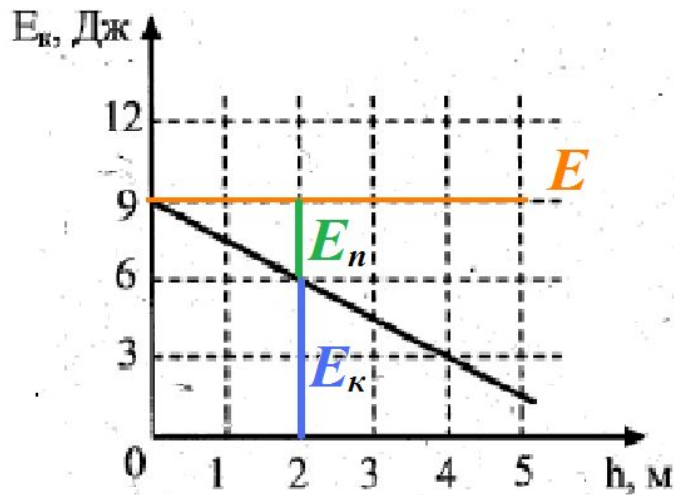
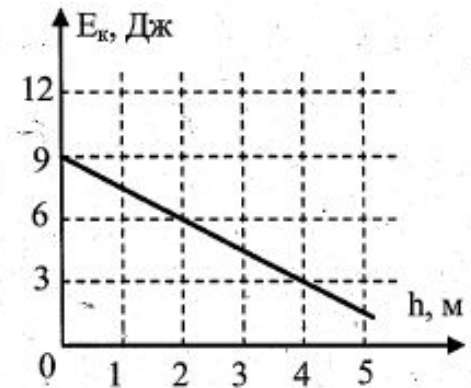


Закон сохранения энергии

в задачах ЕГЭ

Мяч брошен вертикально вверх. На рисунке показан график изменения кинетической энергии мяча по мере его подъема над точкой бросания. Какова потенциальная энергия мяча на высоте 2 м?

Решение:



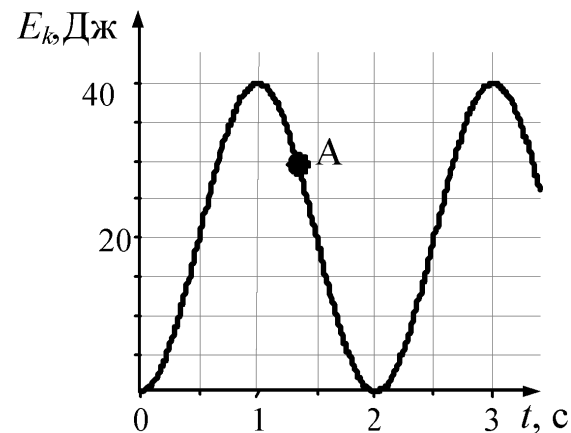
$$E = E_n + E_k = \text{const}$$

$$E_0 = E_{n2} + E_{k2} = 9 \text{ Дж}$$

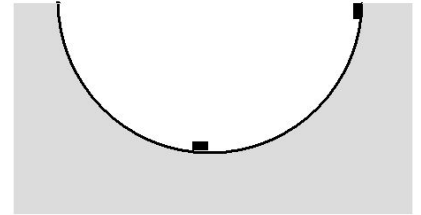
$$E_{n2} = 3 \text{ Дж}$$

На рисунке представлен график изменения со временем кинетической энергии ребенка, качающегося на качелях. В момент, соответствующий точке А на графике, его потенциальная энергия, отсчитанная от положения равновесия качелей, равна

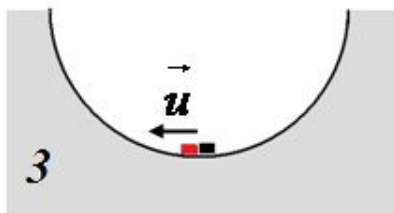
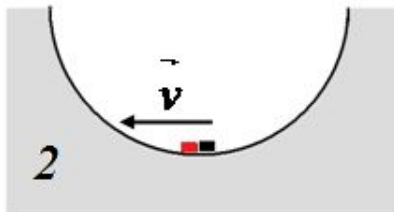
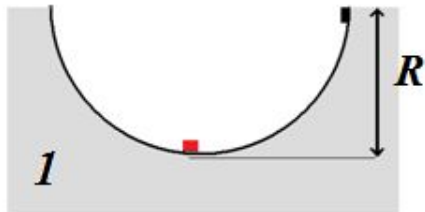
- 1) 10 Дж
- 2) 20 Дж
- 3) 30 Дж
- 4) 25 Дж



