

Физика

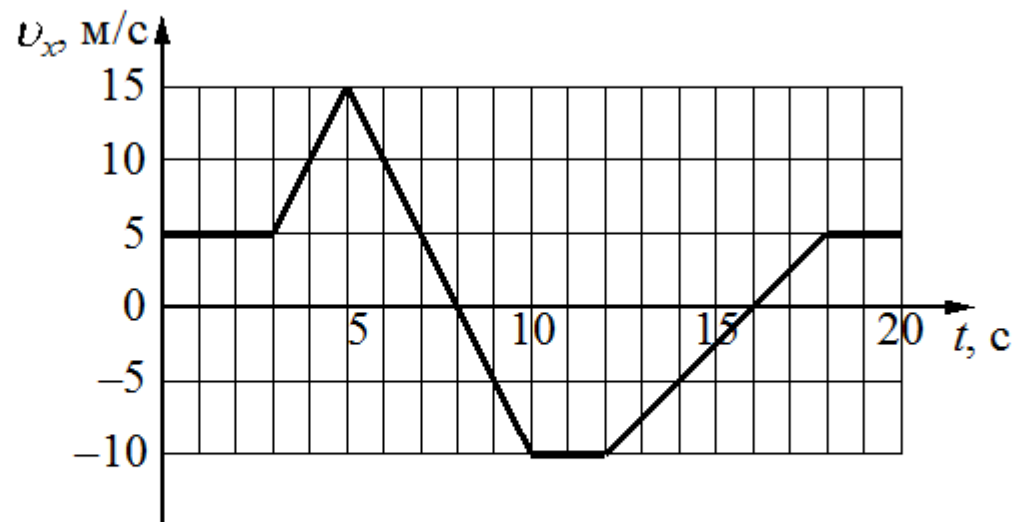
Тренировочный вариант 005 **КИМ ЕГЭ 2025**

Шимко Елена Анатольевна

к.п.н., доцент кафедры общей и экспериментальной физики АлтГУ,
председатель предметной комиссии ЕГЭ по физике в Алтайском крае

1

На рисунке приведён график зависимости проекции v_x скорости тела от времени t .



Определите проекцию s_x перемещения этого тела в интервале времени от 12 до 18 с.

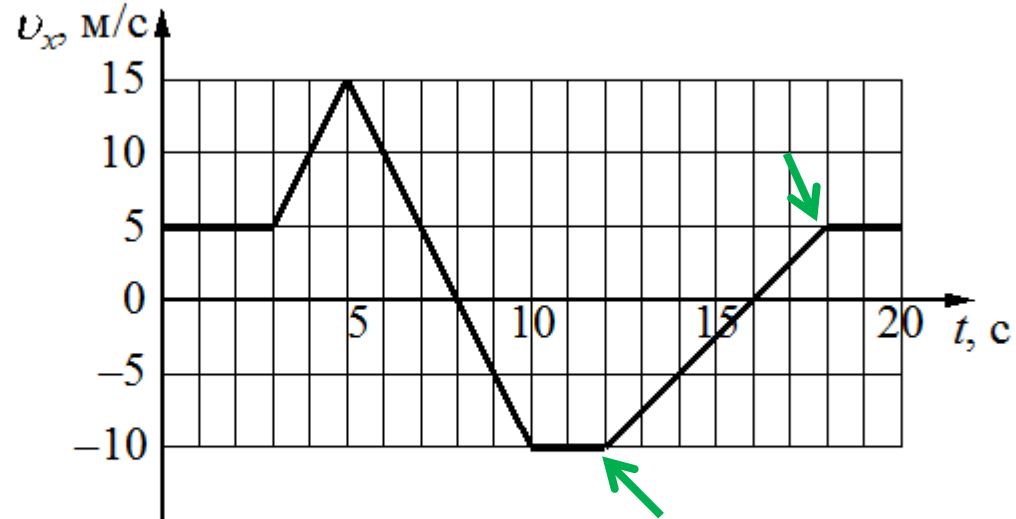
Ответ: _____ м.

1

На рисунке приведён график зависимости проекции v_x скорости тела от времени t .

*Проекция перемещения тела
при равноускоренном движении*

$$s_x = v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}$$



Проекция ускорения тела

$$a_x = \frac{v_x - v_{0x}}{t}$$

Определите проекцию s_x перемещения этого тела в интервале времени от 12 до 18 с.

Ответ: -15 м.

$$a_x = \frac{5 \text{ м/с} - (-10) \text{ м/с}}{6 \text{ с}} = 2,5 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$s_x = (-10) \cdot 6 + \frac{2,5 \cdot 6^2}{2} = -15 \text{ м}$$

2

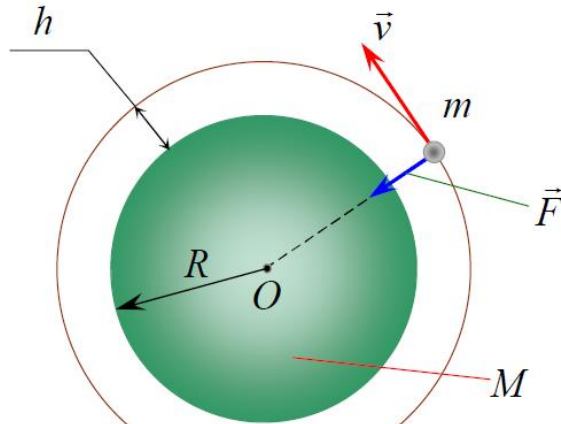
Определите силу тяжести, действующую на тело массой 1 кг на расстоянии трёх радиусов Земли от её поверхности.

Ответ: _____ Н.

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

$$r = R + h$$

$$r_2 = R + 3R$$

$$F = G \frac{m \cdot M}{r^2}$$

Закон всемирного тяготения

$$F = mg$$

Сила тяжести



$$g = G \frac{M}{r^2}$$

Ускорение свободного падения

r – расстояние от центра тела до центра Земли

$$g_1 = G \frac{M}{R^2} = 10 \frac{\mathcal{M}}{c^2}$$

Ускорение свободного падения на поверхности Земли

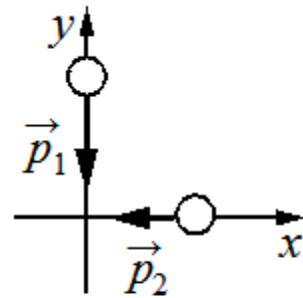
$$(r_1 = R)$$

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

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

3

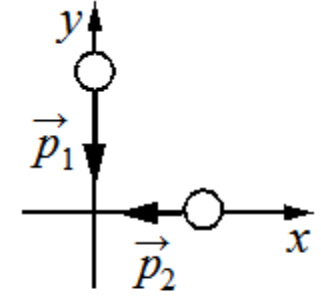
Два тела движутся по взаимно перпендикулярным пересекающимся прямым, как показано на рисунке. Модуль импульса первого тела $p_1 = 8 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$, второго тела $p_2 = 6 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$. Каков модуль импульса системы этих тел после их абсолютно неупругого удара?



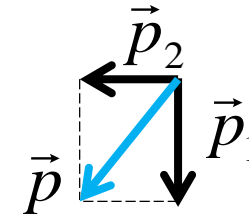
Ответ: _____ кг · м/с.

3

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



Ответ: 10 кг · м/с.



Закон сохранения импульса $\vec{p} = \text{const} \Rightarrow \vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{p}$

$$\vec{p}_1 \perp \vec{p}_2 \Rightarrow p = \sqrt{p_1^2 + p_2^2}$$

$$p = \sqrt{8^2 + 6^2} = 10 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$$

4

Пружинный маятник расположен на гладкой горизонтальной плоскости. Смещение груза этого пружинного маятника меняется относительно положения равновесия с течением времени по закону $x(t) = A \cos \frac{2\pi}{T} t$, где период колебаний $T = 0,8\text{с}$. Через какое минимальное время, начиная с момента $t = 0$, потенциальная энергия деформации пружины маятника примет минимальное значение?

Ответ: _____ с.

4

Пружинный маятник расположен на гладкой горизонтальной плоскости. Смещение груза этого пружинного маятника меняется относительно положения равновесия с течением времени по закону $x(t) = A \cos \frac{2\pi}{T} t$, где период колебаний $T = 0,8\text{c}$. Через какое минимальное время, начиная с момента $t = 0$, потенциальная энергия деформации пружины маятника примет минимальное значение?

Ответ: 0,2 с.

Потенциальная энергия
упруго деформированной пружины

$$E_p = \frac{kx^2}{2}$$

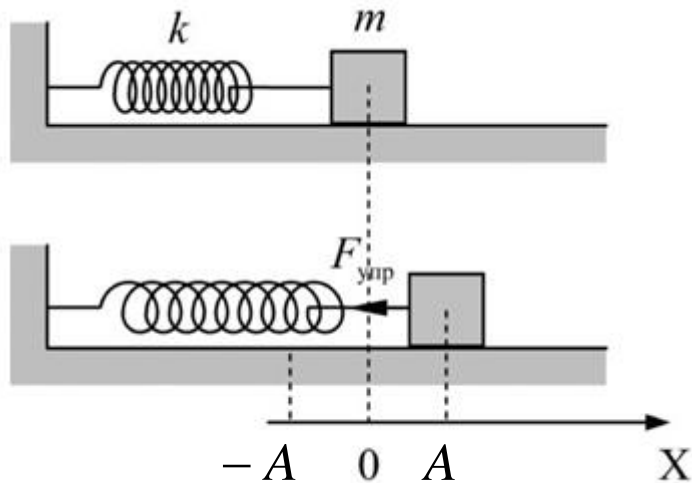
$$\Rightarrow E_p(t) = \frac{kA^2}{2} \cos^2 \frac{2\pi}{T} t$$

$$0 = \frac{kA^2}{2} \cos^2 \frac{2\pi}{T} t$$

$$\frac{kA^2}{2} \neq 0$$

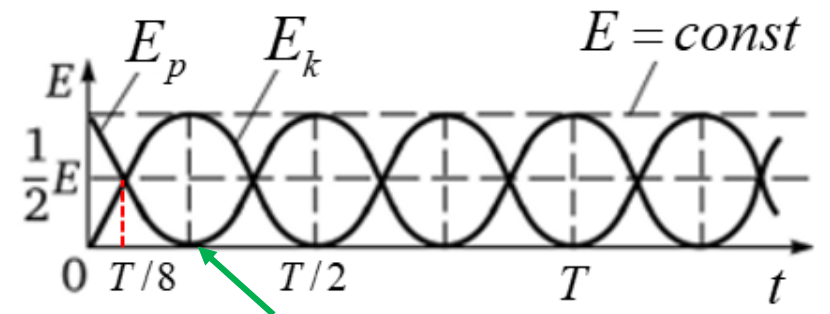
$$\Rightarrow \cos \frac{2\pi}{T} t = 0 \Rightarrow \frac{2\pi}{T} t = \frac{\pi}{2}$$

$$t = \frac{T}{4} = \frac{0,8\text{c}}{4} = 0,2\text{c}$$



$$t = 0: \quad x = A$$

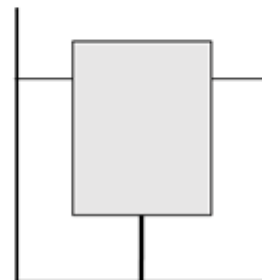
$$t = \frac{T}{4}: \quad x = 0$$



5

Сосновый брусок массой 4 кг, на 80 % погружённый в воду, удерживается в данном положении с помощью нити, прикреплённой ко дну сосуда.

