tg \alpha}{2} + mg \frac{l}{2}$ . Подставим значения из условия и получим

$$A = \frac{0,1 \text{ кг} \cdot 1 \text{ м} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \sqrt{3}}{2} + \frac{0,1 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}{2} = 1,25 \text{ Дж}.$$

Ответ: 1,25

**В3.** Два одинаковых сопротивления по 100 Ом, соединенных параллельно, и последовательно соединенное с ними сопротивление 200 Ом, подключены к источнику постоянного напряжения, внутренним сопротивлением которого можно пренебречь. К концам параллельно соединенных сопротивлений подключен конденсатор емкостью 10 мкФ. Если заряд на конденсаторе равен 0,2 мКл, то напряжение источника составляет ... В.

Решение.



Определим напряжение на конденсаторе  $U_1 = \frac{q}{c}$ . Оно та-

кое же, как и на  $R_1$  и  $R_2$ . Общее сопротивление их  $R = \frac{R_1}{2}$ ,

следовательно, через них течет ток силой  $I = \frac{U_1}{R} = \frac{2q}{cR_1}$ .

Такой же ток течет через сопротивление

$R_2$   $U_3 = I \cdot R_3 = \frac{2qR_3}{cR_1}$ . Следовательно, напряжение источника

$U = U_1 + U_3 = \frac{q}{c} + \frac{2qR_3}{cR_1} = \frac{q}{c} \left( 1 + \frac{2R_3}{R_1} \right)$ . Подставим значения из условия

$$U = \frac{0,2 \cdot 10^{-3} \text{ Кл}}{10^{-3} \Phi} \left( 1 + \frac{2 \cdot 200}{100} \right) = 20 \cdot 5 = 100 \text{ В.}$$

Ответ: 100

**В4.** Через обмотку соленоида течет ток силой 4 А. При увеличении этого тока в 2 раза за 2 с среднее значение ЭДС самоиндукции в соленоиде равно 1,5 В. Энергия магнитного поля в соленоиде при исходной силе тока составляет... Дж.

Решение.

ЭДС самоиндукции  $\langle \varepsilon_{\text{в}} \rangle = L \frac{\Delta I}{\Delta t}$ . Изменение силы тока  $\Delta I = I_2 - I_1 = I_1$ . Откуда индуктивность соленоида  $L = \frac{\langle \varepsilon_{\text{в}} \rangle \Delta t}{I_1}$ .

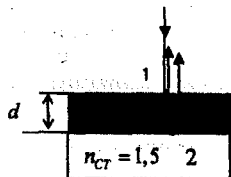
Энергия магнитного поля при исходной силе тока  $W_1 = \frac{LI_1^2}{2} = \frac{\varepsilon_{\text{в}} \Delta t I_1}{2}$

$$W_1 = \frac{1,5 \text{ В} \cdot 2 \text{ с} \cdot 4 \text{ А}}{2} = 6 \text{ Дж.}$$

Ответ: 6

**В5.** Для просветления оптики (уменьшения отражения света) на линзу нанесли тонкую пленку с показателем преломления 1,25. При освещении пленки светом с длиной волны 500 нм ее минимальная толщина будет ... нм.

Решение.



Лучи, отраженные в точках 1 и 2 интерферируют. Оптическая разность хода для них  $\Delta = 2dn$ . Лучи при интерференции будут гасить друг друга, если

$$\Delta = (2m+1) \frac{\lambda}{2} \quad 2dn = (2m+1) \frac{\lambda}{2} \quad d \text{ будет минимальной}$$

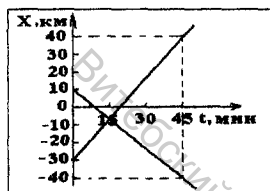
при  $m = 0$ . тогда  $2d_{\text{мин}} n = \frac{\lambda}{2}$ , откуда  $d_{\text{мин}} = \frac{\lambda}{4n}$

$$d_{\text{мин}} = \frac{500 \text{ нм}}{4 \cdot 1,25} = 100 \text{ нм.}$$

Ответ: 100

## Тест по физике № 10

**A1.** На рисунке представлены зависимости координат автобуса и легкового автомобиля от времени.



Модуль их относительной скорости равен

- 1)  $140 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$     2)  $150 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$     3)  $160 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$     4)  $170 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$     5)  $180 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$

Дано:

$$x_{01} = 10 \text{ км}$$

$$x_{02} = -30$$

км

$$\Delta t = \frac{1}{4} \text{ ч}$$

$$x_1 = x_2$$

$$v_{\text{ср}} - ?$$

Решение:

В начальный момент времени координаты автобуса и автомобиля были  $x_{01} = 10 \text{ км}$  и  $x_{02} = -30 \text{ км}$ .

Через  $\Delta t = \frac{1}{4} \text{ ч}$  их координаты стали одинаковыми и равными

$x = -10 \text{ м}$ . Значит, за это время, друг относительно друга они

прошли расстояние  $S = 20 \text{ км} + 20 \text{ км} = 40 \text{ км}$ .

Средняя скорость их относительного движения

$$v_{\text{ср}} = \frac{S}{\Delta t} = \frac{40 \text{ км}}{\frac{1}{4} \text{ ч}} = 160 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$$

Ответ: 3

**A2.** Диаметр ведущего колеса трактора 1,2 м. Ширина захвата культиватора 3 м. За одну минуту равномерного движения ведущее колесо трактора совершило 150 оборотов. Определите, какую площадь закультивировал трактор за 5 мин.

- 1)  $2\,700 \text{ м}^2$     2)  $860 \text{ м}^2$     3)  $5\,400 \text{ м}^2$     4)  $8\,478 \text{ м}^2$     5)  $4\,239 \text{ м}^2$

Дано:

Решение:

$$d = 1,2 \text{ м}$$

$$h = 3 \text{ м}$$

$$t_1 = 60 \text{ с}$$

$$N = 150$$

$$t_2 = 300 \text{ с}$$

$$S = ?$$

Площадь, которую закультивировал трактор за время  $t_2$ , равна  $S = h l$ , где  $l = v t_2$  – путь, пройденный трактором за 5 мин.

Литейная скорость трактора  $v = \pi d n$ , частота вращения

$$\text{ведущего колеса } v = \frac{N}{t_1}$$

$$\text{Следовательно } S = h \pi d \frac{N}{t_1} t_2 = 3 \text{ м} \cdot 3,14 \cdot 1,2 \text{ м} \frac{150}{60 \text{ с}} \cdot 300 \text{ с} = 8478 \text{ м}^2.$$

Ответ: 4

А3. Тело свободно падает с высоты 80 м. Найдите его перемещение за последнюю секунду падения.

1) 35 м

2) 5 м

3) 10 м

4) 25 м

5) 50 м

Дано:

Решение:

$$h = 80 \text{ м}$$

Определим время свободного падения тела с высоты  $h$ .

$$v_0 = 0$$

$$\text{Так как } h = \frac{g t^2}{2}, \text{ то } t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 80 \text{ м}}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}} = 4 \text{ с.}$$

$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$S = ?$$

Следовательно, надо найти путь, пройденный за четвертую секунду.

Следовательно,

$$\text{Найдем путь, пройденный за три секунды: } h_1 = \frac{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot (3 \text{ с})^2}{2} = 45 \text{ м.}$$

За четвертую секунду тело пройдет путь  $S = h - h_1 = 80 \text{ м} - 45 \text{ м} = 35 \text{ м}$ .

