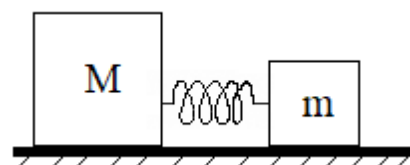


ФИЗИКА

ВАРИАНТ 1

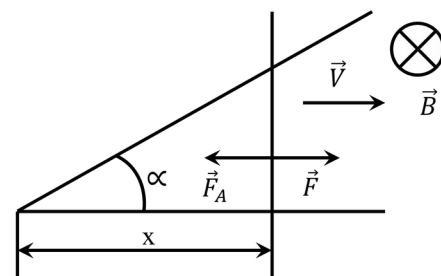
1. На брусок массой 4 кг, находящийся на гладком горизонтальном столе, действует сила 60 Н, направленная вверх под углом 30° к горизонту. С какой силой брусок давит на стол? $g=10 \text{ м/с}^2$.
2. Газ, совершающий цикл Карно, отдает холодильнику $k=0,8$ количества теплоты, получаемого от нагревателя. Определите температуру нагревателя, если температура холодильника 248 К.
3. Конденсатору емкостью 4 нФ сообщен заряд 1 мкКл. Обкладки конденсатора соединили проводником. Найдите количество теплоты, выделившееся в проводнике при разрядке конденсатора.
4. На проводник длиной 1 м с током силой 2 А в однородном магнитном поле с индукцией 0.1 Тл действует сила 0.15 Н. Какой угол составляет направление тока в проводнике с вектором магнитной индукции?
5. Чашка пружинных весов совершает гармонические колебания с периодом T вдоль вертикальной оси под действием легкой упругой пружины. Максимальная скорость чашки по модулю равна V_m . На каком расстоянии l от положения равновесия находится чашка в те моменты, когда ее скорость по модулю равна $\beta \cdot V_m$, где $\beta < 1$?
6. Между двумя кубиками массами m и M находится сжатая пружина. Если кубик массой M удерживать на месте, а другой освободить, то он отлетает со скоростью V . С какой скоростью V_1 будет двигаться кубик массой m , если оба кубика освободить одновременно? Деформация пружины одинакова в обоих случаях. Трением и массой пружины пренебречь.
7. Проволоку общим сопротивлением R разрезали на два куска, длины которых относятся как 2:1, и подсоединили их параллельно к источнику э.д.с. E с внутренним сопротивлением $r=R/9$. Найти мощность, которая будет выделяться на большем куске проволоки.
8. Стержень пролетает с постоянной скоростью мимо метки, неподвижной в лабораторной системе отсчета (в ЛСО). Время пролета стержня мимо метки (в ЛСО) равно Δt . В системе отсчета, связанной со стержнем, метка движется вдоль стержня в течении времени Δt . Найти собственную длину стержня L_0 .



ФИЗИКА

ВАРИАНТ 2

1. Автомобиль проехал по прямой 5 км, затем повернул под прямым углом и проехал еще 10 км. На сколько модуль вектора перемещения автомобиля больше пройденного им пути?
2. Человек поднимает груз массой 3 кг вертикально вверх на высоту 1 м с ускорением 2 м/с^2 . Найдите работу, которую совершил человек. $g=10 \text{ м/с}^2$.
3. К аккумуляторной батарее автомобиля с ЭДС 12 В и внутренним сопротивлением 0,02 Ом подключен стартер сопротивлением 0,1 Ом. Найдите разность потенциалов на клеммах батареи.
4. Волна красного света проходит через тонкую прозрачную пленку с показателем преломления 1,6. Толщина пленки $3,8 \cdot 10^{-5} \text{ м}$. Определите, сколько раз длина волны света в пленке укладывается на ее толщине, если длина волны в вакууме 640 нм. Волна падает на пленку перпендикулярно ее плоскости.
5. Два одинаковых тела массы m движутся с одинаковыми скоростями навстречу друг другу вдоль экватора Земли. Радиус Земли равен R . Каково отношение сил давления тел на землю?
6. Горизонтально расположенный цилиндр длиной L разделен закрепленным тонким невесомым поршнем пополам. Слева от поршня давление равно P_1 , справа – P_2 . На какое расстояние передвинется поршень, если его отпустить?
7. В вакууме в пространство между пластинами плоского конденсатора, подсоединенного к источнику постоянного напряжения, влетает заряженная частица параллельно пластинам и вылетает из него под углом $\varphi = 30^\circ$ к начальному направлению. Каков будет угол вылета (угол между векторами скорости на входе и выходе), если напряжение уменьшить в два раза? Силу тяжести не учитывать.
8. Длинную проволоку согнули под углом α так, что $\sin \alpha = 0,6$, и поместили в однородное магнитное поле с индукцией $B = 0,1 \text{ Тл}$ перпендикулярно линиям поля. Вдоль сторон угла равномерно перемещают перемычку из такой же проволоки так, что она все время образует прямой угол с одной из его сторон. В начальный момент перемычка находится на расстоянии $x_1 = 0,2 \text{ м}$, а через время $t = 1 \text{ с}$ – на расстоянии $x_2 = 0,6 \text{ м}$ от вершины угла. Какое количество теплоты выделилось в системе за это время? Сопротивление единицы длины проволоки $\rho_1 = 0,01 \text{ Ом/м}$.



