ШИФР 11.26

Дата 20.11.2020

Олимпиадная работа по физике

Ученика (цы) 11 класса школы (гимназии, лицея, интерната) № 51

Аудитория № 318

ФИО Потемкина Наталья Александровна

Дата рождения 29.04.2003

Учитель Найдёнов Александр Михайлович

№1	№2	№3	№4	№5	Σ
10	10	10б	2	1	33
[illegible]	[illegible] КР	[illegible]	[illegible]	[illegible]	

ШИФР 11.26

№1

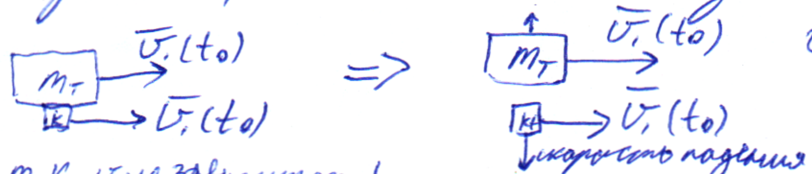
Дано:
M кг
v м/с
k кг/с
$\mu = 0$
m кг

$u(t)$

Решение - u - скорость бруска.
Для начала, найдем зависимость $v_1(t)$ скорости тележки. Состовим уравнение импульсов:
m_T - масса тележки. все скорости в лаборoторной ИСО.

$(m_T + m) v_1(t_0) = (m_T + m - k(\Delta t)) v_1(t_1) + \Delta t k v_1(t_1)$

заметим, что $v_1(t_0)$ и $v_1(t_1)$ будут ровны, т.к. суммарная масса движущихся объектов не изменилась и направление скорости тоже ($\bar{v} \uparrow\uparrow \bar{v}_1(t_0) \uparrow\uparrow v_1(t_1)$). Отсюда получаем, что тележка едет без ускорения.



горизонтальные скорости никакие изменились.

т.к. v не зависит от t, то m_T нам не пригодится

теперь рассмотрим движение бруска. Т.к. сила трения на гладких поверхностях отсутствует, то вертикальные составляющие сил, не влияют на движение, т.к. не вызывают силу трения.
напишем уровнение импульса для некого $t \neq t_0$

t_x:

$kt v = (M + kt) u \Rightarrow u = \frac{k t v}{M + kt}$ где kt - масса песка высыпавшегося за время t. для очень малого dt после t получаем:

$k dt v + (M + kt) u(t) = (M + kt + k dt) u(t + dt)$;

отсюда получаем, что с каждым dt брусок ускоряется всё медленнее, т.к. масса бруска возростает быстрее $u(dt)$.

ШИФР 11-26

$\cancel{u(M+kt+kdt-M-kt)=kdt\,v;}$

$\cancel{u(dt\cdot k)=kdt\,v;}$ $\quad \cancel{u=\frac{ktv}{M+kt}}$

$\cancel{u=v.}$

$$kdt\,v+Mu(t)+kt\,u(t)=Mu(t+dt)+kt\,u(t+dt)+kdt\,u(t+dt);$$

$$kdt\,v=M\Delta u(dt)+kt\Delta u(dt)+kdt\,u(t+dt);$$

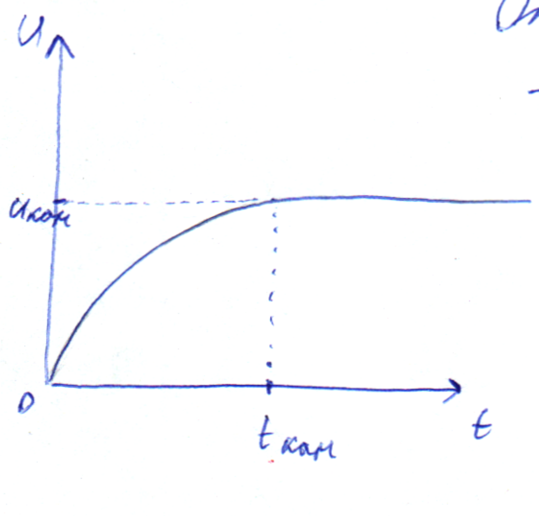
$$kdt\,v+(M+kt)u(t)=(M+kt+kdt)(u(t)+u(dt)),\ \text{где}\ u(t)=\sum u(dt)$$

$$u(t)+u(dt)=\frac{kdt\,v+(M+kt)u(t)}{M+kt+kdt}=\frac{kdt\,v+(M+\sum_0^t kdt)\sum u(dt)}{M+\sum_0^{t+dt}kdt}$$

$$u(dt)=\frac{kdt\,v+(M+\sum_0^t kdt)\sum_0^{t+dt}u(dt)}{M+\sum_0^{t+dt}kdt}-\sum_0^t u(dt).$$