Выберите из предложенного перечня все верные утверждения, характеризующие плавание бруска в сосуде.



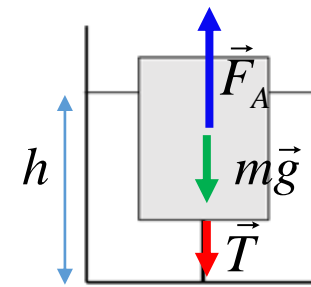
- 1) Сила натяжения нити равна 40 Н.
- 2) Если перерезать нить, то давление воды на дно сосуда не изменится.
- 3) Сила тяжести, действующая на брусок, равна силе Архимеда.
- 4) После того, как нить перережут, действующая на брусок сила Архимеда, уменьшится в 2 раза.
- 5) Чтобы брусок погрузился в воду полностью, на него необходимо поместить груз массой 2 кг.

Ответ: _____.

5

Сосновый брусок массой 4 кг, на 80 % погружённый в воду, удерживается в данном положении с помощью нити, прикреплённой ко дну сосуда.

Выберите из предложенного перечня все верные утверждения, характеризующие плавание бруска в сосуде.



Сила Архимеда

$$F_A = \rho_{\text{жс}} g V_{\text{подв}}$$

$$V_{\text{подв}} = 0,8V$$

$$V = \frac{m}{\rho} \quad \text{Объем бруска}$$

$$a = 0:$$

$$m\vec{g} + \vec{T} + \vec{F}_A = 0 \quad \text{2-й з.Н.}$$

- 1) Сила натяжения нити равна 40 Н.
- 2) Если перерезать нить, то давление воды на дно сосуда не изменится.
- 3) Сила тяжести, действующая на брусок, равна силе Архимеда.
- 4) После того, как нить перережут, действующая на брусок сила Архимеда, уменьшится в 2 раза.
- 5) Чтобы брусок погрузился в воду полностью, на него необходимо поместить груз массой 2 кг.

Ответ: 14 1) $T = F_A - mg$ $mg = 4 \cdot 10 = 40 \text{ Н}$, $F_A = 1000 \cdot 10 \cdot 0,8 \frac{4}{400} = 80 \text{ Н}$
 $T = 80 - 40 = 40 \text{ Н}$

- 2) $p = \rho_{\text{жс}} gh$ *Гидростатическое давление* $\rho_{\text{жс}} g = \text{const}$, $h \downarrow$
 Если перерезать нить, брусок всплывает до тех пор, пока сила Архимеда не станет равной силе тяжести (40 Н). Следовательно, объём вытесняемой жидкости и высота h уменьшаются.

3) $mg = 40 \text{ Н}$, $F_A = 80 \text{ Н}$

4) Согласно 2 $mg = (F_A)_{\text{нов}} = 40 \text{ Н}$

5) $F_A = \rho_{\text{жс}} g V_{\text{подв}} \Rightarrow F_A = \rho_{\text{жс}} g V = \rho_{\text{жс}} g \frac{m}{\rho} \Rightarrow F_A = 1000 \cdot 10 \cdot \frac{4}{400} = 100 \text{ Н}$

При силе Архимеда, равной 100 Н, масса бруска с грузом должна быть 10 кг ($T = 0$).
 Следовательно, масса груза должна быть 6 кг.

6

В результате перехода искусственного спутника Земли с одной круговой орбиты на другую его центростремительное ускорение уменьшается. Как изменяются в результате этого перехода потенциальная энергия спутника и период его обращения вокруг Земли?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

| Потенциальная энергия спутника | Период обращения спутника вокруг Земли |
|--------------------------------|--|
| | |

6

В результате перехода искусственного спутника Земли с одной круговой орбиты на другую его центростремительное ускорение уменьшается. Как изменяются в результате этого перехода потенциальная энергия спутника и период его обращения вокруг Земли?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

| Потенциальная энергия спутника | Период обращения спутника вокруг Земли |
|--------------------------------|--|
| 1 | 1 |

Закон

всемирного тяготения

$$F = G \frac{m \cdot M}{r^2} = mg$$

$$E_p = mgh$$

$$T = \frac{2\pi r}{v}$$

$$a_{\text{ц}} = \frac{v^2}{r}$$

$$v = \sqrt{ra_{\text{ц}}}$$

Скорость ИСЗ

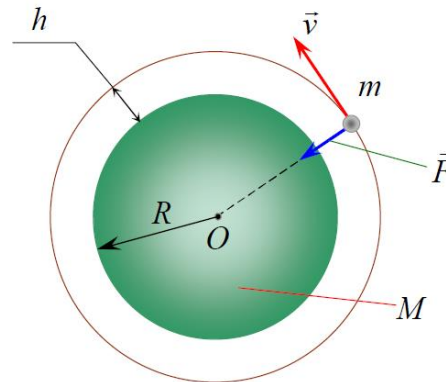
$$v = \sqrt{r \frac{GM}{r^2}} = \sqrt{\frac{GM}{r}}$$

Ускорение свободного падения

$$g = G \frac{M}{r^2} = a_{\text{ц}} \downarrow$$

$$\Rightarrow r = R + h \uparrow$$

Радиус орбиты спутника r и высота h увеличились ($R = \text{const}$ – радиус Земли)



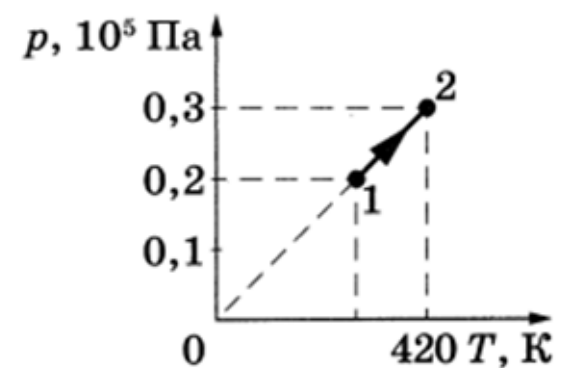
$$T = 2\pi r \sqrt{\frac{r}{GM}}$$

$$\Rightarrow T = 2\pi \sqrt{\frac{r^3}{GM}}$$

7

На рисунке показано изменения состояния разреженного неона в количестве 3 моль. Какая температура соответствует состоянию 1?

Ответ: _____ К.



7

На рисунке показано изменения состояния разреженного неона в количестве 3 моль. Какая температура соответствует состоянию 1?

Ответ: 280 К.

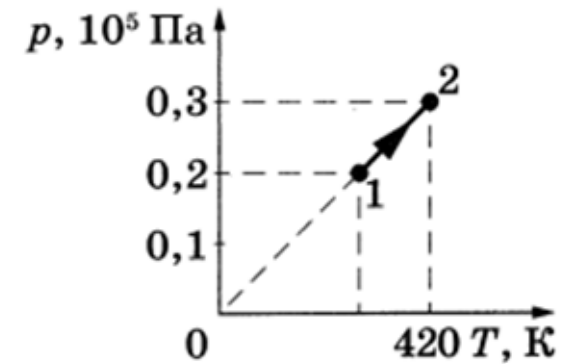
Если Ответ: 7 °C. $T = t + 273$

Уравнение Клапейрона-Менделеева $pV = \nu RT$ $\nu = const$

На графике $p(T)$ **давление** p возрастает прямо пропорционально **температуре** газа T , следовательно, происходит **изохорное нагревание** неона:

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} \Rightarrow T_1 = \frac{p_1 T_2}{p_2}$$

$$T_1 = \frac{0,2 \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot 420 \text{ К}}{0,3 \cdot 10^5 \text{ Па}} = 280 \text{ К}$$



8

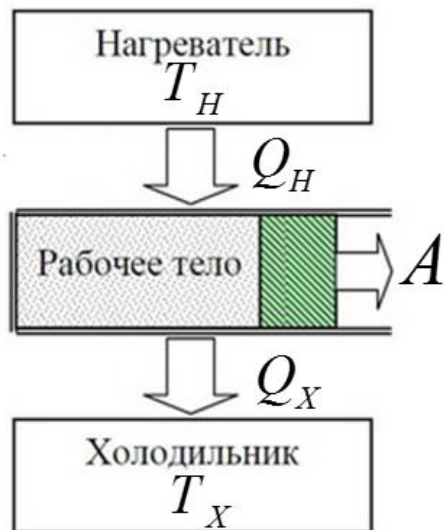
Рабочее тело тепловой машины за цикл совершает работу 45 Дж. Какое количество теплоты отдаёт холодильнику рабочее тело, если КПД тепловой машины равен 15%?

Ответ: _____ Дж.

8

Рабочее тело тепловой машины за цикл совершает работу 45 Дж. Какое количество теплоты отдаёт холодильнику рабочее тело, если КПД тепловой машины равен 15%?