Маленькая шайба массой 2 г может скользить без трения по цилиндрической выемке радиуса 0,5 м. Начав движение сверху, она сталкивается с другой такой же шайбой, покоящейся внизу. Чему равно количество теплоты, выделившееся в результате неупругого столкновения шайб?



Решение:



$$\left\{ \begin{array}{l} Q = E_2 - E_3 \\ E_2 = \frac{mv^2}{2} \\ E_3 = \frac{2mu^2}{2} \\ mgR = \frac{mv^2}{2} \\ mv = 2mu \end{array} \right.$$

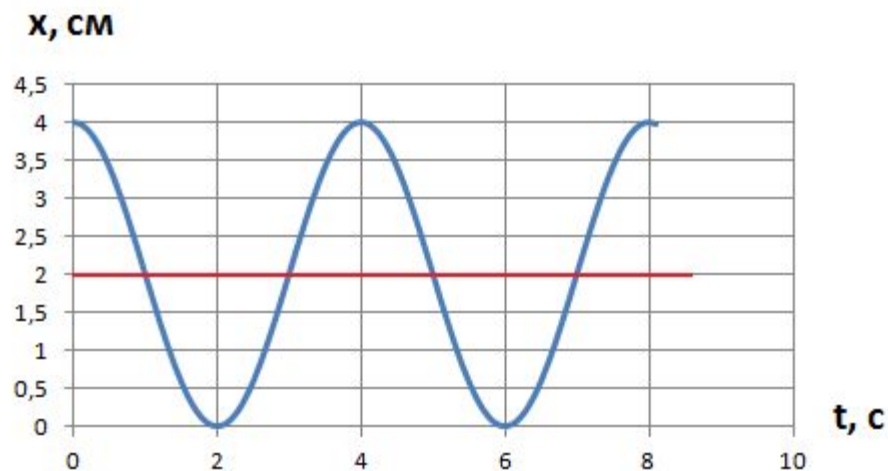
$$u = v / 2$$

$$v = \sqrt{2gR}$$

$$Q = mgR / 2$$

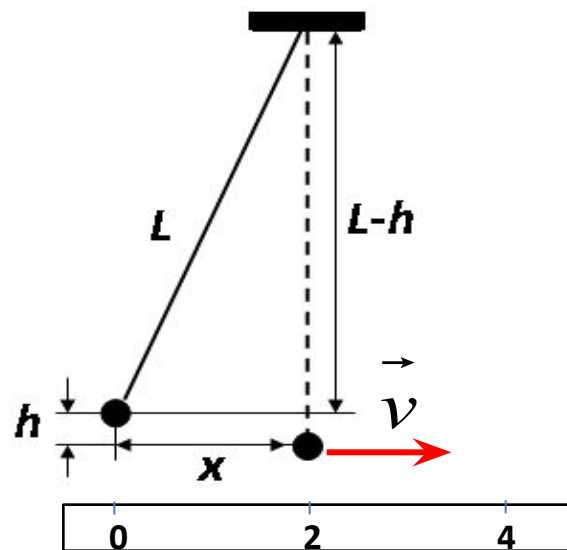
t (с)	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
x (см)	4	2	0	2	4	2	0	2

Решение 1:



$$T = 0,4 \text{ с}$$

$$x = 2 \text{ см}$$



$$\begin{cases} mgh = \frac{mv^2}{2} & (1) \\ L^2 = (L-h)^2 + x^2 & (2) \\ T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} & (3) \end{cases}$$

$$L = \frac{gT^2}{4\pi^2} = 0,04(\text{м})$$

$$h^2 - 2Lh + x^2 = 0 \Rightarrow h = 0,0054(\text{м})$$

$$v = \sqrt{2gh} = 0,31(\text{м})$$

Подвешенный на нити грузик совершает гармонические колебания. В таблице представлены координаты грузика через одинаковые промежутки времени. Какова примерно максимальная скорость грузика?

