

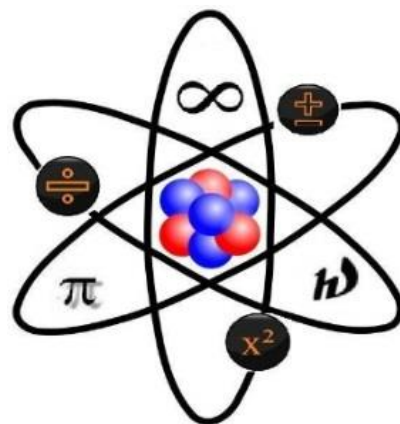


АЛТАЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Институт цифровых технологий, электроники и физики

<http://phys.asu.ru>

Физика (ЕГЭ-2023)



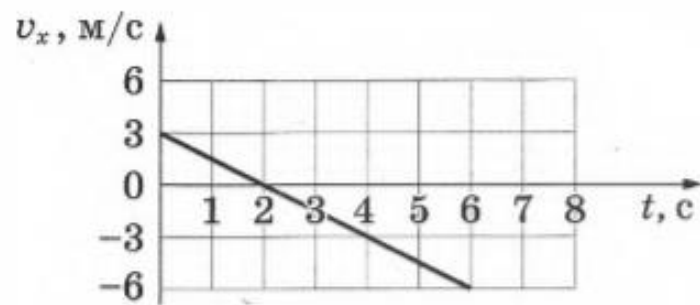
Решение заданий варианта 002

Шимко Елена Анатольевна

доцент кафедры общей и экспериментальной физики АлтГУ

1

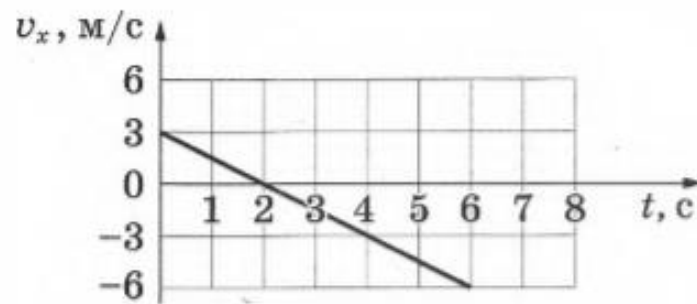
На рисунке приведён график зависимости проекции скорости v_x от времени t для тела, движущегося прямолинейно по оси x . Определите проекцию ускорения тела a_x .



Ответ: _____ м/с^2 .

1

На рисунке приведён график зависимости проекции скорости v_x от времени t для тела, движущегося прямолинейно по оси x . Определите проекцию ускорения тела a_x .



Ответ: −1,5 м/с².

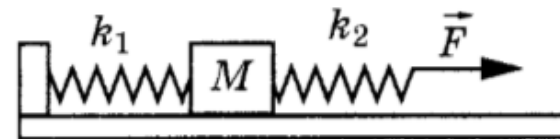
$$a_x = \frac{v_x - v_{0x}}{t}$$

$$a_x = \frac{-6 \frac{\mathcal{M}}{c} - 3 \frac{\mathcal{M}}{c}}{6c} = -1,5 \frac{\mathcal{M}}{c^2}$$

2

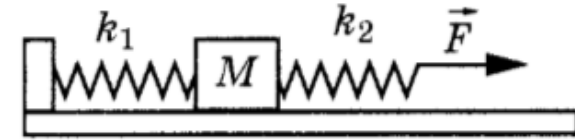
К системе из кубика массой $M = 1$ кг и двух пружин приложена постоянная горизонтальная сила $\vec{F}$ величиной 12 Н (см. рисунок). Между кубиком и опорой трения нет. Система покоится. Жёсткость первой пружины $k_1 = 600$ Н/м. Жёсткость второй пружины $k_2 = 300$ Н/м. Каково удлинение второй пружины?

Ответ: _____ см.



2

К системе из кубика массой $M = 1$ кг и двух пружин приложена постоянная горизонтальная сила $\vec{F}$ величиной 12 Н (см. рисунок). Между кубиком и опорой трения нет. Система покоится. Жёсткость первой пружины $k_1 = 600$ Н/м. Жёсткость второй пружины $k_2 = 300$ Н/м. Каково удлинение второй пружины?



Ответ: 4 см.

$$F_{\text{упр}} = k \cdot x \quad \text{модуль силы упругости (закон Гука)}$$

По III закону Ньютона

$$F = k_2 x_2$$

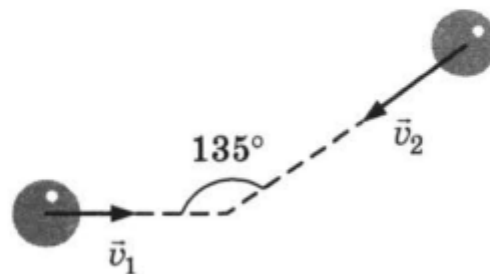
$$k_1 x_1 = k_2 x_2 \quad \text{по II закону Ньютона (v = 0)}$$

$$x_2 = \frac{F}{k_2}$$

$$x_2 = \frac{12 \text{ Н}}{300 \text{ Н / м}} = 0,04 \text{ м} = 4 \text{ см}$$

3

Одинаковые шары массой 1 кг каждый движутся со скоростями, направления которых показаны на рисунке, и сталкиваются. Чему будет равен суммарный импульс шаров после столкновения, если $v_1 = 7$ м/с, а $v_2 = v_1 \cdot \sqrt{2}$?

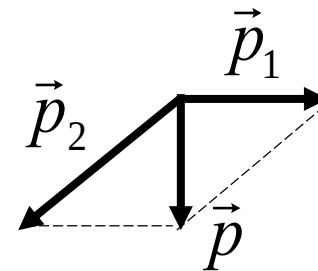
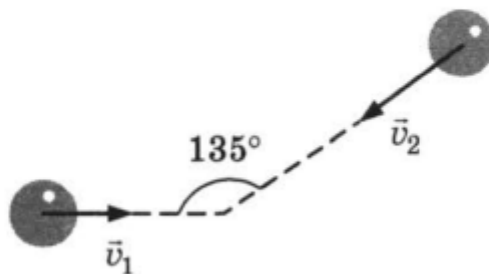


Ответ: _____ кг · м/с.

3

Одинаковые шары массой 1 кг каждый движутся со скоростями, направления которых показаны на рисунке, и сталкиваются. Чему будет равен суммарный импульс шаров после столкновения, если $v_1 = 7$ м/с, а $v_2 = v_1 \cdot \sqrt{2}$?

$$m_1 = m_2 = m$$



$$\vec{p}_1 = m\vec{v}_1$$

$$\vec{p}_2 = m\vec{v}_2$$

Ответ: 7 кг · м/с.

$$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{p}$$

Закон сохранения импульса

$$p = \sqrt{p_2^2 - p_1^2}$$

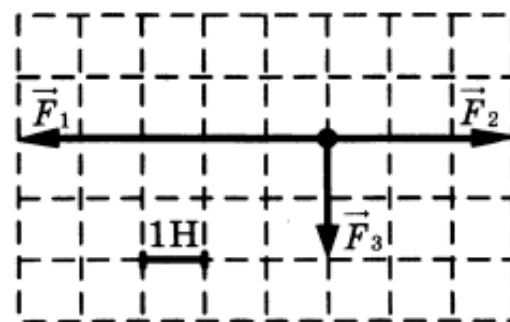
$$\Rightarrow$$

$$p = m\sqrt{v_2^2 - v_1^2}$$

$$p = 1\sqrt{7^2 \cdot 2 - 7^2} = 7 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$$

4

На рисунке показаны силы (в заданном масштабе), действующие на небольшой шарик массой $m = 400$ г. В начальный момент времени шарик удерживали неподвижным. Выберите из перечисленных ниже *все* верные утверждения о движении шарика, после того как он был отпущен и никаких других сил на него не действовало. В ответе укажите их номера.

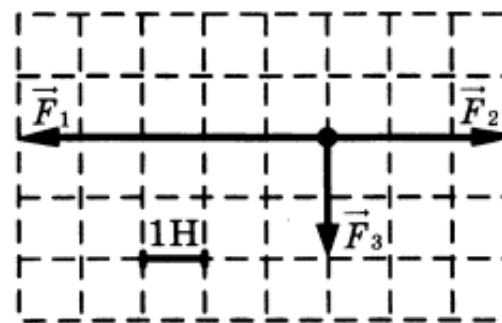


- 1) После того как шарик отпустили, он остался неподвижным.
- 2) Модуль ускорения шарика равен примерно 7 м/с^2 .
- 3) Через две секунды после отпускания скорость шарика равна $8,4 \text{ м/с}$.
- 4) Шарик движется прямолинейно.
- 5) Модуль импульса шарика за 3 с после отпускания изменился на $6 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$.

Ответ: _____.

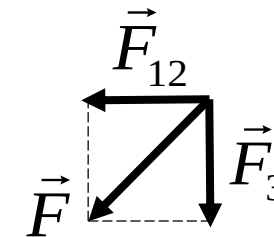
4

На рисунке показаны силы (в заданном масштабе), действующие на небольшой шарик массой $m = 400$ г. В начальный момент времени шарик удерживали неподвижным. Выберите из перечисленных ниже все верные утверждения о движении шарика, после того как он был отпущен и никаких других сил на него не действовало. В ответе укажите их номера.



Равнодействующая сила

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3$$



$$F = \sqrt{F_{12}^2 + F_3^2}$$

$$F = \sqrt{2^2 + 2^2} \approx 2,83H$$

- 1) После того как шарик отпустили, он остался неподвижным.
- 2) Модуль ускорения шарика равен примерно 7 м/с^2 .
- 3) Через две секунды после отпускания скорость шарика равна $8,4 \text{ м/с}$.
- 4) Шарик движется прямолинейно.
- 5) Модуль импульса шарика за 3 с после отпускания изменился на $6 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$.

Ответ: 24.

- 1) *На шарик действует равнодействующая сила $F = 2,83 \text{ Н}$, следовательно, он движется прямолинейно с постоянным ускорением $a = F/m$ вдоль действия силы F .*

$$2) \quad a = \frac{F}{m} \quad a = \frac{2,83H}{0,4кг} \approx 7,07 \frac{м}{с^2}.$$

$$3) \quad v(t) = v_0 + at \quad v(2с) = 0 + 7 \cdot 2 = 14 \frac{м}{с}.$$

4) См. 1)

$$5) \quad \vec{F} \cdot \Delta t = \Delta \vec{p} \quad \text{Импульс силы равен импульсу тела:} \quad \Delta p = F \cdot \Delta t$$

$$\Delta p = 2,83 \cdot 3 = 8,49 \frac{кг \cdot м}{с}$$

5

На поверхности пресной воды плавает деревянный брусок. Как изменятся глубина погружения бруска и действующая на него сила Архимеда, если этот брусок будет плавать на поверхности спирта плотностью 800 кг/м^3 ?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

1) увеличится 2) уменьшится 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждого ответа. Цифры в ответе могут повторяться.

Глубина погружения бруска	Сила Архимеда

5

На поверхности пресной воды плавает деревянный брусок. Как изменятся глубина погружения бруска и действующая на него сила Архимеда, если этот брусок будет плавать на поверхности спирта плотностью 800 кг/м^3 ?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

1) увеличится 2) уменьшится 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждого ответа. Цифры в ответе могут повторяться.

