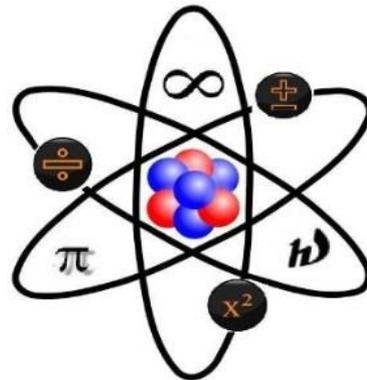


Институт цифровых технологий, электроники и физики

<http://phys.asu.ru>

Физика (ЕГЭ-2023)



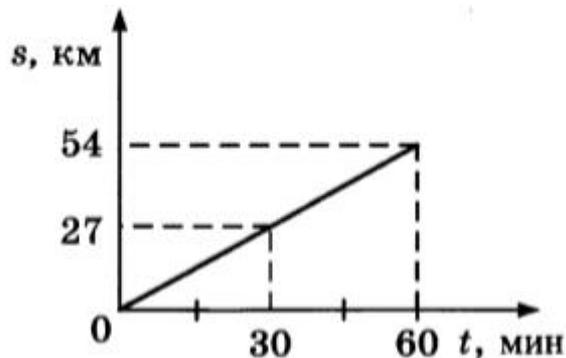
Решение заданий варианта 001

Шимко Елена Анатольевна

доцент кафедры общей и экспериментальной физики АлтГУ

1

Из населенного пункта одновременно в одном направлении выезжают легковой автомобиль и трактор и движутся по дороге с постоянной скоростью. На графике показана зависимость расстояния между автомобилем и трактором от времени. Скорость автомобиля 25 м/с. Трактор движется медленнее. С какой скоростью движется трактор?

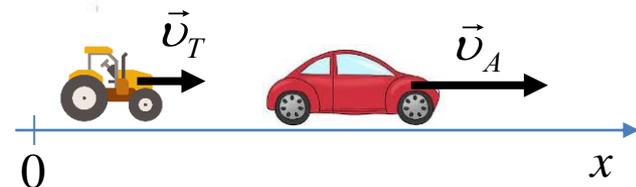
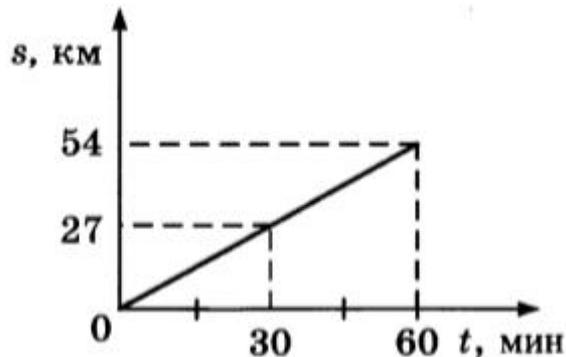


Ответ: _____ м/с.

1 балл

1

Из населенного пункта одновременно в одном направлении выезжают легковой автомобиль и трактор и движутся по дороге с постоянной скоростью. На графике показана зависимость расстояния между автомобилем и трактором от времени. Скорость автомобиля 25 м/с. Трактор движется медленнее. С какой скоростью движется трактор?



Ответ: 10 м/с.

$$\vec{v}_{AT} = \vec{v}_A - \vec{v}_T$$

*Относительная скорость
(скорость автомобиля
относительно трактора)*

$$v_{AT} = v_A - v_T \Rightarrow v_T = v_A - v_{AT}$$

$$v_{AT} = \frac{s}{t} = \frac{54 \text{ км}}{60 \text{ мин}} = \frac{54000 \text{ м}}{3600 \text{ с}} = 15 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$v_T = 25 \frac{\text{м}}{\text{с}} - 15 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

2

Определите силу тяжести, действующую на тело массой 1 кг на расстоянии трёх радиусов Земли от её поверхности.

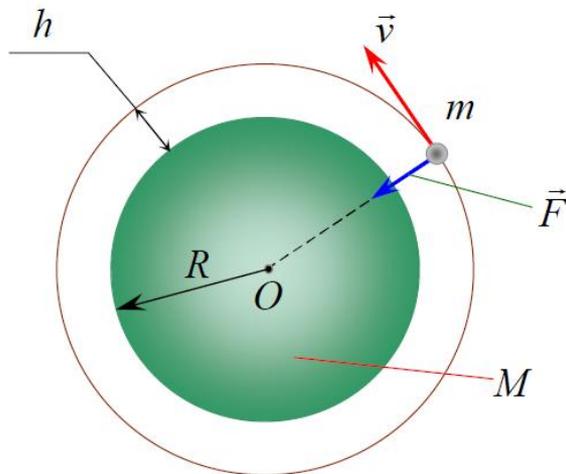
Ответ: _____ Н.

1 балл

2

Определите силу тяжести, действующую на тело массой 1 кг на расстоянии трёх радиусов Земли от её поверхности.

Ответ: 0,625 Н.



R – радиус Земли

M – масса Земли

$$r = R + h$$

$$F = G \frac{m \cdot M}{r^2} \quad \text{Закон всемирного тяготения}$$

$$F = mg \quad \text{Сила тяжести}$$



$$g = G \frac{M}{r^2} \quad \text{Ускорение свободного падения}$$

r – расстояние от центра тела до центра Земли

$$g_1 = G \frac{M}{R^2} = 10 \frac{\mathcal{M}}{c^2} \quad \text{Ускорение свободного падения на поверхности Земли}$$

$$g_2 = G \frac{M}{(4R)^2} = \frac{g}{16} = \frac{10}{16} = 0,625 \frac{\mathcal{M}}{c^2}$$

$$F_T = mg = 1 \text{ кг} \cdot 0,625 \frac{\mathcal{M}}{c^2} = 0,625 \text{ Н}$$

3

Сосновый брусок имеет размеры 3 х 4 х 5 см. Определите выталкивающую силу, действующую на брусок при его плавании в воде.

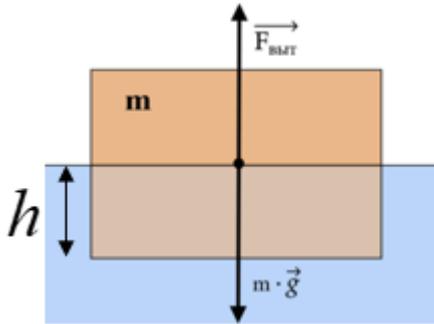
Ответ: _____ Н.

1 балл

3

Сосновый брусок имеет размеры 3 х 4 х 5 см. Определите выталкивающую силу, действующую на брусок при его плавании в воде.

Ответ: 0,24 Н.



Если тело плавает (не тонет, не всплывает), то силы, действующие на тело, компенсируют друг друга!

$$v = 0: \boxed{m\vec{g} + \vec{F}_{\text{выт}} = 0} \Rightarrow \boxed{mg = F_{\text{выт}}}$$

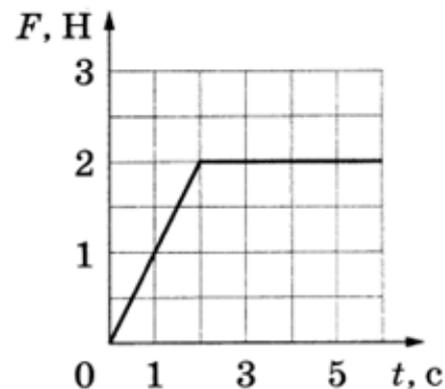
Объём бруска: $\boxed{V = abc}$ $V = 3\text{см} \cdot 4\text{см} \cdot 5\text{см} = 60\text{см}^3 = 60 \cdot 10^{-6} \text{м}^3$

Масса бруска: $\boxed{m = \rho V}$ $m = 400 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 60 \cdot 10^{-6} \text{м}^3 = 0,024 \text{кг}$

$$F_{\text{выт}} = mg = 0,024 \text{кг} \cdot 10 \frac{\text{М}}{\text{с}^2} = 0,24 \text{Н}$$

4

Брусок массой 500 г покоится на шероховатой горизонтальной поверхности. На него начинают действовать силой \vec{F} , модуль которой изменяется с течением времени так, как показано на рисунке. Коэффициент трения бруска о плоскость равен 0,2. Выберите из предложенного перечня все верные утверждения, которые соответствуют результатам проведённого опыта.



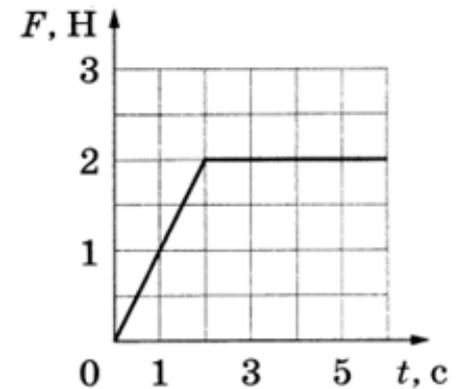
- 1) В интервале времени от 0 до 1 с брусок покоился.
- 2) В момент времени 1,5 с сила трения, действующая на брусок равна 1,5 Н.
- 3) Кинетическая энергия бруска в момент времени 1,5 с равна 0.
- 4) В момент времени 3 с ускорение бруска равно 2 м/с².
- 5) В интервале времени от 2 до 5 с импульс бруска увеличился на 6 кг·м/с.

Ответ: _____.

2 балла

4

Брусок массой 500 г покоится на шероховатой горизонтальной поверхности. На него начинают действовать силой \vec{F} , модуль которой изменяется с течением времени так, как показано на рисунке. Коэффициент трения бруска о плоскость равен 0,2. Выберите из предложенного перечня все верные утверждения, которые соответствуют результатам проведённого опыта.



- 1) В интервале времени от 0 до 1 с брусок покоился.
- 2) В момент времени 1,5 с сила трения, действующая на брусок равна 1,5 Н.
- 3) Кинетическая энергия бруска в момент времени 1,5 с равна 0.
- 4) В момент времени 3 с ускорение бруска равно 2 м/с².
- 5) В интервале времени от 2 до 5 с импульс бруска увеличился на 6 кг·м/с.

Ответ: 145.

$$0 \text{ с} \leq t \leq 1 \text{ с} \quad \vec{F} + m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{\text{тр}} = 0 \quad v = 0: \quad F_{\text{тр.п.}} = F \quad F_{\text{тр.п.}} \leq \mu N$$

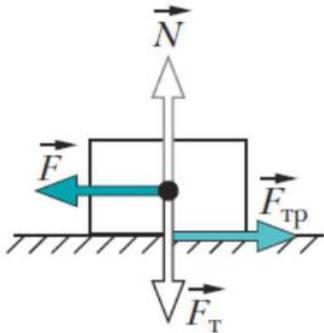
Сила трения покоя возрастает от 0 до μN . Потом тело начинает скользить.

$$1 \text{ с} \leq t \leq 6 \text{ с} \quad \vec{F} + m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{\text{тр}} = m\vec{a} \quad v \neq 0$$

Сила трения скольжения: $F_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg \quad F_{\text{тр}} = 0,2 \cdot 0,5 \cdot 10 = 1 \text{ Н}$

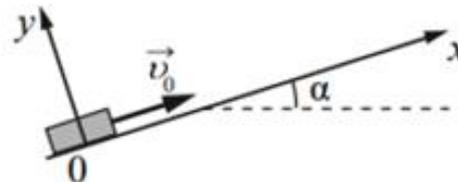
$$t = 3 \text{ с}: \quad a = \frac{F - F_{\text{тр}}}{m} \quad a = \frac{2 \text{ Н} - 1 \text{ Н}}{0,5 \text{ кг}} = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$2 \text{ с} \leq t \leq 5 \text{ с} \quad \Delta p = F \cdot \Delta t \quad \Delta p = 2 \text{ Н} \cdot 3 \text{ с} = 6 \text{ кг} \cdot \text{м} / \text{с}$$



5

После удара шайба массой m начала скользить с начальной скоростью \vec{v}_0 вверх по плоскости, установленной под углом α к горизонту (см. рисунок). Переместившись вдоль оси Ox на расстояние s , шайба соскользнула в исходное положение. Коэффициент трения шайбы о плоскость равен μ . Формулы А и Б позволяют рассчитать значения физических величин, характеризующих движение шайбы.