Ответ: 255 Дж.



$$\eta = \frac{A}{Q_H} = \frac{Q_H - |Q_X|}{Q_H}$$

КПД тепловой машины $\eta = 0,15$

$$Q_H = \frac{A}{\eta}$$

$$Q_H = \frac{45 \text{ Дж}}{0,15} = 300 \text{ Дж}$$

$$\eta = 1 - \frac{|Q_X|}{Q_H}$$

$$\Rightarrow \frac{|Q_X|}{Q_H} = 1 - \eta$$

$$\Rightarrow |Q_X| = Q_H (1 - \eta)$$

$$|Q_X| = 300 \text{ Дж} (1 - 0,15) = 255 \text{ Дж}$$

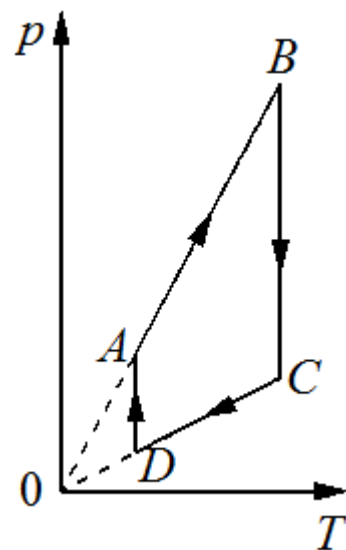
9

На рисунке показан график циклического процесса, проведённого с одноатомным идеальным газом, в координатах p – T , где p – давление газа, T – абсолютная температура газа. Количество вещества газа постоянно.

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

- 1) Газ за цикл совершает отрицательную работу.
- 2) В процессе AB газ получает положительное количество теплоты.
- 3) В процессе BC внутренняя энергия газа остаётся неизменной.
- 4) В процессе CD над газом совершают положительную работу внешние силы.
- 5) В процессе DA газ изотермически расширяется.

Ответ: _____ .



9

- 1) Газ за цикл совершает отрицательную работу.
- 2) В процессе AB газ получает положительное количество теплоты.
- 3) В процессе BC внутренняя энергия газа остаётся неизменной.
- 4) В процессе CD над газом совершают положительную работу внешние силы.
- 5) В процессе DA газ изотермически расширяется.

$$v = const$$

Уравнение К.-М.

$$pV = \nu RT$$

I закон термодинамики

$$Q = \Delta U + A$$

Ответ: 23.

- 1) $pV = \nu RT \Rightarrow$ AB – *изохорное нагревание*, BC – *изотермическое расширение*,
 CD – *изохорное охлаждение*, DA – *изотермическое сжатие*

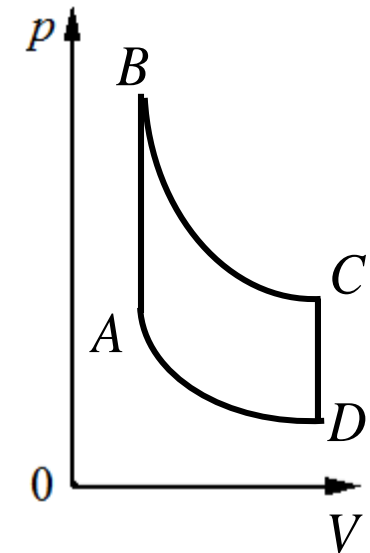
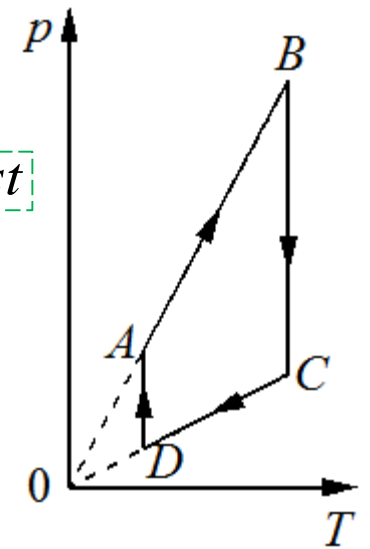
Работа газа за цикл положительная, так как при изохорных процессах ($V = const$) работа не совершается, а при расширении (участок BC) газ совершил большую работу, чем внешние силы при сжатии (участок DA) – можно сравнить площадь фигур под отрезками BC и DA на графике $p(V)$.

- 2) $Q = \Delta U + A$ $A = 0$ ($V = const$) \Rightarrow $Q = \Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T$ $T \uparrow \Rightarrow Q > 0$.

- 3) $U = \frac{3}{2} \nu RT$ $T = const \Rightarrow U = const$

- 4) $A' = -A$ *Работа внешних сил (A') и работа газа (A) не совершается, так как при изохорных процессах объём газа не меняется ($V = const$).*

- 5) DA – *изотермическое сжатие* $V = \frac{\nu RT}{p}$ $p(V)$ – *обратная пропорциональная зависимость, на графике $p(V)$ представлена гиперболой*



10

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

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

| Парциальное давление первого газа | Давление смеси газов |
|-----------------------------------|----------------------|
| | |

10

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

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Уравнение К.-М.

$$pV = \nu RT$$

| Парциальное давление первого газа | Давление смеси газов |
|-----------------------------------|----------------------|
| 3 | 2 |

I.

2 моль + 2 моль

$$p_{01} = \frac{\nu_1 RT}{V} = \frac{2RT}{V}$$

$$p = p_1 + p_2 \text{ Закон Дальтона}$$

II.

2 моль + 1 моль

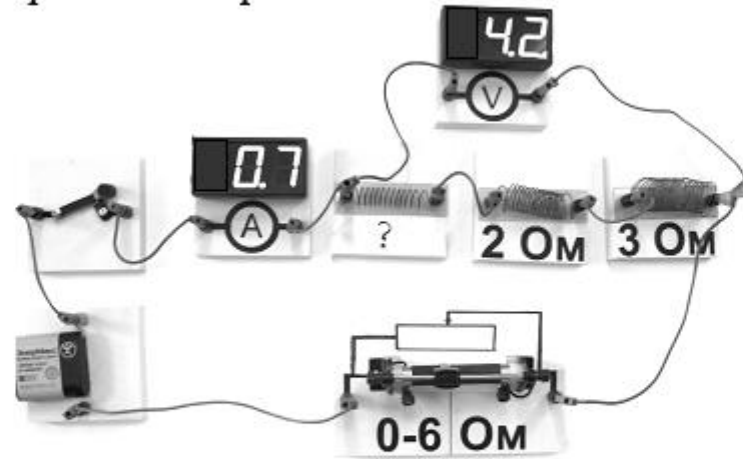
$$p_1 = \frac{(1+1)RT}{V}$$

$$p_1 = \frac{(\nu_{01} + \nu_{02})RT}{V} = \frac{(2+2)RT}{V}$$

$$p_{II} = \frac{(\nu_1 + \nu_2)RT}{V} = \frac{(2+1)RT}{V}$$

11

На фотографии представлена электрическая цепь. Показания вольтметра даны в вольтах, амперметра – в амперах.

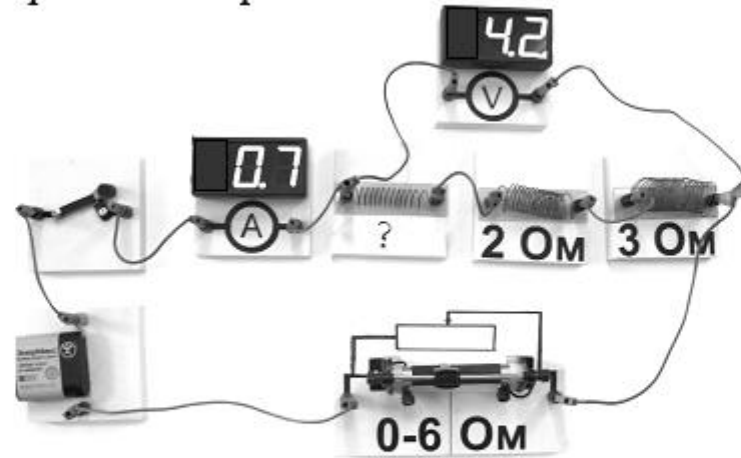


Чему равно сопротивление неизвестного резистора? Вольтметр и амперметр считать идеальными.

Ответ: _____ Ом.

11

На фотографии представлена электрическая цепь. Показания вольтметра даны в вольтах, амперметра – в амперах.



Чему равно сопротивление неизвестного резистора? Вольтметр и амперметр считать идеальными.

Ответ: 1 Ом.

*Закон Ома
для участка цепи*

$$I = \frac{U}{R}$$

$$R = R_1 + R_2 + R_3$$

*При последовательном
соединении*

$$\frac{U}{I} = R_1 + R_2 + R_3 \Rightarrow R_1 = \frac{U}{I} - (R_2 + R_3)$$

$$R_1 = \frac{4,2B}{0,7A} - (2Ом + 3Ом) = 1Ом$$

12

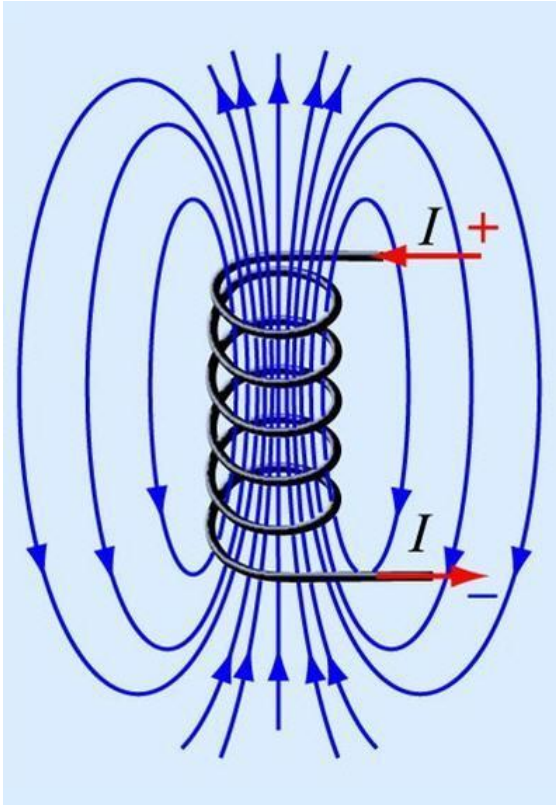
Какова сила тока в катушке катушки индуктивностью 0,8 Гн, если энергия магнитного поля в ней равна 0,9 Дж?