Глубина погружения бруска	Сила Архимеда
1	3

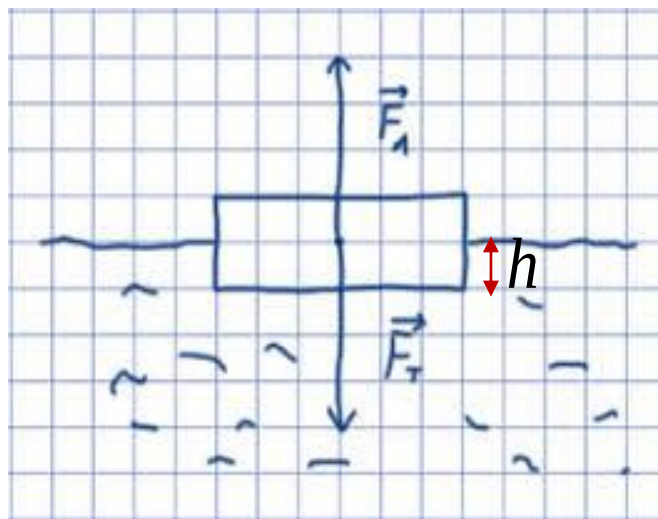
$$F_A = \rho_{\text{жс}} g V = \text{const}$$

$$F_T = F_A$$

$$F_A = \rho_{\text{жс}} g (hS)$$

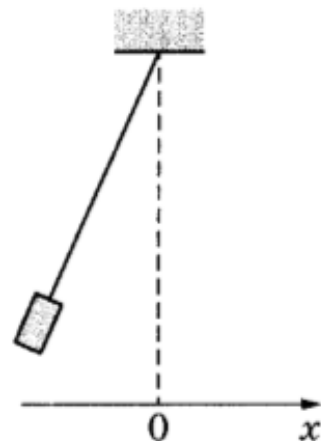
$$F_T = mg = \text{const}$$

$$\rho_{\text{жс}} \downarrow \Rightarrow h \uparrow$$



6

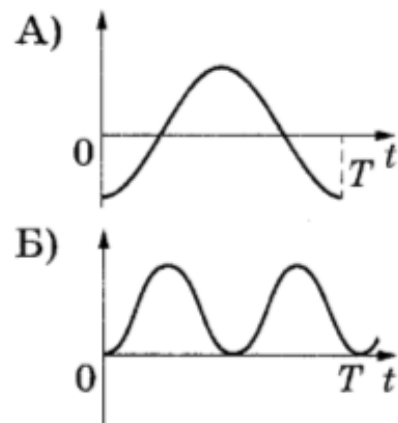
Груз, привязанный к нити, отклонили от положения равновесия и в момент $t = 0$ отпустили из состояния покоя (см. рисунок). На графиках А и Б представлены изменения физических величин, характеризующих движение груза после этого (T — период колебаний).



Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять. Потенциальную энергию принять равной нулю в положении равновесия груза. Трением пренебречь.

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

ГРАФИКИ



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

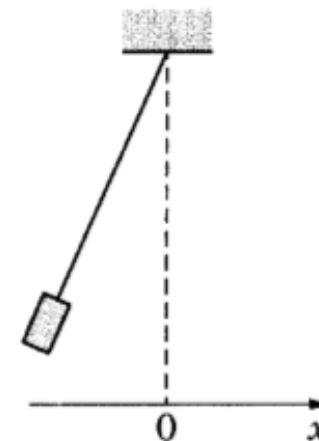
- 1) проекция скорости v_x
- 2) координата x
- 3) кинетическая энергия E_k
- 4) потенциальная энергия E_p

Ответ:

А	Б

6

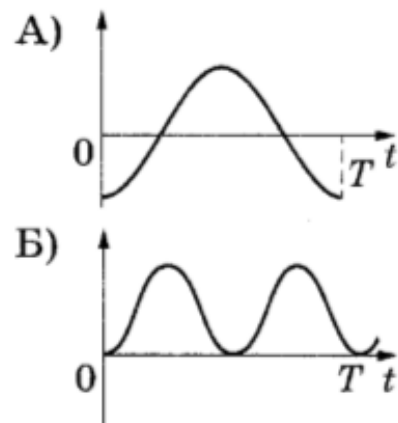
Груз, привязанный к нити, отклонили от положения равновесия и в момент $t = 0$ отпустили из состояния покоя (см. рисунок). На графиках А и Б представлены изменения физических величин, характеризующих движение груза после этого (T — период колебаний).



Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять. Потенциальную энергию принять равной нулю в положении равновесия груза. Трением пренебречь.

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

ГРАФИКИ



Ответ:

А	Б
2	3

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) проекция скорости v_x
- 2) координата x
- 3) кинетическая энергия E_k
- 4) потенциальная энергия $E_{\text{п}}$

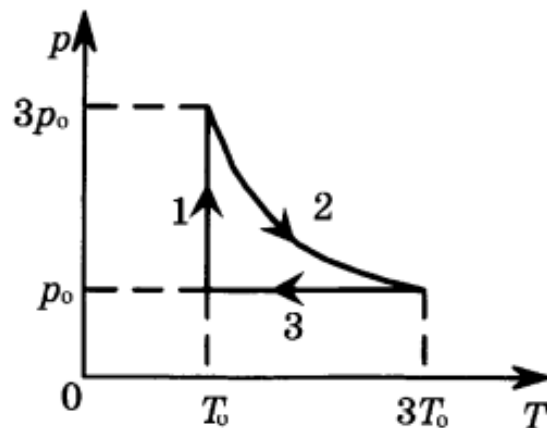
А) $x(t) = -A \cos \omega t$

Б) $E_k = \frac{mv^2}{2}, \quad v_x(t) = x'(t) = v_m \sin \omega t$

$$E_k(t) = \frac{mv_m^2}{2} \cdot \sin^2 \omega t$$

7

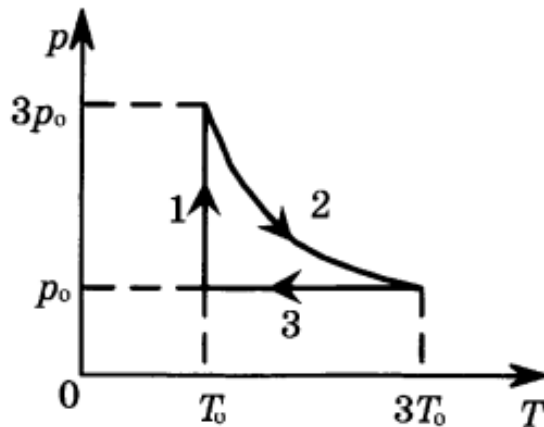
На p - T -диаграмме отображена последовательность трех процессов ($1 \rightarrow 2 \rightarrow 3$) изменения состояния 2 моль идеального газа. При давлении p_0 и температуре T_0 газ занимает объем 6 л. Какой объем занимает газ в конце процесса 1?



Ответ: _____ л.

7

На p - T -диаграмме отображена последовательность трех процессов ($1 \rightarrow 2 \rightarrow 3$) изменения состояния 2 моль идеального газа. При давлении p_0 и температуре T_0 газ занимает объем 6 л. Какой объем занимает газ в конце процесса 1?



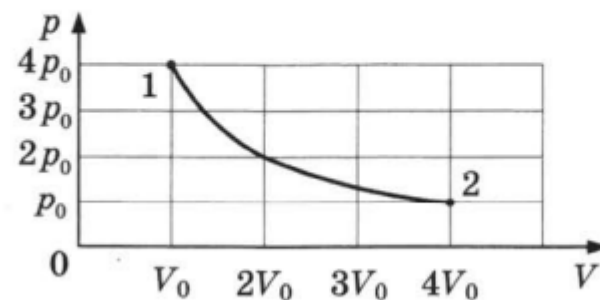
Ответ: 2 л.

$$T = \text{const} \Rightarrow p_1 V_1 = p_2 V_2 \Rightarrow V_2 = \frac{p_1 V_1}{p_2}$$

$$V_2 = \frac{p_0 \cdot 6 \text{ л}}{3p_0} = 2 \text{ л}$$

8

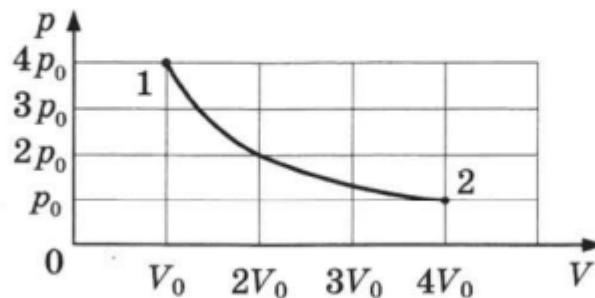
На графике показана зависимость давления одноатомного идеального газа от его объема. При переходе из состояния 1 в состояние 2 газ совершил работу, равную 5 кДж. Чему равно количество теплоты, полученное газом при этом переходе? Количество газа неизменно.



Ответ: _____ кДж.

8

На графике показана зависимость давления одноатомного идеального газа от его объема. При переходе из состояния 1 в состояние 2 газ совершил работу, равную 5 кДж. Чему равно количество теплоты, полученное газом при этом переходе? Количество газа неизменно.



Ответ: 5 кДж.

$$Q = \Delta U + A$$

$$T = const \Rightarrow \Delta U = U_2 - U_1 = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) = 0$$

$$Q = A = 5 \text{ кДж}$$

9

В кубическом метре воздуха в помещении при температуре $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ находится $1,155 \cdot 10^{-2}$ кг водяных паров. Пользуясь таблицей плотности насыщенных паров воды, определите относительную влажность воздуха.

$t\text{ }^{\circ}\text{C}$	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
$\rho_{\text{нп}}, 10^{-2}\text{ кг/м}^3$	1,36	1,45	1,54	1,63	1,73	1,83	1,94	2,06	2,18	2,30

Ответ: _____ %.

9

В кубическом метре воздуха в помещении при температуре 18 °С находится $1,155 \cdot 10^{-2}$ кг водяных паров. Пользуясь таблицей плотности насыщенных паров воды, определите относительную влажность воздуха.

t °С	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
$\rho_{\text{нп}}, 10^{-2}$ кг/м ³	1,36	1,45	1,54	1,63	1,73	1,83	1,94	2,06	2,18	2,30

Ответ: 75 %.

$$\varphi = \frac{p}{p_{\text{нас}}} \cdot 100\%$$

Относительная влажность воздуха

Плотность водяных паров

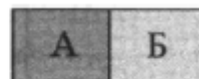
$$\rho = \frac{p\mu}{RT}$$

$$\varphi = \frac{\rho}{\rho_{\text{нас}}} \cdot 100\%$$

$$\varphi = \frac{1,155 \cdot 10^{-2} \text{ кг / м}^3}{1,54 \cdot 10^{-2} \text{ кг / м}^3} \cdot 100\% = 75\%$$

10

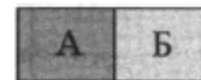
При изучении явления теплообмена герметичный теплоизолированный сосуд с идеальным газом разделили неподвижной перегородкой, способной проводить тепло, на две одинаковые части (см. рисунок). После этого газ в разных частях сосуда нагрели до разных температур. Температура газа в части А равна 283 К, а в части Б равна 40 °С. Количество газа одинаково в обеих частях. Считая, что теплоемкость сосуда пренебрежимо мала, выберите *все* утверждения из предложенных, которые верно отражают изменения, происходящие с газами после окончания теплообмена. В ответ запишите их номера.



- 1) Температура газа в части Б повысилась.
- 2) Внутренняя энергия газа в части А не изменилась.
- 3) При теплообмене газ в части Б отдавал теплоту, а газ в части А ее получал.
- 4) Через достаточно большой промежуток времени температуры газов в обеих частях стали одинаковыми и равными 25 °С.
- 5) В результате теплообмена газ в части Б совершил работу.

Ответ: _____.

При изучении явления теплообмена герметичный теплоизолированный сосуд с идеальным газом разделили неподвижной перегородкой, способной проводить тепло, на две одинаковые части (см. рисунок). После этого газ в разных частях сосуда нагрели до разных температур. Температура газа в части А равна 283 К, а в части Б равна 40 °С. Количество газа одинаково в обеих частях. Считая, что теплоемкость сосуда пренебрежимо мала, выберите **все** утверждения из предложенных, которые верно отражают изменения, происходящие с газами после окончания теплообмена. В ответ запишите их номера.



- 1) Температура газа в части Б повысилась.
- 2) Внутренняя энергия газа в части А не изменилась.
- 3) При теплообмене газ в части Б отдавал теплоту, а газ в части А ее получал.
- 4) Через достаточно большой промежуток времени температуры газов в обеих частях стали одинаковыми и равными 25 °С.
- 5) В результате теплообмена газ в части Б совершил работу.

Ответ: 34.

2) $U = \frac{3}{2} \nu RT$ Из-за теплообмена температура T_A увеличивается, следовательно, увеличивается внутренняя энергия газа ($\nu = \text{const}$).