скорость бруска перестанет расти в момент $t_{кон}=\frac{m}{k}$ и будет равна $u_{кон}=\frac{kt_{кон}v}{M+kt_{кон}}=\frac{mv}{M+m}$

график:



Ответ: $u(dt)=\frac{kdt\,v+(M+\sum_0^t kdt)\sum_0^{t+dt}u(dt)}{M+\sum_0^{t+dt}kdt}-\sum_0^t u(dt)$. скорость изменения u постепенно уменьшается, т.к. с каждым dt увеличивается масса бруска на kdt

ШИФР 11.26

№3

Дано:

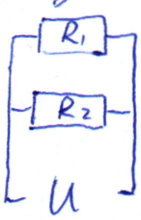
параллельное включение – N_1

последовательное – N_2

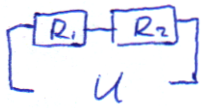
N_{01} и N_{02} – ?

Решение:

Напряжение сети неизменно и равно U. Тогда, рассматривая нагреватели как резисторы с сопротивлениями R_1 и R_2 и мощностью $P = IU = \frac{U^2}{R} = I^2R$ получаем:



$$N_1 = UI_1 + UI_2 = U(I_1+I_2) = U\left(\frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2}\right) = U^2\left(\frac{R_1+R_2}{R_1R_2}\right)$$



$$N_2 = \left(\frac{U}{R_1+R_2}\right)^2 (R_1+R_2) = \frac{U^2}{R_1+R_2}$$

получаем систему уравнений:

$$\begin{cases} N_1 = U^2\left(\frac{R_1+R_2}{R_1R_2}\right) \\ N_2 = \frac{U^2}{R_1+R_2} \end{cases}$$

$$\begin{cases} N_{01} = \frac{U^2}{R_1} \\ N_{02} = \frac{U^2}{R_2} \end{cases}$$

отсюда получаем, что:

$$N_1N_2 = \frac{U^4}{R_1R_2} = N_{01}N_{02}$$

$$N_{01} + N_{02} = U^2\left(\frac{R_1+R_2}{R_1R_2}\right) = N_1$$

$$(N_{01}+N_{02})N_2 = N_{01}N_{02}; \ ?$$

$$N_{01}(N_{02}-N_2) = N_{02}N_2;$$

$$N_{01} = \frac{N_{02}N_2}{N_{02}-N_2};$$

$$N_1N_2 = \frac{N_{02}^2N_2}{N_{02}-N_2};$$

отсюда:

$$N_{02}^2 - N_{02}N_1 + N_1N_2 = 0$$

$$N_{02} = \frac{N_1 \pm \sqrt{N_1^2 - 4N_1N_2}}{2}$$

ШИФР 11.26

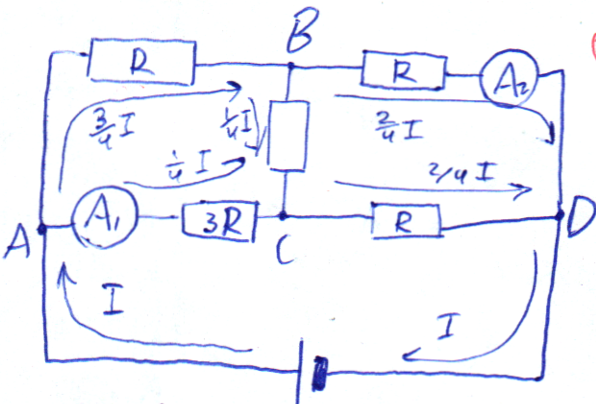
в итоге получаем: Ответ:

$$N_{02} = \frac{N_1 \pm \sqrt{N_1(N_1 - 4N_2)}}{2}$$

10б

$$N_{01} = \frac{2N_1N_2}{N_1 \pm \sqrt{(N_1 - 4N_2)N_1}}$$

$\boxed{№5}$



сопротивление неизвестного резистора нам не потребуется

A_2 показывает 10 А

A_1 - ?