ФИЗИКА

ВАРИАНТ 1

1. На брусок массой 4 кг, находящийся на гладком горизонтальном столе, действует сила 60 Н, направленная вверх под углом 30° к горизонту. С какой силой брусок давит на стол? $g=10 \text{ м/с}^2$.

Решение.

Запишем второй закон

Ньютона:

$$m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}$$

Спроецируем его на вертикальную ось:

$$0 = -mg + N + F\sin\alpha$$

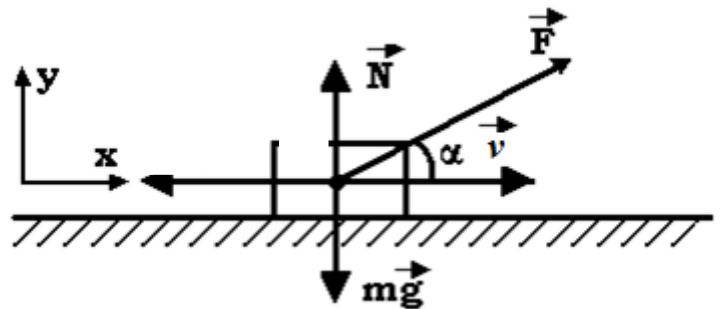
Согласно третьему закону

Ньютона сила N , с которой стол действует на брусок, равна по модулю силе, с которой брусок давит на стол:

$$P = N$$

$$P = mg - F\sin\alpha = 10 \text{ Н}.$$

Ответ: $P = mg - F\sin\alpha = 10 \text{ Н}.$



2. Газ, совершающий цикл Карно, отдает холодильнику $k=0,8$ количества теплоты, получаемого от нагревателя. Определите температуру нагревателя, если температура холодильника 248 К.

Решение.

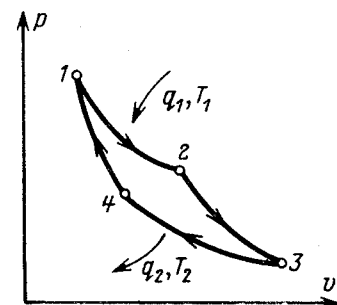
Запишем КПД прямого цикла и КПД цикла

Карно:

$$\eta = 1 - \frac{q_1}{q_2} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

$$T_1 = \frac{T_2}{0.8} = 310 \text{ К}.$$

Ответ: $T_1 = \frac{T_2}{0.8} = 310 \text{ К}.$



3. Конденсатору емкостью 4 нФ сообщен заряд 1 мкКл. Обкладки конденсатора соединили проводником. Найдите количество теплоты, выделившееся в проводнике при разрядке конденсатора.

Решение.

Энергия, запасенная в конденсаторе равна:

$$W = \frac{q^2}{2C}.$$

При соединении обкладок проводником вся эта энергия выделится в виде тепла:

$$Q = W = \frac{q^2}{2C} = 125 \text{ мкДж}.$$

$$\text{Ответ: } Q = \frac{q^2}{2C} = 125 \text{ мкДж}.$$

4. На проводник длиной 1 м с током силой 2 А в однородном магнитном поле с индукцией 0.1 Тл действует сила 0.15 Н. Какой угол составляет направление тока в проводнике с вектором магнитной индукции?