Установите соответствие между формулами и физическими величинами, значение которых можно рассчитать по этим формулам.

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

ФОРМУЛЫ

- А) $\mu mg \cos \alpha$
 Б) $g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)$

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

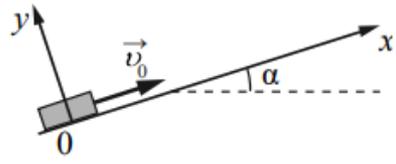
- 1) модуль проекции силы тяжести на ось Oy
- 2) модуль силы трения
- 3) модуль ускорения шайбы при её движении вверх
- 4) модуль ускорения шайбы при её движении вниз

Ответ:

А	Б

2 балла

5 После удара шайба массой m начала скользить с начальной скоростью \vec{v}_0 вверх по плоскости, установленной под углом α к горизонту (см. рисунок). Переместившись вдоль оси Ox на расстояние s , шайба соскользнула в исходное положение. Коэффициент трения шайбы о плоскость равен μ . Формулы А и Б позволяют рассчитать значения физических величин, характеризующих движение шайбы.



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

ФОРМУЛЫ

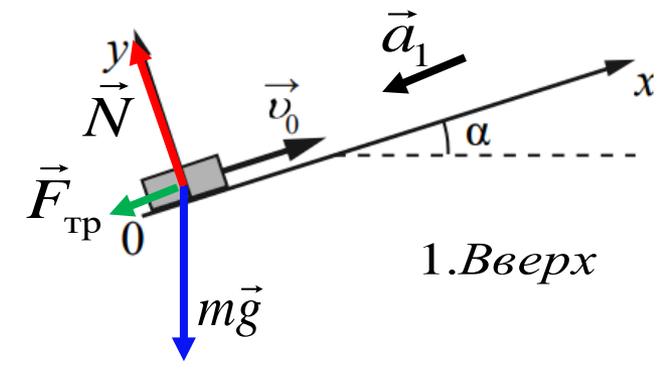
- А) $\mu mg \cos \alpha$
- Б) $g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)$

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

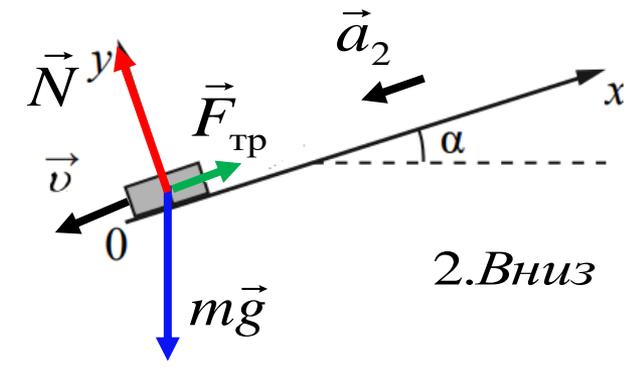
- 1) модуль проекции силы тяжести на ось Oy
- 2) модуль силы трения
- 3) модуль ускорения шайбы при её движении вверх
- 4) модуль ускорения шайбы при её движении вниз

Ответ:

А	Б
2	3



1. Вверх



2. Вниз

По II закону Ньютона: $m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{\text{тр}} = m\vec{a}$ $F_{\text{тр}} = \mu N$ Модуль силы трения

$Ox: -mg \sin \alpha - \mu N = -ma_1 \Rightarrow ma_1 = mg \sin \alpha + \mu mg \cos \alpha$

$a_1 = g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$ Ускорение тела при движении вверх

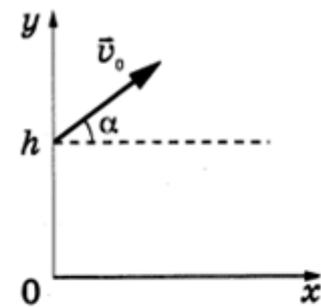
$-mg \sin \alpha + \mu N = -ma_2 \Rightarrow ma_2 = mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha$

$a_2 = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$ Ускорение тела при движении вниз

$Oy: -mg \cos \alpha + N = 0 \Rightarrow N = mg \cos \alpha$ Модуль силы реакции опоры

6

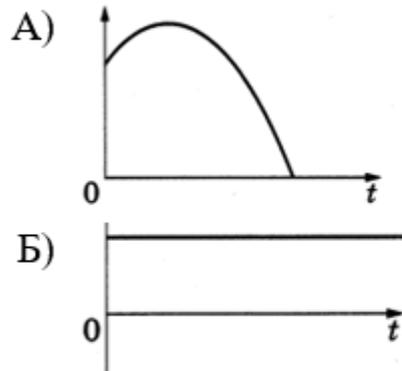
В момент времени $t = 0$ маленький металлический шарик бросают с начальной скоростью \vec{v}_0 под углом α к горизонту с балкона высотой h (см. рисунок). Графики А и Б отображают зависимости физических величин, характеризующих движение шарика, от времени t . Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых эти графики могут представлять.



Соппротивлением воздуха пренебречь. Потенциальная энергия шарика отсчитывается от уровня $y = 0$.

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

ГРАФИКИ



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) проекция ускорения шарика на ось y
- 2) проекция импульса шарика на ось x
- 3) кинетическая энергия шарика E_k
- 4) потенциальная энергия шарика E_p

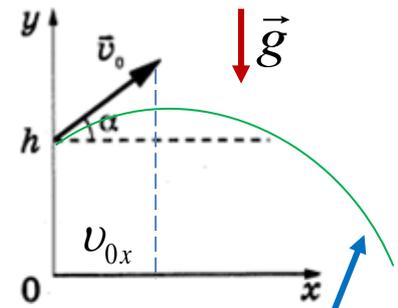
Ответ:

А	Б

2 балла

6

В момент времени $t = 0$ маленький металлический шарик бросают с начальной скоростью \vec{v}_0 под углом α к горизонту с балкона высотой h (см. рисунок). Графики А и Б отображают зависимости физических величин, характеризующих движение шарика, от времени t . Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых эти графики могут представлять.

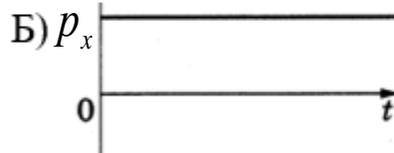
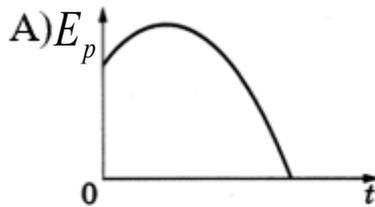


Траектория шарика – парабола

Соппротивлением воздуха пренебречь. Потенциальная энергия шарика отсчитывается от уровня $y = 0$.

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

ГРАФИКИ



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) проекция ускорения шарика на ось y
- 2) проекция импульса шарика на ось x
- 3) кинетическая энергия шарика E_k
- 4) потенциальная энергия шарика E_p

1) $g_y = -10 = -const$

2) $p_x = mv_x$ $p_x = mv_0 \cos \alpha = const$

3) $E_k = \frac{mv^2}{2}$ Сначала уменьшается, потом возрастает

4) $E_p = mgh = mgy$

$$y = y_0 + v_{0y}t - \frac{gt^2}{2}$$

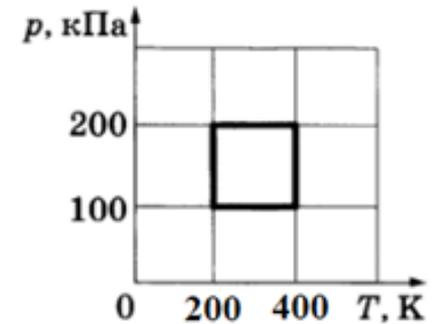
Ответ:

А	Б
4	2

7

С идеальным газом в закрытом сосуде происходит циклический процесс, изображённый на графике (см. рисунок). Наибольший объём, который занимает газ в этом процессе, составляет 8,31 л. Определите количество газа.

Ответ: _____ МОЛЬ.

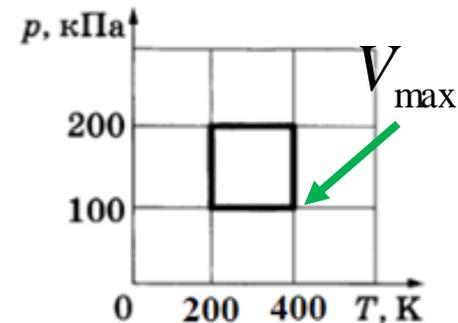


1 балл

7

С идеальным газом в закрытом сосуде происходит циклический процесс, изображённый на графике (см. рисунок). Наибольший объём, который занимает газ в этом процессе, составляет 8,31 л. Определите количество газа.

Ответ: 0,25 моль.



Уравнение Менделеева-
Клапейрона:

$$pV = \nu RT$$

$$\Rightarrow \nu = \frac{pV}{RT}$$



Уравнение Клапейрона:
($m = const$)

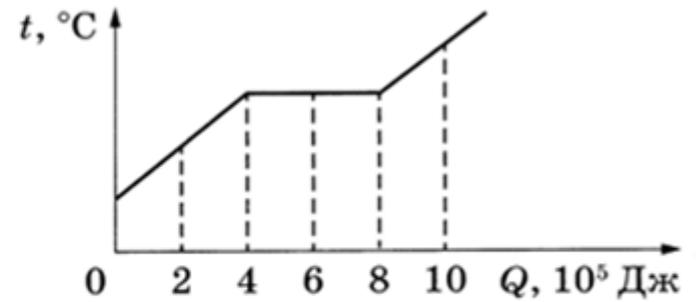
$$\frac{pV}{T} = const$$

$$\Rightarrow V_{\max} = \frac{T_{\max}}{p_{\min}} \cdot const$$

$$\nu = \frac{100 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot 8,31 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3}{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 400 \text{ К}} = 0,25 \text{ моль}$$

8

На рисунке показан график изменения температуры куска свинца t по мере поглощения им количества теплоты Q . Первоначально свинец находился в твёрдом состоянии. Определите массу свинца.



Ответ: _____ кг.

1 балл

8

На рисунке показан график изменения температуры куска свинца t по мере поглощения им количества теплоты Q . Первоначально свинец находился в твёрдом состоянии. Определите массу свинца.