3) $Q = cm(T - T_0) \Rightarrow Q_A > 0$ получает $Q_B < 0$ отдает

4) $Q_A + Q_B = 0$ уравнение теплообмена $cm(T - T_A) + cm(T - T_B) = 0 \Rightarrow (T - T_A) = -(T - T_B)$

$$T = \frac{T_A + T_B}{2} = \frac{283K + 313K}{2} = 298K \quad (t = 298 - 273 = 25^\circ C)$$

5) $V_B = \text{const} \Rightarrow A = 0$

$$1) T_B = 273 + 40 = 313K$$

$$T_A < T_B$$

Согласно II закону термодинамики теплообмен идет от Б к А до выравнивания температур.

11

В ходе адиабатического процесса внутренняя энергия 1 моль разреженного гелия увеличивается. Как изменяются при этом температура гелия и его давление?

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.

Температура гелия	Давление гелия

11

В ходе адиабатического процесса внутренняя энергия 1 моль разреженного гелия увеличивается. Как изменяются при этом температура гелия и его давление?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

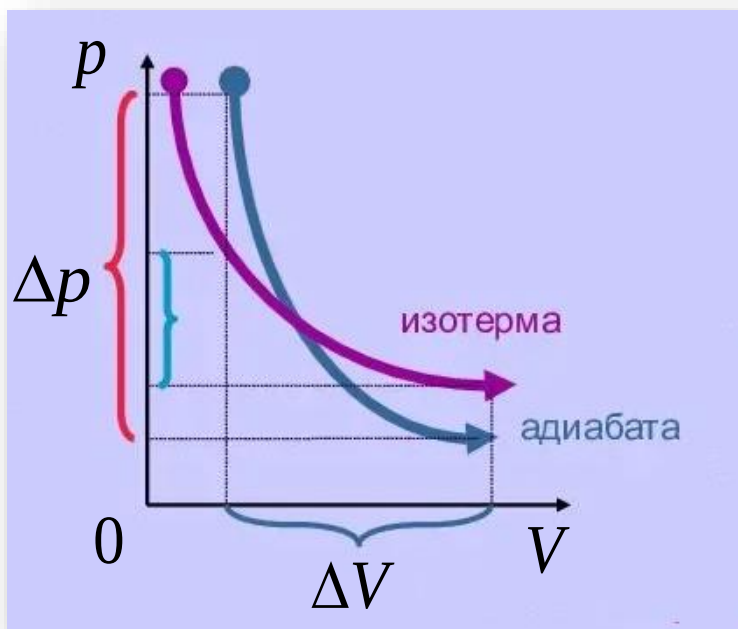
1) увеличилась 2) уменьшилась 3) не изменилась

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

Температура гелия	Давление гелия
1	1

$$U = \frac{3}{2} \nu RT$$

$$\Delta U = U_2 - U_1 = \frac{3}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1) > 0$$



- Давление газа создается ударами молекул о стенки сосуда.
- Если при изотермическом сжатии давление газа возрастает только за счет уменьшения объема, то при адиабатическом сжатии ещё и за счет увеличения температуры.

12

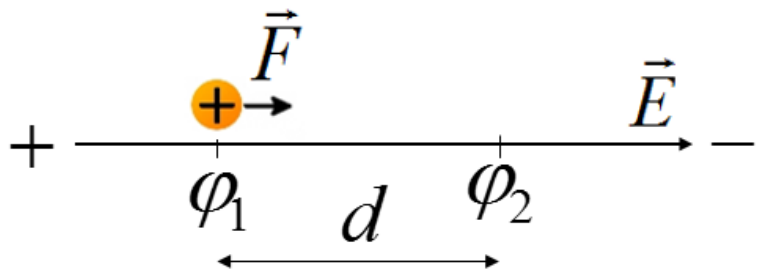
Чему равна разность потенциалов между двумя точками электрического поля, если при перемещении пылинки, имеющей заряд 4 мкКл , между этими точками силы электрического поля совершают работу 20 мкДж ?

Ответ: _____ В.

12

Чему равна разность потенциалов между двумя точками электрического поля, если при перемещении пылинки, имеющей заряд 4 мкКл, между этими точками силы электрического поля совершают работу 20 мкДж?

Ответ: 5 В.



$$\Delta\varphi = \frac{A}{q}$$

определение разности потенциалов ЭП

$$\Delta\varphi = \frac{20 \cdot 10^{-6} \text{ Дж}}{4 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}} = 5 \text{ В}$$

13

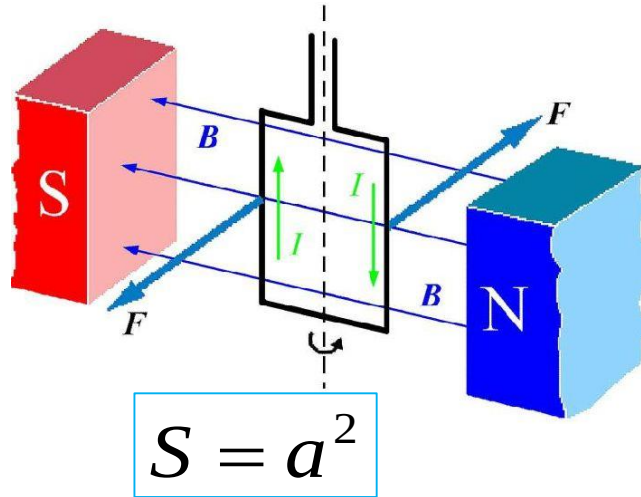
При вращении квадратной рамки в однородном магнитном поле в ней возникает ЭДС индукции, максимальная величина которой равна 2 мВ. Какой будет максимальная ЭДС индукции, если сторону рамки увеличить в 2 раза, а угловую скорость вращения в 2 раза уменьшить? Ориентация рамки относительно линий индукции магнитного поля не изменилась.

Ответ: _____ мВ.

13

При вращении квадратной рамки в однородном магнитном поле в ней возникает ЭДС индукции, максимальная величина которой равна 2 мВ. Какой будет максимальная ЭДС индукции, если сторону рамки увеличить в 2 раза, а угловую скорость вращения в 2 раза уменьшить? Ориентация рамки относительно линий индукции магнитного поля не изменилась.

Ответ: 4 мВ.



$$\mathcal{E}_i = - \left. \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \right|_{\Delta t \rightarrow 0} = -\Phi'_t \quad \text{Закон электромагнитной индукции}$$

$$\Phi = BS \cos \alpha \quad \text{Магнитный поток} \quad (\alpha = \omega t)$$

$$\mathcal{E}_i = -(BS \cos \omega t)' \Rightarrow \mathcal{E}_i = BS \omega \sin \omega t$$

Зависимость ЭДС индукции от времени

$$\mathcal{E}_i(t) = \mathcal{E}_{\max} \sin \omega t$$

$$\mathcal{E}_{\max} = BS \omega$$

Максимальное значение ЭДС индукции (амплитуда)

$$(\mathcal{E}_{\max})_{\text{новое}} = B4S \frac{\omega}{2} = 2BS\omega = 2\mathcal{E}_{\max} = 2 \cdot 2 \text{ мВ} = 4 \text{ мВ}$$

14

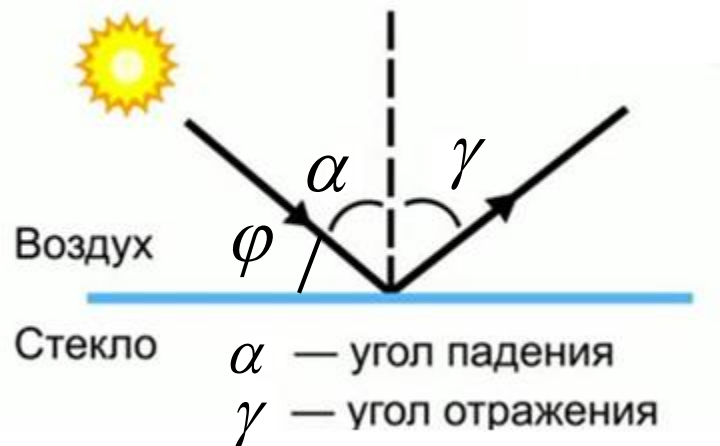
Луч света падает на плоское зеркало. Угол между падающим лучом и зеркалом равен 30° . Определите угол между падающим и отраженным лучами.

Ответ: _____⁰

14

Луч света падает на плоское зеркало. Угол между падающим лучом и зеркалом равен 30° . Определите угол между падающим и отраженным лучами.

Ответ: 120⁰



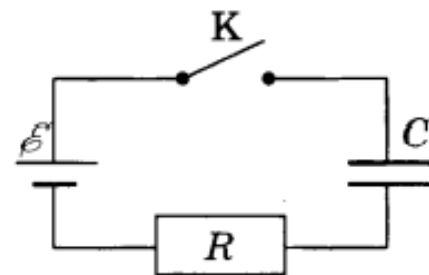
$\alpha = \gamma$ Закон отражения света

$$\alpha = 90^\circ - \varphi \quad \alpha = 90^\circ - 30^\circ = 60^\circ$$

$$\alpha + \gamma = 2 \cdot 60^\circ = 120^\circ$$

15

Конденсатор подключен к батарее последовательно с резистором $R = 20 \text{ кОм}$ (см. рисунок). В момент времени $t = 0$ ключ замыкают. В этот момент конденсатор полностью разряжен. Результаты измерений силы тока в цепи, выполненных с точностью $\pm 1 \text{ мкА}$, представлены в таблице.