Ответ: _____ А.

12

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

Ответ: 1,5 А.



$$W_M = \frac{LI^2}{2}$$

Энергия магнитного поля катушки с током I



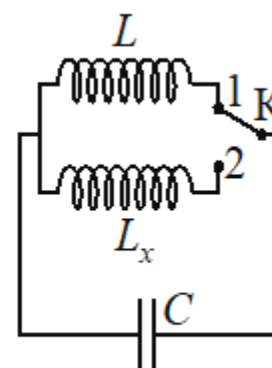
$$I = \sqrt{\frac{2W_M}{L}}$$

$$I = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,9}{0,8}} = 1,5 \text{ A}$$

13

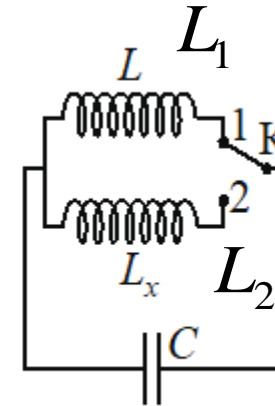
Индуктивность катушки идеального колебательного контура $L = 0,1$ Гн. Какой должна быть индуктивность L_x катушки в контуре (см. рисунок), чтобы при переводе ключа К из положения 1 в положение 2 частота собственных электромагнитных колебаний в контуре уменьшилась в 3 раза?

Ответ: _____ Гн.



13

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



Ответ: 0,9 Гн.

$$T = 2\pi\sqrt{LC}$$

Период электромагнитных колебаний в LC-контуре (формула Томсона)

$$\nu = \frac{1}{T} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Частота электромагнитных колебаний в LC-контуре

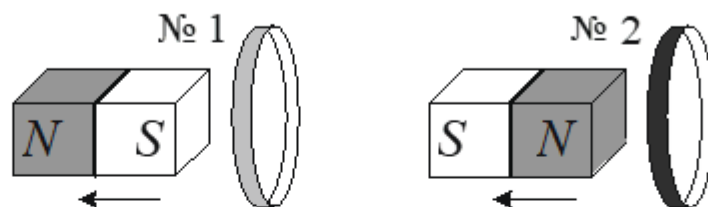
$\nu(L)$ – обратная коренная зависимость

$$\nu_2 = \frac{\nu_1}{3} \Rightarrow L_2 = 9L_1$$

$$L_2 = 9 \cdot 0,1 \text{ Гн} = 0,9 \text{ Гн}$$

14

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



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

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

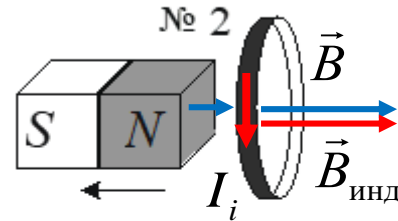
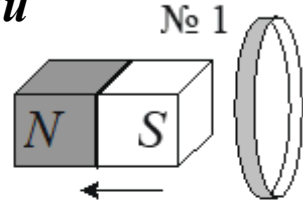
Ответ: _____.

14

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

Закон электромагнитной индукции

$$\mathcal{E}_i = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \Big|_{\Delta t \rightarrow 0} = - \Phi'_t$$



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

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

- 1) В кольце № 1 возникает индукционный ток. *Дерево – диэлектрик (нет свободных носителей заряда)*
- 2) В кольце № 2 индукционный ток **не** возникает. *Медь – проводник (свободные носители заряда – электроны)*
- 3) Кольцо № 1 не взаимодействует с магнитом.
- 4) Кольцо № 2 притягивается к магниту.
- 5) В кольце № 1 возникает ЭДС электромагнитной индукции.

Ответ: 34.

- 2) *Сила индукционного тока по закону Ома для контура*

$$I_i = \frac{\mathcal{E}_i}{R}$$

R – сопротивление кольца

$$\mathcal{E}_i = \frac{A_{\text{стоп}}}{q} = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \quad \text{ЭДС индукции}$$

- 4) **Магнитный поток** (Φ) уменьшается, следовательно, по правилу Ленца силовые линии магнитного поля $B_{\text{инд}}$ индукционного тока в кольце № 2 совпадают во направлению с силовыми линиями магнитного поля B постоянного магнита \Rightarrow кольцо притягивается к магниту. <https://www.youtube.com/watch?v=q-Rd2DvITU4>

- 1,3,5) *В диэлектриках нет свободных носителей электрического заряда, поэтому при изменении магнитного потока (Φ) сквозь поверхность, ограниченную кольцом, ЭДС индукции не возникает. Следовательно, в кольце № 1 не возникает индукционный ток и кольцо не взаимодействует с постоянным магнитом.*

15

Ион натрия движется по окружности в однородном магнитном поле. Как изменятся сила, действующая на ион в магнитном поле, и частота его обращения, если уменьшить модуль вектора магнитной индукции магнитного поля? Скорость иона остаётся неизменной.

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

| Сила, действующая на ион в магнитном поле | Частота обращения иона |
|---|------------------------|
| | |

15

Ион натрия движется по окружности в однородном магнитном поле. Как изменится сила, действующая на ион в магнитном поле, и частота его обращения, если уменьшить модуль вектора магнитной индукции магнитного поля? Скорость иона остаётся неизменной.

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины.

Цифры в ответе могут повторяться.

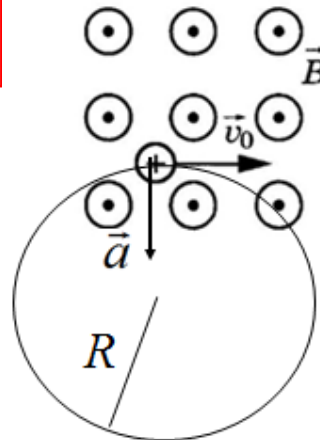
| Сила, действующая на ион в магнитном поле | Частота обращения иона |
|---|------------------------|
| 2 | 2 |

По II закону Ньютона

$$F_{\text{Л}} = ma = m \frac{v^2}{R}$$

Сила Лоренца

$$F_{\text{Л}} = |q|vB \sin \alpha$$



$$v = \frac{1}{T} = \frac{v}{2\pi R}$$

$$v = \frac{v}{2\pi} \cdot \frac{qB}{m v} \Rightarrow$$

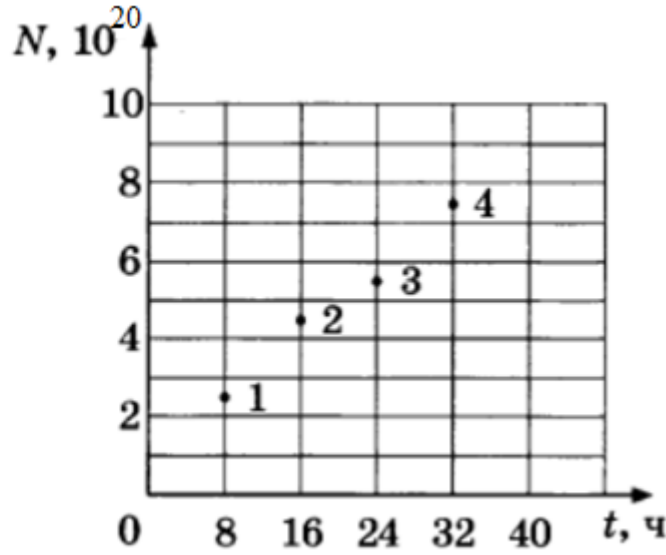
$$v = \frac{qB}{2\pi m}$$

$$R = \frac{m v}{q B}$$

16

Из ядер эрбия ${}^{171}_{68}\text{Er}$ при β^- -распаде с периодом полураспада 8 ч образуются ядра тулия с периодом полураспада 2 года. В момент начала наблюдения в образце содержится $8 \cdot 10^{20}$ ядер эрбия. Через какую из точек, кроме начала координат, пройдет график зависимости от времени числа ядер тулия (см. рисунок)?

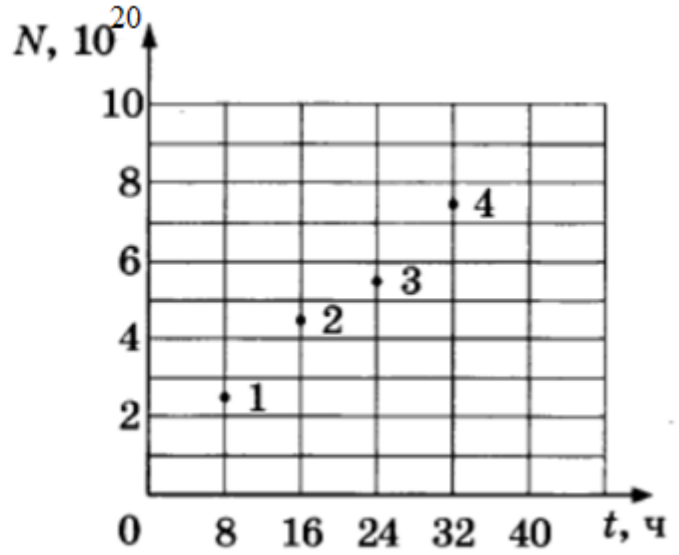
Ответ: _____.



16

Из ядер эрбия ${}^{171}_{68}\text{Er}$ при β^- -распаде с периодом полураспада 8 ч образуются ядра тулия с периодом полураспада 2 года. В момент начала наблюдения в образце содержится $8 \cdot 10^{20}$ ядер эрбия. Через какую из точек, кроме начала координат, пройдет график зависимости от времени числа ядер тулия (см. рисунок)?