Ответ: 16 кг.

$$Q = \lambda m \quad \text{Количество теплоты, необходимое для плавления тела}$$

*Справочный материал
в начале КИМ*

Удельная теплота

парообразования воды	$2,3 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}$
<u>плавления свинца</u>	$2,5 \cdot 10^4 \text{ Дж/кг}$
плавления льда	$3,3 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг}$

$$m = \frac{Q}{\lambda} \quad m = \frac{4 \cdot 10^5 \text{ Дж}}{2,5 \cdot 10^4 \text{ Дж/кг}} = 16 \text{ кг}$$

9

Температура нагревателя у идеального теплового двигателя Карно составляет $227\text{ }^{\circ}\text{C}$, а температура холодильника равна $-23\text{ }^{\circ}\text{C}$. Определите количество теплоты, которое нагреватель передает рабочему телу за один цикл, для совершения работы двигателем 1 кДж .

Ответ: _____ Дж.

1 балл

9 Температура нагревателя у идеального теплового двигателя Карно составляет $227\text{ }^{\circ}\text{C}$, а температура холодильника равна $-23\text{ }^{\circ}\text{C}$. Определите количество теплоты, которое нагреватель передает рабочему телу за один цикл, для совершения работы двигателем 1 кДж .

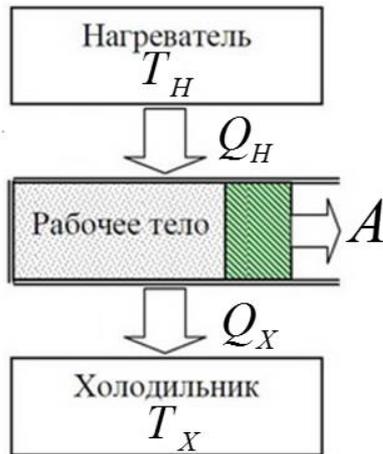
Ответ: 2000 Дж!

Соотношения между различными единицами температура $0\text{ К} = -273\text{ }^{\circ}\text{C}$

$$\Rightarrow T = t + 273$$

КПД теплового двигателя, работающего по циклу Карно:

$$\eta = \frac{T_H - T_X}{T_H} \Rightarrow \eta = 1 - \frac{T_X}{T_H}$$

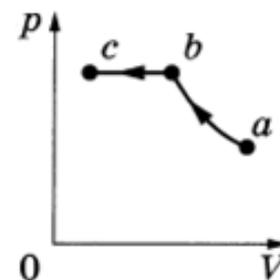


$$\eta = \frac{A}{Q_H} \Rightarrow Q_H = \frac{A}{\eta} = \frac{A}{1 - \frac{T_X}{T_H}}$$

$$Q_H = \frac{1000\text{ Дж}}{1 - \frac{250\text{ К}}{500\text{ К}}} = 2000\text{ Дж}$$

10

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



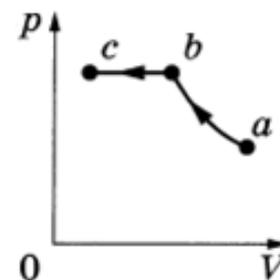
- 1) На участке $a \rightarrow b$ относительная влажность не изменяется.
- 2) На участке $b \rightarrow c$ к пару подводится положительное количество теплоты.
- 3) На участке $b \rightarrow c$ плотность пара уменьшается.
- 4) В точке b пар является насыщенным.
- 5) На участке $b \rightarrow c$ внутренняя энергия пара уменьшается.

Ответ: _____.

2 балла

10

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



- 1) На участке $a \rightarrow b$ относительная влажность не изменяется.
- 2) На участке $b \rightarrow c$ к пару подводится положительное количество теплоты.
- 3) На участке $b \rightarrow c$ плотность пара уменьшается.
- 4) В точке b пар является насыщенным.
- 5) На участке $b \rightarrow c$ внутренняя энергия пара уменьшается.

$$\begin{aligned} \varphi_a &< 100\% \\ \varphi_b &= 100\% \\ \varphi_c &= 100\% \end{aligned}$$

Ответ: 45.

- 1) $\varphi = \frac{p}{p_{нас}} 100\%$ $a \rightarrow b$: *изотермическое сжатие*
(*относительная влажность воздуха увеличивается до 100 %*)
Парциальное давление пара p возрастает (см. график),
т.к. $T = const \Rightarrow p_{нас} = const \Rightarrow \varphi \uparrow$
- 2) $Q = \Delta U + A$ $V \downarrow \Rightarrow A < 0$
 $U = \frac{i}{2} \nu RT$ ($T = const, \nu \downarrow$) $\Rightarrow \Delta U < 0$ } $Q < 0$
- 3) $\varphi = \frac{p}{p_{нас}}$ $pV = \frac{m}{\mu} RT \Rightarrow p = \frac{\rho RT}{\mu}$ Парциальное давление пара p
не изменяется (см. график)
 $\Rightarrow \rho = const$
- 4) $b \rightarrow c$: *изотермическое сжатие*
(*относительная влажность воздуха 100 % – конденсация пара*)
- 5) См. 2)

11

Детский тёмно-синий воздушный шарик надули в тени под деревом, а затем вынесли на солнечный пляж. Как начали при этом изменяться давление воздуха в шарике и средняя кинетическая энергия молекул в шарике? Оболочка шарика тонкая, упругая и мягкая. Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Давление воздуха в шарике	Средняя кинетическая энергия молекул в шарике

2 балла

11

Детский тёмно-синий воздушный шарик надули в тени под деревом, а затем вынесли на солнечный пляж. Как начали при этом изменяться давление воздуха в шарике и средняя кинетическая энергия молекул в шарике? Оболочка шарика тонкая, упругая и мягкая. Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

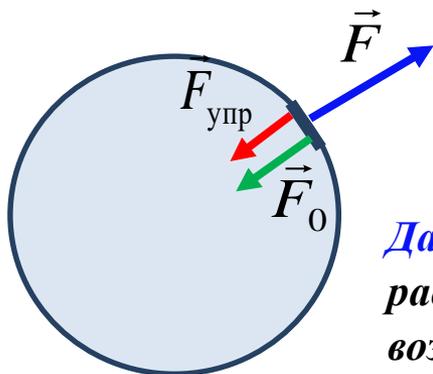
- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

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

Давление воздуха в шарике	Средняя кинетическая энергия молекул в шарике
1	1

$p_0 = const$ – атмосферное давление
 $F = pS$ – сила давления газа

$$\bar{E}_k = \frac{3}{2} kT$$



Условия равновесия:

$$F = F_0 + F_{\text{упр}} \Rightarrow pS = p_0S + k \cdot \Delta l \Rightarrow$$

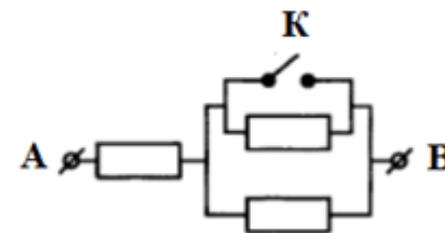
$$p = p_0 + \frac{k \cdot \Delta l}{S}$$

Давление газа тоже будет увеличиваться, т.к. при нагревании газ расширяется ($V \uparrow$), что приводит к возрастанию силы упругости, возникающей при растяжении оболочки (k – коэффициент упругости оболочки, Δl – деформация/растяжение оболочки).

12

Каждый из резисторов в схеме, изображённой на рисунке, имеет сопротивление 50 Ом. Во сколько раз уменьшится сопротивление участка цепи между точками АВ, если ключ К замкнуть?

Ответ: _____.

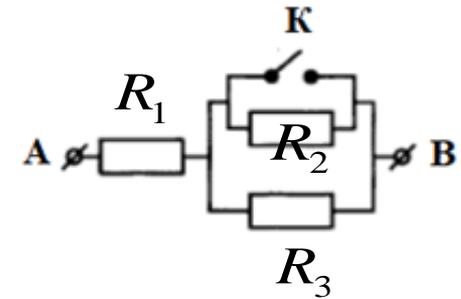


1 балл

12

Каждый из резисторов в схеме, изображённой на рисунке, имеет сопротивление 50 Ом. Во сколько раз уменьшится сопротивление участка цепи между точками АВ, если ключ К замкнуть?

Ответ: 1,5.



До замыкания ключа К

$$R_{общ1} = R_1 + \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3}$$



$$\frac{1}{R_{23}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

$$R_{общ1} = 50 + \frac{50 \cdot 50}{50 + 50} = 75 \text{ Ом}$$

После замыкания ключа К

$$R_{общ2} = R_1 = 50 \text{ Ом}$$

Ток идет далее через участок с замкнутым ключом, т.к. сопротивлением соединительных проводов пренебрегают.

$$\frac{R_{общ1}}{R_{общ2}} = \frac{75 \text{ Ом}}{50 \text{ Ом}} = 1,5$$

13

В однородном магнитном поле с индукцией 0,6 Тл поместили проволочный контур в форме квадрата со стороной 15 см. Линии индукции магнитного поля составляют угол 30° с плоскостью контура. Определите магнитный поток, пронизывающий контур.

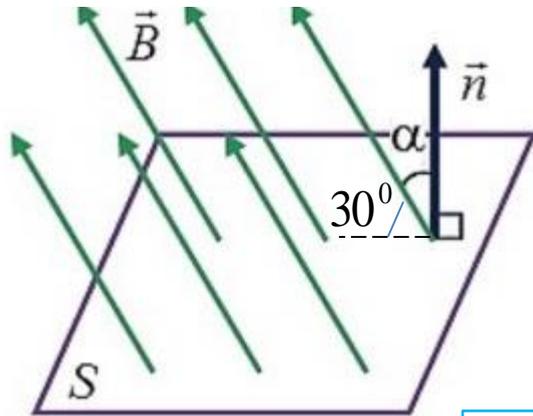
Ответ: _____ мВб.

1 балл

13

В однородном магнитном поле с индукцией 0,6 Тл поместили проволочный контур в форме квадрата со стороной 15 см. Линии индукции магнитного поля составляют угол 30° с плоскостью контура. Определите магнитный поток, пронизывающий контур.

Ответ: 6,75 мВб.



$$\Phi = BS \cos \alpha \quad \text{Магнитный поток}$$

$$\alpha = 90^\circ - 30^\circ = 60^\circ \quad \text{Угол между вектором магнитной индукции и нормалью к контуру}$$

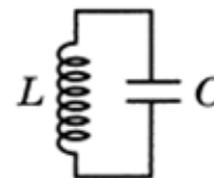
$$S = a^2 = (0,15 \text{ м})^2 = 0,0225 \text{ м}^2$$

$$\Phi = 0,6 \text{ Тл} \cdot 0,0225 \text{ м}^2 \cdot \cos 60^\circ = 0,00675 \text{ Вб} = 6,75 \text{ мВб}$$

Магнитный поток – физическая величина, которая характеризует число силовых линий МП, пронизывающих замкнутый контур площадью S .

14

В идеальном колебательном контуре (см. рисунок) напряжение между обкладками конденсатора изменяется по закону $U_C = 2,5 \cos 400 \pi t$ (в СИ). Определите период колебаний энергии магнитного поля катушки

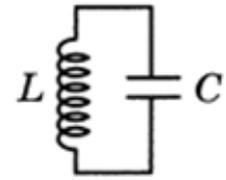


Ответ: _____ мс.