Подвешенный на нити грузик совершает гармонические колебания. В таблице представлены координаты грузика через одинаковые промежутки времени. Какова примерно максимальная скорость грузика?

t (с)	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
x (см)	4	2	0	2	4	2	0	2

Решение 2:

$$a_x = -\omega^2 x$$

$$a_x = -\frac{k}{m} x$$

$$\omega^2 = k / m$$

$$T = 2\pi \sqrt{m / k} = 2\pi / \omega$$

$$kx_m^2 / 2 = mv_m^2 / 2$$

$$v_m = x_m \sqrt{k / m} = x_m \omega = x_m \frac{2\pi}{T}$$

$$a_x = -\frac{g}{L} x$$

$$a_x = -\omega^2 x$$

$$\omega^2 = g / L; \quad T = 2\pi \sqrt{L / g}$$

$$v_m = x_m \omega = x_m \sqrt{g / L} =$$

$$= x_m \frac{2\pi}{T} = 0,31 (\text{м} / \text{с})$$

Решение 3:

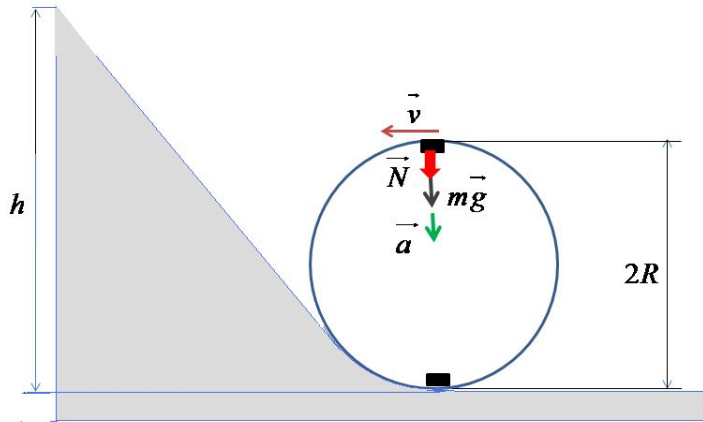
$$v = x'_t$$

$$x = x_m \cos \omega t = x_m \cos \frac{2\pi}{T} t = 0,02 \cos \frac{2\pi}{0,4} t = 0,02 \cos 5\pi t$$

$$v = -0,1\pi \sin 5\pi t$$

$$v_m = 0,1\pi \approx 0,31 (\text{м} / \text{с})$$

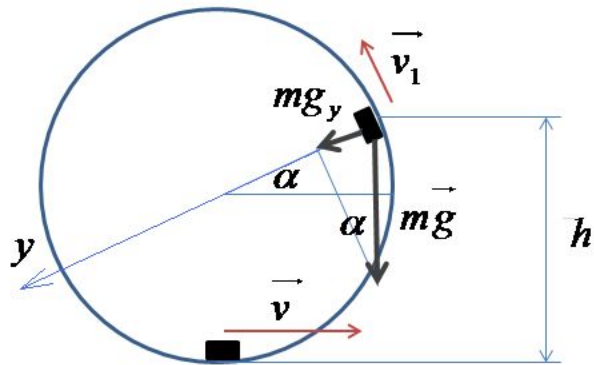
Шарик соскальзывает без трения с верхнего конца наклонного желоба, переходящего в «мертвую петлю» радиусом R . Чему равна сила давления шарика на желоб в верхней точке петли, если масса шарика $0,1$ кг, а верхний конец желоба поднят на высоту $h=3R$ по отношению к нижней точке «мертвой петли»?



$$\left\{ \begin{array}{l} \vec{F} = -\vec{N} \\ m\vec{g} + \vec{N} = m\vec{a} \\ a = \frac{v^2}{R} \\ mg \cdot 3R = mg \cdot 2R + \frac{mv^2}{2} \end{array} \right.$$

$$F = mg = 1H$$

Небольшая шайба после толчка приобретает скорость $u = 2 \text{ м/с}$ и скользит по внутренней поверхности гладкого закрепленного кольца радиусом $R = 0,14 \text{ м}$. На какой высоте h шайба отрывается от кольца и начинает свободно падать?