Решение:

Сила Ампера, $\vec{F}_A = I[\vec{i}, \vec{B}]$, действующая на проводник со стороны магнитного поля, по модулю равна: $F_A = IlB \sin \alpha$, таким образом:

$$\sin \alpha = \frac{F_A}{IlB} = 0,5$$

$$\text{Ответ: } \sin \alpha = \frac{F_A}{IlB} = 0,5; \alpha = 40^\circ.$$

5. Чашка пружинных весов совершает гармонические колебания с периодом T вдоль вертикальной оси под действием легкой упругой пружины. Максимальная скорость чашки по модулю равна V_m . На каком расстоянии l от положения равновесия находится чашка в те моменты, когда ее скорость по модулю равна $\beta \cdot V_m$, где $\beta < 1$?

Решение.

При движении вдоль оси x координата, скорость и ускорения шарика равны соответственно:

$$x = A \cos \omega t,$$

$$V_x = -\omega A \sin \omega t,$$

$$a_x = -\omega^2 A \cos \omega t,$$

где $\omega = 2\pi/T$, A – амплитуда колебаний, $A = V_m/\omega$, $\omega A = V_m$ – амплитуда скорости, $\omega^2 A = \omega V_m = a_m$ – амплитуда ускорения.

По условию задачи:

$$|V_x| = \beta \omega A = |-\omega A \sin \omega t|, \quad (1)$$

при этом расстояние чашки от положения равновесия равно:

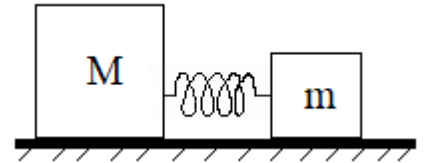
$$l = |x| = |A \cos \omega t|. \quad (2)$$

Из (1) и (2) найдем:

$$l = A \sqrt{1 - \beta^2} = \frac{V_m \sqrt{1 - \beta^2}}{\omega} = \frac{V_m T \sqrt{1 - \beta^2}}{2\pi}.$$

$$\text{Ответ: } l = \frac{V_m T \sqrt{1 - \beta^2}}{2\pi}.$$

6. Между двумя кубиками массами m и M находится сжатая пружина. Если кубик массой M удерживать на месте, а другой освободить, то он отлетает со скоростью V . С какой скоростью V_1 будет двигаться кубик массой m , если оба кубика освободить одновременно? Деформация пружины одинакова в обоих случаях. Трением и массой пружины пренебречь.



Решение.

Обозначим через энергию E_n энергию сжатой пружины. Имеем:

$$E_n = \frac{m v^2}{2}, E_n = \frac{m v_1^2}{2} + \frac{m v_2^2}{2}$$

где v_1 и v_2 – скорости кубиков, которые они приобретают, когда их отпускают одновременно. По закону сохранения импульса $m v_1 = M v_2$. Объединяя записанные выражение, получаем:

$$v_1 = v \sqrt{\frac{M}{m+M}}$$

$$\text{Ответ: } v_1 = v \sqrt{\frac{M}{m+M}}$$

7. Проволоку общим сопротивлением R разрезали на два куска, длины которых относятся как 2:1, и подсоединили их параллельно к источнику э.д.с. E с внутренним сопротивлением $r=R/9$. Найти мощность, которая будет выделяться на большем куске проволоки.

Решение.

Сопротивление короткого куска проволоки $R_1=R/3$

Сопротивление длинного куска проволоки $R_2=2R/3$

Полное сопротивление цепи с учетом сопротивления источника $r=R/9$:

$$R_{\text{полн}} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} + r = \frac{R}{3}, \quad (1)$$

Полный ток в цепи

$$I = \frac{E}{R_{\text{полн}}} = \frac{3E}{R}, \quad (2)$$

Падение напряжения на сопротивлении источника может быть получено при подстановке полученного значения тока и заданного сопротивления источника:

$$U_r = Ir = \frac{E}{3} \quad (3)$$

Тогда падение напряжения на параллельно включенных кусочках проволоки

$$U = E - U_r = \frac{2E}{3} \quad (4)$$

Мощность, выделяемая на длинном кусочке,

$$P_2 = \frac{U^2}{R_2} = \frac{2E^2}{3R} \quad (5)$$

Ответ: $P_2 = \frac{2E^2}{3R}$

8. Стержень пролетает с постоянной скоростью мимо метки, неподвижной в лабораторной системе отсчета (в ЛСО). Время пролета стержня мимо метки (в ЛСО) равно Δt . В системе отсчета, связанной со стержнем, метка движется вдоль стержня в течении времени Δt . Найти собственную длину стержня L_0 .

Решение.

С точки зрения наблюдателя в ЛСО движущийся стержень имеет длину

$$L = L_0 \sqrt{1 - \beta^2}, \text{ где } \beta = \frac{V}{c}, V - \text{ скорость стержня.}$$

L_0 – собственная длина стержня в той системе отсчета, где этот стержень покоится.