1 балл

14

В идеальном колебательном контуре (см. рисунок) напряжение между обкладками конденсатора изменяется по закону $U_C = 2,5 \cos 400 \pi t$ (в СИ). Определите период колебаний энергии магнитного поля катушки



$$T = \frac{2\pi}{\omega_0}$$

Ответ: 2,5 мс.

$$u(t) = U_m \cos \omega_0 t$$

Зависимость напряжения между обкладками конденсатора от времени

$$u = \frac{q}{C}$$

Связь значений напряжения и заряда конденсатора, C – ёмкость конденсатора

$$W_M(t) = \frac{Li^2}{2}$$

Энергия магнитного поля катушки с током L – индуктивность катушки

$$i(t) = q'(t) = -I_m \sin \omega_0 t$$

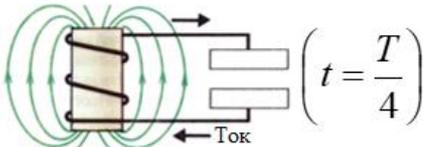
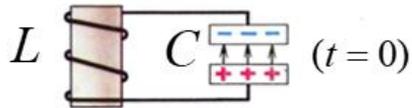
Зависимость силы тока в катушке от времени

$$W_M(t) = \frac{LI_m^2}{2} \sin^2 \omega_0 t$$

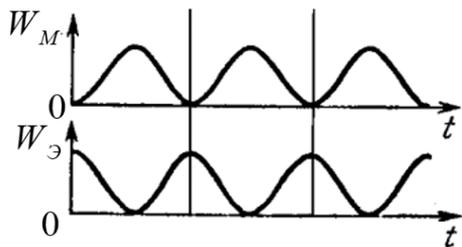
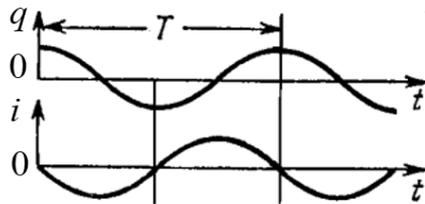
Зависимость энергии магнитного поля от времени

$$T = \frac{2\pi}{\omega_0} = \frac{2\pi}{400\pi} = 0,005 \text{ с} = 5 \text{ мс}$$

(период колебаний напряжения и силы тока)



Магнитное поле

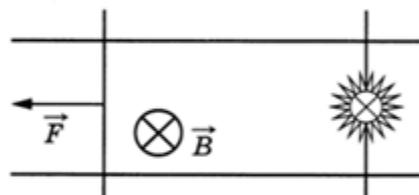
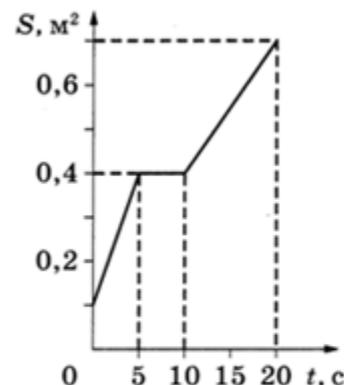


Период колебаний энергии магнитного поля и энергии электрического поля в контуре в 2 раза меньше, чем период колебаний напряжения на конденсаторе (силы тока в катушке).

15

По гладким параллельным горизонтальным рельсам, замкнутым на лампочку накаливания, перемещают лёгкий тонкий проводник, прикладывая к нему горизонтальную силу F . Контур находится в однородном магнитном поле с индукцией B (см. рисунок *a*). При движении проводника площадь контура меняется так, как указано на рис. *б*.

Выберите все верные утверждения, соответствующие приведённым данным и описанию опыта.

Рис. *a*Рис. *б*

- 1) Ток течёт через лампочку непрерывно в течение первых 10 с.
- 2) Максимальная ЭДС наводится в контуре в интервале времени от 0 до 5 с.
- 3) Индукционный ток в контуре в момент времени $t = 15$ с направлен против часовой стрелки.
- 4) Поскольку рельсы гладкие, при равномерном движении проводника $\vec{F} = 0$.
- 5) В интервале времени от 5 до 10 с лампочка светится.

Ответ: _____.

2 балла

15

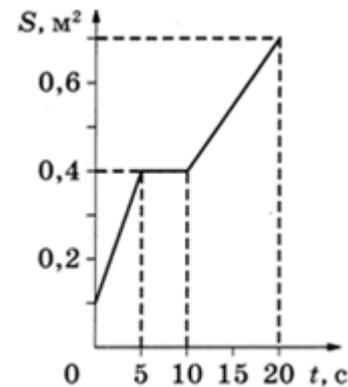
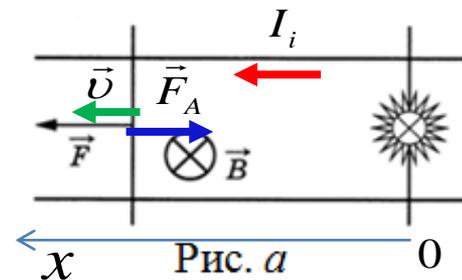
По гладким параллельным горизонтальным рельсам, замкнутым на лампочку накаливания, перемещают лёгкий тонкий проводник, прикладывая к нему горизонтальную силу F . Контур находится в однородном магнитном поле с индукцией B (см. рисунок a). При движении проводника площадь контура меняется так, как указано на рис. b .

Выберите все верные утверждения, соответствующие приведённым данным и описанию опыта.

- 1) Ток течёт через лампочку непрерывно в течение первых 10 с.
- 2) Максимальная ЭДС наводится в контуре в интервале времени от 0 до 5 с.
- 3) Индукционный ток в контуре в момент времени $t = 15$ с направлен против часовой стрелки.
- 4) Поскольку рельсы гладкие, при равномерном движении проводника $\vec{F} = 0$.
- 5) В интервале времени от 5 до 10 с лампочка светится.

23

Ответ:



- 1) $I_i = \frac{\varepsilon_i}{R}$ Закон ЭМИ $\varepsilon_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -B \frac{\Delta S}{\Delta t}$ $\Phi = BS \cos \alpha = BS$ Магнитный поток

Сила тока прямо пропорциональна ЭДС индукции, которая наводится при изменении магнитного потока Φ (если изменяется площадь контура S , то меняется и Φ).

- 2) $\varepsilon_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -\Phi'$ Чем быстрее меняется магнитный поток, тем больше угол наклона прямой на графике $S(t)$, тем больше значение ЭДС индукции.

- 3) ЭДС индукции наводится благодаря работе силы Лоренца – по правилу левой руки индукционный ток направлен против часовой стрелки.

- 4) $\vec{v} = const$: $m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F} + \vec{F}_A = 0$ При равномерном движении проводника возникает постоянная ЭДС индукции, следовательно, постоянный индукционный ток и постоянная сила Ампера.

$$0x: F = F_A = I_i B l \sin \beta \neq 0$$

- 5) $S = const \Rightarrow \Delta\Phi = 0 \Rightarrow \varepsilon_i = 0 \Rightarrow I_i = 0$ 31

16

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

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Расстояние от линзы до изображения предмета	Размер изображения

2 балла

16

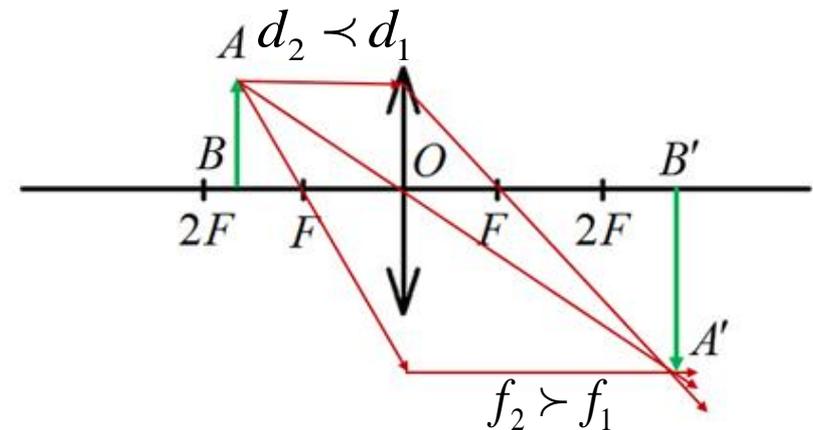
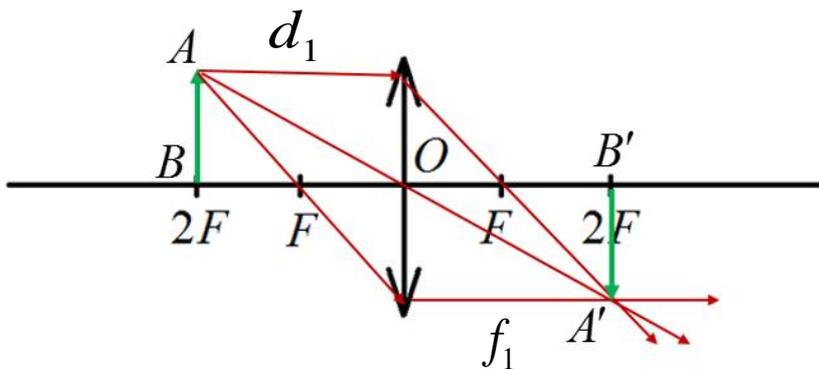
Небольшой предмет расположен на главной оптической оси тонкой собирающей линзы на двойном фокусном расстоянии от неё. Его начинают приближать к линзе. Как меняются при этом расстояние от линзы до изображения предмета и размер изображения?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Расстояние от линзы до изображения предмета	Размер изображения
1	1



Формула тонкой линзы:

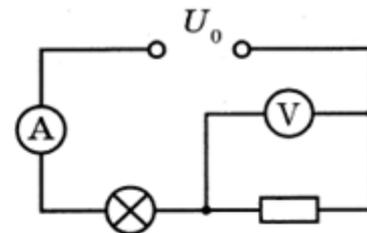
$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} \Rightarrow f(d) = \frac{dF}{d - F}$$

Увеличение линзы:

$$\Gamma = \frac{f}{d} = \frac{A'B'}{AB} \Rightarrow \Gamma(d) = \frac{F}{d - F}$$

17

Электрическая цепь, схема которой изображена на рисунке, подключена к аккумулятору. Напряжение между полюсами аккумулятора равно U_0 , а показания идеальных амперметра и вольтметра равны соответственно I и U .



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

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) мощность, потребляемая резистором
Б) сопротивление лампочки

ФОРМУЛЫ

- 1) $\frac{U_0 - U}{I}$
2) UI
3) $\frac{U}{I}$
4) $(U_0 - U)I$

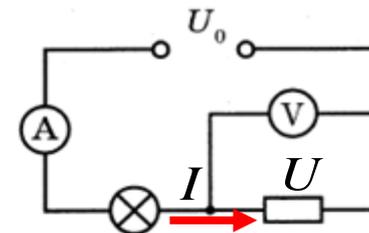
Ответ:

А	Б

2 балла

17

Электрическая цепь, схема которой изображена на рисунке, подключена к аккумулятору. Напряжение между полюсами аккумулятора равно U_0 , а показания идеальных амперметра и вольтметра равны соответственно I и U .