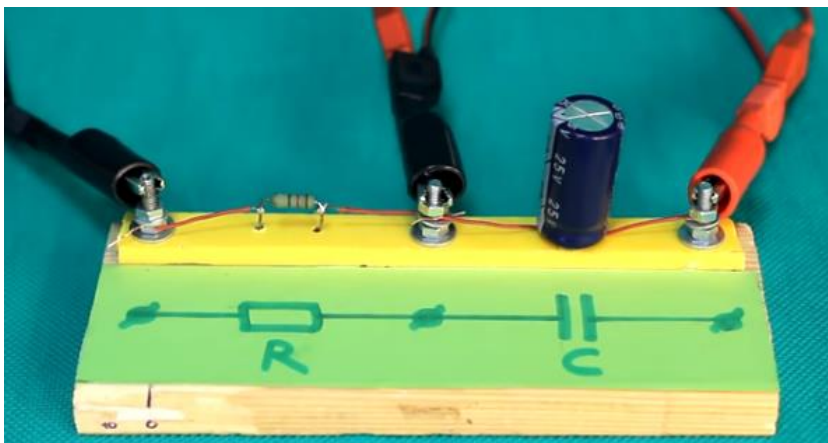


$t, \text{ с}$	0	1	2	3	4	5	6
$I, \text{ мкА}$	300	110	40	15	5	2	1

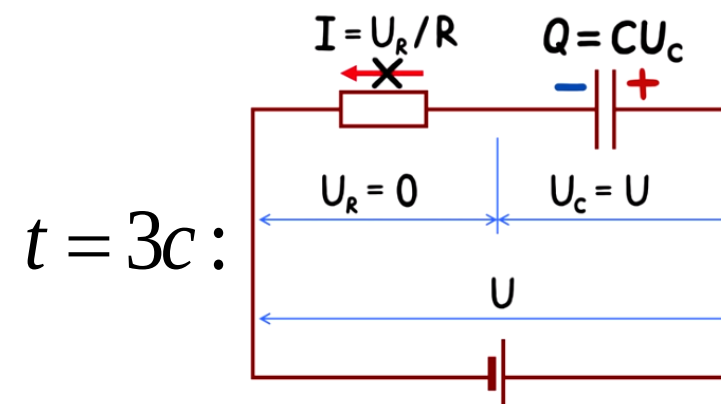
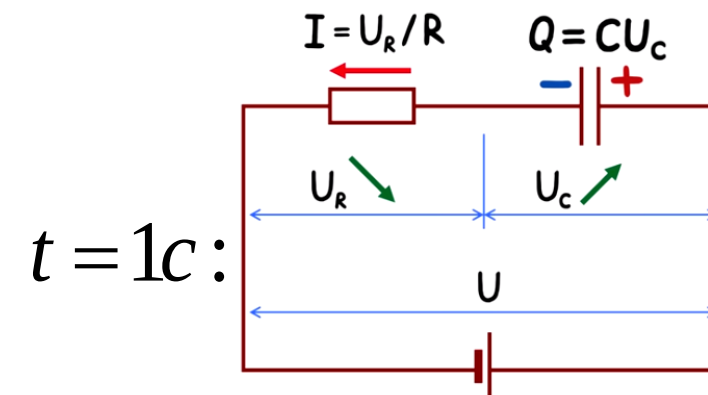
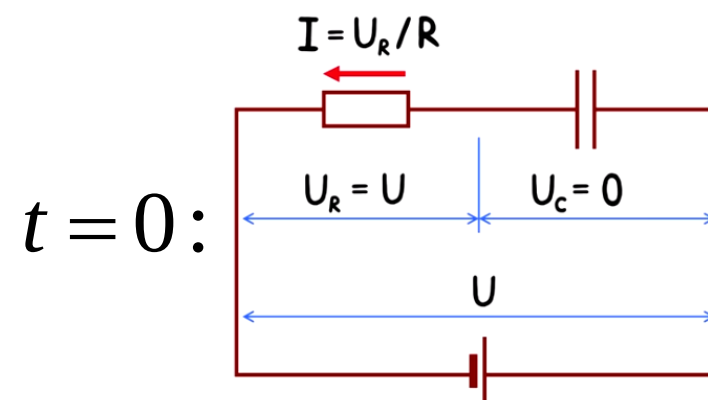
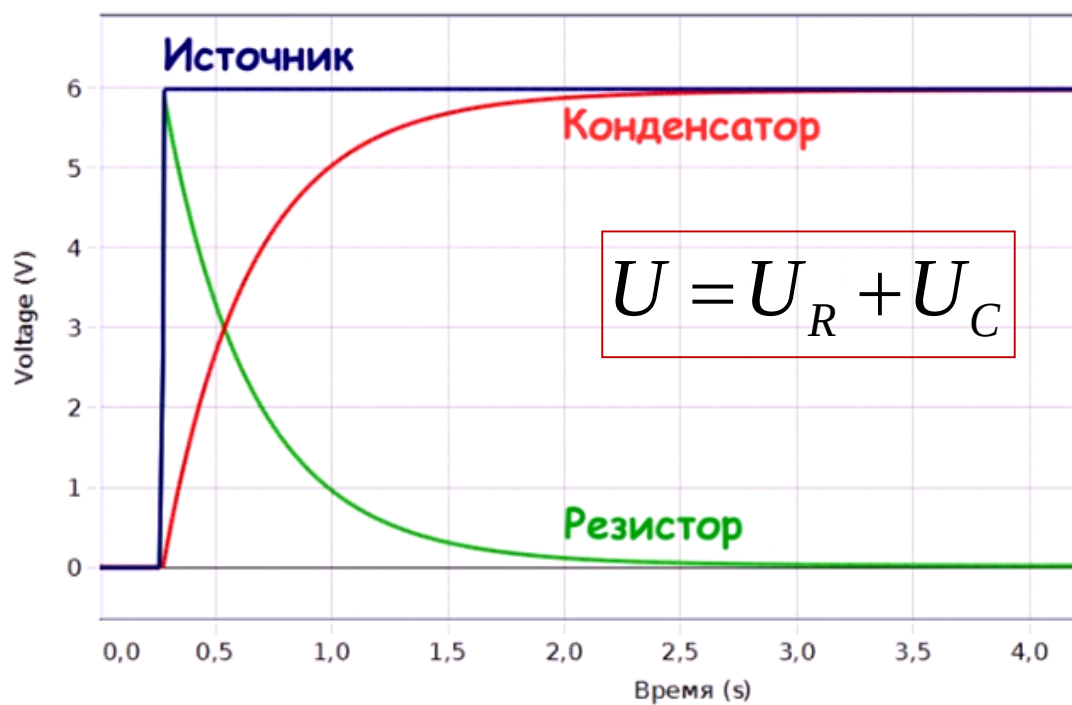
Внутренним сопротивлением батарейки и сопротивлением проводов пренебречь. Выберите **все** верные утверждения о процессах, наблюдаемых в опыте. В ответе запишите их номера.

- 1) Ток через резистор в процессе наблюдения увеличивается.
- 2) Через 6 с после замыкания ключа конденсатор полностью зарядился.
- 3) ЭДС источника тока составляет 6 В.
- 4) Энергия конденсатора в процессе наблюдения увеличивалась.
- 5) В момент времени $t = 3 \text{ с}$ напряжение на конденсаторе равно 5,7 В.

Ответ: _____.



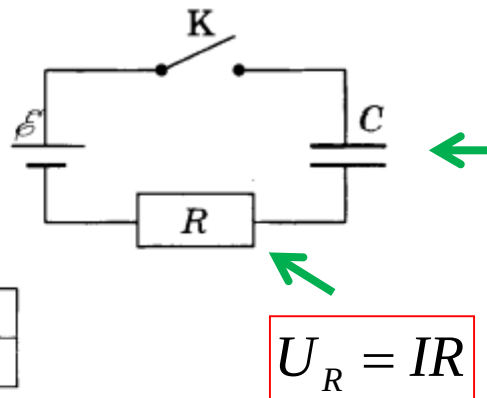
<https://www.youtube.com/watch?v=l24dhT-jzxM&t=32s>



15

Конденсатор подключен к батарейке последовательно с резистором $R = 20 \text{ кОм}$ (см. рисунок). В момент времени $t = 0$ ключ замыкают. В этот момент конденсатор полностью разряжен. Результаты измерений силы тока в цепи, выполненных с точностью $\pm 1 \text{ мкА}$, представлены в таблице.

$t, \text{ с}$	0	1	2	3	4	5	6
$I, \text{ мкА}$	300	110	40	15	5	2	1



$$C = \frac{q}{U_C} = \frac{\varepsilon_0 S}{d} = \text{const}$$

$$U_C = \varepsilon - U_R = \varepsilon - IR$$

Напряжение на конденсаторе возрастает с течением времени.

Внутренним сопротивлением батарейки и сопротивлением проводов пренебречь.

Выберите **все** верные утверждения о процессах, наблюдаемых в опыте. В ответе запишите их номера.

- 1) Ток через резистор в процессе наблюдения увеличивается.
- 2) Через 6 с после замыкания ключа конденсатор полностью зарядился.
- 3) ЭДС источника тока составляет 6 В.
- 4) Энергия конденсатора в процессе наблюдения увеличивалась.
- 5) В момент времени $t = 3 \text{ с}$ напряжение на конденсаторе равно 5,7 В.

Ответ: 345.

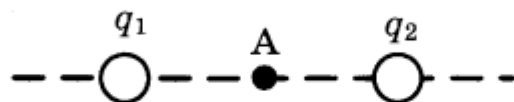
$$3) \quad \varepsilon = U_R + U_C \quad t = 0: U_C = 0 \quad \Rightarrow \quad \varepsilon = U_R = IR \quad \varepsilon = 300 \cdot 10^{-6} \text{ А} \cdot 20 \cdot 10^3 \text{ Ом} = 6 \text{ В}$$

$$4) \quad W_{\text{э}} = \frac{CU_C^2}{2} \quad 5) \quad U_C = \varepsilon - U_R = \varepsilon - IR$$

$$t = 3 \text{ с}: U_C = 6 \text{ В} - 15 \cdot 10^{-6} \text{ А} \cdot 20 \cdot 10^3 \text{ Ом} = 5,7 \text{ В}$$

16

Два небольших металлических шарика одинакового диаметра имеют заряды $q_1 = +5$ нКл и $q_2 = -3$ нКл и находятся на некотором расстоянии друг от друга (см. рисунок). Шарики привели в соприкосновение и раздвинули на прежнее расстояние. Как изменятся при этом модуль силы взаимодействия шариков и модуль напряженности электрического поля в точке А?



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

1) увеличится

2) уменьшится

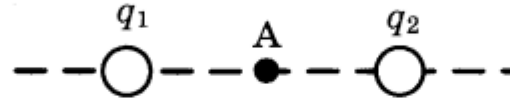
3) не изменится

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

Модуль силы взаимодействия шариков	Модуль напряженности электрического поля в точке А

16

Два небольших металлических шарика одинакового диаметра имеют заряды $q_1 = +5$ нКл и $q_2 = -3$ нКл и находятся на некотором расстоянии друг от друга (см. рисунок). Шарики привели в соприкосновение и раздвинули на прежнее расстояние. Как изменятся при этом модуль силы взаимодействия шариков и модуль напряженности электрического поля в точке А?



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.

$$F = k \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2}$$

Модуль силы взаимодействия шариков	Модуль напряженности электрического поля в точке А
2	2

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$$

$$F = k \frac{5 \cdot 3 \cdot 10^{-18}}{r^2} = k \frac{15 \cdot 10^{-18}}{r^2}$$

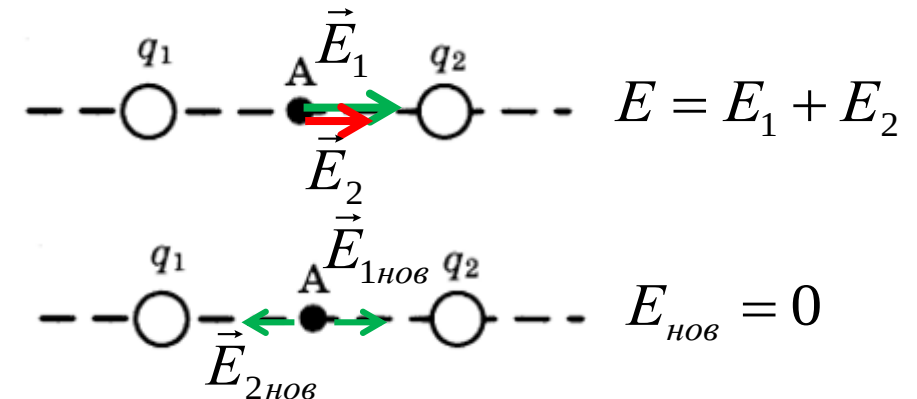
$$E_1 = k \frac{|q_1|}{r_1^2}$$

$$E_2 = k \frac{|q_2|}{r_2^2}$$

$$q = \text{const} \Rightarrow q_1 + q_2 = 2q_{\text{нов}}$$

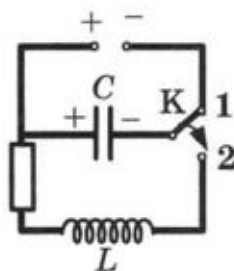
$$q_{\text{нов}} = \frac{+5 \text{ нКл} + (-3 \text{ нКл})}{2} = +1 \text{ нКл}$$

$$F_{\text{нов}} = k \frac{1 \cdot 1 \cdot 10^{-18}}{r^2} = k \frac{1 \cdot 10^{-18}}{r^2}$$



17

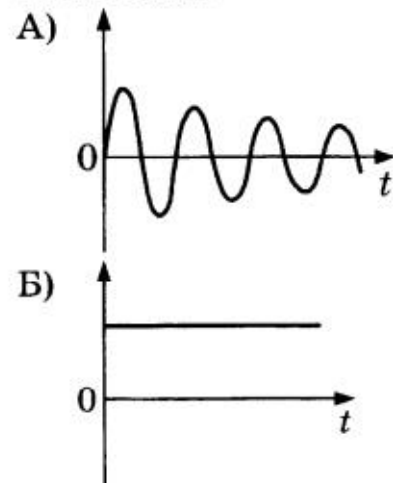
Конденсатор колебательного контура подключен к источнику постоянного напряжения (см. рисунок). В момент $t = 0$ переключатель К переводят из положения 1 в положение 2. Графики А) и Б) представляют изменения физических величин, характеризующих колебания в контуре после этого.



Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять.