$$h = R + R \sin \alpha = R(1 + \sin \alpha)$$

$$\begin{cases} \frac{mv^2}{2} = mgh + \frac{mv_1^2}{2} \\ ma_y = mg_y = mg \sin \alpha \\ a_y = \frac{mv_1^2}{R} \end{cases}$$

$$v_1^2 = gR \sin \alpha$$

$$v^2 = gR(2 + 3 \sin \alpha)$$

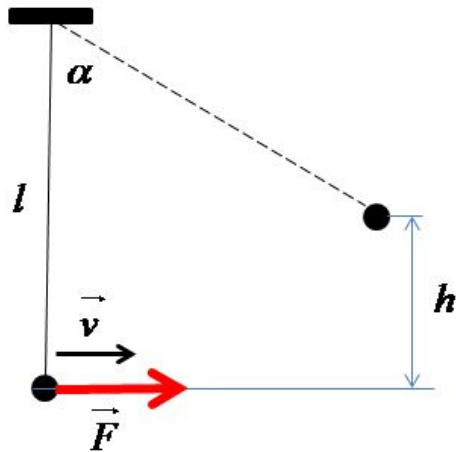
$$\sin \alpha = \frac{v^2 - 2gR}{3gR}$$

$$h = \frac{v^2 + gR}{3g}$$

Ср.: мертвая петля:

$$\text{при } H = 2,5R \quad v = \sqrt{5gR}, \text{ а } h = 2R$$

Шарик массой 0,2 кг на нити длиной 0,9 м раскачивают так, что каждый раз, когда шарик проходит положение равновесия на него в течение короткого промежутка времени 0,01с действует сила 0,1 Н, направленная параллельно скорости. Через сколько полных колебаний шарик на нити отклонится на угол 60° ?



$$\left. \begin{array}{l} m\Delta v = Ft \cdot 2N \\ v_0 = 0 \end{array} \right\} \Rightarrow mv = 2N Ft$$

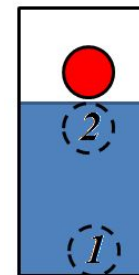
$$mgh = \frac{mv^2}{2}$$

$$h = l(1 - \cos \alpha) = 2l \sin^2 \frac{\alpha}{2}$$

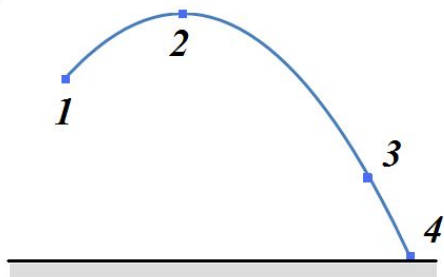
$$N = \frac{m \sin \frac{\alpha}{2}}{Ft} \sqrt{gl} = 300$$

Со дна аквариума всплывает мячик и выпрыгивает из воды. В воздухе он обладает кинетической энергией, которую приобрел за счет уменьшения:

- 1) внутренней энергии воды
- 2) потенциальной энергии мяча
- 3) потенциальной энергии воды
- 4) кинетической энергии воды



На рисунке представлена траектория движения тела, брошенного под углом к горизонту. В какой из четырех точек, отмеченных на траектории, кинетическая энергия имеет максимальное значение?



Парашютист спускается с постоянной скоростью. Какие преобразования энергии при этом происходят?

1. Потенциальная энергия парашютиста преобразуется полностью в его кинетическую энергию
2. Кинетическая энергия парашютиста полностью преобразуется в его потенциальную энергию
3. Кинетическая энергия парашютиста полностью преобразуется во внутреннюю энергию парашютиста и воздуха
4. Энергия взаимодействия парашютиста с Землей преобразуется во внутреннюю энергию взаимодействующих тел из-за сил сопротивления воздуха

В теплоизолированном сосуде смешивают 1 моль водорода со средней кинетической энергией молекул $1 \cdot 10^{-20}$ Дж и 4 моля кислорода со средней кинетической энергией молекул $2 \cdot 10^{-20}$ Дж. Какова средняя кинетическая энергия молекул после смешивания?