Ответ: 4.



$$T = 8\text{ч}$$

Закон радиоактивного распада

$$N = N_0 \cdot 2^{-t/T}$$

⇓

$$N = \frac{N_0}{2^{t/T}}$$

| t | Эрбий $N, 10^{20}$ количество материнских ядер | Тулий $N, 10^{20}$ количество дочерних ядер |
|-----------|---|--|
| 0 | 8 | 0 |
| T | 4 | 4 |
| 2T | 2 | 6 |
| 3T | 1 | 7 |
| 4T | 0,5 | 7,5 |

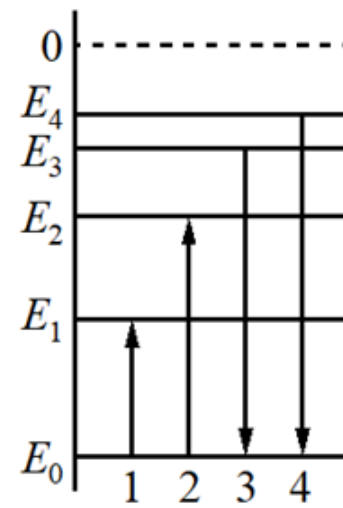
Количество ядер тулия

$$N_0 - N = N_0 - \frac{N_0}{2^{t/T}}$$

Период полураспада тулия намного больше, чем у эрбия => можно считать, что ядра тулия стабильные в наблюдаемый интервал времени.

17

На рисунке изображена упрощённая диаграмма энергетических уровней атома. Нумерованными стрелками отмечены некоторые возможные переходы атома между этими уровнями. Установите соответствие между процессами поглощения и излучения света и энергией соответствующего фотона. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



ПРОЦЕСС

- А) поглощение света с наименьшей частотой
 Б) излучение кванта света с наименьшей длиной волны

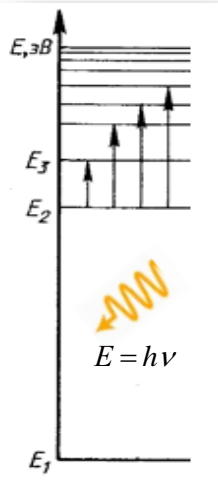
ЭНЕРГИЯ ФОТОНА

- 1) $E_1 - E_0$
 2) $E_2 - E_0$
 3) $E_3 - E_0$
 4) $E_4 - E_0$

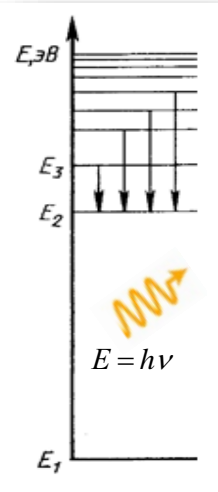
Ответ:

| А | Б |
|---|---|
| | |

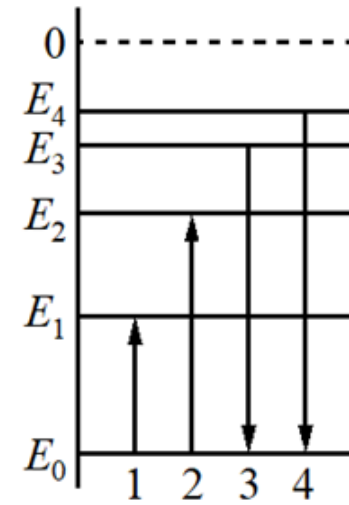
На рисунке изображена упрощённая диаграмма энергетических уровней атома. Нумерованными стрелками отмечены некоторые возможные переходы атома между этими уровнями. Установите соответствие между процессами поглощения и излучения света и энергией соответствующего фотона. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



Поглощение



Излучение



ПРОЦЕСС

- А) поглощение света с наименьшей частотой
 Б) излучение кванта света с наименьшей длиной волны

ЭНЕРГИЯ ФОТОНА

- 1) $E_1 - E_0$
 2) $E_2 - E_0$
 3) $E_3 - E_0$
 4) $E_4 - E_0$

Ответ:

| | |
|---|---|
| А | Б |
| 1 | 4 |

Энергия фотона

$$E = h\nu_{kn} = E_k - E_n \quad \text{2-й постулат Бора}$$

$$E = h\nu_{kn} = \frac{hc}{\lambda_{kn}} \quad \text{(Планк)}$$

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

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

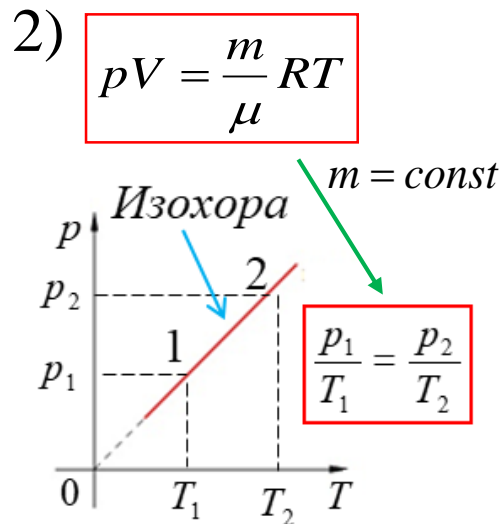
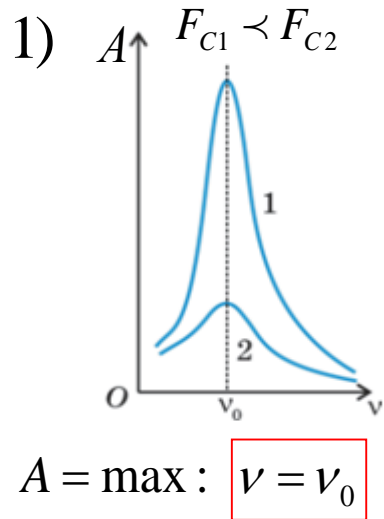
Ответ: _____.

18

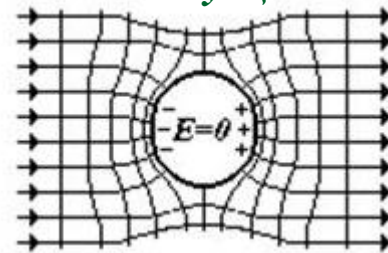
Выберите все верные утверждения о физических явлениях, величинах и закономерностях. Запишите цифры, под которыми они указаны.

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

Ответ: 25.

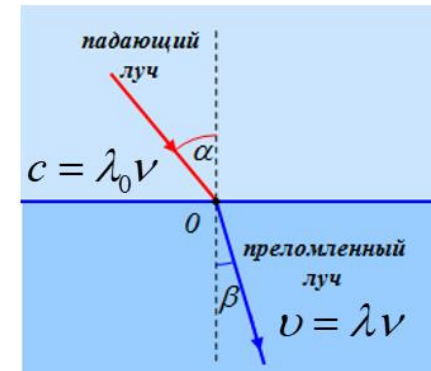


3) **Электростатическая индукция**



Линии со стрелками – силовые линии внешнего однородного электростатического поля; перпендикулярные им линии – это эквипотенциальные поверхности поля.