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

ГРАФИКИ



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

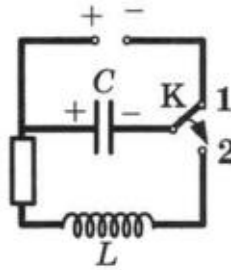
- 1) заряд левой обкладки конденсатора
- 2) сила тока в катушке
- 3) энергия электрического поля конденсатора
- 4) индуктивность катушки

Ответ:

А	Б

17

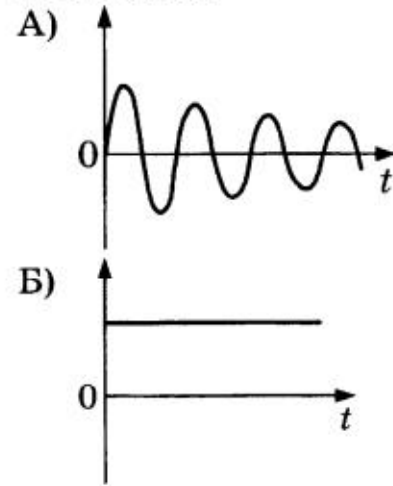
Конденсатор колебательного контура подключен к источнику постоянного напряжения (см. рисунок). В момент $t = 0$ переключатель К переводят из положения 1 в положение 2. Графики А) и Б) представляют изменения физических величин, характеризующих колебания в контуре после этого.



Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять.

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

ГРАФИКИ



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) заряд левой обкладки конденсатора
- 2) сила тока в катушке
- 3) энергия электрического поля конденсатора
- 4) индуктивность катушки

$$q(t) = q_0 \cos \omega t$$

$$i(t) = q'(t) = (q_0 \cos \omega t)' \Rightarrow i(t) = -I_0 \sin \omega t$$

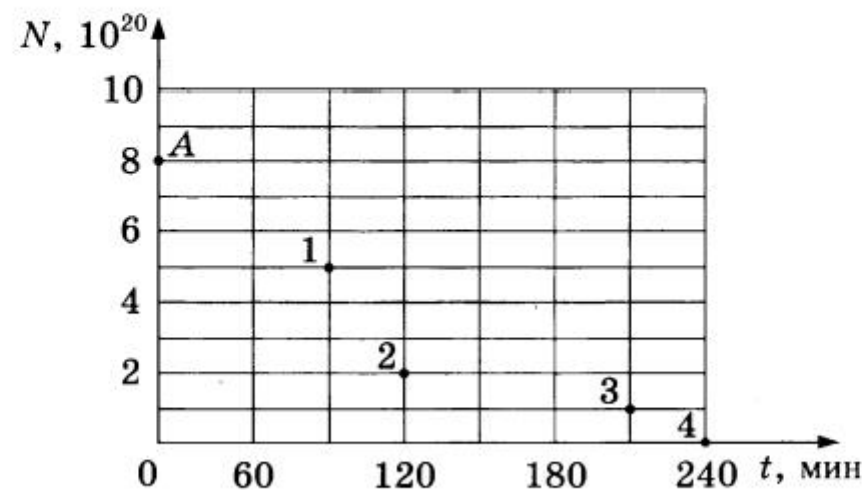
$$I_0 = q_0 \omega$$

Ответ:

А	Б
2	4

18

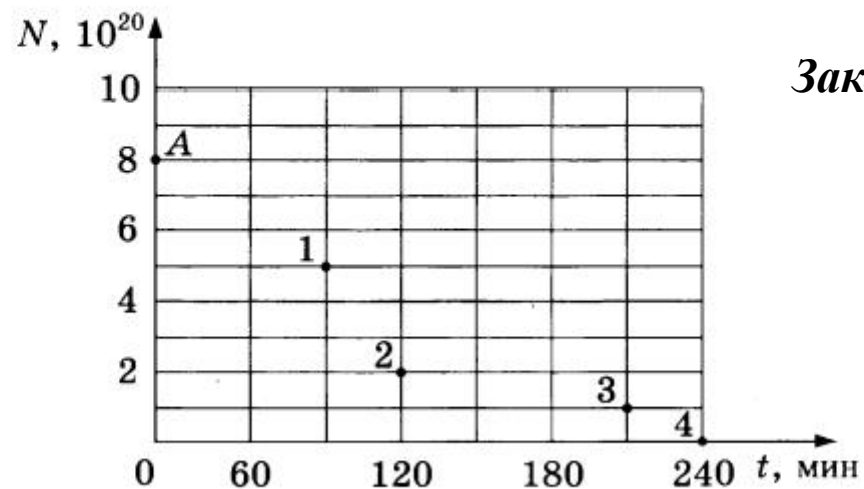
Ядра нептуния ${}^{240}_{93}\text{Np}$ испытывают β^- -распад с периодом полураспада 60 мин. В момент начала наблюдения в образце содержится $8 \cdot 10^{20}$ ядер нептуния. Через какую из точек, кроме точки A, пройдет график зависимости от времени числа ядер радиоактивного нептуния в образце?



Ответ: через точку _____.

18

Ядра нептуния ${}^{240}_{93}\text{Np}$ испытывают β^- -распад с периодом полураспада 60 мин. В момент начала наблюдения в образце содержится $8 \cdot 10^{20}$ ядер нептуния. Через какую из точек, кроме точки А, пройдет график зависимости от времени числа ядер радиоактивного нептуния в образце?



Закон радиоактивного распада

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

Ответ: через точку 2.

$$t = 2T: \quad N_2 = \frac{8 \cdot 10^{20}}{2^{\frac{2T}{T}}} = \frac{8 \cdot 10^{20}}{2^2} = 2 \cdot 10^{20}$$

19

В камере прибора создано магнитное поле (см. рисунок), направленное перпендикулярно плоскости рисунка от нас. В прибор влетают с одинаковыми скоростями разные частицы, являющиеся продуктами различных ядерных реакций (электроны, позитроны, протоны, нейтроны и α -частицы). Установите соответствие между вспышками на экране и частицей, попавшей в данное место экрана.

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

ЧАСТИЦА

А) позитрон

Б) протон

ВСПЫШКА

1) 1

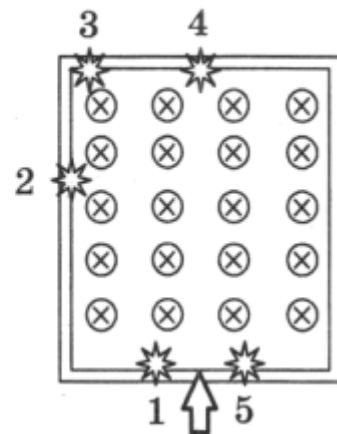
2) 2

3) 3

4) 4

Ответ:

А	Б



19

В камере прибора создано магнитное поле (см. рисунок), направленное перпендикулярно плоскости рисунка от нас. В прибор влетают с одинаковыми скоростями разные частицы, являющиеся продуктами различных ядерных реакций (электроны, позитроны, протоны, нейтроны и α -частицы). Установите соответствие между вспышками на экране и частицей, попавшей в данное место экрана.

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

ЧАСТИЦА

- А) позитрон
Б) протон

ВСПЫШКА

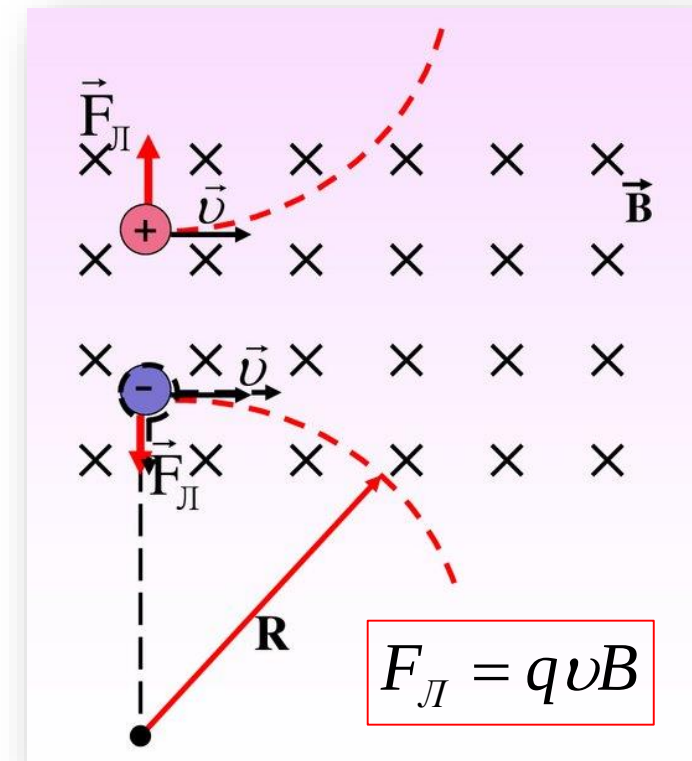
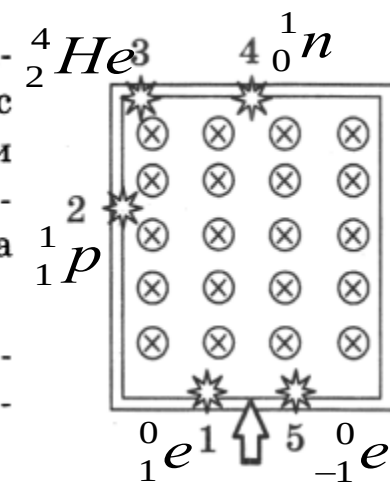
- 1) 1
2) 2
3) 3
4) 4

Ответ:

А	Б
1	2

Радиус окружности
заряженной частицы в МП

$$R = \frac{mv}{qB}$$



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

- 1) Если модуль скорости тела уменьшается, а направление скорости не меняется, то вектор ускорения тела сонаправлен вектору скорости.
- 2) В изотермическом процессе конденсации вещества из пара в жидкость внутренняя энергия вещества увеличивается.
- 3) В цепи постоянного тока на всех параллельно соединённых резисторах напряжение одинаково.
- 4) Электромагнитные волны видимого света имеют бóльшую частоту, чем ультрафиолетовое излучение.
- 5) Заряд ядра в единицах элементарного электрического заряда (зарядовое число ядра) равняется числу протонов в ядре.

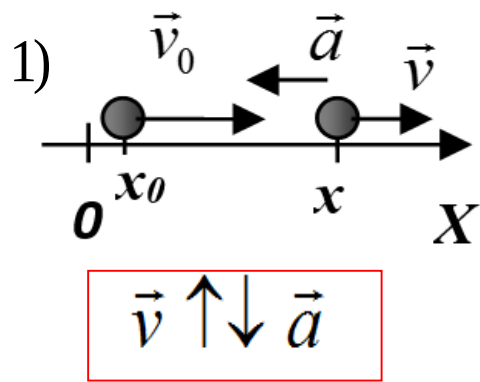
Ответ: _____.

20

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

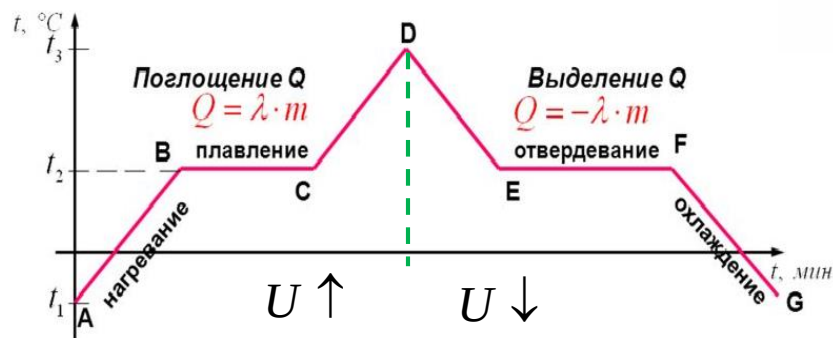
- 1) Если модуль скорости тела уменьшается, а направление скорости не меняется, то вектор ускорения тела сонаправлен вектору скорости.
- 2) В изотермическом процессе конденсации вещества из пара в жидкость внутренняя энергия вещества увеличивается.
- 3) В цепи постоянного тока на всех параллельно соединённых резисторах напряжение одинаково.
- 4) Электромагнитные волны видимого света имеют бóльшую частоту, чем ультрафиолетовое излучение.
- 5) Заряд ядра в единицах элементарного электрического заряда (зарядовое число ядра) равняется числу протонов в ядре.

Ответ: 35.