Ответ: 1

А4. Коэффициент трения тела массой 1 кг о поверхность равен 0,2. Если на тело действует горизонтальная сила, модуль которой зависит от времени по закону  $F = 0,5t$  (Н), то тело начнет двигаться после начала действия силы через время, равное

1) 20,0 с

2) 0,40 с

3) 4,0 с

4) 1,25 с

5) 1,0 с

Дано:

Решение:

$$m = 1 \text{ кг}$$

Определим наибольшую силу трения покоя:  $F_{\text{тр. max}} = \mu \cdot N$ ;

$$\mu = 0,2$$

$N = m g$  (поверхность горизонтальная и сила  $\vec{F}$  действует

$$F = 0,5 t \text{ (Н)}$$

параллельно ей). Следовательно,  $F_{\text{тр. max}} = \mu \cdot m g$ .

$$t = ?$$

Тело начнет двигаться, если сила, действующая параллельно поверхности, сможет компенсировать силу  $F_{\text{тр.макс}}$ . Тогда, по условию,  $0,5 t = \mu \cdot m g$ .

$$\text{Отсюда } t = \frac{\mu m g}{0,5} = \frac{0,2 \text{ кг} \cdot 1 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{М}}{\text{с}^2}}{0,5} = 4 \text{ с.}$$

Ответ: 3

**A5.** На гладком столе лежат два бруска массами 400 и 600 г, связанные между собой нитью. Если горизонтальную силу 2 Н приложить поочередно к каждому бруску, то силы натяжения нити будут отличаться в

- 1) 1,5 раза    2) 2,5 раза    3) 1,7 раза    4) 5,0 раз    5) 1,0 раз

Дано:

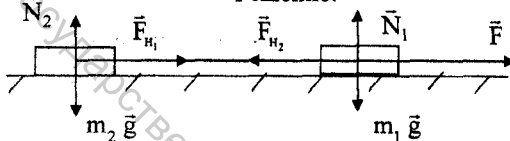
$$m_1 = 0,4 \text{ кг}$$

$$m_2 = 0,6 \text{ кг}$$

$$F = 2 \text{ Н}$$

$$\frac{F_{\text{н}_1}}{F_{\text{н}_2}} = ?$$

Решение:



Рассмотрим две ситуации, описанные в задаче.

- 1) Сила  $\vec{F}$  приложена к грузу массой  $m_1$ .

Так как стол гладкий, то сила трения отсутствует.

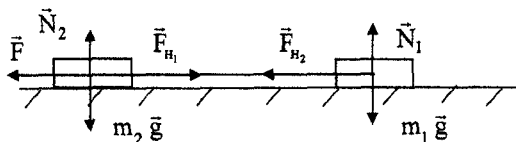
Запишем второй закон Ньютона для двух тел в проекции на горизонтальную ось

$$\begin{cases} F - F_{\text{н}_1} = m_1 a \\ F_{\text{н}_1} = m_2 a \end{cases} \text{ . Решая систему уравнений, получим, что } a = \frac{F_{\text{н}_1}}{m_2}.$$

Подставим это выражение во второе уравнение и найдем  $F_{\text{н}_1}$ .

$$F_{\text{н}_1} = \frac{F m_2}{m_2 + m_1}.$$

- 2) Сила приложена к грузу массой  $m_2$ .



Рассуждая аналогично, найдем  $F_{H_2}$ .

$$F_{H_2} = \frac{F m_1}{m_1 + m_2}$$

Учитывая все это  $\frac{F_{H_1}}{F_{H_2}} = \frac{m_2}{m_1} = \frac{0,6 \text{ кг}}{0,4 \text{ кг}} = 1,5$ .

Ответ: 1

**А6.** Уравнение движения материальной точки массой 200 г вдоль оси OX имеет вид  $x = 5 + 10t + 4t^2$ . Определите значение проекции равнодействующей всех сил, приложенных к телу, на ось OX.

- 1) 4,0 Н      2) 1,6 Н      3) 1,0 Н      4) 2,0 Н      5) 0,8 Н

Дано:

$$x = 5 + 10t + 4t^2$$

$$m = 10 \text{ кг}$$

$$R_x - ?$$

Решение:

$$x = x_0 + v_{0x} t + \frac{a_x t^2}{2}, \text{ Используя данные задачи}$$

найдем

$$\text{Проекция ускорения } a_x = 8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}.$$

По второму закону Ньютона  $R_x = m a_x$ .

Подставляя данные, получим:  $R_x = 10 \text{ кг} \cdot 8 = 1,6 \text{ Н}$ .

Ответ: 2

**А7.** Орудие, масса ствола которого 400 кг, стреляет под углом  $60^\circ$  к линии горизонта. Масса снаряда 8 кг, начальная скорость  $100 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ . Среднее значение силы торможения, развивающейся в противооткатном устройстве орудия, 1 кН. Определите откат ствола при выстреле.

- 1) 20 см      2) 25 см      3) 30 см      4) 35 см      5) 40 см

Дано:

$$m_1 = 400 \text{ кг}$$

$$\alpha = 60^\circ$$

$$m_2 = 8 \text{ кг}$$

$$v_2 = 100 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$F_{\text{тр.}} = 1000 \text{ Н}$$

$$S - ?$$

Решение:

Запишем закон сохранения импульса в проекции на горизонтальную ось  $m_2 v_2 \cos \alpha - m_1 v_1 = 0$ .

$$\text{Найдем скорость отката ствола } v_1 = \frac{m_2 v_2 \cos \alpha}{m_1} =$$

$$= \frac{8 \text{ кг} \cdot 100 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{400 \text{ кг}} = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Приобретая скорость  $v_1$ , ствол приобрел кинетическую энергию  $E_k = \frac{m_1 v_1^2}{2}$ .

Она затем расходовалась на работу по преодолению торможения в

противооткатном устройстве. Следовательно,  $E_k = A$ ;

$$\frac{m_1 v_1^2}{2} = F_{\text{тр}} \cdot S.$$

$$\text{Откуда откат ствола } S = \frac{m_1 v_1^2}{2 F_{\text{тр}}} = \frac{400 \text{ кг } 1 \frac{\text{М}}{\text{с}^2}}{2 \cdot 1000 \text{ Н}} = 0,2 \text{ м} = 20 \text{ см}.$$

Ответ: 1

**А8.** Лестница приставлена к гладкой стене под углом  $\alpha$  к горизонтальному полу. При каком наименьшем угле  $\alpha$  лестница начнет соскальзывать. Коэффициент трения лестницы о пол равен 0,5.

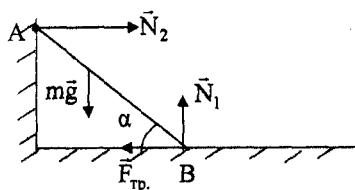
1)  $30^\circ$

2)  $45^\circ$

3)  $60^\circ$

4)  $70^\circ$

5)  $80^\circ$



Дано:

$$\mu = 0,5$$

$\alpha = ?$

Решение:

Рассмотрим силы, действующие на лестницу

Лестница находится в равновесии, если  $\vec{N}_2 + m \vec{g} + \vec{F}_{\text{тр}} + \vec{N}_1 = 0$ .

Найдем проекции

этого условия на оси OX и OY.

$$\text{OX: } N_2 - F_{\text{тр}} = 0.$$

$$\text{OY: } N_1 - m g = 0.$$

$$N_1 = m g;$$

$$F_{\text{тр}} = \mu N_1;$$

$$\mu m g = N_2.$$

Запишем второе условие равновесия лестницы (правило моментов относительно точки B):  $M_1 = N_2 l \sin \alpha$  – момент силы  $\vec{N}_2$ ,

$$M_2 = -m g \frac{l}{2} \cos \alpha$$
 – момент силы  $m \vec{g}$ .

Получаем  $\mu m g / \sin \alpha - mg \frac{1}{2} \cos \alpha = 0$ .

Разделим обе части этого уравнения на  $m g \cos \alpha$ , получим

$$\mu \operatorname{tg} \alpha - \frac{1}{2} = 0; \quad \operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{0,5} = 1; \quad \alpha = 45^\circ.$$

Ответ: 2

A9. Пробка плавает в масле. Как изменится сила Архимеда, действующая на пробку, если ее перенести в воду? Плотности пробки, масла, воды —  $\rho_n$ ,  $\rho_m$ ,  $\rho_v$ , при этом  $\rho_n < \rho_m < \rho_v$ .