$$E = \frac{U_1 + U_2}{N}$$

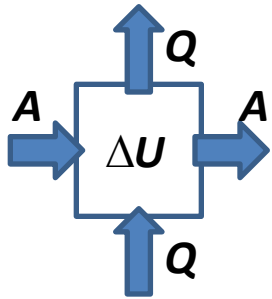
$$U_1 = N_A E_1$$

$$U_2 = 4N_A E_2$$

$$N = N_A + 4N_A = 5N_A$$

$$E = \frac{U_1 + U_2}{N} = \frac{E_1 + 4E_2}{5} = 1,8 \cdot 10^{-20} \text{ Дж}$$

I закон термодинамики



$$\Delta U = Q + A_{\text{внш}}$$

$$Q = \Delta U + A_{\text{сист}}$$

$$U = \frac{3}{2} \frac{m}{M} RT$$

$A = p\Delta V$ при $p = \text{const}$; иначе - графически: $p = f(V)$

<i>I</i> m_1, M_1 p_1, V_1, T_1 $p_1 V_1 = \frac{m_1}{M_1} R T_1$	<i>II</i> m_2, M_2 p_2, V_2, T_2 $p_2 V_2 = \frac{m_2}{M_2} R T_2$
--	---

$$U_1 = \frac{3}{2} \frac{m_1}{M_1} R T_1 \quad U_2 = \frac{3}{2} \frac{m_2}{M_2} R T_2$$

№	p	V	T	A	U	Q	I закон тд

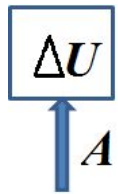
Первый закон термодинамики записан следующим образом: $Q=A+\Delta U$, где Q – количество теплоты, полученное газом, A – работа совершенная газом. В ходе процесса, проведенного с газом, его внутренняя энергия уменьшилась, при этом газ сжали. Каковы знаки Q и A ?

Решение

№	p	V	T	A	ΔU	Q	I закон тд
12		↓		-	-		$Q=A+\Delta U$

$$Q < 0, A < 0$$

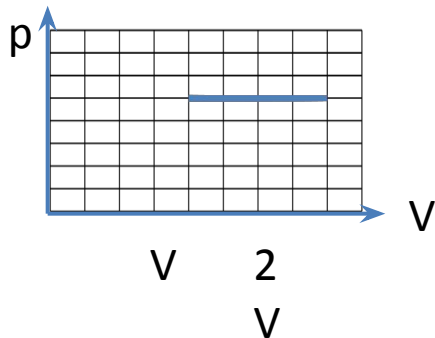
Идеальный газ совершил работу 400 Дж, при этом его внутренняя энергия увеличилась на 100 Дж. Какое количество теплоты газ получил или отдал в этом процессе?



$$Q = A + \Delta U$$

$$Q = 400 + 100 = 500 \text{ Дж}$$

Какое количество теплоты нужно предать 1 молю одноатомного газа, чтобы вдвое увеличить его объем в изобарном процессе, если начальная температура газа T ?



$$Q = \Delta U + A$$

$$V / T = \text{const} \Rightarrow T_2 = 2T$$

$$A = p\Delta V = \nu R\Delta T = \nu R(2T - T) = \nu RT$$

$$\Delta U = \frac{3}{2}\nu R\Delta T = \frac{3}{2}\nu R(2T - T) = \frac{3}{2}\nu RT$$

$$Q = \frac{5}{2}\nu RT$$

Идеальный одноатомный газ находится в сосуде с жесткими стенками объемом 0,6 м³. При нагревании его давление возросло на 3 кПа. На сколько увеличилась внутренняя энергия газа?

$$Q = \Delta U + A$$

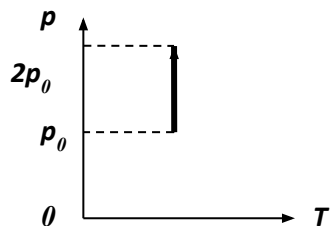
$$V = const \Rightarrow A = 0$$

$$\Delta U = U_2 - U_1 = \frac{3}{2} \nu R T_2 - \frac{3}{2} \nu R T_1$$

$$pV = \nu RT$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} (p_2 V - p_1 V) = \Delta p V = 2,7 \text{ кДж}$$

На графике показан процесс изменения состояния газа. Газ отдает 50 кДж теплоты. Чему равна работа внешних сил?



$$T = \text{const} \Rightarrow \Delta U = 0$$

$$Q = A_{\text{сум}} = -A_{\text{внш}} = 50 \text{ Дж}$$

На графике показан процесс изменения состояния газа. Газ получил 500 кДж теплоты. Как изменилась при этом внутренняя энергия газа?