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

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) мощность, потребляемая резистором
Б) сопротивление лампочки

ФОРМУЛЫ

- 1) $\frac{U_0 - U}{I}$
2) UI
3) $\frac{U}{I}$
4) $(U_0 - U)I$

$$R_A = 0$$

$$R_V = \infty$$

Ответ:

А	Б
2	1

А) $P = UI$

Б) $R_L = \frac{U_L}{I} = \frac{U_0 - U}{I}$

При последовательном соединении проводников общее напряжение равно сумме напряжений на каждом проводнике, а сила тока одинаковая:

$$U_0 = U_L + U$$

18

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

Ответ: _____ моль.

1 балл

18

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

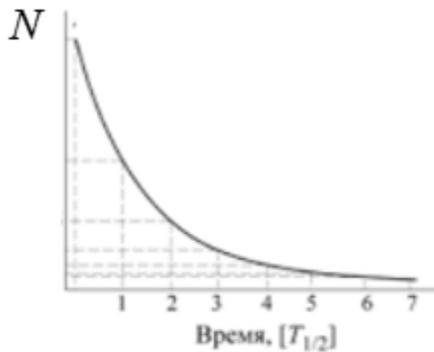
Ответ: 0,4 моль.

Закон радиоактивного распада $N = N_0 \cdot 2^{-t/T} \Rightarrow N = \frac{N_0}{2^{t/T}}$ Количество ядер радия-224 через время t

$$N = \frac{3,2 \cdot 10^{23}}{2^{7,2/3,6}} = 0,8 \cdot 10^{23} \quad \text{Количество ядер радия-224 через время } t = 2T$$

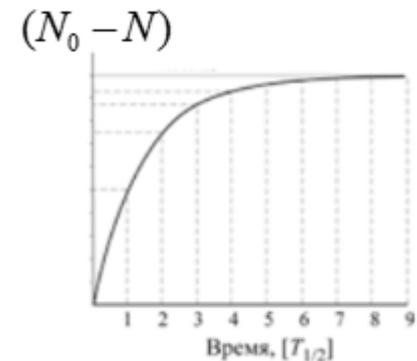
Количество α -распадов ядер радия-224 (или атомов гелия)

$$N_{\text{расп.}} = N_0 - N = N_0 - \frac{N_0}{2^{t/T}}$$



$$N_{\text{расп.}} = 3,2 \cdot 10^{23} - 0,8 \cdot 10^{23} = 2,4 \cdot 10^{23}$$

$$\nu = \frac{N_{\text{расп.}}}{N_A} = \frac{2,4 \cdot 10^{23}}{6 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}} = 0,4 \text{ моль}$$



N – количество материнских ядер в момент времени t

α -частица – это ядро атома гелия

$(N - N_0)$ – количество дочерних ядер в момент времени t

19

На металлическую пластину направили пучок света от лазера, вызвав фотоэффект. Интенсивность лазерного излучения плавно уменьшают, не меняя его частоты. Как меняются в результате этого число вылетающих в единицу времени фотоэлектронов и красная граница фотоэффекта $\lambda_{кр}$?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Число вылетающих фотоэлектронов	Красная граница фотоэффекта $\lambda_{кр}$

2 балла

19

На металлическую пластину направили пучок света от лазера, вызвав фотоэффект. Интенсивность лазерного излучения плавно уменьшают, не меняя его частоты. Как меняются в результате этого число вылетающих в единицу времени фотоэлектронов и красная граница фотоэффекта $\lambda_{кр}$? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Число вылетающих фотоэлектронов	Красная граница фотоэффекта $\lambda_{кр}$
2	3

Свет – это поток фотонов!

Интенсивность света

$$I \downarrow = \frac{W}{S \cdot \Delta t} = \frac{N_{\phi} \downarrow \cdot h\nu}{S \cdot \Delta t}$$

W – энергия света, падающего на поверхность площадью S за время Δt

$h\nu = const$ – энергия одного фотона

$$A_{вых} = h\nu_{кр} = \frac{hc}{\lambda_{кр}}$$

Работа выхода

$$\lambda_{кр} = \frac{hc}{A_{вых}} = const$$

По условию металл и его состояние не меняли!

20

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

- 1) В поперечной механической волне колебания частиц среды происходит в направлении перпендикулярном направлению распространения волны.
- 2) С ростом температуры давление насыщенных паров возрастает прямо пропорционально их абсолютной температуре.
- 3) В однородном электростатическом поле работа по перемещению заряда между двумя точками не зависит от траектории.
- 4) Разноимённые полюса магнитов отталкиваются друг от друга.
- 5) Под энергией связи понимают ту энергию, которая необходима для отрыва от ядра всех электронов нейтрального атома.

Ответ: _____ .

2 балла

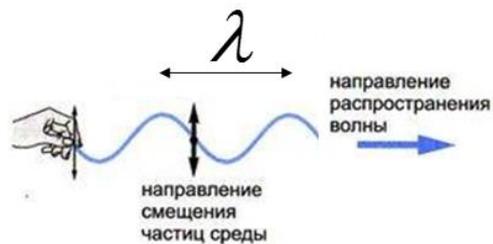
20

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

- 1) В поперечной механической волне колебания частиц среды происходит в направлении перпендикулярном направлению распространения волны.
- 2) С ростом температуры давление насыщенных паров возрастает прямо пропорционально их абсолютной температуре.
- 3) В однородном электростатическом поле работа по перемещению заряда между двумя точками не зависит от траектории.
- 4) Разноимённые полюса магнитов отталкиваются друг от друга.
- 5) Под энергией связи понимают ту энергию, которая необходима для отрыва от ядра всех электронов нейтрального атома.

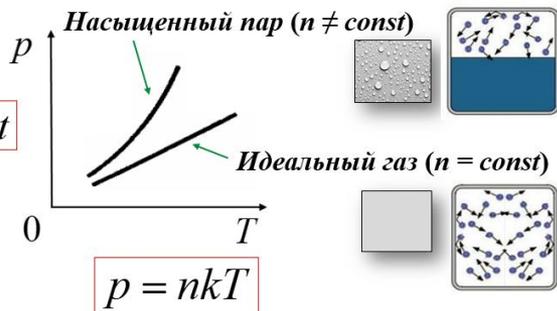
Ответ: 13

1)



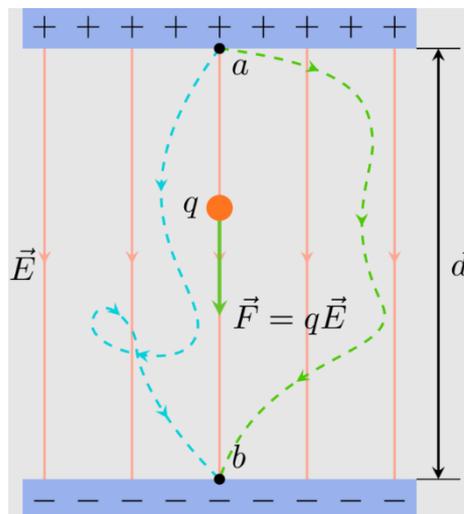
Поперечные волны

2)



Для насыщенного пара:
 $n(T) \Rightarrow p_{нас}(n, T)$

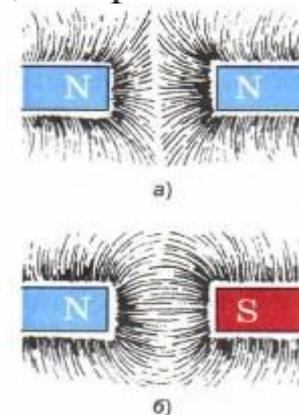
3)



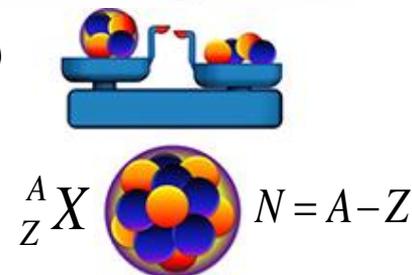
$$A_{a \rightarrow b} = -\Delta W$$

$$A_{a \rightarrow b} = q\Delta\phi = qEd$$

4)



5)



$$E_{св.} = \Delta M \cdot c^2$$

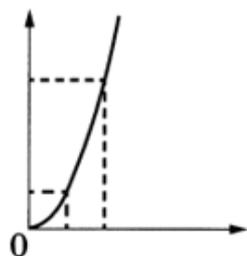
$$\Delta M = Zm_p + Nm_n - M_{я}$$

21 Даны следующие зависимости величин:

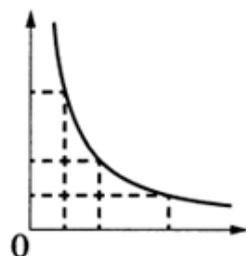
А) зависимость центростремительного ускорения точки, находящейся на расстоянии R от центра вращения, от угловой скорости;

Б) зависимость давления постоянной массы идеального газа от его объёма в изотермическом процессе;

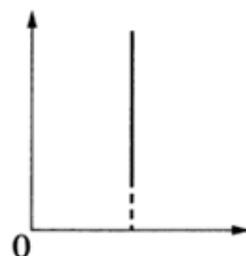
В) зависимость периода свободных электромагнитных колебаний в контуре, содержащем катушку индуктивности L , от ёмкости конденсатора.



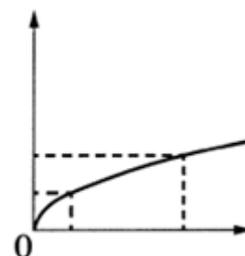
(1)



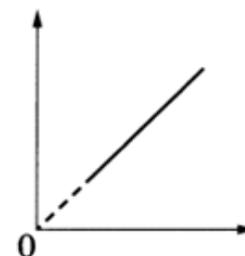
(2)



(3)



(4)



(5)

Установите соответствие между этими зависимостями и видами графиков, обозначенных цифрами 1–5. Для каждой зависимости А–В подберите соответствующий вид графика и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Цифры в ответе могут повторяться.

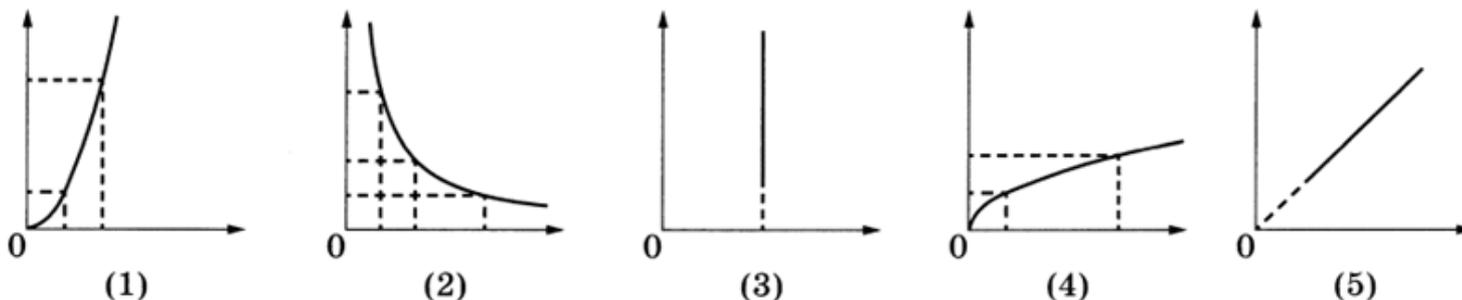
Ответ:

А	Б	В

2 балла

21 Даны следующие зависимости величин:

- А) зависимость центростремительного ускорения точки, находящейся на расстоянии R от центра вращения, от угловой скорости;
 Б) зависимость давления постоянной массы идеального газа от его объёма в изотермическом процессе;
 В) зависимость периода свободных электромагнитных колебаний в контуре, содержащем катушку индуктивности L , от электроёмкости конденсатора.