Следовательно, стержень длины L пролетел мимо метки с постоянной скоростью V за время Δt . Этот факт можно записать в виде следующего выражения

$$\Delta t = \frac{L}{V} = \frac{L_0 \sqrt{1 - \beta^2}}{V} = \frac{L_0 \sqrt{1 - \left(\frac{V}{c}\right)^2}}{V}.$$

С точки зрения наблюдателя, движущегося со стержнем, метка пролетела относительно стержня (имеющего длину L_0) со скоростью V за время Δt .

Этот факт можно записать в виде следующего выражения

$$\Delta \tau = \frac{L_0}{V}.$$

Таким образом, мы имеем систему двух уравнений с двумя неизвестными L_0 и V .

Решая эту систему уравнений, получаем ответ:

$$L_0 = c \Delta t \sqrt{1 - \left(\frac{\Delta t}{\Delta \tau}\right)^2} = c \sqrt{(\Delta \tau)^2 - (\Delta t)^2}.$$

Ответ: $L_0 = c \Delta \tau \sqrt{1 - \left(\frac{\Delta t}{\Delta \tau}\right)^2} = c \sqrt{(\Delta \tau)^2 - (\Delta t)^2}.$

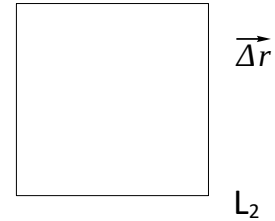
ФИЗИКА

ВАРИАНТ 2

1. Автомобиль проехал по прямой 5 км, затем повернул под прямым углом и проехал еще 10 км. На сколько модуль вектора перемещения автомобиля больше пройденного им пути?

Решение.

Модуль перемещения равен длине гипотенузы: L_1



$$|\vec{\Delta r}| = \sqrt{L_1^2 + L_2^2},$$

Пройденный путь равен сумме длин катетов:

$$S = L_1 + L_2,$$

$$|\vec{\Delta r}| - S = \sqrt{L_1^2 + L_2^2} - L_1 + L_2 = -4 \text{ км}.$$

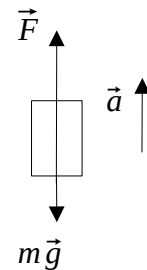
Ответ: $|\vec{\Delta r}| - S = \sqrt{L_1^2 + L_2^2} - L_1 + L_2 = -4 \text{ км}.$

2. Человек поднимает груз массой 3 кг вертикально вверх на высоту 1 м с ускорением 2 м/с^2 . Найдите работу, которую совершил человек. $g = 10 \text{ м/с}^2$.

Решение:

Работа силы F , которая поднимает груз, равна:

$$A = F h \cos 0 = F h.$$



Для того, чтобы найти эту силу, запишем второй закон Ньютона:

$$m\vec{a} = \vec{F} + m\vec{g},$$

$$ma = F - mg.$$

Таким образом:

$$A = F m(a + g) h = 36 \text{ Дж}.$$

Ответ: $A = F m(a + g) h = 36 \text{ Дж}.$

3. К аккумуляторной батарее автомобиля с ЭДС 12 В и внутренним сопротивлением 0,02 Ом подключен стартер сопротивлением 0,1 Ом. Найдите разность потенциалов на клеммах батареи.

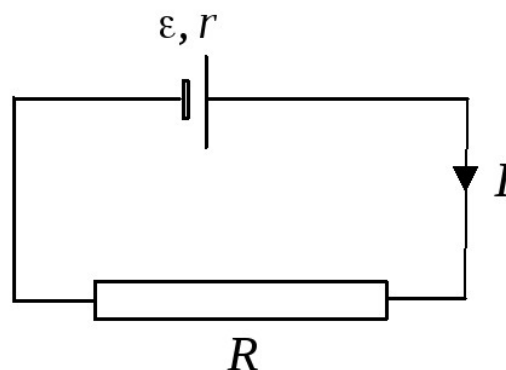
Решение.

Запишем закон Ома для однородного участка цепи, включающего и закон Ома для замкнутой цепи:

$$I = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{R} = \frac{\xi}{R+r},$$

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{\xi R}{R+r} = 10 \text{ В.}$$

Ответ: $\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{\xi R}{R+r} = 10 \text{ В.}$



4. Волна красного света проходит через тонкую прозрачную пленку с показателем преломления 1,6. Толщина пленки $3,8 \cdot 10^{-5}$ м. Определите, сколько раз длина волны света в пленке укладывается на ее толщине, если длина волны в вакууме 640 нм. Волна падает на пленку перпендикулярно ее плоскости.