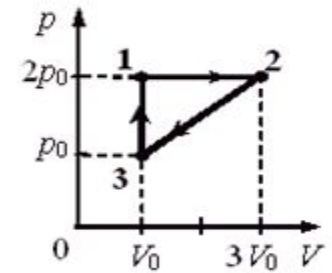
$$p = \text{const}$$

$$Q = \Delta U + A$$

$$A = p\Delta V = 2 \cdot 10^5 \text{ Дж}$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T = \frac{3}{2} p \Delta V = \frac{3}{2} A = 3 \cdot 10^5 \text{ Дж}$$

Одноатомный идеальный газ совершает циклический процесс, показанный на рисунке. Масса газа постоянна. За цикл от нагревателя газ получает количество теплоты $Q_H = 8 \text{ кДж}$. Чему равна работа газа за цикл?



№	p	V	T	A	ΔU	Q	1 закон тд
12	const	↑	↑	+	+	+	$Q=A+\Delta U$
23	↓	↓	↓	-	-	-	
31	↑	const	↑	0	+	+	$Q=\Delta U$

$$A = \frac{1}{2} p_0 \cdot 2V_0 = p_0 V_0$$

$$Q_H = Q_{12} + Q_{31}$$

$$A_{12} = 2p_0 \cdot 2V_0 = 4p_0 V_0$$

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1) = \frac{3}{2} (6p_0 V_0 - 2p_0 V_0) = 6p_0 V_0$$

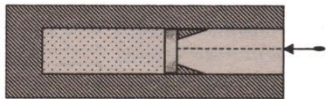
$$Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12} = 10p_0 V_0$$

$$Q_{31} = \Delta U_{31} = 2p_0 V_0 - p_0 V_0 = p_0 V_0$$

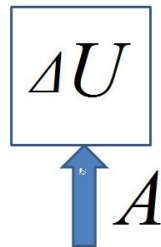
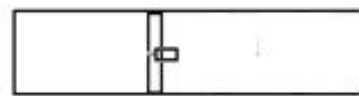
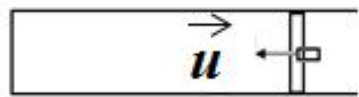
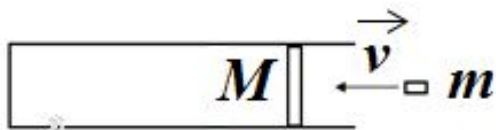
$$Q_H = Q_{12} + Q_{31} = 11p_0 V_0$$

$$A = Q_H / 11 \approx 0,7 \text{ кДж}$$

В вакууме закреплен горизонтальный цилиндр. В цилиндре находится 0,1 моль гелия, запертого поршнем. Поршень массой 90 г удерживается упорами и может скользить вдоль стенок цилиндра без трения. В поршень попадает пуля массой 10 г, летящая горизонтально со скоростью 400 м/с, и застревает в нем. Как изменится температура гелия в момент остановки поршня в крайнем левом положении? Считать, что за время движения поршня газ не успевает обменяться теплом с сосудом и поршнем.



Решение:



$$m\vec{v} = (M + m)\vec{u}$$

$$\Delta U = A$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T$$

$$A = \Delta E_{\kappa} = \frac{(M + m)u^2}{2}$$

$$\Delta T = \frac{m^2 v^2}{3 \nu R (M + m)}$$

Горизонтально расположенная положительно заряженная пластина создает вертикально направленное однородное электрическое поле напряженностью $E=10^5$ В/м. На нее с высоты $h=10$ см падает шарик массой $m=40$ г, имеющий отрицательный заряд $q=-10^{-6}$ Кл и начальную скорость $v_0=2$ м/с, направленную вертикально вниз. Какую энергию передаст шарик пластине при абсолютно неупругом ударе?

