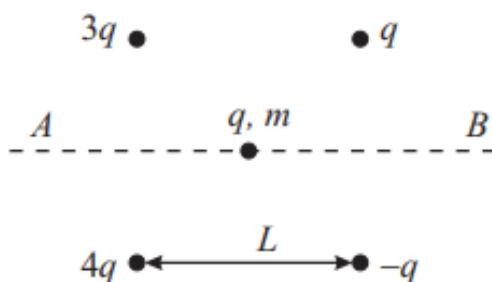


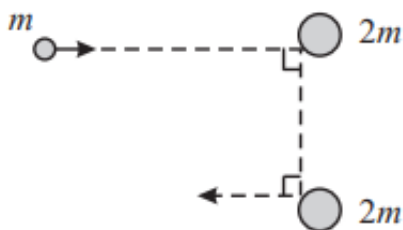
ФИЗИКА 11 КЛАСС

Задания для 11-ого класса

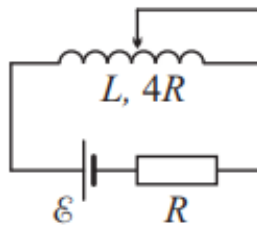
Задача 1. «Квадрат». В вершинах квадрата со стороной L закреплены заряды $-3q$, q , $-q$ и $4q$ (см. рис.). В центр такого квадрата поместили заряд q с массой $2m$. С каким ускорением a и под каким углом α к пунктирной линии AB начнёт двигаться этот заряд, если его отпустить?



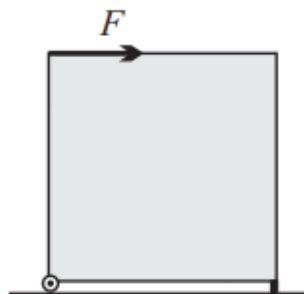
Задача 2. «Ученый Алексей Петров». Как-то раз исследователь Алексей Петров решил развлечься. Он взял мячик массой m и два шара массой $2m$ каждый и положил их на горизонтальный стол. Затем он пустил мячик в сторону одного из шаров, стараясь сделать так, чтобы мячик отскочил от него в направлении, перпендикулярном первоначальному, попал во второй шар и снова отскочил в перпендикулярном направлении (рис.). Какую скорость после удара мячик будет иметь у второго шара, если первый шар после столкновения с мячиком приобрёл скорость v , а задумка Алексея осуществилась? Все удары считать абсолютно упругими. Трением пренебречь.



Задача 3. «Регулятор в цепи». Регулятор представляет собой катушку индуктивностью L , изготовленную из однородного провода с общим сопротивлением $4R$. Этот регулятор включили в цепь, содержащую источник с ЭДС ε и резистор сопротивлением R , так, как показано на рисунке. Какова энергия магнитного поля в регуляторе, когда его движок находится в крайнем правом положении? Какова энергия магнитного поля в регуляторе, когда его движок находится посередине? Какова максимально возможная энергия магнитного поля в регуляторе? Считать, что индуктивность катушки прямо пропорциональна её длине, а в цепи (во всех случаях) текут установившиеся токи. Внутренним сопротивлением источника пренебречь.



Задача 4. «Мальчик Ваня». Мальчик Ваня решил передвинуть морозильную камеру кубической формы и массой m , стоящую на горизонтальном полу. Левая опора камеры снабжена колёсиками (см. рис.), которые способны вращаться без трения, а коэффициент трения между полом и правой опорой равен $\mu = 1/4$. Какую минимальную горизонтальную силу F он должен приложить к середине верхней кромки камеры, чтобы сдвинуть морозильную камеру с места? Центр тяжести морозильной камеры совпадает с её геометрическим центром. Высотой опор можно пренебречь.



Задача 5. «Идеальный газ». Идеальный одноатомный газ, имеющий объём V_0 и находящийся под давлением p_0 , служит рабочим телом теплового двигателя. В ходе его работы газ сначала изохорно нагревают, увеличивая давление до p_1 , затем изобарно увеличивают его объём вдвое. После этого давление изохорно возвращают к начальному значению p_0 и изобарно сжимают до начального объёма. Во сколько раз давление p_1 больше давления p_0 , если коэффициент полезного действия такого теплового двигателя равен $\eta = 1/9$?

Задача 1.