Установите соответствие между этими зависимостями и видами графиков, обозначенных цифрами 1–5. Для каждой зависимости А–В подберите соответствующий вид графика и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Цифры в ответе могут повторяться.

Ответ:

А	Б	В
1	2	4

 $a_{\text{ц}} = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R$ – $a_{\text{ц}}(\omega)$ – *прямая квадратичная зависимость*

$pV = \frac{m}{M} RT \Rightarrow p = \frac{m}{MV} RT$ – $p(V)$ – *обратная пропорциональная зависимость*

$T = 2\pi\sqrt{LC}$ – $T(C)$ – *прямая коренная зависимость*

22

Чтобы узнать диаметр медной проволоки для изготовления реостата, ученик намотал её виток к витку на карандаш и измерил длину намотки из 20 витков. Длина оказалась равной 30 мм. Чему равен диаметр проволоки по результатам этих измерений, если погрешность линейки равна 1 мм?

Ответ: (_____ \pm _____) мм.

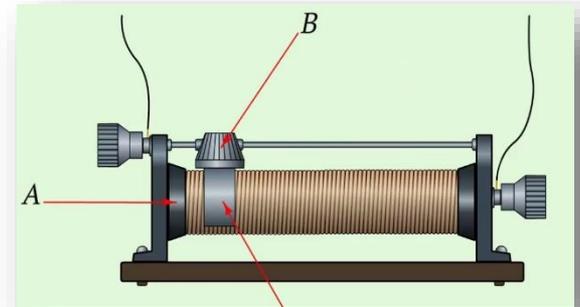
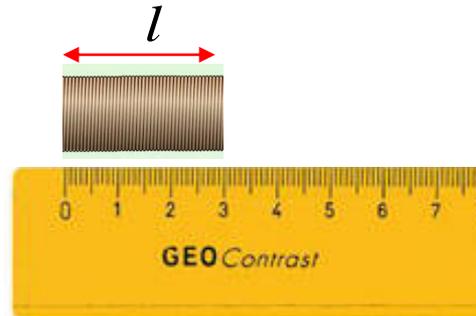
1 балл

22

Чтобы узнать диаметр медной проволоки для изготовления реостата, ученик намотал её виток к витку на карандаш и измерил длину намотки из 20 витков. Длина оказалась равной 30 мм. Чему равен диаметр проволоки по результатам этих измерений, если погрешность линейки равна 1 мм?

Ответ: (1,50 ± 0,05) мм.

Метод рядов для определения результатов измерений с учетом абсолютной погрешности:

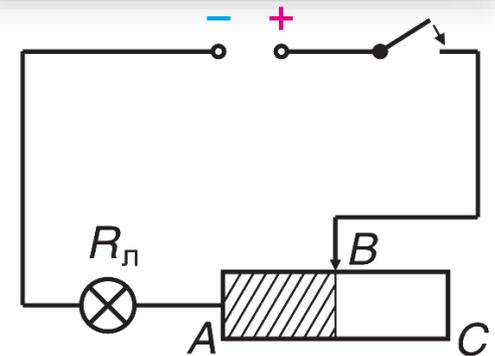


Диаметр проволоки:

$$d = \frac{l}{N} = \frac{30 \text{ мм}}{20} = 1,50 \text{ мм}$$

Погрешность измерения диаметра проволоки:

$$\Delta d = \frac{\Delta l}{N} = \frac{1 \text{ мм}}{20} = 0,05 \text{ мм}$$



23

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

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

Ответ:

--	--

1 балл

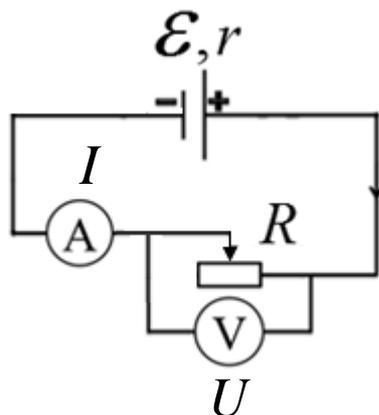
23

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

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

Ответ:

3	5
---	---



Закон Ома для полной замкнутой цепи

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r}$$

ε – ЭДС аккумулятора

R – внешнее сопротивление цепи (реостата)

r – внутреннее сопротивление аккумулятора

$(R+r)$ – полное сопротивление цепи

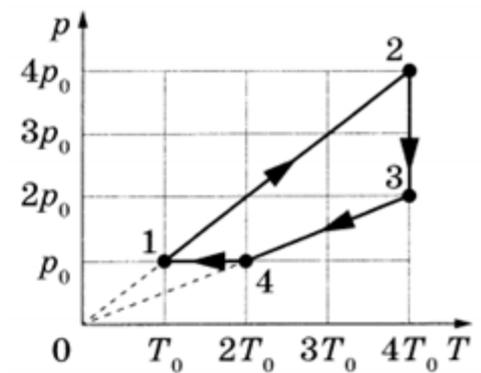
$$\varepsilon = I(R + r) = U + Ir$$

\Rightarrow

$$r = \frac{\varepsilon - U}{I}$$

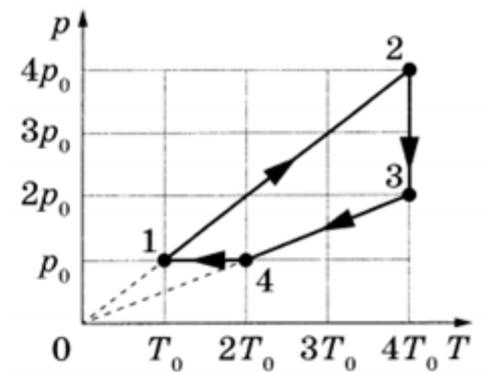
24

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



3 балла

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



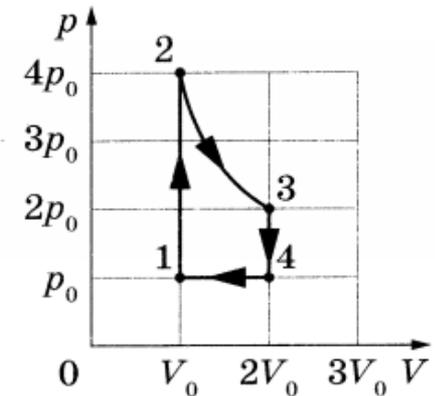
Решение: Работа газа численно равна площади фигуры под линией процесса на графике $p(V)$. Следовательно, надо построить такой график, учитывая уравнение М.-К.: $pV = \nu RT$ $\nu = 1$ моль.

1 \rightarrow 2: **Изохорное нагревание**, т.к. $p/T = \text{const}$ (и температура T , и давление p увеличились в 4 раза $\Rightarrow V = \text{const}$).

2 \rightarrow 3: **Изотермическое расширение**, т.к. $T = \text{const}$, то $pV = \text{const}$ (при уменьшении давления p в 2 раза объём газа V возрастает в 2 раза).

3 \rightarrow 4: **Изохорное охлаждение**, т.к. $p/T = \text{const}$ (и температура T , и давление p уменьшились в 2 раза).

4 \rightarrow 1: **Изобарное сжатие**, т.к. $p = \text{const}$, то $V/T = \text{const}$ (при уменьшении температуры в 2 раза объём газа уменьшается в 2 раза).



Работа газа в процессе 2-3 на графике $p(V)$ равна площади фигуры под гиперболой, **модуль работы внешних сил** в процессе 4-1 равен площади под горизонтальным участком 4-1. По графику видно, что $A_{23} > |A'_{41}|$.

Ответ: Работа газа в процессе 2-3 больше модуля работы внешних сил в процессе 4-1

25

Два велосипедиста стартуют одновременно в одном направлении. В момент старта второй находился позади первого на расстоянии 9 м от него. После старта они движутся прямолинейно и равноускоренно. Ускорение первого равно 1 м/с^2 , второго составляет 3 м/с^2 . Определите время, через которое второй велосипедист догонит первого.

2 балла

25

Два велосипедиста стартуют одновременно в одном направлении. В момент старта второй находился позади первого на расстоянии 9 м от него. После старта они движутся прямолинейно и равноускоренно. Ускорение первого равно 1 м/с^2 , второго составляет 3 м/с^2 . Определите время, через которое второй велосипедист догонит первого.

Дано:

$$v_{01} = v_{02} = 0$$

$$x_{01} = 9 \text{ м}$$

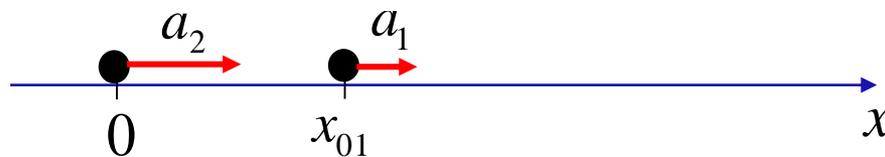
$$x_{02} = 0 \text{ м}$$

$$a_1 = 1 \text{ м/с}^2$$

$$a_2 = 3 \text{ м/с}^2$$

$t - ?$

Решение:



Закон равноускоренного движения каждого велосипедиста:

$$\begin{cases} x_1 = x_{01} + v_{01}t + \frac{a_1 t^2}{2} = x_{01} + \frac{a_1 t^2}{2} \\ x_2 = x_{02} + v_{02}t + \frac{a_2 t^2}{2} = \frac{a_2 t^2}{2} \end{cases}$$

В момент встречи: $x_1 = x_2 \Rightarrow x_{01} + \frac{a_1 t^2}{2} = \frac{a_2 t^2}{2}$

$$t = \sqrt{\frac{2x_{01}}{a_2 - a_1}} \quad t = \sqrt{\frac{2 \cdot 9}{3 - 1}} = 3 \text{ с.}$$

Ответ: $t = 3 \text{ с}$

26

На дифракционную решётку, имеющую 300 штрихов на 1 мм, перпендикулярно её поверхности падает лазерный луч частотой $4,8 \cdot 10^{14}$ Гц. Определите максимальное количество дифракционных максимумов, доступных для наблюдения на экране.

2 балла

26

На дифракционную решётку, имеющую 300 штрихов на 1 мм, перпендикулярно её поверхности падает лазерный луч частотой $4,8 \cdot 10^{14}$ Гц. Определите максимальное количество дифракционных максимумов, доступных для наблюдения на экране.