4) $v = \frac{c}{n}$ $\lambda = \frac{\lambda_0}{n}$



$v = const$

5) $E_{св.} = \Delta M \cdot c^2$

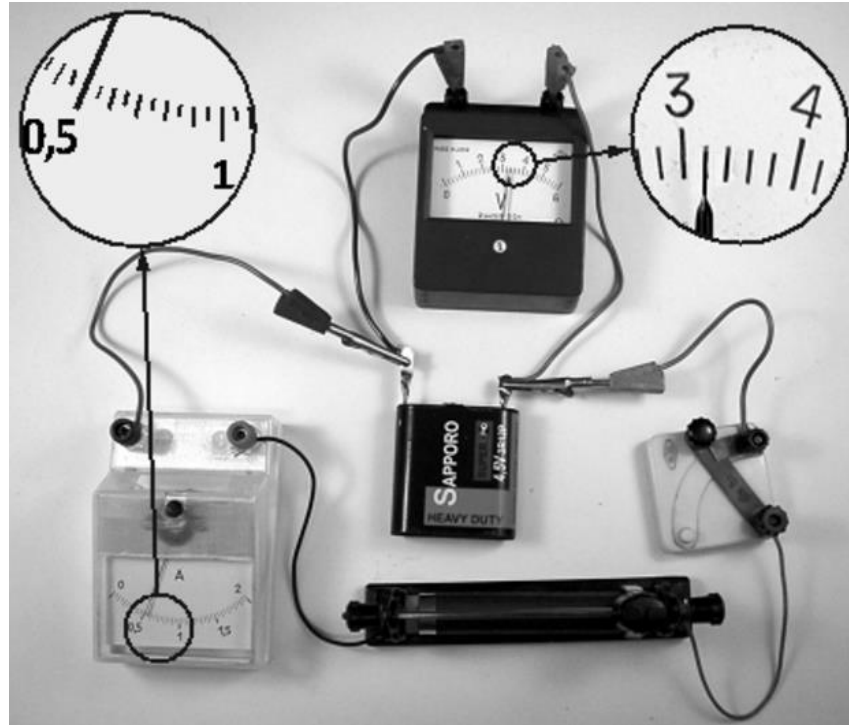
Дефект масс

$\Delta M = Zm_p + Nm_n - M_{Я}$



19

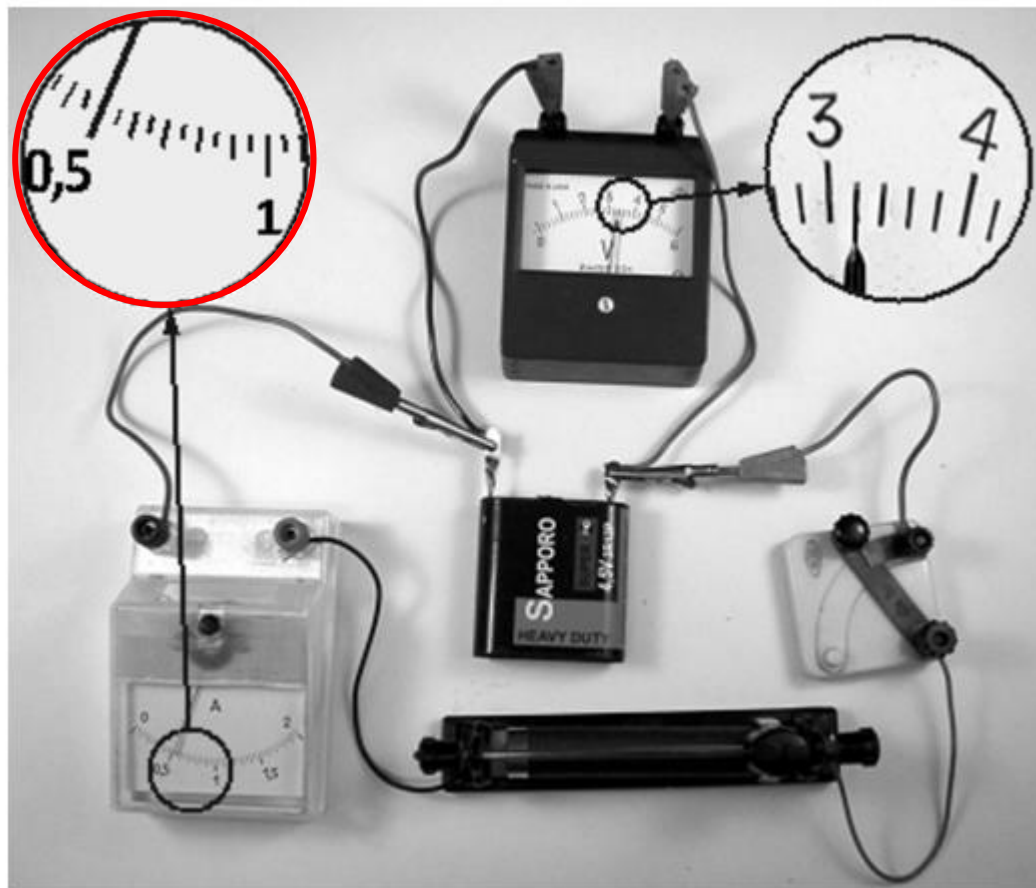
На рисунке приведена фотография электрической цепи по измерению сопротивления реостата. Погрешности измерения силы тока в цепи и напряжения на реостате равны половине цены деления амперметра и вольтметра. Определите показания амперметра.



Ответ: (_____ \pm _____) A.

19

На рисунке приведена фотография электрической цепи по измерению сопротивления реостата. Погрешности измерения силы тока в цепи и напряжения на реостате равны половине цены деления амперметра и вольтметра. Определите показания амперметра.



Цена деления шкалы амперметра

$$c = \frac{1A - 0,5A}{10} = 0,05A$$

Погрешность измерения силы тока

$$\Delta I = \frac{c}{2} = \frac{0,05A}{2} = 0,025A$$

Запись ответа на Бланке № 1

Ответ: (0,500 ± 0,025) A.

19 0 , 5 0 0 0 , 0 2 5

20

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

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

В ответе запишите номера выбранных предметов.

Ответ: _____.

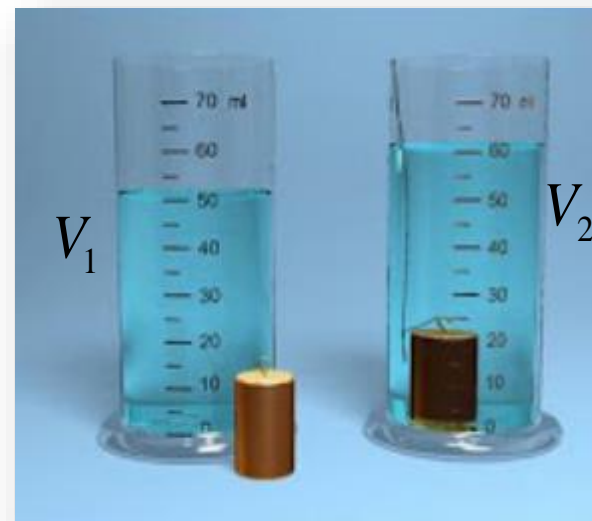
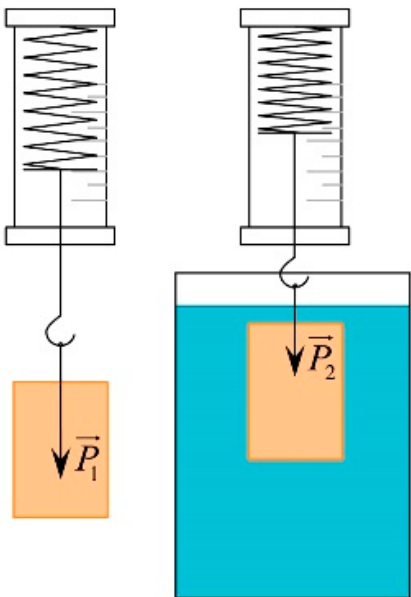
20

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

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

В ответе запишите номера выбранных предметов.

Ответ: 15.



Сила Архимеда

$$F_A = \rho_{\text{ж}} g V = P_1 - P_2$$

P_1 — вес цилиндра в воздухе

P_2 — вес цилиндра в бензине

$V = V_2 - V_1$ объём цилиндра

$$\rho_{\text{ж}} = \frac{P_1 - P_2}{g(V_2 - V_1)}$$

21

На рис. 1 приведена зависимость внутренней энергии U 1 моль идеального одноатомного газа от его объёма V в процессе 1–2–3. Постройте график этого процесса в переменных p – V (p – давление газа). Точка, соответствующая состоянию 1, уже отмечена на рис. 2. Построение объясните, опираясь на законы молекулярной физики.

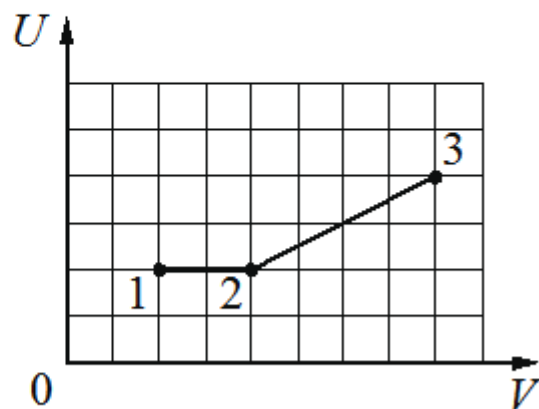


Рис. 1

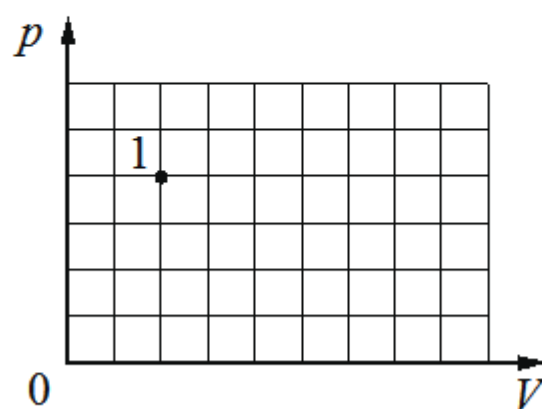


Рис. 2

21

На рис. 1 приведена зависимость внутренней энергии U 1 моль идеального одноатомного газа от его объёма V в процессе 1–2–3. Постройте график этого процесса в переменных p – V (p – давление газа). Точка, соответствующая состоянию 1, уже отмечена на рис. 2. Построение объясните, опираясь на законы молекулярной физики.

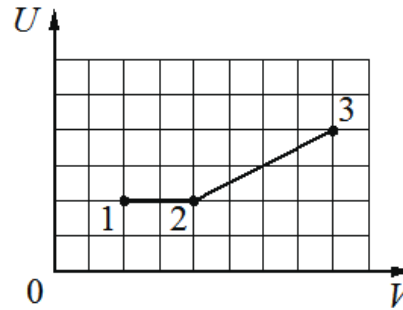


Рис. 1

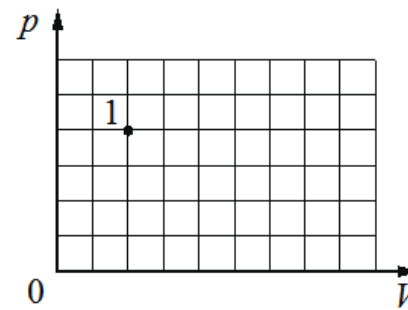


Рис. 2

Решение:

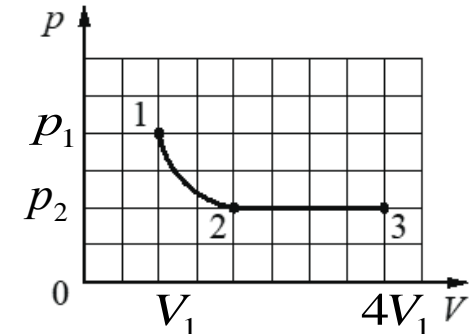
Внутренняя энергия идеального одноатомного газа пропорциональна его абсолютной температуре: $U = \frac{3}{2} \nu RT$. Значит, на участке 1–2 температура газа не меняется, происходит изотермическое расширение ($T = const$). Давление p газа в этом процессе в соответствии с законом Бойля – Мариотта уменьшается в 2 раза:

$$pV = \nu RT \quad \nu = const \quad \Rightarrow \quad p_1 V_1 = p_2 V_2 \quad V_2 = 2V_1 \quad \Rightarrow \quad p_2 = \frac{1}{2} p_1.$$

В координатах p – V график 1-2 является гиперболой.

На участке 2–3 внутренняя энергия, а также температура пропорциональны объёму V , процесс при постоянном количестве вещества согласно уравнению Клапейрона – Менделеева является изобарным расширением, давление в нём не меняется ($p = const$), а объём в соответствии с графиком на рис. 1 увеличивается в 2 раза: $V_3 = 2V_2 = 4V_1$.

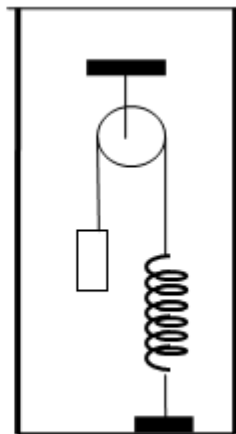
В координатах p – V график 2-3 является отрезком горизонтальной прямой.