Дано:

$$q_1 = 3q$$

$$q_2 = q$$

$$q_3 = -q$$

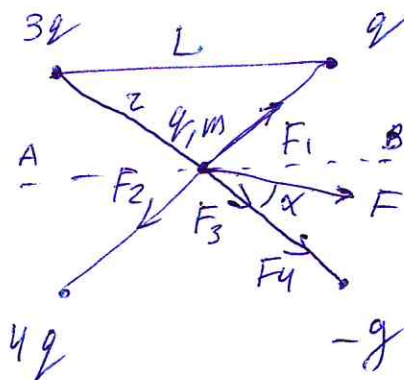
$$q_4 = 4q$$

$$q_5 = q$$

$$m = 2m$$

$$a = ?$$

$$\alpha = ?$$



$$r = \frac{L}{\sqrt{2}} \quad (1)$$

$$F_1 = k \frac{q \cdot 4q}{r^2} = \frac{8kq^2}{L^2}$$

$$F_2 = \frac{kq \cdot q}{r^2} = \frac{2kq^2}{L^2}$$

$$F_3 = \frac{kq \cdot q}{r^2} = \frac{2kq^2}{L^2}$$

$$F_4 = \frac{kq \cdot 3q}{r^2} = \frac{6kq^2}{L^2}$$

(2)

$$F = \sqrt{(F_1 - F_2)^2 + (F_3 + F_4)^2}$$

$$F = \sqrt{\left(\frac{6kq^2}{L^2}\right)^2 + \left(\frac{8kq^2}{L^2}\right)^2} = \frac{10kq^2}{L^2} \quad (2)$$

$$a = \frac{F}{m} = \frac{kq^2}{mL^2}$$

(1)

ox:

$$F_x = (F_1 + F_3 + F_4 - F_2) \frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{14kq^2}{L^2} \frac{\sqrt{2}}{2} \quad (1)$$

oy:

$$F_y = (F_1 - F_3 - F_4 - F_2) \frac{\sqrt{2}}{2} = -\frac{2kq^2}{L^2} \frac{\sqrt{2}}{2} \quad (1)$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \left| \frac{F_y}{F_x} \right| = \frac{1}{7}$$

(1)

$$\alpha = \operatorname{arctg} \frac{1}{7} \approx 8^\circ$$

(1)

(10)

Задача №2

Решение

Дано:

 m $2m$ v $v' = ?$

Рассмотрим первое столкновение между мячом и шаром. Выберем ось координат следующим образом: ось Ox направим вдоль начальной скорости мяча, а ось Oy — в перпендикулярном направлении. Пусть u — начальная скорость мяча, а u' — ее скорость после отскока.

Затем закон сохранения импульса в проекции на обе оси и закон сохранения энергии:

$$Ox \quad mu = 2mv_x$$

(4 балла)
(3С1)

$$\frac{mu^2}{2} = \frac{2mv_x^2}{2} + \frac{mu'^2}{2}$$

(2 балла) (3С2)

$$Oy \quad 0 = 2mv_y - mu'$$

где v_x и v_y — проекции. Из первых уравнений получаем, что

$$v_x = \frac{u}{2}, \quad v_y = \frac{u'}{2}, \quad v^2 = v_x^2 + v_y^2 = \frac{u^2 + u'^2}{4}$$

а из последнего:

$$\frac{u^2}{2} = v^2 + \frac{u'^2}{2} \Rightarrow \frac{u^2}{2} = \frac{u^2 + u'^2}{4} + \frac{u'^2}{2} \Rightarrow u'^2 = \frac{u^2}{3}$$

Отсюда следует, что

$$v^2 = \frac{u^2 + u'^2}{4} = \frac{u^2}{3} \Rightarrow u = v\sqrt{3},$$

$$u' = v$$

(2 балла)

Таким образом, при столкновении мяча и шара, описанном в условии задачи, скорости разлетающихся после удара мяча и шара равны между собой и в $\sqrt{3}$ раз меньше скорости

налетающего мяча. Столкновение мяча со вторым шаром полностью аналогично столкновению с первым, поэтому скорость отлетающего шара в $\sqrt{3}$ раз меньше скорости налетающего мяча: иная скорость второго шара после удара $v' = \frac{v}{\sqrt{3}}$ (2 балла)

Итого: 10 баллов

Задача 3

Дано:

$$L = L$$

$$R_1 = 4R$$

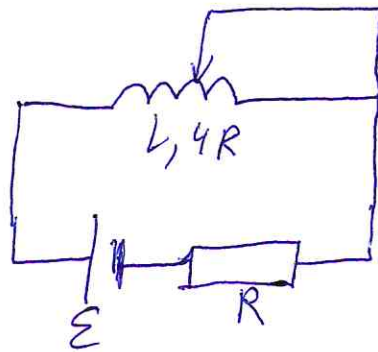
$$\mathcal{E} = \mathcal{E}$$

$$R = R$$

$$W_1 - ?$$

$$W_2 - ?$$

$$W_{\max} - ?$$



1) Правое положение

$$I_1 = \frac{\mathcal{E}}{4R + R} = \frac{\mathcal{E}}{5R} \quad (1)$$

$$W_1 = \frac{L I_1^2}{2} = \frac{L \mathcal{E}^2}{50 R^2}$$

2) среднее положение

$$L = \frac{L}{2}$$

$$I_2 = \frac{\mathcal{E}}{2R + R} = \frac{\mathcal{E}}{3R} \quad (1)$$

$$W_2 = \frac{L}{2} \frac{I_2^2}{2} = \frac{L \mathcal{E}^2}{36 R^2} \quad (1)$$

3) произвольное положение

x - доля катушки

$$L = xL \quad R = 4xR \quad (1)$$

$$I = \frac{\mathcal{E}}{4xR + R} = \frac{\mathcal{E}}{R(4x+1)}$$

$$x = \frac{1}{4} \left(\frac{\mathcal{E}}{IR} - 1 \right)$$

$$W = \frac{x L I^2}{2} = \frac{L}{8R} I (\mathcal{E} - IR) \quad (2)$$

$$I_3 = \frac{\mathcal{E}}{2R} \quad (3)$$

$$W_{\max} = \frac{L \mathcal{E}^2}{32 R^2} \quad (1)$$

Задача 4

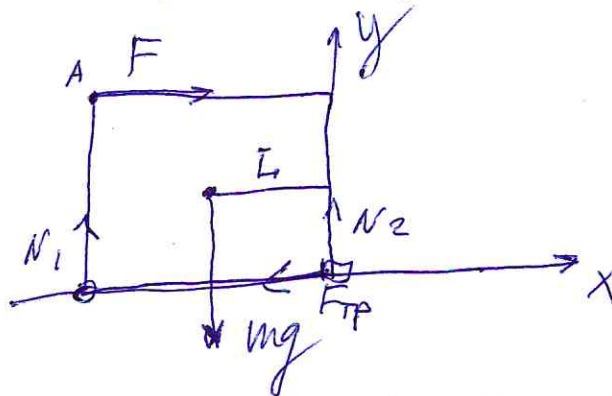
Дано:

$$m = m$$

$$\mu = 1/4$$

$$F_{\min} = ?$$

Решение:



$$m\vec{a} = \vec{F} + \vec{F}_{\text{тр}} + \vec{N}_1 + \vec{N}_2 + m\vec{g}$$

$$Ox: 0 = F - F_{\text{тр}} \quad (1)$$

$$Oy: 0 = N_1 + N_2 - mg \quad (2)$$

$$(3)$$

$$F_{\text{тр}} = \mu N_2 = \frac{N_2}{4}$$

Правило моментов:

$$FL + F_{\text{тр}}L + N_1L = N_2L$$

$$(4)$$

$$F + F_{\text{тр}} + N_1 = N_2$$

$$F_{\text{тр}} = F \quad \text{из (1)}$$

$$N_2 = 4F \quad \text{из (3)}$$

$$F + F + N_1 = 4F \quad N_1 = 2F \quad (\text{из (4)})$$

$$0 = 2F + 4F - mg \quad (\text{из (2)})$$

$$0 = 6F - mg$$

$$F = \frac{mg}{6}$$

$$\text{ответ: } F = \frac{mg}{6}$$

(2)

(3)

(2)

(3)

(10)

Задача №5

Дано:

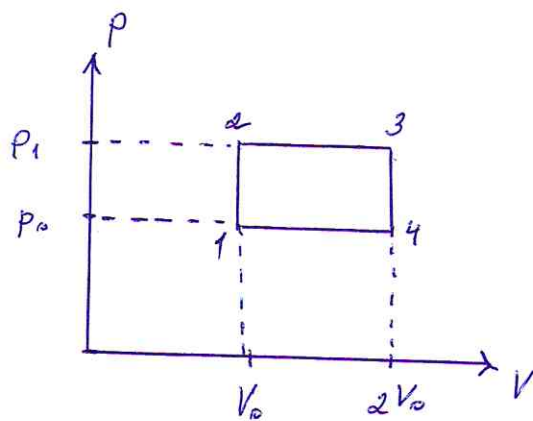
V_0 p_0

p_1 $2V_0$

$\eta = \frac{1}{9}$

$p_1/p_0 = ?$

Решение



Рассмотрим цикл 1-2-3-4-1
 $A = (p_1 - p_0) V_0$ 2 балла

Тепло подводится к газу на участках 1-2 и 2-3. Количество теплоты, полученное им, по первому началу термодинамики.

$$Q_{123} = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_1) + p_1 V_0$$
 2 балла

Запишем уравнения Менделеева-Клапейрона для 1 и 3,

$$p_0 V_0 = \nu R T_1 \quad p_1 \cdot 2V_0 = \nu R T_3$$
 2 балла

выразив из них температуры T_1 и T_3 получаем

$$Q_{123} = \frac{3}{2} (2p_1 V_0 - p_0 V_0) + p_1 V_0 =$$

$$= 4p_1 V_0 - \frac{3}{2} p_0 V_0$$
 2 балла

Поскольку КПД цикла равен $1/9$

1 балл

$$Q_{123} = 9A \Rightarrow 4p_1 V_0 - \frac{3}{2} p_0 V_0 = 9p_1 V_0 - 9p_0 V_0 \Rightarrow$$

$$4p_1 - \frac{3}{2} p_0 = 9p_1 - 9p_0 \Rightarrow p_1 = \frac{3}{2} p_0$$
 1 балл

Ответ: $p_1 = \frac{3}{2} p_0$

Итого: 10 баллов