Дано:

$$d = \frac{1 \text{ мм}}{300}$$

$$\nu = 4,8 \cdot 10^{14} \text{ Гц}$$

$$N_{\text{max}} - ?$$

Решение: Условие наблюдения *max* для дифракционной решетки:

$$d \sin \varphi = m \lambda \quad (\varphi_{\text{max}} = 90^\circ)$$

φ – угол дифракции

Период
решётки:

$$d = \frac{10^{-3} \text{ м}}{300}$$

$$m_{\text{max}} = \frac{d}{\lambda}$$

$$\lambda = \frac{c}{\nu}$$

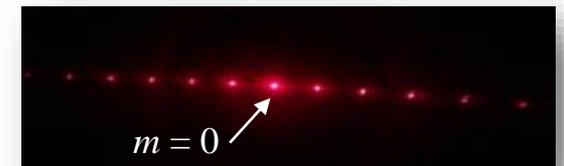
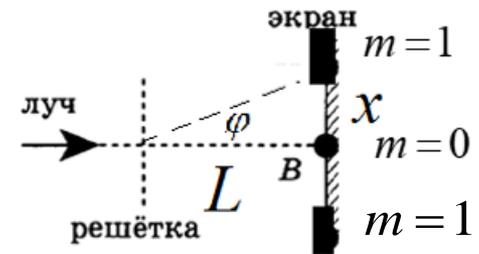
Связь между длиной волны и частотой колебаний $\vec{E}(\vec{B})$

$$m_{\text{max}} = \frac{d \nu}{c}$$

$$m_{\text{max}} = \frac{10^{-3} \text{ м} \cdot 4,8 \cdot 10^{14} \text{ Гц}}{300 \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}} = 5.$$

$$N_{\text{max}} = 2m_{\text{max}} + 1 = 2 \cdot 5 + 1 = 11.$$

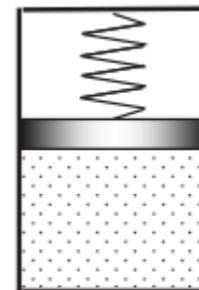
Ответ: $N_{\text{max}} = 11$



Дифракционная картина на экране

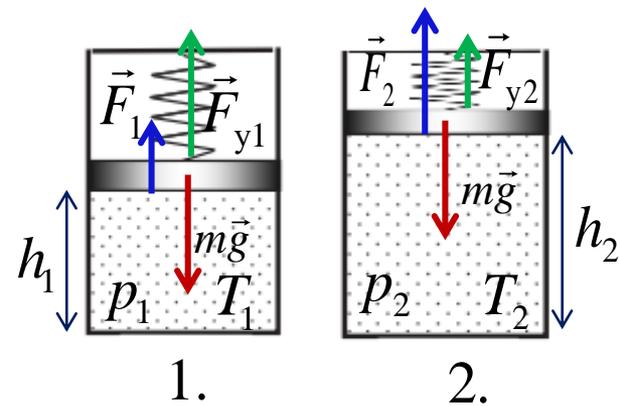
27

В вертикально расположенном закрытом цилиндрическом сосуде с гладкими стенками находится тяжёлый поршень, поддерживаемый растянутой пружиной на высоте $h_1 = 20$ см от дна сосуда (см. рисунок). Под поршнем находится 0,1 моль идеального газа при начальной температуре $T_1 = 300$ К. Если газ нагреть на $\Delta T = 110$ К, поршень поднимется на $\Delta h = 4$ см, а пружина останется растянутой. Определите жёсткость пружины. Считать, что в части сосуда над поршнем находится вакуум.

**3 балла**

27

В вертикально расположенном закрытом цилиндрическом сосуде с гладкими стенками находится тяжёлый поршень, поддерживаемый растянутой пружиной на высоте $h_1 = 20$ см от дна сосуда (см. рисунок). Под поршнем находится 0,1 моль идеального газа при начальной температуре $T_1 = 300$ К. Если газ нагреть на $\Delta T = 110$ К, поршень поднимется на $\Delta h = 4$ см, а пружина останется растянутой. Определите жёсткость пружины. Считать, что в части сосуда над поршнем находится вакуум.



Дано:

$$h_1 = 0,2 \text{ м}$$

$$\nu = 0,1 \text{ моль}$$

$$T_1 = 300 \text{ К}$$

$$\Delta T = 110 \text{ К}$$

$$\Delta h = 0,04 \text{ м}$$

$$k = ?$$

Решение:

Сила давления газа $F = pS$
 S – площадь поршня

$$F_y = kx$$

Сила упругости
 x – деформация пружины

Условие равновесия поршня

$$\nu = 0$$

$$m\vec{g} + \vec{F} + \vec{F}_y = 0$$

$$\Rightarrow \begin{cases} kx_1 = mg - p_1 S & (1) \\ kx_2 = mg - p_2 S & (2) \end{cases}$$

$$(1) - (2): k(x_1 - x_2) = S(p_2 - p_1) \quad \Delta h = x_1 - x_2 \Rightarrow k = \frac{S(p_2 - p_1)}{\Delta h}$$

$$pV = \nu RT \Rightarrow \begin{cases} p_1 Sh_1 = \nu RT_1 \\ p_2 Sh_2 = \nu RT_2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} p_1 = \nu RT_1 / Sh_1 \\ p_2 = \nu RT_2 / Sh_2 \end{cases}$$

Объём газа $V = Sh$

$$k = \frac{S}{\Delta h} \left(\frac{\nu RT_2}{Sh_2} - \frac{\nu RT_1}{Sh_1} \right) = \frac{\nu R}{\Delta h} \left(\frac{T_2}{h_2} - \frac{T_1}{h_1} \right)$$

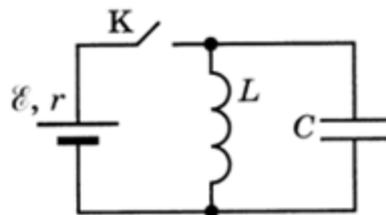
$$k = \frac{\nu R}{\Delta h} \left(\frac{T_1 + \Delta T}{h_1 + \Delta h} - \frac{T_1}{h_1} \right)$$

$$k = \frac{0,1 \cdot 8,31}{0,04} \left(\frac{300 + 110}{0,2 + 0,04} - \frac{300}{0,2} \right) \approx 4328 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$$

Ответ: $k = 4328 \text{ Н/м}$

28

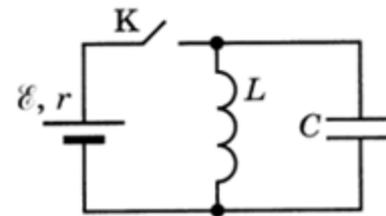
В электрической цепи, показанной на рисунке, ключ К длительное время замкнут, $\mathcal{E} = 3$ В, $r = 2$ Ом, $L = 1$ мГн, $C = 50$ мкФ. В момент времени $t = 0$ ключ К размыкают. Каково напряжение U на конденсаторе в момент времени, когда в ходе возникших электромагнитных колебаний сила тока в контуре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



Сопротивлением проводов и активным сопротивлением катушки пренебречь.

3 балла

В электрической цепи, показанной на рисунке, ключ К длительное время замкнут, $\mathcal{E} = 3 \text{ В}$, $r = 2 \text{ Ом}$, $L = 1 \text{ мГн}$, $C = 50 \text{ мкФ}$. В момент времени $t = 0$ ключ К размыкают. Каково напряжение U на конденсаторе в момент времени, когда в ходе возникших электромагнитных колебаний сила тока в контуре $I = 1 \text{ А}$?



Сопротивлением проводов и активным сопротивлением катушки пренебречь.

Дано:

$$\mathcal{E} = 3 \text{ В}$$

$$r = 2 \text{ Ом}$$

$$L = 10^{-3} \text{ Гн}$$

$$C = 50 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$$

$$I = 1 \text{ А}$$

$$U = ?$$

Решение:

- 1) *До размыкания ключа:* $U_C = U_L = IR_L = 0$ т.к. катушка и конденсатор включены параллельно, а сопротивление катушки равно нулю.

$$W_0 = \frac{LI_0^2}{2} \quad I_0 = \frac{\mathcal{E}}{R+r} = \frac{\mathcal{E}}{r} \Rightarrow W_0 = \frac{L\mathcal{E}^2}{2r^2} \quad \text{Энергия магнитного поля катушки до размыкания ключа}$$

- 2) *После размыкания ключа возникают свободные электромагнитные колебания в идеальном LC-контуре ($W = \text{const}$):*

$$W_0 = W \Rightarrow \frac{L\mathcal{E}^2}{2r^2} = \frac{LI^2}{2} + \frac{CU^2}{2} \Rightarrow U = \sqrt{\frac{L}{C} \left(\frac{\mathcal{E}^2}{r^2} - I^2 \right)}$$

$$U = \sqrt{\frac{10^{-3} \text{ Гн}}{50 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}} \left(\frac{(3 \text{ В})^2}{(2 \text{ Ом})^2} - (1 \text{ А})^2 \right)} = 5 \text{ В.}$$

Ответ: $U = 5 \text{ В}$

29

Фотокатод освещается светом с длиной волны 300 нм. Работа выхода вещества, из которого выполнен фотокатод, равна 2,76 эВ. Вылетевшие из фотокатода электроны попадают в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям индукции этого поля и движутся по окружности с максимальным радиусом 6 мм. Определите модуль индукции магнитного поля.

3 балла

29

Фотокатод освещается светом с длиной волны 300 нм. Работа выхода вещества, из которого выполнен фотокатод, равна 2,76 эВ. Вылетевшие из фотокатода электроны попадают в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям индукции этого поля и движутся по окружности с максимальным радиусом 6 мм. Определите модуль индукции магнитного поля.

Дано:

$$\lambda = 3 \cdot 10^{-7} \text{ м}$$

$$A_{\phi} = 4,48 \cdot 10^{-19} \text{ Джэ}$$

$$R = 6 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

$$m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$$

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

$$B - ?$$

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

Решение: $E_{\phi} = A_{\phi} + E_k$ Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта

$$\frac{hc}{\lambda} = A_{\phi} + \frac{m\nu^2}{2} \Rightarrow \nu = \sqrt{\frac{2}{m} \left(\frac{hc}{\lambda} - A_{\phi} \right)}$$

$$\nu = \sqrt{\frac{2}{9,1 \cdot 10^{-31}} \left(\frac{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{3 \cdot 10^{-7}} - 4,48 \cdot 10^{-19} \right)} \approx 6,8 \cdot 10^5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