- 1) уменьшится в  $n_1 = \frac{\rho_v}{\rho_m}$  раз      2) уменьшится в  $n_2 = \frac{\rho_v}{\rho_n}$  раз  
3) увеличится в  $n_3 = \frac{\rho_v}{\rho_m}$  раз      4) увеличится в  $n_4 = \frac{\rho_v}{\rho_m - \rho_v}$  раз  
5) не изменится

Дано:

$\rho_n$   $\rho_m$   $\rho_v$

$\frac{F_{\text{арх}_1}}{F_{\text{арх}_2}} = ?$

Решение:

Так как в обоих случаях пробка плавает ( $\rho_n < \rho_m < \rho_v$ ),

то в обоих случаях  $m g = F_{\text{арх}}$ . Значит  $F_{\text{арх}_2} = F_{\text{арх}_1}$ .

Следовательно,  $\frac{F_{\text{арх}_1}}{F_{\text{арх}_2}} = 1$ .

Ответ: 5

A10. Груз, подвешенный к пружине жесткостью  $64 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$ , совершает колебания, амплитуда которых 10 см. Определите скорость груза в момент времени, когда смещение груза равно половине амплитуды. Масса груза 750 г.

- 1)  $0,19 \frac{\text{м}}{\text{с}}$       2)  $0,10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$       3)  $0,80 \frac{\text{м}}{\text{с}}$       4)  $0,16 \frac{\text{м}}{\text{с}}$       5)  $0,24 \frac{\text{м}}{\text{с}}$



Дано:

$$k = 64 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$$

$$A = 0,1 \text{ м}$$

$$x_1 = \frac{A}{2}$$

$$\frac{m = 0,75 \text{ кг}}{v - ?}$$

Решение:

Запишем уравнение гармонических колебаний

$$x = A \sin(\omega t + \varphi_0).$$

$$\text{Если } x_1 = \frac{A}{2}, \text{ то } \frac{A}{2} = A \sin(\omega t + \varphi_0); \quad \frac{1}{2} = \sin(\omega t + \varphi_0);$$

$$\sin \frac{\pi}{6} = \sin(\omega t + \varphi_0); \quad \frac{\pi}{6} = (\omega t + \varphi_0).$$

Скорость  $v = x' = A \omega \cos(\omega t + \varphi_0)$ . Период колебаний груза на пружине

$$\text{Найдем по формуле } T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} = 2 \cdot 3,14 \cdot \sqrt{\frac{0,75 \text{ кг}}{64 \frac{\text{Н}}{\text{м}}}} = 0,68 \text{ с};$$

$$\text{циклическую частоту } \omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2 \cdot 3,14}{0,68 \text{ с}} = 9,2 \frac{\text{рад}}{\text{с}}.$$

Скорость груза

$$v = 0,1 \text{ м} \cdot 9,2 \frac{\text{рад}}{\text{с}} \cdot \cos \frac{\pi}{6} = 0,1 \text{ м} \cdot 9,2 \frac{\text{рад}}{\text{с}} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 0,79 \frac{\text{м}}{\text{с}} \approx 0,8 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Ответ: 3

A11. Звуковые колебания с частотой 500,0 Гц распространяются в упругой среде с амплитудой 0,2 мм. Максимальная скорость движения частиц среды составляет

- 1)  $0,157 \frac{\text{м}}{\text{с}}$     2)  $0,314 \frac{\text{м}}{\text{с}}$     3)  $0,628 \frac{\text{м}}{\text{с}}$     4)  $0,942 \frac{\text{м}}{\text{с}}$     5)  $0,10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

Дано:

$$\nu = 500 \text{ Гц}$$

$$A = 2 \cdot 10^{-4}$$

$$\frac{\text{м}}{v_{\text{max}} - ?}$$

Решение:

Скорость движения частиц, совершающих гармонические колебания  $v = x' = A \omega \cos(\omega t + \varphi_0)$ .

$$v_{\text{max}} = A \omega. \quad \text{Циклическая частота } \omega = 2\pi \nu.$$

$$\text{Тогда } v_{\text{max}} = 2\pi A \nu = 2 \cdot 3,14 \cdot 2 \cdot 10^{-4} \text{ м} \cdot 500 \text{ Гц} = 0,628 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Ответ: 3

A12. Гелий, необходимый для сварки в инертных газах, находится под давлением  $1,5 \cdot 10^7 \text{ Па}$ , средняя квадратичная скорость движения его молекул равна  $1,0 \cdot 10^3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ .

Определите объем баллона, в котором содержится 450 г гелия.

- 1) 0,002 м<sup>3</sup>    2) 0,001 м<sup>3</sup>    3) 0,010 м<sup>3</sup>    4) 0,025 м<sup>3</sup>    5) 0,030 м<sup>3</sup>

<p>Дано:  <math>\rho = 15 \cdot 10^6 \text{ Па}</math>  <math>\langle v \rangle = 1 \cdot 10^3 \frac{\text{м}}{\text{с}}</math>  <math>m = 0,45 \text{ кг}</math>  <math>V = ?</math></p>	<p>Решение:          Запишем основной закон молекулярно – кинетической теории идеального газа в виде <math>\rho = \frac{1}{3} \rho \langle v \rangle^2</math>, где плотность газа <math>\rho = \frac{m}{V}</math>. Тогда <math>\rho = \frac{1}{3} \frac{m}{V} \langle v \rangle^2</math>.</p>
---	---

Отсюда объем газа  $V = \frac{m \langle v \rangle^2}{3 \rho} = \frac{0,45 \text{ кг} \cdot 1 \cdot 10^3 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{3 \cdot 15 \cdot 10^6 \text{ Па}} = 1 \cdot 10^{-2} \text{ м} = 0,01 \text{ м}.$

Ответ: 3

**A13.** Если в изобарном процессе объем газа с 14 литров увеличить на 2,8 литра, то температура газа увеличится на

- 1) 12 %    2) 20 %    3) 17 %    4) 28 %    5) 30 %

<p>Дано:  <math>V_1 = 14 \text{ л}</math>  <math>\Delta V = 2,8 \text{ л}</math>  <math>p = \text{const}</math>  <math>\frac{\Delta T}{T_1} \cdot 100 \%</math>  <math>- ?</math></p>	<p>Решение:          При изобарном процессе выполняется закон Гей-Люссака <math>\frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1}</math>; <math>T_2 = T_1 + \Delta T</math>, тогда <math>\frac{V_2}{V_1} = \frac{T_1 + \Delta T}{T_1}</math>;  <math>\frac{V_2}{V_1} = 1 + \frac{\Delta T}{T_1}</math>. Отсюда</p>
---	--

$\frac{\Delta T}{T_1} \cdot 100 \% = \left( \frac{V_2}{V_1} - 1 \right) \cdot 100 \% = \left( \frac{16,8 \text{ л}}{14 \text{ л}} - 1 \right) \cdot 100 \% = 20 \%$ .

Ответ: 2

**A14.** Определите массу воздуха в комнате размерами 6×4×3 м при температуре 20 °С и давлении 100 кПа. Молярная масса воздуха 0,029  $\frac{\text{кг}}{\text{моль}}$ .

- 1) 80,0 кг    2) 82,0 кг    3) 85,8 кг    4) 40,0 кг    5) 170,0 кг

Дано:

$$V = 6 \times 4 \times 3 \text{ м} = 72 \text{ м}^3$$

$$T = 20^\circ \text{C} = 293 \text{ К}$$

$$p = 1 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

$$M = 29 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$$

$m = ?$

Решение:

Запишем уравнение Менделеева-Клапейрона для данной массы газа  $pV = \frac{m}{M}RT$ . Откуда масса воздуха в комнате

$$m = \frac{pV}{RT} = \frac{10^5 \text{ Па} \cdot 72 \text{ м}^3 \cdot 29 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}}{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 293 \text{ К}} = 85,8 \text{ кг.}$$

Ответ: 3

**A15.** Свинцовая пуля, летящая со скоростью  $310 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ , пробивает доску и продолжает лететь со скоростью  $190 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ . На сколько градусов повысилась температура пули? Удельная теплоемкость свинца  $100 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$ .