Ответ:

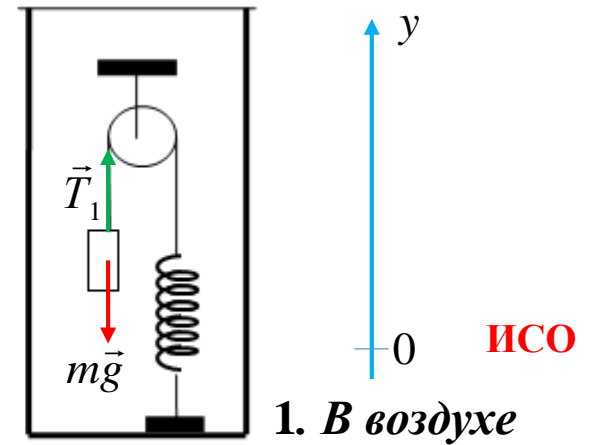
22

В сосуде (см. рисунок) находится система тел, состоящая из блока с перекинутой через него нитью, к концам которой привязаны тело объёмом V и пружина жёсткостью k . Нижний конец пружины прикреплён ко дну сосуда. Как изменится сила натяжения нити, действующая на пружину, если эту систему целиком погрузить в жидкость плотностью ρ ? (Считать, что трение в оси блока отсутствует.)



22

В сосуде (см. рисунок) находится система тел, состоящая из блока с перекинутой через него нитью, к концам которой привязаны тело объёмом V и пружина жёсткостью k . Нижний конец пружины прикреплён ко дну сосуда. Как изменится сила натяжения нити, действующая на пружину, если эту систему целиком погрузить в жидкость плотностью ρ ? (Считать, что трение в оси блока отсутствует.)



Дано:

 V k ρ g $\Delta T - ?$

Решение: $\Delta T = T_2 - T_1$ *Изменение силы натяжения*

Выберем инерциальную систему отсчета, связанную с Землёй.

1. В воздухе:

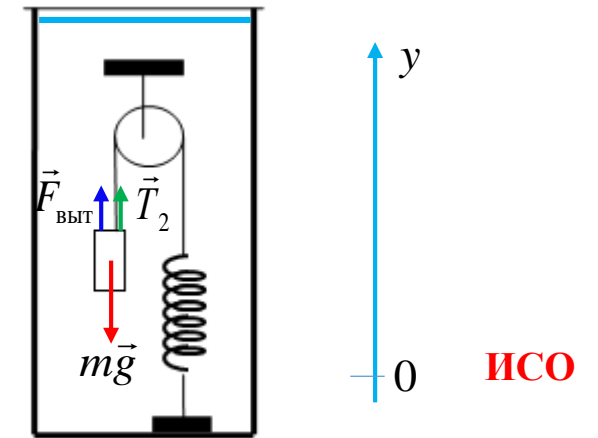
$$\vec{T}_1 + m\vec{g} = 0 \quad 0y: T_1 - mg = 0 \Rightarrow T_1 = mg$$

2. В жидкости: $\vec{T}_2 + m\vec{g} + \vec{F}_{\text{выт}} = 0$

$$0y: T_2 - mg + \rho g V = 0 \Rightarrow T_2 = mg - \rho g V$$

$$\Delta T = mg - \rho g V - mg = -\rho g V.$$

Ответ: $\Delta T = -\rho g V$ (Сила натяжения уменьшилась на $\rho g V$)



23

Предмет расположен на главной оптической оси тонкой собирающей линзы. Оптическая сила линзы $D = 5$ дптр. Изображение предмета действительное, увеличение (отношение высоты изображения предмета к высоте самого предмета) $k = 2$. Найдите расстояние между предметом и его изображением. Постройте изображение предмета в линзе.

23

Предмет расположен на главной оптической оси тонкой собирающей линзы. Оптическая сила линзы $D = 5$ дптр. Изображение предмета действительное, увеличение (отношение высоты изображения предмета к высоте самого предмета) $k = 2$. Найдите расстояние между предметом и его изображением. Постройте изображение предмета в линзе.

Дано:

$$D = 5 \text{ дптр}$$

$$k = \frac{H}{h} = 2$$

$$x - ?$$

Решение: $x = d + f$

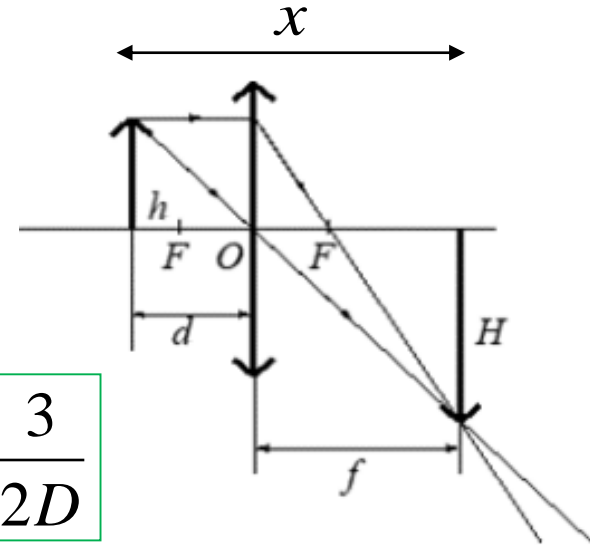
$$k = \frac{H}{h} = \frac{f}{d} = 2 \Rightarrow \frac{f}{d} = 2 \Rightarrow f = 2d$$

$$D = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} \Rightarrow D = \frac{1}{d} + \frac{1}{2d} \Rightarrow D = \frac{3}{2d} \Rightarrow d = \frac{3}{2D}$$

$$d = \frac{3}{2 \cdot 5 \text{ дптр}} = 0,3 \text{ м} \Rightarrow f = 2 \cdot 0,3 \text{ м} = 0,6 \text{ м}$$

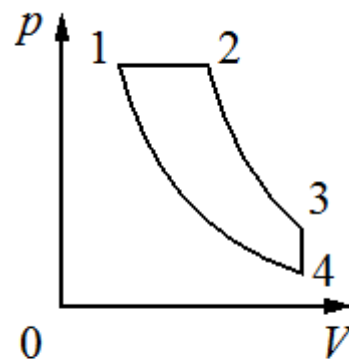
$$x = 0,3 \text{ м} + 0,6 \text{ м} = 0,9 \text{ м}$$

Ответ: $x = 0,9 \text{ м}$



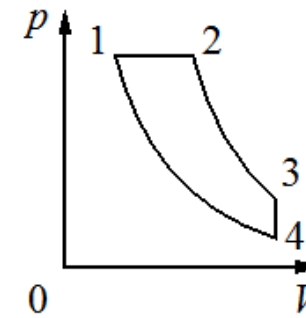
24

Тепловой двигатель использует в качестве рабочего вещества 1 моль идеального одноатомного газа. Цикл работы двигателя изображён на pV -диаграмме и состоит из двух адиабат, изохоры, изобары. Зная, что КПД этого цикла $\eta = 15\%$, а минимальная и максимальная температуры газа при изохорном процессе $t_{\min} = 37^\circ\text{C}$ и $t_{\max} = 302^\circ\text{C}$, определите количество теплоты, получаемое газом за цикл.



24

Тепловой двигатель использует в качестве рабочего вещества 1 моль идеального одноатомного газа. Цикл работы двигателя изображён на pV -диаграмме и состоит из двух адиабат, изохоры, изобары. Зная, что КПД этого цикла $\eta = 15\%$, а минимальная и максимальная температуры газа при изохорном процессе $t_{\min} = 37^\circ\text{C}$ и $t_{\max} = 302^\circ\text{C}$, определите количество теплоты, получаемое газом за цикл.



Дано :

$$\nu = 1 \text{ моль}$$

$$\eta = 0,15$$

$$T_3 = 575 \text{ K}$$

$$T_4 = 310 \text{ K}$$

$$R = \frac{8,31 \text{ Дж}}{\text{моль} \cdot \text{K}}$$

$$Q_H = ?$$

Решение: При **изобарном расширении** на участке 1–2 газ получает от нагревателя количество теплоты Q_{12} , а на участке 3–4 отдаёт холодильнику в **изохорном процессе** количество теплоты Q_{34} . На других участках теплообмен отсутствует $Q_{23} = Q_{41} = 0$ (**адиабатные процессы**).

$$Q_H = Q_{12}$$

**КПД
теплового
двигателя**

$$\eta = \frac{Q_H - |Q_X|}{Q_H} = 1 - \frac{|Q_X|}{Q_H}$$

$$\Rightarrow Q_H = \frac{|Q_X|}{1 - \eta}$$

$$\Rightarrow Q_H = \frac{|Q_{34}|}{1 - \eta}$$

**Первый закон
термодинамики**

$$Q_{34} = \Delta U_{34} + A_{34} = \Delta U_{34} \quad A_{34} = 0 \quad (V = \text{const})$$

**Изменение
внутренней
энергии газа**

$$\Delta U_{34} = U_4 - U_3 = \frac{3}{2} \nu R (T_4 - T_3)$$

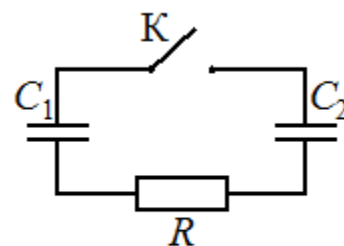
$$\Rightarrow Q_H = \frac{3}{2} \nu R \frac{|T_4 - T_3|}{1 - \eta}$$

$$Q_H = \frac{3}{2} \cdot 1 \cdot 8,31 \frac{|310 - 575|}{1 - 0,15} \approx 3886 \text{ Дж.}$$

Ответ : $Q_H \approx 3886 \text{ Дж}$

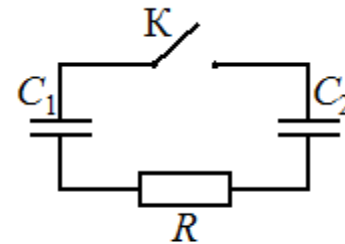
25

Заряженный конденсатор $C_1 = 1$ мкФ включён в последовательную цепь из резистора $R = 300$ Ом, незаряженного конденсатора $C_2 = 2$ мкФ и разомкнутого ключа K (см. рисунок). После замыкания ключа в цепи выделяется количество теплоты $Q = 30$ мДж. Чему равно первоначальное напряжение на конденсаторе C_1 ?