Решение

$$E_1 = mgh + \frac{mv_0^2}{2} + qEh$$

$$E_2 = 0$$

$$\Delta E = h(mg + qE) + \frac{mv_0^2}{2} = 0,18 \text{ Дж}$$

Если раздвигать пластины конденсатора, присоединенного к клеммам гальванического элемента, то его энергия:

1. Уменьшается, т.к. увеличивается расстояние между положительными и отрицательными зарядами на пластинах
2. **Увеличивается, т.к. сила, раздвигающая пластины, совершает работу**
3. Уменьшается, поскольку при неизменной разности потенциалов между пластинами емкость конденсатора уменьшается
4. Увеличивается, поскольку при неизменном заряде на пластинах конденсатора его емкость уменьшается

Если расстояние между пластинами конденсатора, предварительно заряженного и отключенного от источника тока, уменьшить в 3 раза, то его энергия:

1. **Уменьшается в 3 раза**
2. Увеличивается в 3 раза
3. Уменьшается в 9 раз
4. Увеличивается в 9 раз

$$W = \frac{q^2}{2C} = \frac{q^2 d}{2\varepsilon_0 \varepsilon S}$$

Два конденсатора емкостями 4 мкФ и 8 мкФ заряжают до напряжения 3 В каждый , а затем «плюс» одного из них подключают к «минусу» другого и соединяют свободные выводы резистором сопротивлением 1000 Ом. Какое количество теплоты выделится в резисторе?

$$W_1 = \frac{C_1 + C_2}{2} U^2$$

$$W_2 = \frac{q_1^2}{2C_1} + \frac{q_2^2}{2C_2}, \text{ причем}$$

$$\begin{cases} q_1 + q_2 = C_1 U - C_2 U \\ \frac{q_1}{C_1} = \frac{q_2}{C_2} \end{cases}$$

Тогда

$$q_1 = \frac{UC_1(C_1 - C_2)}{C_1 + C_2}$$

$$q_2 = \frac{UC_2(C_1 - C_2)}{C_1 + C_2}$$

Значит,

$$W_2 = \frac{U^2(C_1 - C_2)^2}{2(C_1 + C_2)}$$

$$Q = W_1 - W_2 = \frac{2C_1C_2U^2}{C_1 + C_2} = 48 \text{ мкДж}$$

Электродвигатель постоянного тока подключен к источнику тока и поднимает груз 1 г со скоростью 4 см/с. Напряжение на клеммах двигателя 4 В, сила тока 1 мА. Какое количество теплоты выделится в обмотке двигателя за 5 с?

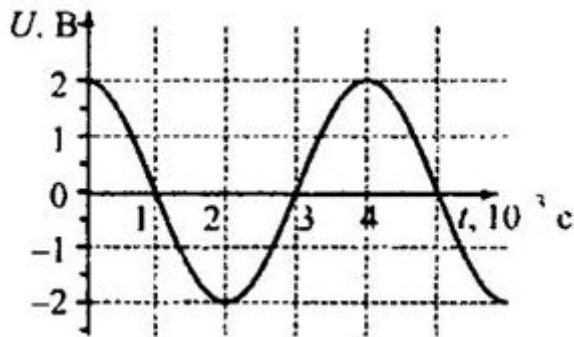
$$A = \Delta E + Q$$

$$\Delta E = mgh = mgvt$$

$$A = IUt$$

$$Q = (IU - mgv)t \approx 18 \text{ мДж}$$

Напряжение на клеммах конденсатора в колебательном контуре меняется с течением времени согласно графику на рисунке. Какое преобразование энергии происходит в контуре в промежутке от $2 \cdot 10^{-3}$ с до $3 \cdot 10^{-3}$ с?

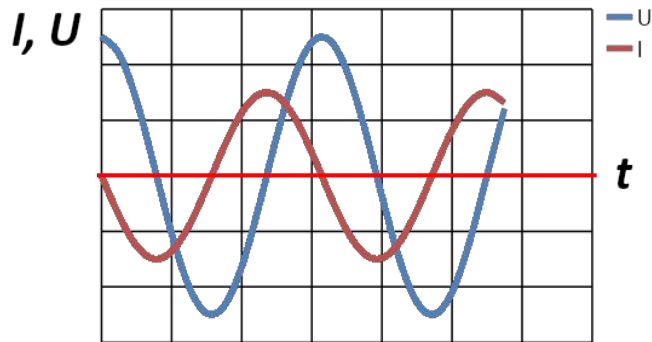


- 1) энергия магнитного поля катушки уменьшается от максимального значения до 0
- 2) энергия магнитного поля катушки преобразуется в энергию электрического поля конденсатора
- 3) энергия электрического поля конденсатора увеличивается от 0 до максимального значения
- 4) энергия электрического поля конденсатора преобразуется в энергию магнитного поля катушки.