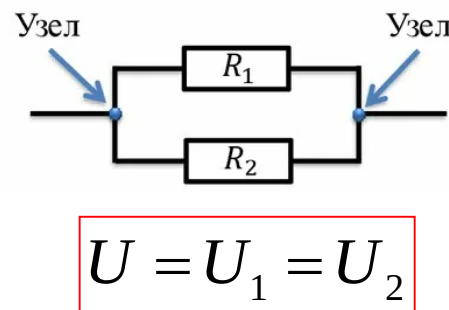


2)

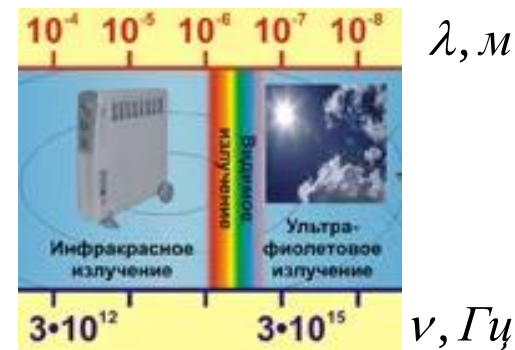
$$U = N(\bar{E}_k + \bar{W}_p)$$



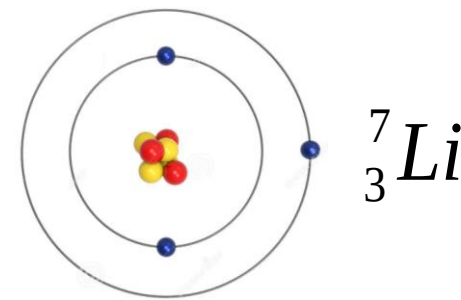
3)



4)



5)



Модель атома лития

21

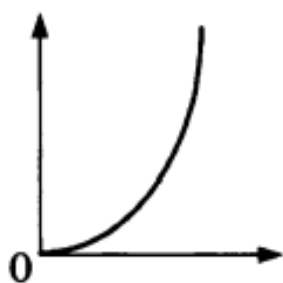
Даны следующие зависимости величин:

А) зависимость силы трения скольжения от скорости;

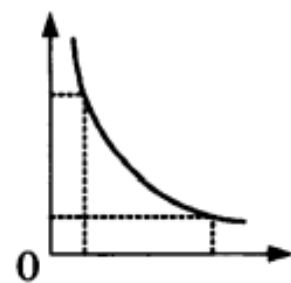
Б) зависимость плотности газа от давления в изотермическом процессе;

В) зависимость количества нераспавшихся частиц от времени при α -распаде.

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



(1)



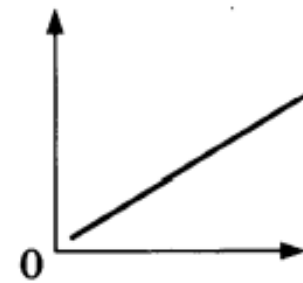
(2)



(3)



(4)



(5)

Ответ:

А	Б	В

21

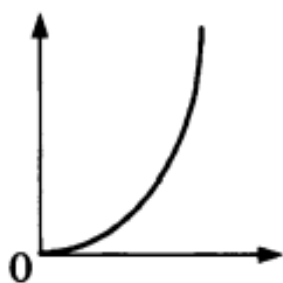
Даны следующие зависимости величин:

А) зависимость силы трения скольжения от скорости;

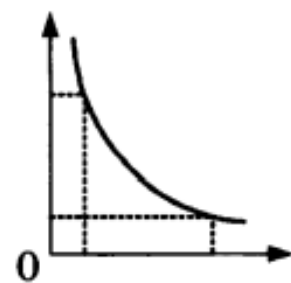
Б) зависимость плотности газа от давления в изотермическом процессе;

В) зависимость количества нераспавшихся частиц от времени при α -распаде.

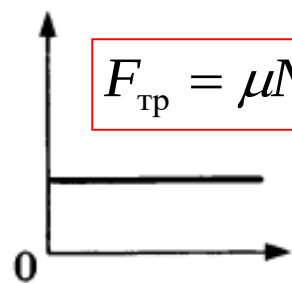
Установите соответствие между этими зависимостями и видами графиков, обозначенных цифрами 1–5. Для каждой зависимости А–В подберите соответствующий вид графика и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



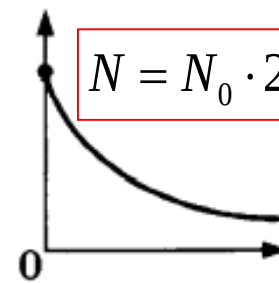
(1)



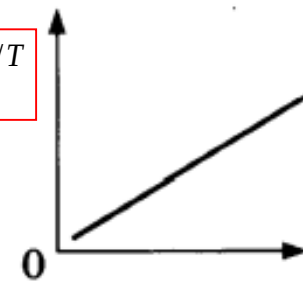
(2)



(3)



(4)



(5)

$$F_{\text{тр}} = \mu N$$

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

$$\rho = \frac{p\mu}{RT}$$

Ответ:

А	Б	В
3	5	4

$F_{\text{тр}}(v)$ – нет зависимости

$\rho(p)$ – прямая пропорциональная зависимость

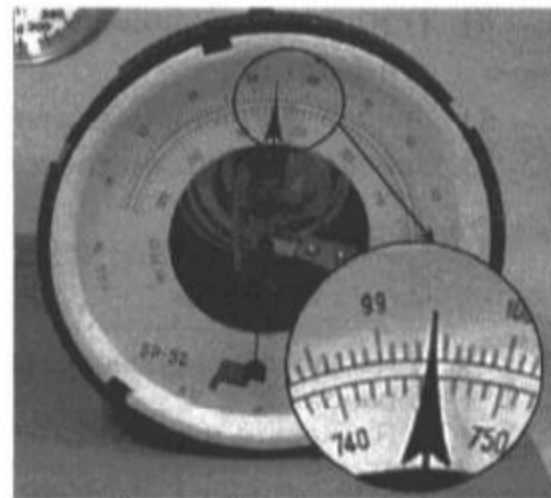
$N(t)$ – убывающая показательная зависимость

22

С помощью барометра проводились измерения атмосферного давления. Верхняя шкала барометра проградуирована в килопаскалях (кПа), а нижняя шкала — в миллиметрах ртутного столба (мм рт. ст.). Погрешность измерений давления равна цене деления шкалы барометра. Чему равно атмосферное давление по результатам этих измерений, измеренное в мм рт. ст.?

Запишите в ответ показания барометра с учетом погрешности измерений.

Ответ: (_____ $\pm$ _____) мм рт. ст.

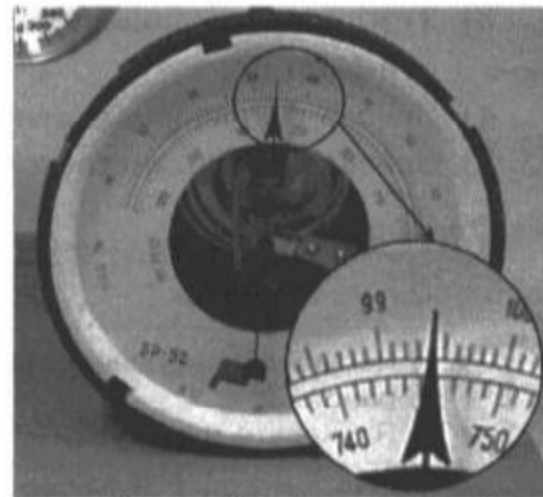


22

С помощью барометра проводились измерения атмосферного давления. Верхняя шкала барометра проградуирована в килопаскалях (кПа), а нижняя шкала — в миллиметрах ртутного столба (мм рт. ст.). Погрешность измерений давления равна цене деления шкалы барометра. Чему равно атмосферное давление по результатам этих измерений, измеренное в мм рт. ст.?

Запишите в ответ показания барометра с учетом погрешности измерений.

Ответ: (746 ± 1) мм рт. ст.



$$c = \frac{(750 - 740) \text{ мм.рт.ст.}}{10} = 1 \text{ мм.рт.ст.}$$

22	7	4	6	1			
----	---	---	---	---	--	--	--

23

Школьник изучает свободные колебания нитяного маятника. В его распоряжении имеется пять маятников, характеристики которых указаны в таблице. Какие *два* маятника необходимо взять школьнику для того, чтобы на опыте выяснить, зависит ли период свободных колебаний маятника от массы шарика? Шарiki сплошные.

№ маятника	Длина маятника	Объём шарика	Материал, из которого сделан шарик
1	2,0 м	8 см ³	алюминий
2	0,5 м	5 см ³	алюминий
3	1,0 м	5 см ³	сталь
4	1,5 м	8 см ³	алюминий
5	1,0 м	5 см ³	алюминий

Запишите в ответе номера выбранных маятников.

Ответ:

23

Школьник изучает свободные колебания нитяного маятника. В его распоряжении имеется пять маятников, характеристики которых указаны в таблице. Какие *два* маятника необходимо взять школьнику для того, чтобы на опыте выяснить, зависит ли период свободных колебаний маятника от массы шарика? Шарiki сплошные.

№ маятника	Длина маятника	Объём шарика	Материал, из которого сделан шарик
1	2,0 м	8 см ³	алюминий
2	0,5 м	5 см ³	алюминий
3	1,0 м	5 см ³	сталь
4	1,5 м	8 см ³	алюминий
5	1,0 м	5 см ³	алюминий

Запишите в ответе номера выбранных маятников.

Ответ: 3 5

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

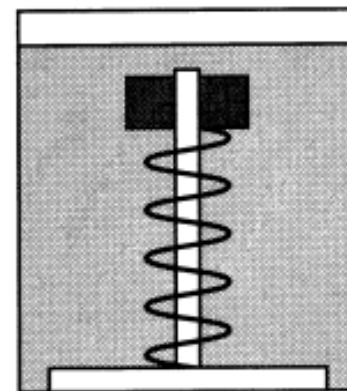
$$m = \rho V$$

Два деревянных кольца детских пирамидок № 1 и № 2, способных без трения скользить по оси, соединили с основаниями этих пирамидок двумя одинаковыми лёгкими пружинками (см. рисунок). Пирамидку № 2 поместили в прочный сосуд с водой, прикрепив основание к его дну. Обе пирамидки покоятся относительно Земли. Как изменится по сравнению с этим случаем

(увеличится, уменьшится или останется прежней) длина пружин пирамидок № 1 и № 2 во время свободного падения с балкона высокого дома? Сопротивлением воздуха пренебречь. Ответ поясните, указав, какие физические закономерности Вы использовали для объяснения.

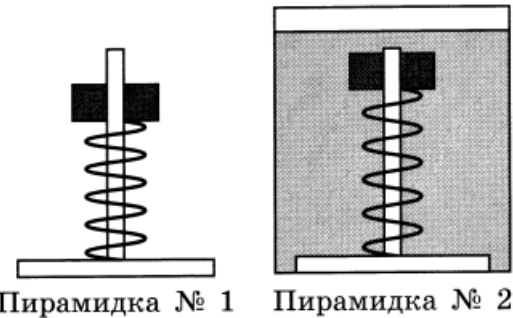


Пирамидка № 1



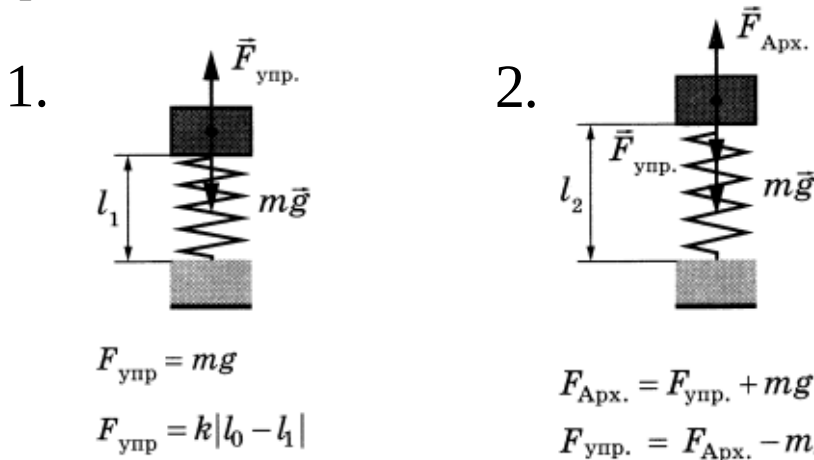
Пирамидка № 2

Два деревянных кольца детских пирамидок № 1 и № 2, способных без трения скользить по оси, соединили с основаниями этих пирамидок двумя одинаковыми лёгкими пружинками (см. рисунок). Пирамидку № 2 поместили в прочный сосуд с водой, прикрепив основание к его дну. Обе пирамидки покоятся относительно Земли. Как изменится по сравнению с этим случаем (увеличится, уменьшится или останется прежней) длина пружин пирамидок № 1 и № 2 во время свободного падения с балкона высокого дома? Сопротивлением воздуха пренебречь. Ответ поясните, указав, какие физические закономерности Вы использовали для объяснения.