- 1)  $300^\circ \text{C}$     2)  $200^\circ \text{C}$     3)  $100^\circ \text{C}$     4)  $800^\circ \text{C}$     5)  $600^\circ \text{C}$

Дано:

$$v_1 = 310 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$v_2 = 190 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$c = 100 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ \text{C}}$$

$\Delta t = ?$

Решение:

При пробивании доски, кинетическая энергия пули изменилась на  $\Delta E = \frac{m v_1^2}{2} - \frac{m v_2^2}{2} = \frac{m}{2} (v_1^2 - v_2^2)$ .

По закону сохранения энергии  $\Delta E_k = Q$ .

Количество теплоты, необходимое на нагревание пули

$$Q = c m \Delta t, \text{ тогда } \Delta t = \frac{v_1^2 - v_2^2}{2c}$$

$$= \frac{\left(310 \frac{\text{м}}{\text{с}}\right)^2 - \left(190 \frac{\text{м}}{\text{с}}\right)^2}{2 \cdot 100 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ \text{C}}} = 300^\circ \text{C.}$$

Ответ: 1

**A16.** Реактивный самолет летит со скоростью  $1800 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$  и развивает силу тяги  $88 \text{ кН}$ . КПД его двигателя равен  $20\%$ . Определите массу керосина,

израсходованного за 1 ч полета самолета. Удельная теплота сгорания керосина равна  $44 \frac{\text{МДж}}{\text{кг}}$ .

- 1) 20 т      2) 18 т      3) 16 т      4) 14 т      5) 12 т

Дано:

$$v = 500 \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad F_T = 88 \cdot 10^3 \text{ Н}$$

$$\eta = 0,2$$

$$\tau = 3600 \text{ с}$$

$$q = 44 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

$m - ?$

Решение:

$$\text{КПД самолета } \eta = \frac{A_n}{A_c}$$

Полезная работа

$$A_n = F_m S = F_m v \tau.$$

Совершенная работа равна количеству

теплоты, выделившейся при полном сгорании керосина  $A_c = Q = q m$ . Тогда

$$\eta = \frac{F_m v \tau}{q m}$$

масса израсходованного керосина

$$m = \frac{F_m v \tau}{q \eta} = \frac{88 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot 500 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 3600 \text{ с}}{44 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \cdot 0,2} = 18 \cdot 10^3 \text{ кг} = 18 \text{ т}.$$

Ответ: 2

A17. Уксусная кислота в капиллярной трубке поднимается на высоту 30 мм. На какую высоту поднимется эфир в трубке, диаметр которой в 2 раза больше?

$$(\rho_k = 1050 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}, \sigma_k = 0,028 \frac{\text{Н}}{\text{м}}, \rho_3 = 710 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}, \sigma_3 = 0,017 \frac{\text{Н}}{\text{м}})$$

- 1) 7,70 мм      2) 13,50 мм      3) 13,90 мм      4) 14,70 мм      5) 16,0 мм

Дано:

$$h_1 = 300 \text{ мм}$$

$$d_2 = 2 d_1$$

$$\rho_k = 1050 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\sigma_k = 0,028 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$$

$$\rho_3 = 710 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\sigma_3 = 0,017 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$$

$h_2 - ?$

Решение:

Высота поднятия жидкости в вертикальной капиллярной

$$\text{трубке } h = \frac{2 \sigma}{r \rho g}.$$

$$\text{Для нашей задачи } h = \frac{4 \sigma}{d \rho g}.$$

$$\text{Для первого случая } h_1 = \frac{4 \sigma_k}{d_1 \rho_k g} \Rightarrow$$

$$d_1 = \frac{4 \sigma_k}{h_1 \rho_k g},$$

$$\text{для второго случая } h_2 = \frac{4 \sigma_3}{2 d_1 \rho_3 g} \Rightarrow d_1 = \frac{2 \sigma_3}{h_2 \rho_3 g}$$

Приравниваем правые части последних двух выражений и найдем  $h_2$ .

$$\frac{4 \sigma_k}{h_1 \rho_k g} = \frac{2 \sigma_3}{h_2 \rho_3 g}; \quad h_2 = \frac{h_1 \rho_k \sigma_3}{2 \rho_3 \sigma_k} = \frac{30 \text{ мм} \cdot 1050 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 0,017 \frac{\text{Н}}{\text{м}}}{2 \cdot 710 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 0,028 \frac{\text{Н}}{\text{м}}} = 13,5 \text{ мм.}$$

Ответ: 2

**A18.** Два точечных заряда на расстоянии 5 см в воздухе взаимодействуют с силой 120 мкН, а в некоторой непроводящей жидкости на расстоянии 10 см – с силой 15 мкН. Определите диэлектрическую проницаемость жидкости.

- 1) 2,0      2) 2,2      3) 2,3      4) 2,7      5) 2,8

Дано:

$$r_1 = 0,05 \text{ м}$$

$$F_1 = 120 \cdot 10^{-6} \text{ Н}$$

$$r_2 = 0,1 \text{ м}$$

$$F_2 = 15 \cdot 10^{-6} \text{ Н}$$

$$\varepsilon - ?$$

Решение:

Запишем закон Кулона для двух ситуаций, описанных в условии задачи

$$F_1 = k \frac{|q_1||q_2|}{r_1^2}, \quad F_2 = k \frac{|q_1||q_2|}{\varepsilon r_2^2}$$

Найдем отношение  $\frac{F_1}{F_2} = \frac{\varepsilon r_2^2}{r_1^2}$ . Отсюда диэлектрическая проницаемость среды

$$\varepsilon = \frac{F_1 r_1^2}{F_2 r_2^2} = \frac{120 \cdot 10^{-6} \text{ Н} \cdot 25 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2}{15 \cdot 10^{-6} \text{ Н} \cdot 1 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2} = 2.$$

Ответ: 1

**A19.** Протон и  $\alpha$ -частица ( ${}^4_2\text{He}$ ), двигаясь с одинаковой скоростью, влетают в плоский заряженный конденсатор параллельно пластинам. Во сколько раз отклонение протона полем конденсатора от прямолинейной траектории будет больше отклонения  $\alpha$ -частицы? Считать массы протона и нейтрона одинаковыми.

- 1) 8,0      2) 4,0      3) 2,0      4) 1,0      5) 0,5

Дано:

$$q_1 = q$$

$$q_2 = 2q$$

$$m_1 = m$$

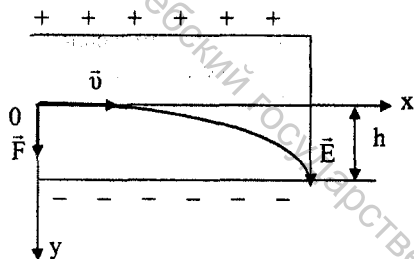
$$m_2 = 4m$$

$$v_1 = v_2 = v$$

$$\frac{h_1}{h_2} = ?$$

Решение:

Время движения протона и электрона в конденсаторе будет одинаковым, так как они влетают с одинаковой скоростью параллельно пластинам.



В направлении оси ОУ на положительно заряженную частицу действует сила  $F = qE$  (силой тяжести частицы, в виде ее малости, пренебрегаем).

Частица вдоль оси ОУ движется с

$$\text{ускорением } a = \frac{F}{m} = \frac{qE}{m} \quad (v_{oy} = 0).$$

$$\text{Тогда отклонение частицы полем } h = \frac{a t^2}{2}$$

$$= \frac{q E t^2}{2 m}$$

$$\text{Для протона } h_1 = \frac{q_1 E t^2}{2 m_1} = \frac{q E t^2}{2 m},$$

$$\text{для } \alpha \text{ - частицы } h_2 = \frac{q_2 E t^2}{2 m_2} = \frac{2 q E t^2}{2 \cdot 4 m} = \frac{q E t^2}{4 m}$$

$$\text{Отношение } \frac{h_1}{h_2} = \frac{q E t^2}{2 m} \cdot \frac{4 m}{q E t^2} = 2.$$

Ответ: 4

**A20!** Электрон вылетает из точки с потенциалом 600 В со скоростью  $12 \cdot 10^6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ .

Определите потенциал точки, в которой электрон остановится.

1) 515 В

2) 410 В

3) 85 В

4) 190 В

5) 205 В

Дано:

$$\varphi_1 = 600 \text{ В}$$

$$v_1 = 12 \cdot 10^6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$v_2 = 0$$

$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

$$m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$$

$$\varphi_2 = ?$$

$$\frac{m v_1^2}{2} = e(\varphi_1 - \varphi_2). \text{ Отсюда } \varphi_2 = \frac{2 e \varphi_1 - m v_1^2}{2 e} = \varphi_1 - \frac{m v_1^2}{2 e}.$$

Подставим числовые данные и найдем значение  $\varphi_2$ .

$$\varphi_2 = 600 \text{ В} - \frac{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \cdot \left(12 \cdot 10^6 \frac{\text{м}}{\text{с}}\right)^2}{2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}} = 190 \text{ В}.$$

Решение:

При движении электрон за счет своей кинетической энергии совершает работу против сил поля, численно равную  $e(\varphi_1 - \varphi_2)$ .

$$\text{Поэтому } \frac{m v_1^2}{2} - \frac{m v_2^2}{2} = e(\varphi_1 - \varphi_2)$$

или, учитывая, что  $v_2 = 0$

Ответ: 4

**A21.** При подключении к источнику постоянного тока с внутренним сопротивлением  $r$  двух одинаковых сопротивлений во внешней цепи выделится одна и та же мощность, как при последовательном, так и при параллельном их соединении. Сопротивление всей цепи при последовательном соединении резисторов равно

1)  $2r$

2)  $3r$

3)  $\frac{2r}{3}$

4)  $\frac{r}{2}$

5)  $\frac{3r}{2}$

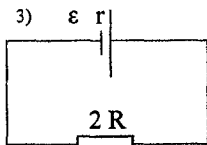
Дано:

$$P_1 = P_2$$

$r$

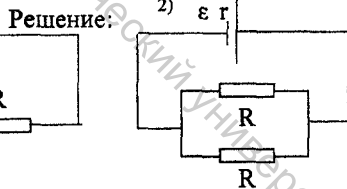
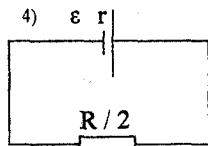
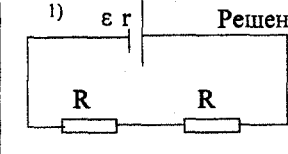
$$R_1 = R_2 = R$$

$$R_{0 \text{ пос.}} = ?$$



$$\text{Мощность тока } P = I^2 R. \quad (1)$$

$$\text{Закон Ома для полной цепи имеет вид: } I = \frac{\varepsilon}{R+r}. \quad (2)$$



Подставим (2) в 1) и получим  $P = \left(\frac{\varepsilon}{R+r}\right)^2 \cdot R$ , (3)

где  $R$  – общее сопротивление внешней цепи  
для 1) случая  $R = R_1 + R_2 = 2R$  (4)

для 2) случая  $R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{R^2}{2R} = \frac{R}{2}$ . (5)

Согласно условию задачи  $P_1 = P_2$ . (6)

Подставим (3) в (6) и, учитывая (4) и (5), получим

$$\left(\frac{\varepsilon}{2R+r}\right)^2 \cdot 2R = \left(\frac{\varepsilon}{\frac{R}{2}+r}\right)^2 \cdot \frac{R}{2} \quad (7)$$

Преобразуем (7) и получим

$$4 \cdot \left(\frac{\varepsilon}{2R+r}\right)^2 = \left(\frac{2\varepsilon}{R+2r}\right)^2 \quad (8)$$

Так как все величины, входящие в (8) положительные, то

$$2 \cdot \left(\frac{\varepsilon}{2R+r}\right) = \left(\frac{2\varepsilon}{R+2r}\right) \quad (8')$$

Преобразуем последнюю формулу и найдем сопротивление  $R$ .

$$\left(\frac{2}{2R+r}\right) = \left(\frac{2}{R+2r}\right); \quad R = 2r.$$

Так как  $R = 2r$ , то при последовательном соединении резисторов сопротивление всей цепи равно  $R_{0\text{ пос.}} = 2R + r = 3r$ .

Ответ: 2

**A22.** В растворе медного купороса за время  $t$  сила тока равномерно возрастает от 0 до  $I$ . Если при этом на катоде выделилась масса меди  $m$ , валентность одного иона меди  $n$ , а его масса  $m_0$ , то число Авогадро согласно этим данным равно

1)  $\frac{n F m}{2 m_0 I t}$       2)  $\frac{2 n F m}{m_0 I t}$       3)  $\frac{n F m}{m_0 I t}$       4)  $\frac{F m}{m_0 I t n}$       5)

$$\frac{n F m_0}{m I t}$$



Дано:

$$I_1 = 0 \text{r}$$

$$I_2 = I$$

$m$

$n$

$m_0$

$t$

$N_A - ?$

Решение:

Из закона Фарадея, масса выделившейся меди

$$m = \frac{1}{F} \cdot \frac{M}{n} \cdot I t. \text{ По условию задачи } M = m_0 \cdot N_A. \text{ Тогда}$$

$$m = \frac{m_0 N_A I t}{2 F n}, \text{ откуда число Авогадро } N_A = \frac{2 n F m}{m_0 I t}.$$

Ответ: 2

**A23.** Определите размерность магнитной индукции в СИ

1)  $\frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2}{\text{А} \cdot \text{с}^2}$

2)  $\frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2}{\text{А}^2 \cdot \text{с}}$

3)  $\frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{А}^2 \cdot \text{с}}$

4)  $\frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2}{\text{А}^2 \cdot \text{с}^2}$

5)  $\frac{\text{кг}}{\text{А} \cdot \text{с}^2}$

Решение:

Модуль вектора магнитной индукции  $|\vec{B}| = \frac{\vec{F}_{\text{max}}}{I l}$ , откуда  $[B] = \frac{\text{Н}}{\text{А м}}$ ,

$$\text{Н} = \text{кг} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \text{ (т. к. } F = m a), \text{ тогда } [B] = \frac{\text{кг} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}{\text{А м}} = \frac{\text{кг}}{\text{А} \cdot \text{с}^2}.$$

Ответ: 5

**A24.** Определите кинетическую энергию протона, описывающего в однородном магнитном поле, индукция которого 0,02 Тл, окружность радиусом 10 см.

1)  $3,1 \cdot 10^{-12}$  Дж 2)  $6,2 \cdot 10^{-14}$  Дж 3)  $3,1 \cdot 10^{-15}$  Дж 4)  $3,1 \cdot 10^{-17}$  Дж

5)  $3,1 \cdot 10^{-19}$  Дж

Решение:

Если протон в однородном поле описывает окружность, то он влетает в него перпендикулярно линиям магнитной индукции.

$$\text{Тогда } F_{\text{л}} = m a, \quad F_{\text{л}} = q B v, \quad a = \frac{v^2}{R}.$$

Следовательно,  $q B v = \frac{m v^2}{R}$ . Отсюда скорость протона равна  $v = \frac{q B R}{m}$ , а его

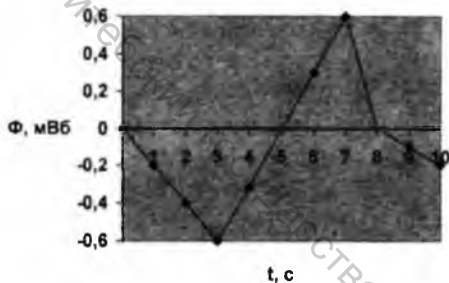
$$\text{кинетическая энергия } E_k = \frac{m v^2}{2} = \frac{m q^2 B^2 R^2}{2 m^2} = \frac{q^2 B^2 R^2}{2 m}.$$

Подставим в последнюю формулу данные и получим

$$E_k = \frac{(1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \cdot 2 \cdot 10^{-2} \text{ Тл} \cdot 0,1 \text{ м})}{2 \cdot 1,672 \cdot 10^{-27} \cdot \text{кг}} = 0,0306 \cdot 10^{-15} \text{ Дж} \approx 3,1 \cdot 10^{-17} \text{ Дж}.$$

Ответ: 4

**A25.** График изменения магнитного потока сквозь площадку, ограниченную замкнутым контуром, дан на рисунке.



В каком промежутке времени сила тока в контуре максимальна?