Емкость конденсатора, включенного в цепь переменного тока, равна 6 мкФ. Уравнение колебаний напряжения на конденсаторе имеет вид: $U=50\cos(1000t)$, где все величины выражены в СИ. Найдите амплитуду силы тока

Решение

1:



$$W = W_{\text{э}} + W_{\text{м}}$$

$$W_{\text{э}} = Cu^2 / 2, \quad W_{\text{м}} = Li^2 / 2$$

$$W = CU_{\text{м}}^2 / 2 = Li_{\text{м}}^2 / 2,$$

$$\text{поэтому } I_{\text{м}} = U_{\text{м}} \sqrt{C / L}$$

$$\left. \begin{array}{l} T = 2\pi \sqrt{L / C} \\ T = 2\pi / \omega \end{array} \right\} \Rightarrow L = \frac{1}{\omega^2 C}$$

$$\text{Отсюда } I_{\text{м}} = \omega U_{\text{м}} C = 0,3 \text{ A}$$

Емкость конденсатора, включенного в цепь переменного тока, равна 6 мкФ. Уравнение колебаний напряжения на конденсаторе имеет вид: $U=50\cos(1000t)$, где все величины выражены в СИ. Найдите амплитуду силы тока

Решение

2:

$$\dot{i} = \dot{q}_t = (Cu)'_t = [CU_m \cos(\omega t)]' = -\omega CU_m \sin(\omega t) = -I_m \sin(\omega t),$$

где $I_m = \omega CU_m$

При каком напряжении на источнике тока (см. рисунок) электроны, выбитые из одной пластины, не достигнут второй? Длина волны падающего света $\lambda = 663$ нм, работа выхода $A = 1,5$ эВ.

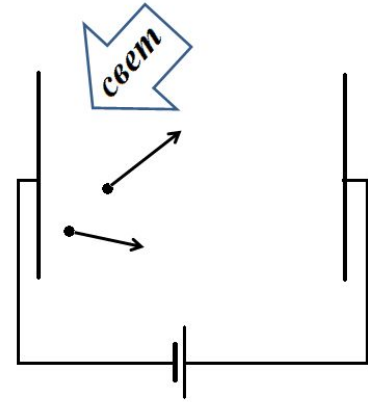
$$h\nu = A_{\phi} + E$$

$$A_{\text{поля}} = \Delta E = E$$

$$A_{\text{поля}} = qU$$

$$h\frac{c}{\lambda} = A_{\phi} + qU$$

$$U = 0,375 \text{ В}$$



Свободный пион (π^0 -мезон) с энергией покоя 135 МэВ движется со скоростью V , которая значительно меньше скорости света. В результате его распада образовались два γ -кванта, причём один из них распространяется в направлении движения пиона, а другой – в противоположном направлении. Энергия одного кванта на 10% больше, чем другого. Чему равна скорость пиона до распада?

$$p_{\pi} \approx mV, \quad E_{\pi} = \frac{mc^2}{1 - v^2/c^2} \approx mc^2$$

$$E_{\gamma} = h\nu = hc/\lambda, \quad p_{\gamma} = h/\lambda = E_{\gamma}/c$$

Тогда

$$p_{\pi} \approx mV = p_{\gamma 1} - p_{\gamma 2} = \frac{E_{1\gamma}}{c} - \frac{E_{2\gamma}}{c}$$

$$E_{\pi} \approx mc^2 = E_{\gamma 1} + E_{\gamma 2},$$

$$\frac{V}{c} = \frac{E_{\gamma 1} - E_{\gamma 2}}{E_{\gamma 1} + E_{\gamma 2}}$$

$$\text{Поскольку } E_{\gamma 1} = 1,1 \cdot E_{\gamma 2}, \quad V = c/21 = 1,43 \cdot 10^7 \text{ (м/с)}$$