В магнитном поле: $F_{\text{Лор}} = q\nu B \sin \alpha$
 $\sin 90^\circ = 1$

$$F = ma_{\text{ц}} = \frac{m\nu^2}{R}$$

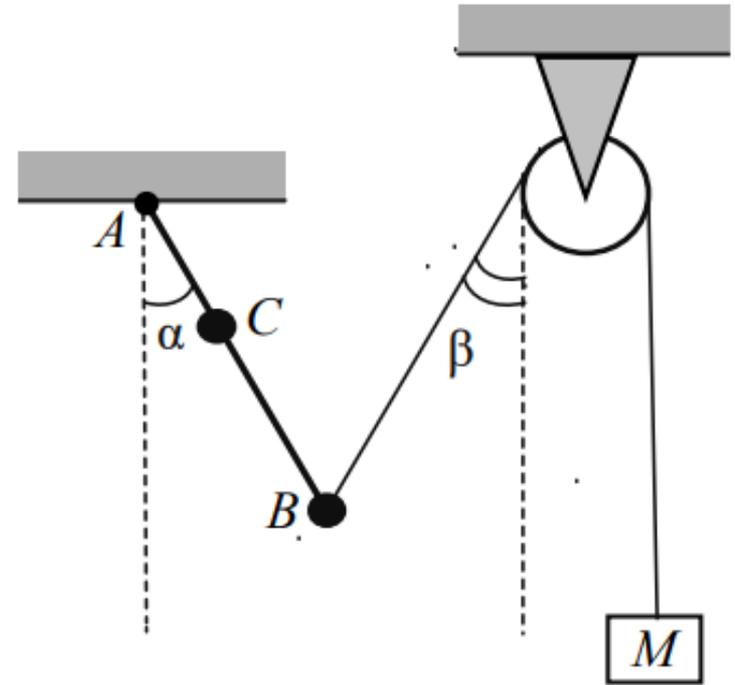
$$q\nu B = \frac{m\nu^2}{R} \Rightarrow B = \frac{m\nu}{qR}$$

$$B = \frac{9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 6,8 \cdot 10^5}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 6 \cdot 10^{-3}} \approx 6,4 \cdot 10^{-4} \text{ Тл.}$$

Ответ: $B = 0,64 \text{ мТл}$

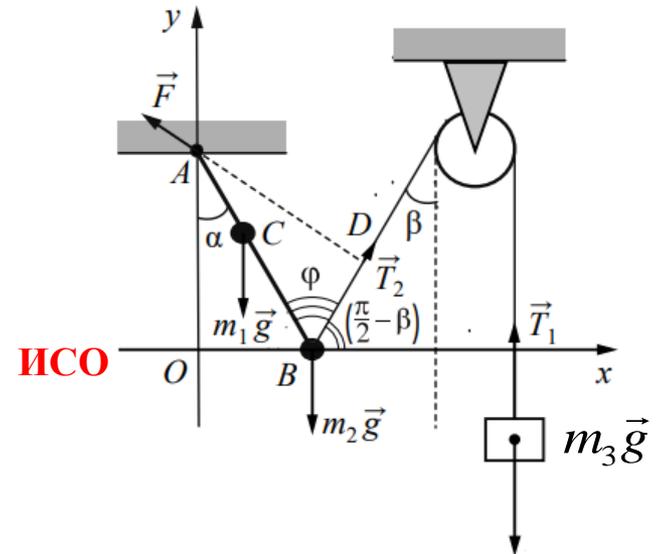
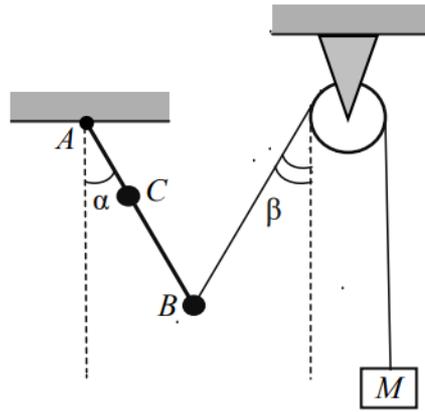
30

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



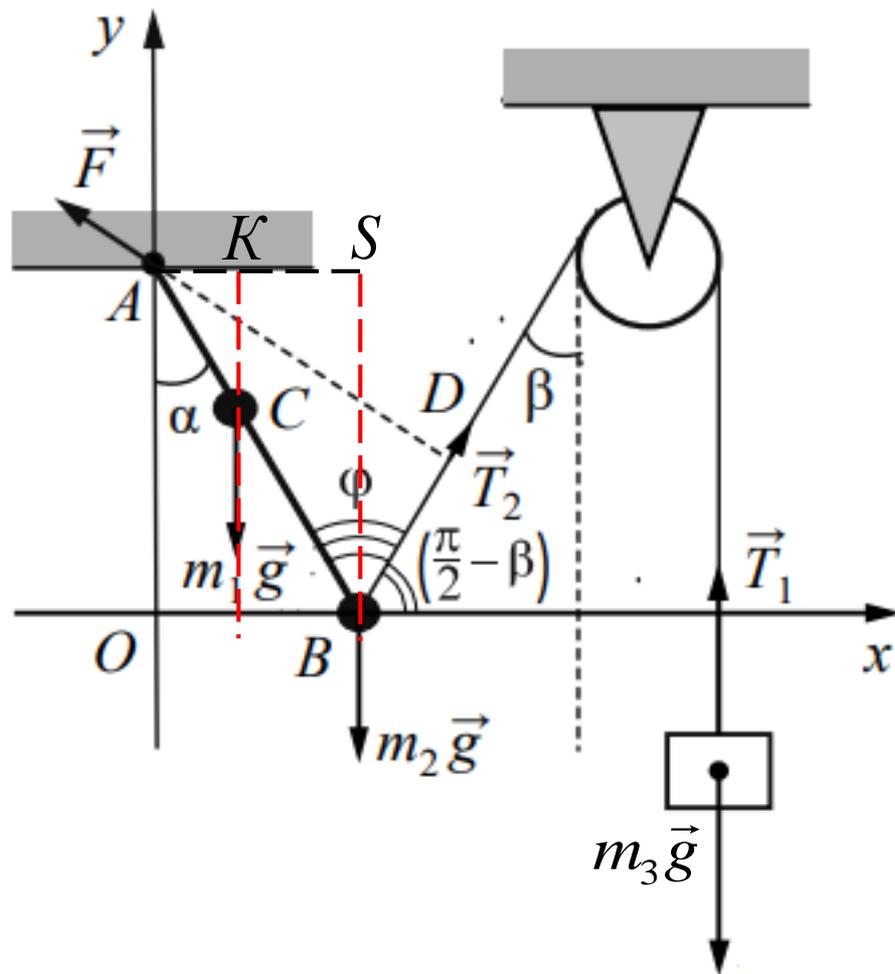
(1+3) балла

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



Обоснование

1. Рассмотрим задачу в системе отсчёта, связанную с Землёй. Будем считать эту систему отсчёта инерциальной (ИСО).
2. Стержень и грузики будем считать абсолютно твёрдым телом (это модель тела, размер и форма которого не меняется при любой нагрузке, то есть расстояние между двумя любыми точками тела постоянно).
3. Любое движение твёрдого тела является суперпозицией поступательного и вращательного движений. По этой причине рассматривают два условия равновесия тела – одно для поступательного движения (II закон Ньютона), другое для вращательного движения (правило моментов).
4. Поскольку стержень покоится, то векторная сумма внешних сил, приложенная к нему, равна 0, как и в случае груза. На груз действуют сила тяжести m_3g и сила натяжения T_1 . На стержень действуют вес грузиков m_1g , m_2g , сила натяжения T_2 и сила F со стороны шарнира. Следовательно, и алгебраическая сумма моментов этих сил будет равна нулю относительно оси вращения, проходящей перпендикулярно плоскости рисунка через точку A (шарнир).
5. Нить невесома, блок идеален (его масса пренебрежимо мала, трения нет), следовательно, модуль силы натяжения нити в любой её точке одинаков: $T_1 = T_2 = T$.



Плечо силы m_1g :

$$\Delta ACK : l_1 = AK = AC \cdot \sin \alpha$$

$$l_1 = b \cdot \sin \alpha$$

$$\angle ACK = \angle \alpha$$

Плечо силы m_2g :

$$\Delta ABS : l_2 = AS = AB \cdot \sin \alpha$$

$$l_2 = l \cdot \sin \alpha$$

$$\angle ABS = \angle \alpha$$

Плечо силы натяжения T_2 :

$$\Delta ABD : l_3 = AD = AB \cdot \sin \varphi$$

$$l_3 = l \cdot \sin(\alpha + \beta)$$

$$\angle SBD = \angle \beta$$

Относительно т. А:

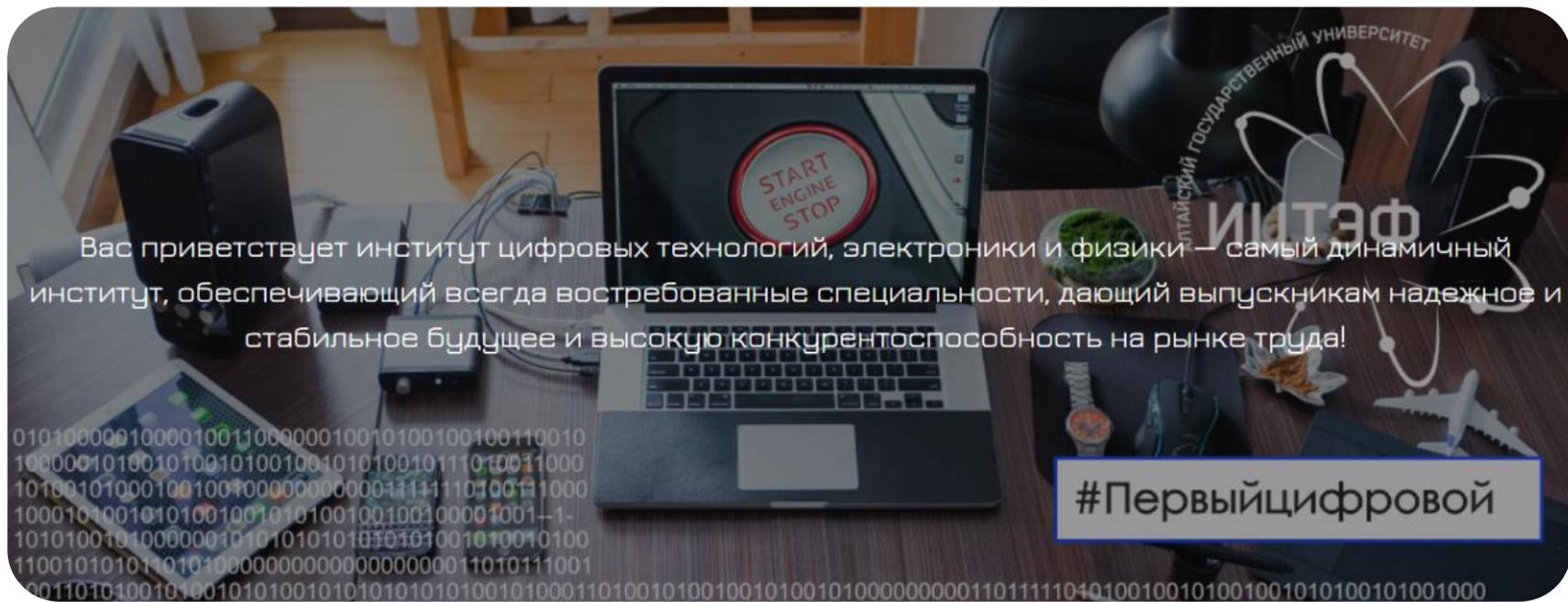
$$M_1 + M_2 + M_3 = 0$$



$$m_1 g \cdot l_1 + m_2 g \cdot l_2 - T \cdot l_3 = 0$$

Видеозаписи вебинаров и презентации на сайте ИЦТЭФ:

<https://phys.asu.ru/>



Следующий вебинар:

Вариант 002 КИМ ЕГЭ 2023

31.05.2023 в 15.00

Вход по ссылке: <https://events.webinar.ru/5496977/387955546>