25

Заряженный конденсатор $C_1 = 1$ мкФ включён в последовательную цепь из резистора $R = 300$ Ом, незаряженного конденсатора $C_2 = 2$ мкФ и разомкнутого ключа К (см. рисунок). После замыкания ключа в цепи выделяется количество теплоты $Q = 30$ мДж. Чему равно первоначальное напряжение на конденсаторе C_1 ?



Дано:

$$C_1 = 1 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$$

$$R = 300 \text{ Ом}$$

$$C_2 = 2 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$$

$$Q = 30 \cdot 10^{-3} \text{ Дж}$$

$U = ?$

Решение: **Первоначальный заряд системы из двух конденсаторов** $q = C_1 U$

$q = q_1 + q_2 = C_1 U$ По закону сохранения электрического заряда

В результате перезарядки на конденсаторах устанавливаются одинаковые напряжения, так как ток в цепи прекращается и напряжение на резисторе R становится равным нулю, следовательно:

$$U_1 = U_2 \Rightarrow \frac{q_1}{C_1} = \frac{q_2}{C_2} \Rightarrow q_2 = \frac{q_1 C_2}{C_1} \Rightarrow q_1 + \frac{q_1 C_2}{C_1} = C_1 U \Rightarrow q_1 = \frac{C_1^2 U}{C_1 + C_2}$$

По закону сохранения энергии выделившееся в цепи количество теплоты равно разности значений энергии конденсаторов в начальном и конечном состояниях:

$$Q = W_0 - W$$

$$Q = \frac{C_1 U^2}{2} - \left(\frac{q_1^2}{2C_1} + \frac{q_2^2}{2C_2} \right) \Rightarrow Q = \frac{C_1 U^2}{2} - \frac{q_1^2}{2C_1} \left(1 + \frac{C_1}{C_2} \right) \Rightarrow Q = \frac{C_1 U^2}{2} - \frac{1}{2C_1} \left(\frac{C_1^2 U}{C_1 + C_2} \right)^2 \left(\frac{C_2 + C_1}{C_2} \right)$$

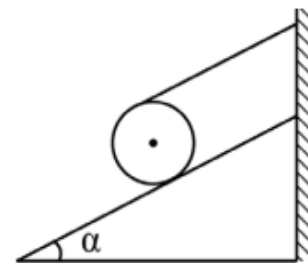
$$U = \sqrt{\frac{2Q(C_1 + C_2)}{C_1 C_2}}$$

$$U = \sqrt{\frac{2 \cdot 30 \cdot 10^{-3} \cdot (1 + 2) \cdot 10^{-6}}{1 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 10^{-6}}} = 300 \text{ В.}$$

Ответ: $U = 300 \text{ В}$

26

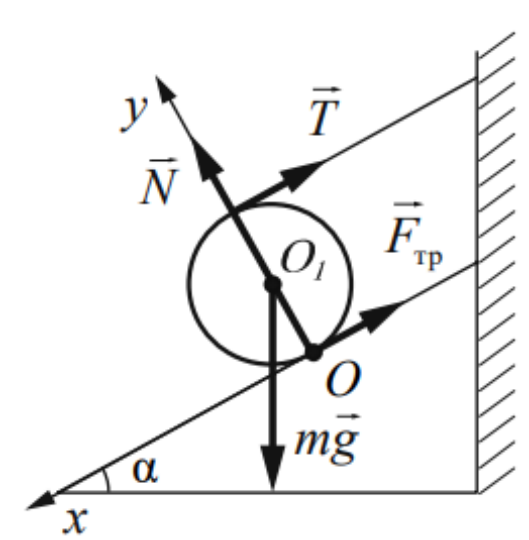
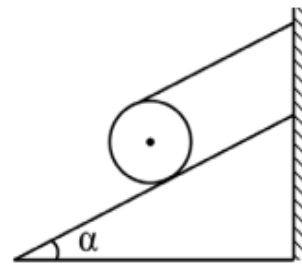
Цилиндр массой $m = 1$ кг и радиусом $R = 20$ см, на который намотана нерастяжимая невесомая нить, положили на наклонную плоскость, а конец нити прикрепили к вертикальной стенке. Нить не скользит по цилиндру, параллельна наклонной плоскости и перпендикулярна оси цилиндра (см. рисунок).



Коэффициент трения между цилиндром и плоскостью $\mu = 0,5$. При каком максимальном угле наклона плоскости к горизонту α цилиндр будет находиться в равновесии? Сделайте схематический рисунок с указанием сил, действующих на цилиндр.

Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.

Цилиндр массой $m = 1$ кг и радиусом $R = 20$ см, на который намотана нерастяжимая невесомая нить, положили на наклонную плоскость, а конец нити прикрепили к вертикальной стенке. Нить не скользит по цилиндру, параллельна наклонной плоскости и перпендикулярна оси цилиндра (см. рисунок). Коэффициент трения между цилиндром и плоскостью $\mu = 0,5$. При каком максимальном угле наклона плоскости к горизонту α цилиндр будет находиться в равновесии? Сделайте схематический рисунок с указанием сил, действующих на цилиндр.



ИСО

Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.

Обоснование

1. Рассмотрим задачу в системе отсчёта, связанной с Землёй. Будем считать эту систему отсчёта инерциальной (ИСО).
2. Описываем цилиндр моделью твёрдого тела (форма и размеры тела неизменны, расстояние между любыми двумя точками тела остаётся неизменным).
3. Поскольку тело не движется поступательно, то векторная сумма сил, действующих на тело, равна нулю:

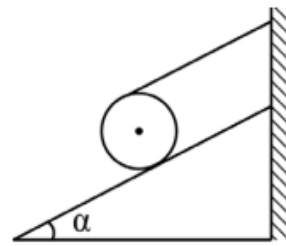
$$m\vec{g} + \vec{T} + \vec{N} + \vec{F}_{\text{тр}} = 0 \quad \text{по II закону Ньютона}$$

4. Поскольку тело не вращается, то алгебраическая сумма моментов сил относительно оси, проходящей перпендикулярно рисунку через центр (O_1), равна нулю.

$$O_1: M_1 + M_2 + M_3 + M_4 = 0 \quad \text{правило моментов}$$

26

Цилиндр массой $m = 1 \text{ кг}$ и радиусом $R = 20 \text{ см}$, на который намотана нерастяжимая невесомая нить, положили на наклонную плоскость, а конец нити прикрепили к вертикальной стенке. Нить не скользит по цилиндру, параллельна наклонной плоскости и перпендикулярна оси цилиндра (см. рисунок).



Коэффициент трения между цилиндром и плоскостью $\mu = 0,5$. При каком максимальном угле наклона плоскости к горизонту α цилиндр будет находиться в равновесии? Сделайте схематический рисунок с указанием сил, действующих на цилиндр.

Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.

Дано:

$$m = 1 \text{ кг}$$

$$R = 0,2 \text{ м}$$

$$\mu = 0,5$$

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

Решение:

$$m\vec{g} + \vec{N} + \vec{T} + \vec{F}_{\text{тр}} = 0$$

$$\Rightarrow O_x: 0 = mg \sin \alpha - T - F_{\text{тр}}$$

$$O_y: 0 = N - mg \cos \alpha.$$

Запишем уравнение моментов сил относительно оси, проходящей через точку O_1 перпендикулярно плоскости рисунка. O_1 – центр цилиндра (плечи сил реакции опоры и тяжести равны нулю, а сил трения и натяжения нити – радиусу цилиндра R):

$$T \cdot R - F_{\text{тр}} \cdot R = 0, \text{ откуда } T = F_{\text{тр}}.$$

Поскольку в задаче спрашивают величину максимального угла наклона плоскости, рассмотрим максимальное значение модуля силы трения покоя, которая равна силе сухого трения скольжения. Для модуля силы сухого трения скольжения запишем:

$$F_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg \cos \alpha.$$

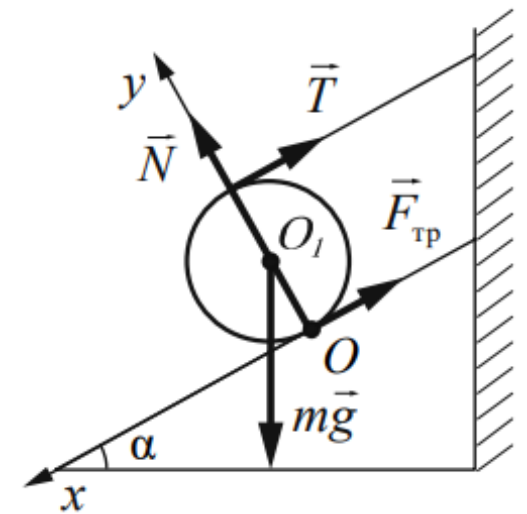
$$\Rightarrow$$

$$mg \sin \alpha = 2F_{\text{тр}} = 2\mu mg \cos \alpha.$$

$$\text{tg} \alpha = 2\mu = 2 \cdot 0,5 = 1, \text{ следовательно, } \alpha_{\text{max}} = 45^\circ.$$

$$\text{Ответ: } \alpha_{\text{max}} = 45^\circ.$$

ИСО



| Первичный балл | Тестовый балл |
|----------------|---------------|
| 1 | 5 |
| 2 | 9 |
| 3 | 14 |
| 4 | 18 |
| 5 | 23 |
| 6 | 27 |
| 7 | 32 |
| 8 | 36 |
| 9 | 39 |
| 10 | 41 |
| 11 | 43 |
| 12 | 44 |
| 13 | 46 |
| 14 | 48 |
| 15 | 49 |

Примерная шкала, 2025

| | |
|----|----|
| 16 | 51 |
| 17 | 53 |
| 18 | 54 |
| 19 | 56 |
| 20 | 58 |
| 21 | 59 |
| 22 | 61 |
| 23 | 62 |
| 24 | 64 |
| 25 | 65 |
| 26 | 67 |
| 27 | 68 |
| 28 | 70 |
| 29 | 71 |
| 30 | 73 |

| | |
|----|-----|
| 31 | 74 |
| 32 | 76 |
| 33 | 77 |
| 34 | 79 |
| 35 | 80 |
| 36 | 82 |
| 37 | 84 |
| 38 | 86 |
| 39 | 88 |
| 40 | 90 |
| 41 | 92 |
| 42 | 94 |
| 43 | 96 |
| 44 | 98 |
| 45 | 100 |