- 1) 0 с – 3 с    2) 3 с – 5 с    3) 3 с – 7 с    4) 7 с – 8 с    5) 8 с – 10 с

Решение:

Из данного графика следует, что тангенс угла наклона графика  $\Phi = f(t)$  к оси

времени равен  $\operatorname{tg} \beta = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ .

Ответ: 4

**A26.** В колебательный контур включены катушка самоиндукции с переменной индуктивностью от 0,5 до 10,0 мкГн и конденсатор переменной емкости от 10 до 5000 пФ. Найдите отношение наибольшей и наименьшей длины волны, на которую можно настроить контур.

- 1) 10            2) 40            3) 50            4) 80            5) 100

Дано:

$$L_1 = 0,5 \cdot 10^{-6} \text{ Гн}$$

$$L_2 = 10 \cdot 10^{-6} \text{ Гн}$$

$$C_1 = 10 \cdot 10^{-12} \text{ Ф}$$

$$C_2 = 5000 \cdot 10^{-12} \text{ Ф}$$

$$\frac{\lambda_{\max}}{\lambda_{\min}} = ?$$

Решение:

Длина волны, на которую настроен колебательный контур  $\lambda = \nu T$ .

$$\lambda_{\max}, \text{ если } T_{\max}; \quad T_{\max} = 2\pi \sqrt{L_2 C_2},$$

$$\lambda_{\max} = \nu \cdot 2\pi \sqrt{L_2 C_2}.$$

Аналогично рассуждая  $\lambda_{\min} = v \cdot 2 \pi \cdot \sqrt{L_1 C_1}$ .

$$\text{Следовательно, } \frac{\lambda_{\max}}{\lambda_{\min}} = \sqrt{\frac{L_2 C_2}{L_1 C_1}} = \sqrt{\frac{10 \cdot 10^{-6} \text{ Гн} \cdot 5000 \cdot 10^{-12} \text{ Ф}}{0,5 \cdot 10^{-6} \text{ Гн} \cdot 10 \cdot 10^{-12} \text{ Ф}}} = 100.$$

Ответ: 5

**A27.** Резонанс в колебательном контуре, содержащем конденсатор емкостью 2 мкФ, наступает при частоте 300 Гц. Если параллельно конденсатору  $C_1$  подключают другой конденсатор, то резонансная частота становится равной 100 Гц. Найдите емкость конденсатора  $C_2$ .

- 1) 8 мкФ    2) 12 мкФ    3) 16 мкФ    4) 18 мкФ    5) 20 мкФ

Дано:

$$v_1 = 300 \text{ Гц}$$

$$v_2 = 100 \text{ Гц}$$

$$C_1 = 2 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$$

Решение:

$$\text{Резонансная частота } \omega = 2 \pi v = \frac{1}{\sqrt{LC}}. \quad (1)$$

$$C_2 = ? \quad \text{Для первого случая } 2 \pi v_1 = \frac{1}{\sqrt{LC_1}}$$

Преобразуем последнее выражение и найдем индуктивность катушки.

$$4 \pi^2 v_1^2 = \frac{1}{\sqrt{LC_1}}; \quad L = \frac{1}{4 \pi^2 v_1^2 C_1}. \quad (2)$$

При параллельном соединении конденсаторов  $C_0 = C_1 + C_2$ . Учитывая это, запишем 91( для второго случая.

$$2 \pi v_2 = \frac{1}{\sqrt{L(C_1 + C_2)}}. \quad (3)$$

Подставив (2) и (3), найдем емкость второго конденсатора.

$$L(C_1 + C_2) = \frac{1}{4 \pi^2 v_2^2}; \quad \frac{(C_1 + C_2)}{4 \pi^2 v_1^2 C_1} = \frac{1}{4 \pi^2 v_2^2};$$

$$\frac{(C_1 + C_2)}{v_1^2 C_1} = \frac{1}{v_2^2}; \quad C_1 + C_2 = \frac{v_1^2 C_1}{v_2^2};$$

$$C_2 = \frac{v_1^2 C_1}{v_2^2} - C_1 = \frac{(9 \cdot 10^4 \text{ Гц})^2 \cdot 2 \cdot 10^{-6} \cdot \text{Ф}}{(1 \cdot 10^4 \text{ Гц})^2} - 2 \cdot 10^{-6} \text{ Ф} = 16 \cdot 10^{-6} \text{ Ф} = 16 \text{ мкФ}.$$

**A28.** Точечный источник света находится в воде на некоторой глубине под центром плавающего круглого куска пенопласта, диаметр которого равен  $D$ . Показатель преломления воды равен  $n$ . Для того чтобы лучи от источника не выходили из воды, он должен находиться на максимальной глубине, равной

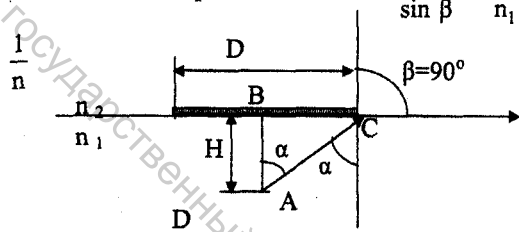
- 1)  $D\sqrt{n^2-1}$     2)  $D\sqrt{n^2-2}$     3)  $\frac{D\sqrt{n^2-1}}{2}$     4)  $\frac{D\sqrt{n^2-1}}{4}$     5)  $\frac{D\sqrt{n^2-2}}{2}$

Дано:

$D$   
 $n$   
 $H - ?$

Решение:

Запишем закон преломления света  $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1}$ ,  $\sin \alpha =$



Из треугольника  $ABC$   $\sin \alpha = \frac{\frac{D}{2}}{\sqrt{H^2 + \frac{D^2}{4}}} = \frac{D}{\sqrt{4H^2 + D^2}}$ .

Получаем, что  $\frac{D}{\sqrt{4H^2 + D^2}} = \frac{1}{n}$ . Из последнего выражения определим глубину

погружения  $H$   $\frac{D^2}{4H^2 + D^2} = \frac{1}{n^2}$ ;  $4H^2 + D^2 = D^2 n^2$ ;

$4H^2 = D^2(n^2 - 1)$ ;  $H = \frac{D\sqrt{n^2 - 1}}{2}$ .

Ответ: 3

**A29.** Точечный источник света находится на расстоянии  $d$  от собирающей тонкой линзы. Расстояние от его действительного изображения до линзы в 3 раза меньше. Фокусное расстояние линзы равно

- 1)  $0,5 d$     2)  $0,75 d$     3)  $2 d$     4)  $0,1 d$     5)  $0,25 d$

Дано:

$d$

$$f = \frac{d}{3}$$

$F - ?$

Решение:

По условию задачи – линза собирающая, изображение действительное, поэтому формула линзы имеет вид:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$$

Используя данные задачи, получим  $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{3}{d} = \frac{4}{d}$ .

Фокусное расстояние линзы  $F = \frac{d}{4} = 0,25 d$ .