Решение:

Пока пирамидки покоились относительно Земли (ИСО), пружина пирамидки 1 была сжата под весом кольца, а пружина пирамидки 2 была растянута так, чтобы действие силы упругости и силы тяжести компенсировало действие силы Архимеда:



m – масса кольца
 k – коэффициент упругости пружины
 l_0 – длина недеформированной пружины
 l_1 – длина деформированной пружины 1
 l_2 – длина деформированной пружины 2

$$F_{\text{упр}} = mg$$

$$F_{\text{упр}} = k|l_0 - l_1|$$

$$F_{\text{Арх.}} = F_{\text{упр.}} + mg$$

$$F_{\text{упр.}} = F_{\text{Арх.}} - mg = k|l_2 - l_0|$$

При свободном падении каждая пирамидка и вода находятся в состоянии невесомости. Следовательно, на кольцо при свободном падении будет действовать только сила тяжести. По этой причине длина пружины 1 увеличится, длина пружины 2 уменьшится.

Ответ: Длина пружины 1 увеличится, длина пружины 2 уменьшится.

25

В калориметр с водой опущена трубка. По трубке в воду впускают водяной пар при температуре 100°C . В некоторый момент масса воды перестаёт увеличиваться, хотя пар по-прежнему пропускают. Первоначальная масса воды 460 г , а температура 0°C . Определите массу сконденсировавшегося пара. Тепловыми потерями пренебречь.

25

В калориметр с водой опущена трубка. По трубке в воду впускают водяной пар при температуре 100°C . В некоторый момент масса воды перестаёт увеличиваться, хотя пар по-прежнему пропускают. Первоначальная масса воды 460 г , а температура 0°C . Определите массу сконденсировавшегося пара. Тепловыми потерями пренебречь.

Дано:

$$m_1 = 0,46\text{ кг}$$

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

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

$$t = 100^{\circ}\text{C}$$

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

$$m_2 - ?$$

Решение:

Происходит нагревание воды за счет количества теплоты, выделяющегося при конденсации пара:

$$Q_1 + Q_2 = 0, \quad \text{Уравнение теплообмена}$$

$$cm_1(t - t_0) + (-Lm_2) = 0 \quad \Rightarrow \quad m_2 = \frac{cm_1(t - t_0)}{L}$$

$$m_2 = \frac{4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C}} \cdot 0,46\text{ кг} \cdot 100^{\circ}\text{C}}{2,3 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}} = 0,084\text{ кг}.$$

Ответ: $m_2 = 84\text{ г}$

26

В тонкой рассеивающей линзе получено уменьшенное в 4 раза изображение предмета. Определите модуль фокусного расстояния линзы, если изображение предмета находится на расстоянии $f = 9$ см от линзы.

26

В тонкой рассеивающей линзе получено уменьшенное в 4 раза изображение предмета. Определите модуль фокусного расстояния линзы, если изображение предмета находится на расстоянии $f = 9$ см от линзы.

Дано:

$$\Gamma = \frac{1}{4}$$

$$f = 9 \text{ см}$$

$$|F| = ?$$

Решение:

Формула
тонкой
линзы

$$-\frac{1}{|F|} = \frac{1}{d} - \frac{1}{f}$$

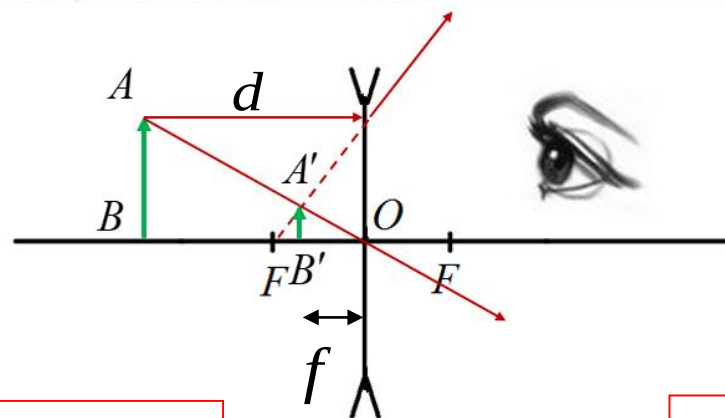
$$|F| = \frac{df}{d - f}$$

$$\frac{f}{d} = \frac{1}{4}$$

$$d = 4f$$

$$|F| = \frac{4f \cdot f}{4f - f} = \frac{4f}{3} = \frac{4 \cdot 9 \text{ см}}{3} = 12 \text{ см.}$$

Ответ: $|F| = 12 \text{ см}$

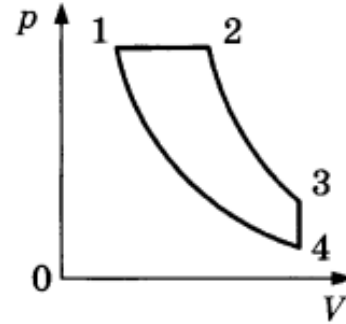


Линейное
увеличение

$$\Gamma = \frac{f}{d} = \frac{A'B'}{AB}$$

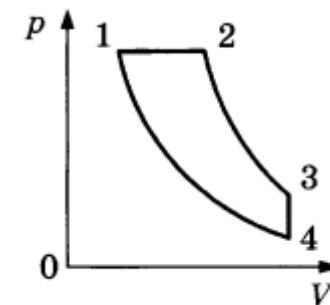
27

Тепловой двигатель использует в качестве рабочего вещества 1 моль идеального одноатомного газа. Цикл работы двигателя изображен на p - V -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.



27

Тепловой двигатель использует в качестве рабочего вещества 1 моль идеального одноатомного газа. Цикл работы двигателя изображен на p - V -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:

$$\nu = 1 \text{ моль}$$

$$\eta = 0,15$$

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

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

$$Q_H - ?$$

Решение:

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

$$Q = \Delta U + A$$

I закон термодинамики

При изобарном расширении на участке 1–2 газ получает от нагревателя количество теплоты Q_{12} , а на участке 3–4 отдает холодильнику в изохорном процессе количество теплоты Q_{34} . На других участках теплообмен отсутствует. В соответствии с первым началом термодинамики работа газа за цикл A равна разности количества теплоты, полученной от нагревателя и отданной холодильнику: $A = Q_{12} - Q_{34}$.

$$\eta = \frac{Q_{12} - |Q_{34}|}{Q_{12}} = 1 - \frac{|Q_{34}|}{Q_{12}} \Rightarrow Q_{12} = \frac{|Q_{34}|}{1 - \eta}$$

$$Q_{34} = \Delta U = U_4 - U_3 = \frac{3}{2} \nu R (T_4 - T_3), \quad A_{34} = 0 \quad (V = \text{const})$$

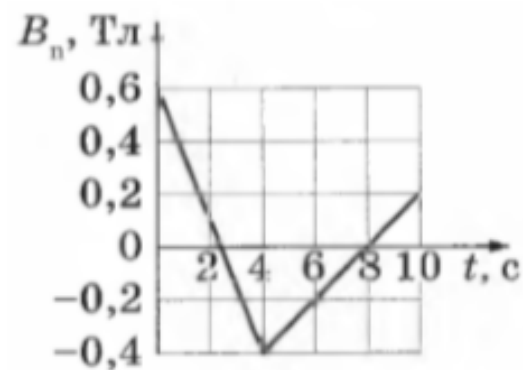
$$Q_H = Q_{12} = \frac{3\nu R |T_4 - T_3|}{2(1 - \eta)}$$

$$Q_{12} = \frac{3 \cdot 1 \cdot 8,31 \cdot |310 - 575|}{2(1 - 0,15)} \approx 3886 \text{ Дж.}$$

Ответ: $Q_H = 3886 \text{ Дж}$

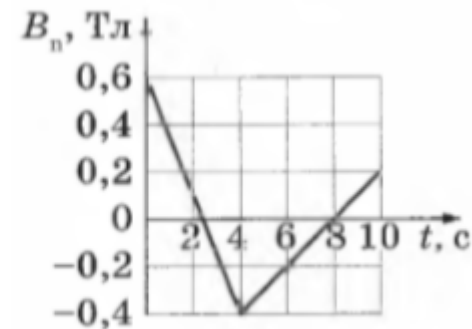
28

Квадратная проволочная рамка со стороной $l = 10$ см находится в однородном магнитном поле. На рисунке изображена зависимость проекции вектора магнитной индукции B_n на перпендикуляр к плоскости рамки от времени t . За время $t = 10$ с в рамке выделилось количество теплоты $Q = 16$ мкДж. Определите сопротивление рамки.



28

Квадратная проволочная рамка со стороной $l = 10$ см находится в однородном магнитном поле. На рисунке изображена зависимость проекции вектора магнитной индукции B_n на перпендикуляр к плоскости рамки от времени t . За время $t = 10$ с в рамке выделилось количество теплоты $Q = 16$ мкДж. Определите сопротивление рамки.



Дано:

$$l = 0,1 \text{ м}$$

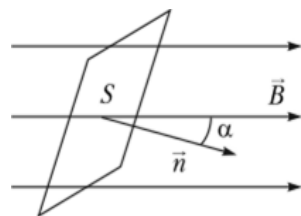
$$t_1 = 4 \text{ с}$$

$$t_2 = 6 \text{ с}$$

$$Q = 16 \cdot 10^{-6} \text{ Дж}$$

$$R = ?$$

Решение:



$$Q = Q_1 + Q_2 \Rightarrow$$

Закон Джоуля-Ленца

$$Q = \frac{U_1^2}{R} t_1 + \frac{U_2^2}{R} t_2 = \frac{1}{R} (\varepsilon_1^2 t_1 + \varepsilon_2^2 t_2)$$

Закон ЭМИ

$$\varepsilon_i = - \frac{\Delta \Phi}{t}$$

Магнитный поток

$$\Phi = BS \cos \alpha = B_n S = B_n \cdot l^2$$

$$\Rightarrow \varepsilon_i = l^2 \frac{|\Delta B_n|}{t}$$

$$Q = \frac{l^4}{R} \left[\frac{(\Delta B_{n1})^2}{t_1} + \frac{(\Delta B_{n2})^2}{t_2} \right] \Rightarrow R = \frac{l^4}{Q} \left[\frac{(\Delta B_{n1})^2}{t_1} + \frac{(\Delta B_{n2})^2}{t_2} \right]$$

$$R = \frac{10^{-4} \text{ м}^4}{16 \cdot 10^{-6} \text{ Дж}} \left[\frac{(-0,4 \text{ Тл} - 0,6 \text{ Тл})^2}{4 \text{ с}} + \frac{(0,2 \text{ Тл} - 0,4 \text{ Тл})^2}{6 \text{ с}} \right] \approx 1,9 \text{ Ом}$$

Ответ: $R = 1,9 \text{ Ом}$

Значения энергии электрона в атоме водорода задаются формулой: $E_n = -\frac{13,6\text{эВ}}{n^2}$, $n = 1, 2, 3, \dots$. При переходах с верхних уровней энергии на нижние атом излучает фотон. Переходы с верхних уровней на уровень с $n = 1$ образуют серию Лаймана, на уровень с $n = 2$ — серию Бальмера и т. д. Найдите отношение γ максимальной длины волны фотона в серии Бальмера к максимальной длине волны фотона в серии Лаймана.