Решение:

По определению длина волны – это расстояние, которое проходит волна за время равное периоду колебаний T :

$$\lambda_0 = cT,$$

$$\lambda = vT = \frac{c}{n} T = \frac{\lambda_0}{n},$$

Где λ_0 - длина волны в вакууме, λ - длина волны в пленке, c – скорость света в вакууме, n - показатель преломления пленки.

Чтобы вычислить сколько раз длина волны света в пленке укладывается на ее толщине, разделим толщину пленки на λ :

$$N = \frac{l}{\lambda} = \frac{ln}{\lambda_0} = 95 \text{ раз.}$$

Ответ: $N = \frac{ln}{\lambda_0} = 95 \text{ раз.}$

5. Два одинаковых тела массы m движутся с одинаковыми скоростями навстречу друг другу вдоль экватора Земли. Радиус Земли равен R . Каково отношение сил давления тел на землю?

Решение:

Рассмотрим движение тел относительно центра Земли. Тела движутся по окружности со скоростями

$$v_1 = u + v \quad \text{и} \quad v_2 = u - v,$$

где $u = \frac{2\pi R}{T}$ скорость поверхности Земли, T – период обращения. Тогда основной закон динамики для тел запишется в виде

$$\frac{mv_1^2}{R} = mg - N_1$$

$$\frac{mv_2^2}{R} = mg - N_2$$

N_1 и N_2 – силы нормальной реакции опоры, которые численно равны силам давления. Следовательно

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{T^2 Rg - (2\pi R + vT)^2}{T^2 Rg - (2\pi R - vT)^2}$$

Ответ: $\frac{N_1}{N_2} = \frac{T^2 Rg - (2\pi R + vT)^2}{T^2 Rg - (2\pi R - vT)^2}$.

6. Горизонтально расположенный цилиндр длиной L разделен закрепленным тонким невесомым поршнем пополам. Слева от поршня давление равно P_1 , справа – P_2 . На какое расстояние передвинется поршень, если его отпустить?

Решение.

Запишем закон Бойля-Мариота для двух частей сосуда:

$$P_1 V_1 = P_3 V_2,$$

$$P_2 V_1 = P_3 V_3,$$

Здесь мы учли, что после того, как поршень освободят, давление слева и справа будет одинаково.

$$V_1 = \frac{L}{2} S, V_2 = \left(\frac{L}{2} + x\right) S, V_3 = \left(\frac{L}{2} - x\right) S.$$

Решим получившуюся систему уравнений относительно x :

$$x = \frac{L (P_1 - P_2)}{2 (P_1 + P_2)}.$$

Ответ: $x = \frac{L (P_1 - P_2)}{2 (P_1 + P_2)}.$

7. В вакууме в пространство между пластинами плоского конденсатора, подсоединенного к источнику постоянного напряжения, влетает заряженная частица параллельно пластинам и вылетает из него под углом $\varphi = 30^\circ$ к начальному направлению. Каков будет угол вылета (угол между векторами скорости на входе и выходе), если напряжение уменьшить в два раза? Силу тяжести не учитывать.

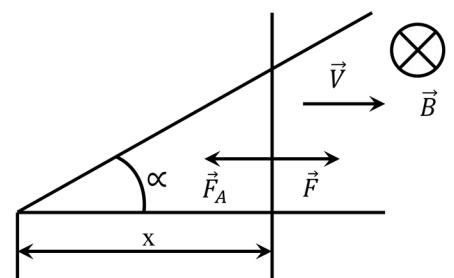
Решение.

Так как частица влетает параллельно пластинам, составляющая ее скорости параллельная пластинам вне изменяется, а в направлении перпендикулярном пластинам появляется составляющая скорости $v_y = at$, где a – ускорение частицы в электрическом поле, t – время пролета частицы через конденсатор. Ускорение $a = qE/m = qU/md$, где q , m – заряд и масса частицы, E – напряженность электрического поля в конденсаторе, U – напряжение, d – расстояние между пластинами. Тангенс угла вылета равен отношению составляющих скорости $at/v = qUt/mvd$. Таким образом, тангенс угла вылета при уменьшении напряжения в 2 раза уменьшится тоже в два раза, для угла вылета β получаем:

$$\tan \beta = \frac{1}{2} \tan \varphi.$$

Ответ: $\tan \beta = \frac{1}{2} \tan \varphi.$

8. Длинную проволоку согнули под углом α так, что $\sin \alpha = 0,6$, и поместили в однородное магнитное поле с индукцией $B = 0,1$ Тл перпендикулярно линиям поля. Вдоль сторон угла равномерно перемещают перемычку из такой же проволоки так, что она все время образует прямой угол с одной из его сторон. В начальный момент перемычка находится на расстоянии $x_1 = 0,2$ м, а через время $t = 1$ с – на расстоянии $x_2 =$