Ответ: 5

**A30.** При какой скорости движения релятивистское сокращение длины движущегося тела составляет 25 %?

- 1)  $0,612 \cdot 10^8 \frac{M}{c}$     2)  $0,750 \cdot 10^8 \frac{M}{c}$     3)  $1,530 \cdot 10^8 \frac{M}{c}$     4)  $1,980 \cdot 10^8 \frac{M}{c}$     5)  $2,250 \cdot 10^8 \frac{M}{c}$

Дано:

$$\Delta l = 0,25 l_0$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \frac{M}{c}$$

$v - ?$

Решение:

Зависимость длины движущегося тела от его скорости

$$l = l_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}. \quad \text{Изменение длины}$$

$\Delta l = l - l_0 = l_0 (1 - \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}})$ . По условию задачи  $l_0 (1 - \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}) = 0,25 l_0$  или

$(1 - \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}) = 0,25$ . Возведя обе части уравнения в квадрат, получим

$$1 - \frac{v^2}{c^2} = 0,5625,$$

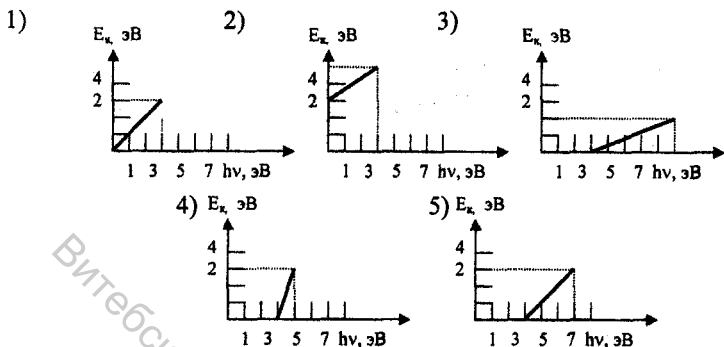
$$\frac{v^2}{c^2} = 0,4375,$$

$$v^2 = 0,4375 c^2,$$

$$v = 0,66 \cdot 3 \cdot 10^8 \frac{M}{c} = 1,98 \cdot 10^8 \frac{M}{c}.$$

Ответ: 4

**A31.** Работа выхода электронов с поверхности металла равна 3 эВ. Какой из графиков соответствует зависимости максимальной энергии фотоэлектронов от энергии падающих на катод фотонов?



Дано:  
 $A_b = 3$  эВ

Какой из графиков – ?

Решение:

Запишем уравнение Эйнштейна для фотоэффекта  $h\nu = A_b + E_k$ .

Отсюда  $E_k = h\nu - 3$  (1) – это график линейной

зависимости (прямая). Если  $E_k = 0$ ,  $h\nu = 3$  эВ – это соответствует графикам № 3, № 4, № 5.

1) график № 3:  $h\nu = 8$  эВ,  $E_k = 2$  эВ, а из (1) должно быть  $E_k = 5$  эВ;

2) график № 4:  $h\nu = 4$  эВ,  $E_k = 3$  эВ, а из (1) должно быть  $E_k = 1$  эВ;

3) график № 5:  $h\nu = 6$  эВ,  $E_k = 3$  эВ. Данный график и отвечает условиям уравнения (1).

Ответ: 5

А32. Порядковый номер атома марганца в периодической системе Менделеева

25. Заряд ядра атома равен

1)  $2,5 \cdot 10^{-18}$  Кл    2)  $5,0 \cdot 10^{-18}$  Кл    3)  $7,5 \cdot 10^{-18}$  Кл    4)  $4,0 \cdot 10^{-18}$  Кл

5)  $8,0 \cdot 10^{-18}$  Кл

Дано:

$Z = 25$

$e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл

$Q = ?$

Решение:

Заряд ядра  $q = Z e$ .

$q = 25 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл =  $40 \cdot 10^{-19}$  Кл =

$= 4 \cdot 10^{-18}$  Кл.

Ответ: 4

А33. При излучении кванта с частотой  $5,0 \cdot 10^{15}$  Гц энергия атома уменьшилась на

1) 21,0 эВ

2) 8,0 эВ

3) 16,0 эВ

4) 12,0 эВ

5) 2,5 эВ

Дано:

$$\nu = 5 \cdot 10^{15} \text{ Гц}$$

$$h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$$

$$\Delta E = ?$$

Решение:

При излучении кванта энергии атома уменьшается на энергию этого кванта  $\Delta E = h \nu$

$$\Delta E = h \nu = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с} \cdot 5 \cdot 10^{15} \text{ Гц} = 33,1 \cdot 10^{-19} \text{ Дж.}$$

$$1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж, тогда } \Delta E = \frac{33,1 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}}{1,6 \cdot 10^{-19} \frac{\text{Дж}}{\text{эВ}}} = 20,69 \text{ эВ} \approx 21 \text{ эВ.}$$

Ответ: 1

**A34.** Вычислите дефект масс  ${}^{56}_{26}\text{Fe}$  ( $m_p = 1,0078$  а. е. м.,  $m_n = 1,0087$  а. е. м.,  $m_{\text{я}} = 55,9349$  а. е. м.).

- 1) 0,5289 а. е. м.                      2) 0,8160 а. е. м.                      3) 0,8260 а. е. м.  
4) 0,850 а. е. м.                        5) 0,9260 а. е. м.

Дано:

$${}^{56}_{26}\text{Fe}$$

$$m_p = 1,0078 \text{ а.е.м.}$$

$$m_n = 1,0087 \text{ а.е.м.}$$

$$m_{\text{я}} = 55,9349 \text{ а.е.м.}$$

$$\Delta m = ?$$

Решение:

Дефект масс ядра равен разности суммы масс протонов и нейтронов, входящих в ядро, и массы ядра. В ядре  ${}^{56}_{26}\text{Fe}$  находится 26 протонов и 30 нейтронов.

$$\Delta m = 26 m_p + 30 m_n - m_{\text{я}};$$

$$\Delta m = 26 \cdot 1,0078 \text{ а. е. м.} + 30 \cdot 1,0087 \text{ а. е. м.} - 55,9349 \text{ а. е. м.} = 0,5289 \text{ а. е. м.}$$

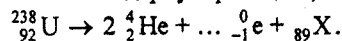
Ответ: 1

**A35.** Из ядра  ${}^{238}_{92}\text{U}$  после двух  $\alpha$ -распадов и определенного числа  $\beta$ -распадов образовался элемент с порядковым номером 89. Определите число  $\beta$ -распадов.

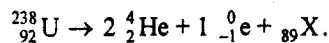
- 1) 1                      2) 2                      3) 3                      4) 4                      5) 5

Решение:

Запишем ядерную реакцию, описанную в условии задачи.



Воспользуемся законом сохранения заряда для определения числа  $\beta$ -распадов.



Ответ: 1

**В1.** Велосипедист при повороте по закруглению радиуса 14,4 м наклоняется к центру закругления так, что угол между плоскостью велосипеда и поверхностью земли равен  $45^\circ$ . Найдите скорость велосипедиста (в  $\frac{M}{c}$ ).

Дано:

$$R = 14,4 \text{ м}$$

$$\alpha = 45^\circ$$

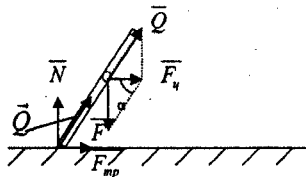
$v = ?$

Решение:

На велосипедиста с велосипедом действуют три силы: сила тяжести  $\vec{F}$ , реакция опоры  $\vec{N}$  и сила трения  $\vec{F}_{\text{тр}}$ . Результирующей этих сил является

центростремительная сила  $\vec{F}_c$ , равная силе трения  $\vec{F}_{\text{тр}}$ :  $\frac{m v^2}{R} = \mu N = \mu m g$

или  $\frac{v^2}{R} = \mu g$ . Отсюда  $v = \sqrt{R \mu g}$ .



Найдем коэффициент трения.

Из треугольника  $PCF_c$   $\text{tg } \alpha = \frac{F}{F_c} = \frac{m g}{\mu m g} = \frac{1}{\mu}$ ;  $\mu = \frac{1}{\text{tga}}$ .

Подставим значение коэффициента трения в формулу для скорости и получим

$$v = \sqrt{\frac{R g}{\text{tga}}} = \sqrt{\frac{14,4 \text{ м} \cdot 10 \frac{\text{M}}{\text{c}^2}}{1}} = 12 \frac{\text{M}}{\text{c}^2}.$$

Ответ: 12

**В2.** Однородная веревка длиной 7,2 м переброшена через блок и находится в равновесии. Вербку смещают и она начинает соскальзывать с блока. Если трением веревки о блок можно пренебречь, то ее скорость в момент, когда веревка полностью соскользнет с блока, составит ...  $\frac{M}{c}$ .