29

Значения энергии электрона в атоме водорода задаются формулой: $E_n = -\frac{13,6 \text{ эВ}}{n^2}$, $n = 1, 2, 3, \dots$. При переходах с верхних уровней энергии на нижние атом излучает фотон. Переходы с верхних уровней на уровень с $n = 1$ образуют серию Лаймана, на уровень с $n = 2$ — серию Бальмера и т. д. Найдите отношение γ максимальной длины волны фотона в серии Бальмера к максимальной длине волны фотона в серии Лаймана.

Дано:

$$E_n = \frac{-13,6 \text{ эВ}}{n^2}$$

 $\gamma = ?$

Решение: Энергия фотона:

$$E_\phi = E_k - E_n$$

$$E_\phi = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$



Серия Бальмера: $\frac{hc}{\lambda_{32}} = E_3 - E_2$

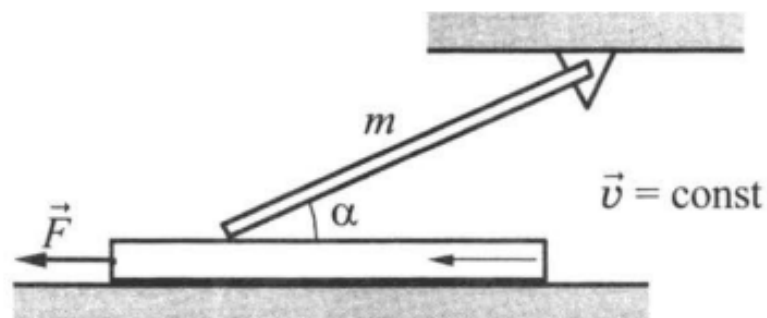
Серия Лаймана: $\frac{hc}{\lambda_{21}} = E_2 - E_1$

$$\gamma = \frac{\lambda_{32}}{\lambda_{21}} = \frac{E_2 - E_1}{E_3 - E_2} \Rightarrow \gamma = \frac{-\frac{13,6}{2^2} - (-13,6)}{-\frac{13,6}{3^2} - (-\frac{13,6}{2^2})} = \frac{\frac{3}{4} \cdot 13,6}{\frac{5}{36} \cdot 13,6} = 5,4$$

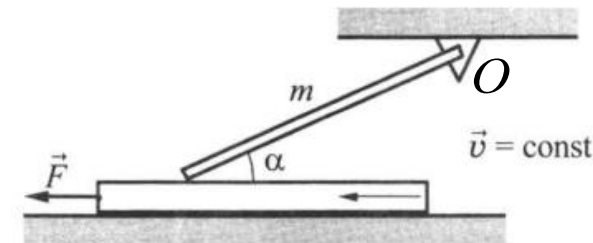
Ответ: $\gamma = 5,4$

30

Однородный тонкий стержень массой $m = 1$ кг одним концом шарнирно прикреплен к потолку, а другим концом опирается на массивную горизонтальную доску, образуя с ней угол $\alpha = 30^\circ$. Под действием горизонтальной силы $\vec{F}$ доска движется поступательно влево с постоянной скоростью (см. рисунок). Стержень при этом неподвижен. Найдите F , если коэффициент трения стержня по доске $\mu = 0,2$. Трением доски по опоре и трением в шарнире пренебречь. Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на доску и стержень. Обоснуйте применимость используемых законов к решению задачи.

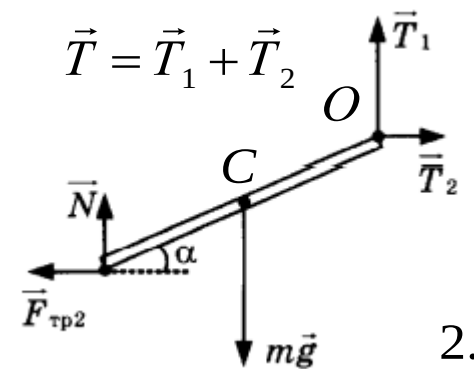
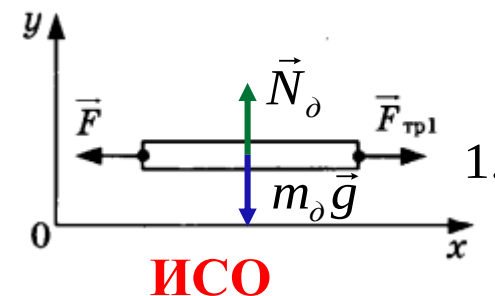


Однородный тонкий стержень массой $m = 1$ кг одним концом шарнирно прикреплен к потолку, а другим концом опирается на массивную горизонтальную доску, образуя с ней угол $\alpha = 30^\circ$. Под действием горизонтальной силы $\vec{F}$ доска движется поступательно влево с постоянной скоростью (см. рисунок). Стержень при этом неподвижен. Найдите F , если коэффициент трения стержня по доске $\mu = 0,2$. Трением доски по опоре и трением в шарнире пренебречь. Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на доску и стержень. Обоснуйте применимость используемых законов к решению задачи.



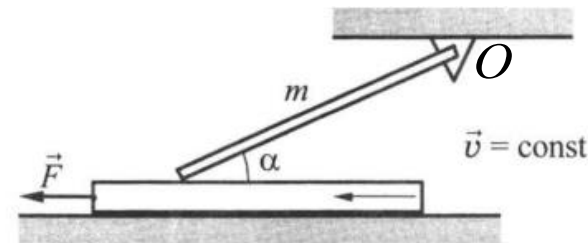
1. Рассмотрим задачу в системе отсчёта, связанную с Землёй. Будем считать эту систему отсчёта инерциальной (ИСО).
2. Стержень и доску будем абсолютно твердыми телами, то есть их размеры и форма остаются постоянными при любой нагрузке.
3. Любое движение твёрдого тела является суперпозицией поступательного 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. На доску (рис. 1) действуют сила тяжести и сила реакции опоры, которые компенсируют друг друга, т.к. опора горизонтальная, а также внешняя сила F и сила трения со стороны стержня $F_{\text{тр}1}$. Учитывая п.1 и п. 2 для доски выполняется II закон Ньютона. Сила трения между опорой и доской отсутствует. Для доски и стержня выполняется III закон Ньютона (для $F_{\text{тр}}$).

Поскольку стержень покоится (рис. 2), то векторная сумма внешних сил, приложенная к нему, равна 0 (сила тяжести mg , сила реакции опоры N , сила трения со стороны доски F_2 и сила реакции шарнира T). Следовательно, и алгебраическая сумма моментов этих сил будет равна нулю относительно оси вращения, проходящей перпендикулярно плоскости рисунка через точку O (шарнир).



30

Однородный тонкий стержень массой $m = 1$ кг одним концом шарнирно прикреплен к потолку, а другим концом опирается на массивную горизонтальную доску, образуя с ней угол $\alpha = 30^\circ$. Под действием горизонтальной силы $\vec{F}$ доска движется поступательно влево с постоянной скоростью (см. рисунок). Стержень при этом неподвижен. Найдите F , если коэффициент трения стержня по доске $\mu = 0,2$. Трением доски по опоре и трением в шарнире пренебречь. Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на доску и стержень. Обоснуйте применимость используемых законов к решению задачи.



Дано: | Решение: $\vec{v} = \text{const}$: $F = F_{\text{тр1}}$ – для доски

$$m = 1 \text{ кг}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

$$\mu = 0,2$$

$$F = ?$$

т.О: $M_1 + M_2 + M_3 = 0$ – для стержня длиной L

$$mg \frac{L}{2} \cos \alpha - F_{\text{тр2}} L \sin \alpha - NL \cos \alpha = 0$$

$F_{\text{тр1}} = F_{\text{тр2}}$ – по III закону Ньютона

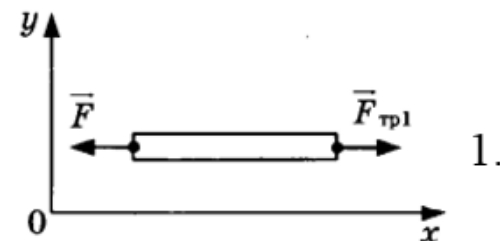
$$F_{\text{тр2}} = \mu N$$

$$mg \frac{L}{2} \cos \alpha - \mu TL \sin \alpha - NL \cos \alpha = 0 \Rightarrow$$

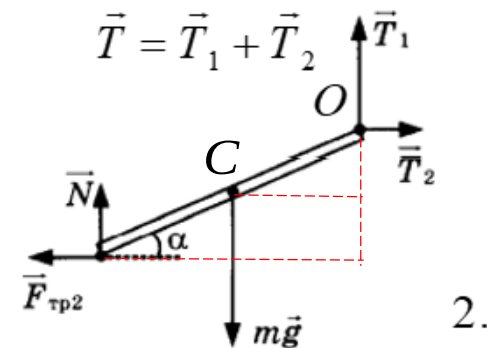
$$N = \frac{mg}{2(1 + \mu \tan \alpha)}$$

$$F = F_{\text{тр2}} = \mu N \Rightarrow F = \frac{\mu mg}{2(1 + \mu \tan \alpha)}$$

$$F = \frac{0,2 \cdot 1 \cdot 10}{2(1 + 0,2 \cdot \tan 30^\circ)} \approx 0,9 \text{ Н.}$$



ИСО



Ответ: $F = 0,9 \text{ Н}$

Задание 30

• неупругое столкновение, закон сохранения энергии

- Выбор ИСО
- Материальные точки
- Условие применимости закона сохранения энергии
- Условие применимости закона сохранения импульса

• динамика, связанные тела

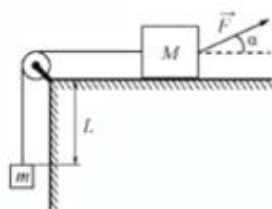
- Выбор ИСО
- Модель материальной точки
- Условие равенства сил натяжения нити
- Условие равенства ускорений тел

• статика

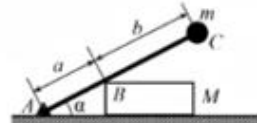
- Выбор ИСО
- Модель абсолютно твердого тела
- Тело не движется поступательно – выполняется условие равенства нулю суммы сил
- Тело не вращается – выполняется условие равенства нулю суммы моментов сил

Небольшое тело массой $M = 0,99$ кг лежит на вершине гладкой полусферы радиусом $R = 1$ м. В тело попадает пуля массой $m = 0,01$ кг, летящая горизонтально со скоростью $u_0 = 200$ м/с, и застревает в нём. Пренебрегая смещением тела за время удара, определите высоту h , на которой это тело оторвётся от поверхности полусферы. Высота отсчитывается от основания полусферы. Сопротивлением воздуха пренебречь. Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.

На горизонтальном столе находится брусок массой $M = 1$ кг, соединённый невесомой нерастяжимой нитью, перекинутой через гладкий невесомый блок, с грузом массой $m = 500$ г. На брусок действует сила $\vec{F}$, направленная под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту (см. рисунок), $F = 9$ Н. В момент начала движения груз находился на расстоянии $L = 32$ см от края стола. Какую скорость V будет иметь груз в тот момент, когда он поднимется до края стола, если коэффициент трения между бруском и столом $\mu = 0,3$? Сделайте схематический рисунок с указанием сил, действующих на брусок и груз. Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.



Лёгкий стержень AC прикреплен нижним концом к шарниру, относительно которого он может поворачиваться без трения. На верхнем конце стержня закреплён маленький шарик массой $m = 1$ кг. В точке B стержень опирается на середину ребра однородного бруска массой $M = 4$ кг, который имеет форму прямоугольного параллелепипеда и лежит на горизонтальной плоскости (см. рисунок). Стержень образует угол α ($\tan \alpha = 0,75$) с горизонтальной плоскостью и перпендикулярен ребру бруска, на которое он опирается. Трение между стержнем и ребром бруска отсутствует, коэффициент трения между бруском и горизонтальной плоскостью равен μ . $AB = a = 0,2$ м, $BC = b = 0,3$ м. Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на брусок и на стержень с шариком. Найдите минимальное значение μ , при котором система тел остаётся неподвижной. Обоснуйте применимость используемых законов к решению задачи.



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



Желаю успехов на экзаменах!