0,6 м от вершины угла. Какое количество теплоты выделилось в системе за это время? Сопротивление единицы длины проволоки $\rho_1 = 0,01$ Ом/м.

Решение.

$$\varepsilon = \frac{-d\Phi}{dt} = -B \frac{dS}{dt};$$

$$S = x \cdot y \cdot \frac{1}{2}$$

$$y = x \cdot \tan \alpha$$

$$S = x^2 \cdot \frac{\tan \alpha}{2}$$

$$\frac{dS}{dt} = x \cdot \tan \alpha \cdot V$$

$$V = \frac{(x_2 - x_1)}{\Delta \tau}$$

$$\frac{dS}{dt} = x \cdot \tan \alpha \cdot V$$

$$\varepsilon = -B \cdot V \cdot \tan \alpha \cdot x(t)$$

$$I(t) = \frac{\varepsilon(t)}{R(t)}$$

$$R(t) = \Pi(t) \cdot \rho = \rho \cdot x \cdot \left(1 + \tan \alpha + \frac{1}{\cos \alpha}\right)$$

$$I(t) = \frac{x \cdot \tan \alpha \cdot V \cdot B}{x \cdot \rho \cdot \left(1 + \tan \alpha + \frac{1}{\cos \alpha}\right)}$$

$$I(t) = \frac{V \cdot \tan \alpha}{\rho \cdot \left(1 + \tan \alpha + \frac{1}{\cos \alpha}\right)}$$

$$dQ = I \cdot \varepsilon(t) dt = \frac{\varepsilon^2(t)}{R(t)} = \frac{B^2 \cdot V^2 \cdot \tan^2 \alpha}{\rho \cdot \left(1 + \tan \alpha + \frac{1}{\cos \alpha}\right)} \cdot x(t) dt$$

ЗАМЕНИМ

$$\frac{B^2 \cdot V^2 \cdot \tan^2 \alpha}{\rho \cdot \left(1 + \tan \alpha + \frac{1}{\cos \alpha}\right)} = A$$

$$dQ = Ax(t) dt$$

$$Q = A \int_{t_1}^{t_2} x(t) dt, x(t) = vt + x_1$$

$$\int (vt + x_1) dt \equiv \int (vt + x_1) d(vt + x_1) = \frac{1}{V} \int z dz$$

$$\frac{1}{V} \int_{x_1}^{x_2} z dz = \frac{x_2^2 - x_1^2}{2 \cdot V}$$

$$Q = \frac{B^2 \cdot V^2 \cdot \tan^2 \alpha}{\rho \cdot \left(1 + \tan \alpha + \frac{1}{\cos \alpha}\right)} \cdot \frac{x_2^2 - x_1^2}{2 \cdot V}$$

$$Q = \frac{B^2 \cdot \tan^2 \alpha \cdot (x_2 - x_1) \cdot (x_2^2 - x_1^2)}{2 \cdot \rho \cdot \left(1 + \tan \alpha + \frac{1}{\cos \alpha}\right) \cdot \Delta \tau}$$

$$Q = \frac{0.1^2 \cdot 0.75^2 \cdot (0.6 - 0.2) \cdot (0.6^2 - 0.2^2)}{2 \cdot 0.01 \cdot \left(1 + 0.75 + \frac{1}{0.8}\right) \cdot 1} = \frac{0.01 \cdot 0.5625 \cdot 0.4 \cdot 0.32}{0.02 \cdot (3) \cdot 1} = \frac{0.00072}{0.06} = 0.012 \text{ Дж}$$

$$\text{ОТВЕТ: } Q = \frac{B^2 \cdot \tan^2 \alpha \cdot (x_2 - x_1) \cdot (x_2^2 - x_1^2)}{2 \cdot \rho \cdot \left(1 + \tan \alpha + \frac{1}{\cos \alpha}\right) \cdot \Delta \tau} = 0.012 \text{ Дж.}$$