Дано:

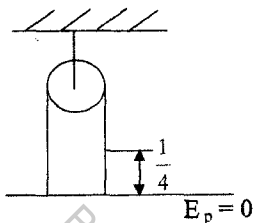
$$l = 7,2 \text{ м}$$

$v = ?$

Решение:

Для решения задачи используем закон сохранения энергии.





Так как сила трения отсутствует, то  $E_p = E_k$ . Центр тяжести половины веревки находится на высоте  $\frac{l}{4}$ , поэтому потенциальная энергия половины веревки равна

$$\frac{m}{2} \cdot g \cdot \frac{l}{4} = \frac{m g l}{8}. \text{ Тогда потенциальная энергия всей веревки } E_p = \frac{m g l}{4}.$$

Кинетическая энергия всей веревки  $E_k = \frac{m v^2}{2}$ . Получаем  $\frac{m v^2}{2} = \frac{m g l}{4} \Rightarrow$

$$v = \sqrt{\frac{g l}{2}} = \sqrt{\frac{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 7,2 \text{ м}}{2}} = 6 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Ответ: 6

В3. Если к источнику подключить сопротивление  $R$ , то напряжение на его зажимах равно 10 В. Если к источнику подключить сопротивление  $5R$ , то напряжение на зажимах будет равно 30 В. ЭДС источника составляет ... В.

Дано:

$$R_1 = R$$

$$U_1 = 10 \text{ В}$$

$$R_2 = 5R$$

$$U_2 = 30 \text{ В}$$

$$\varepsilon = ?$$

Решение:

Напряжение на зажимах источника – это напряжение во внешней цепи:  $U = \varepsilon - I r$ .

$$\text{В первом случае } I_1 = \frac{U_1}{R_1} = \frac{U_1}{R}$$

$$\text{во втором случае } I_2 = \frac{U_2}{R_2} = \frac{U_2}{5R}.$$

$$\text{Тогда } \begin{cases} U_1 = \varepsilon - \frac{U_1}{R} \cdot r \\ U_2 = \varepsilon - \frac{U_2}{5R} \cdot r \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \varepsilon - U_1 = \frac{U_1 r}{R} \\ \varepsilon - U_2 = \frac{U_2 r}{5R} \end{cases}$$

Разделив первое уравнение на второе, получим:

$$\frac{\varepsilon - U_1}{\varepsilon - U_2} = \frac{5 U_1}{U_2}.$$

Подставим значения напряжений и найдем ЭДС.  $\varepsilon = 60 \text{ В}$ .

Ответ: 60

**В4.** Сила тока в катушке уменьшилась с 17 А до 13 А. При этом энергия магнитного поля катушки уменьшилась на 5 Дж. Первоначальная энергия магнитного поля катушки равна... Дж.

Дано:

$$I_1 = 17 \text{ А}$$

$$I_2 = 13 \text{ А}$$

$$W_2 - W_1 = 5 \text{ Дж}$$

$$W_1 = ?$$

Решение:

$$\text{Энергия магнитного поля катушки } W = \frac{L I^2}{2}.$$

$$\text{Следовательно } W_1 = \frac{L I_1^2}{2}; \quad W_2 = \frac{L I_2^2}{2}.$$

$$W_2 - W_1 = \frac{L (I_1^2 - I_2^2)}{2} = 5 \text{ Дж}; \Rightarrow L = \frac{10 \text{ Дж}}{I_1^2 - I_2^2}.$$
 Первоначальная энергия

$$\text{поля } W_1 = \frac{5 I_1^2}{I_1^2 - I_2^2} = \frac{5 \cdot (17 \text{ А})^2}{(17 \text{ А})^2 - (13 \text{ А})^2} = 12 \text{ Дж}.$$

Ответ: 12

**В5.** Если второй дифракционный максимум находится на расстоянии 4 см от центра экрана, то при увеличении расстояния от дифракционной решетки до экрана на 25 % этот дифракционный максимум будет находиться на расстоянии ... см от центра экрана.

Дано:

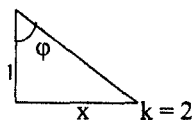
$$k = 2$$

$$x_1 = 14 \text{ см}$$

$$l_2 = 1,25 l_1$$

$$x_2 = ?$$

Решение:



Запишем формулу максимума для дифракционной решетки для двух ситуаций, описанных в задаче:

$d \sin \varphi_1 = k \lambda$  и  $d \sin \varphi_2 = k \lambda$ . Из этого видно, что  $\sin \varphi_1 = \sin \varphi_2$ . Используя рисунок, видим, что

$$\sin \varphi_1 = \frac{x_1}{\sqrt{l_1^2 + x_1^2}}, \text{ а } \sin \varphi_2 = \frac{x_2}{\sqrt{l_2^2 + x_2^2}}.$$

$$\text{Имеем } \frac{x_1}{\sqrt{l_1^2 + x_1^2}} = \frac{x_2}{\sqrt{l_2^2 + x_2^2}};$$

$$x_1 \sqrt{l_2^2 + x_2^2} = x_2 \sqrt{l_1^2 + x_1^2}.$$

Возведя левую и правую часть в квадрат, найдем  $x_2$

$$x_2 = \frac{x_1 l_2}{l_1} = \frac{4 \text{ см} \cdot 1,25 l_1}{l_1} = 5 \text{ см}.$$

Ответ: 5

## Литература

1. Тесты. Физика: Мозырь: ООО ИД "Белый ветер", 2003 - 151 с.
2. Гурский И.П. Элементарная физика с примерами решения задач. М., 1984.
3. Мустафаев Р.А., Кривцов В.Г. Физика. В помощь поступающим в вузы. М., 1989.
4. Яворский Б.М., Селезнев Ю.А., Справочное руководство по физике для поступающих в вузы и для самообразования. М., 1989.
5. Аксенович Л.А., Жаврид С.М., Медведь И.Н. Физика. Практические занятия. Мн., 1993.
6. Савченко Н.Е. Решение задач по физике с анализом их решения. Мн., 1996.
7. Задачи по физике для подготовительных отделений вузов/ Под ред. А.И.Гуши. – Мн.: Выш. шк., 1980.
8. Болсун А.И., Вольштейн С.Л. Единицы физических величин в школе. Мн., 1983.
9. Болсун А.И., Габец П.С. Физика: Справочник школьника. Мн., 1998.
10. Болсун А.И., Галякевич Б.К. Физика в экзаменационных вопросах и ответах. – 2-е изд., испр. – М.:Рольф, 2001.
11. Малашонок В.А., Гриневич Е.А. Физика (11 кл.). Варианты и ответы государственного централизованного тестирования. Учебное издание. – Мн. 2000, 122 с.
12. Тесты по физике: 11–5 кл. /Разраб. О.А. Емельянова, Г.А, Брагина Е.А. Березина и др. – М.. Прометей, 2001 – 90 с.
13. Физика: Справочное пособие / Е.Е. Трофименко, С.И, Шеденков – Мн.: УП «Технопринт», 2002 – 104 с.

## Содержание

	Стр.
Предисловие	3
Тест №1	4
Тест №2	24
Тест №3	42
Тест №4	62
Тест №5	80
Тест №6	98
Тест №7	116
Тест №8	135
Тест №9	153
Тест №10	171
Литература	196
Содержание	197

Рубаник В.В., Богданова Т.М., Джежора А.А., Рубаник В.В. мл.

## Физика

Учебное пособие для слушателей факультета довузовской подготовки

Издатель: Учреждение образование Витебский государственный  
технологический университет.

Лицензия ЛП № 89 от 18 декабря 2002 г.

Редактор Мясоедов А.В.  
Корректор Покатович Г.К.  
Компьютерный набор Ярыго О.Д.

Подписано в печать 1.03.04 Формат 60×90/16

Тираж 400 экз. Заказ № 91. Усл. печ. л. 12,3

Отпечатано с готового оригинал-макета в типографии УО «ВГТУ», 210035  
Витебск, Московский проспект, 72.