Решение:

будем считать что общая сила тока в цепи I. обозначим все узлы буквами A-D. тогда в точку A придёт ток I. Поскольку резисторы R и 3R соеденены паралельно, то напряжение на них будет одним и тем же, то есть, через резистор R пойдёт ~~сила~~ ток $\frac{3}{4}I$, а через 3R $\frac{1}{4}I$. т.к далее резисторы R и R соеденины паралельно, то от узла B в C пойдёт ток равный $\frac{1}{4}I$ и через оба резистора R пойдёт ток $\frac{2}{4}I$ в узел D. тогда получаем

$\frac{2}{4}I = 10\,A$ и $\frac{1}{4}I = A_1$; $A_1 = A_2/2 = 5\,A$ 1б

Ответ: 5 А.

$\boxed{№4}$

Дано:
$q, m, l_0, \mu, \varepsilon_0, g$.
$S = ?$

Решение:
представим, что заряженный шарик и маленький брусок это материальные точки. тогда потенциальная энергия $W = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q^2}{l_0}$. Вся эта энергия потратится

ШИФР 11.26

на совершение работы A по перемещению бруска.
$A=-F_{тр}S$ если они параллельны как в нашем случае работа силы трения отрицательна.

$A=-N\mu S = -\mu mg S$

приравняв работу и потенциальную энергию получаем

$W = A;$

$\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q^2}{l_0} = -\mu mg S;$

$S = -\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q^2}{l_0 mg\mu}$. расстояние отрицательно, т.к. противоположнонаправленно силе трения, так, что возьмем в ответ $|S|$.

25

Ответ: $|S| = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q}{l_0 mg\mu}$.

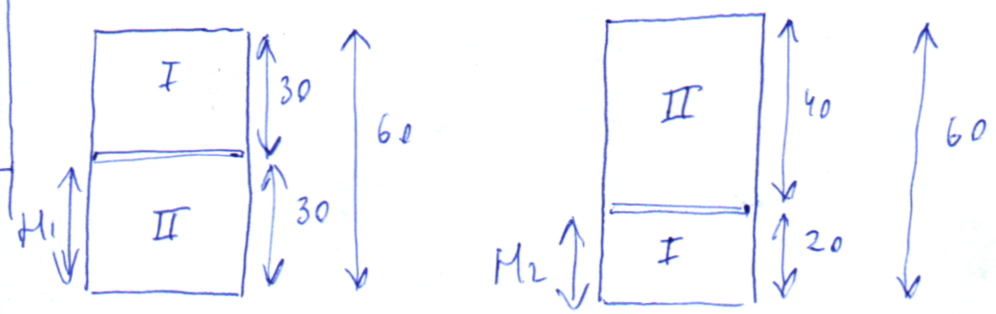
$\boxed{№2}$

Дано:
$H_1 = 30$ см
$H_2 = 20$ см
$L = 60$ см
$T = const$
$\beta = ?$

Решение: $\beta = \frac{m_1}{m_2}$

I положение

II положение



т.к. $T = const$, то $PV \sim \nu$. ν в свою очередь равно $\frac{m}{\mu}$ где μ - константа, а m - масса газа, а $V \sim h$ - высоте столба газа в сосуде. $Ph \sim m$. так как в I и II положении мы дожидаемся остановки поршня, то давление оказываемое на газ в обеих частях сосуда равно. заметим, так же, что поршень имеет массу M и так же оказывает давление на газ в нижней камере.

ШИФР 11.26

давление поршня равно $P = \frac{Mg}{S}$ где S - площадь поршня.

тогда:

Положение I:

$$P_{11} = \frac{m_1 RT}{\mu S(L-H_1)}$$

$$P_{12} = \frac{m_2 RT}{\mu S H_1} + \frac{Mg}{S}$$

$$P_{11} = P_{12}$$

$$\frac{m_1 RT}{\mu S(L-H_1)} = \frac{m_2 RT}{\mu S H_1} + \frac{Mg}{S}$$

$$\frac{m_1 RT}{\mu(L-H_1)} = \frac{m_2 RT}{\mu H_1} + Mg$$

Положение II:

$$P_{21} = \frac{m_1 RT}{S\mu H_2} + \frac{Mg}{S}$$

$$P_{22} = \frac{m_2 RT}{\mu S(L-H_2)}$$

$$P_{21} = P_{22}$$

$$\frac{m_1 RT}{\mu S H_2} + \frac{Mg}{S} = \frac{m_2 RT}{\mu S(L-H_2)}$$

$$\frac{m_1 RT}{\mu H_2} + Mg = \frac{m_2 RT}{\mu(L-H_2)}$$

выразим Mg и подставим в уравнение II:

$$Mg = \frac{m_1 RT}{\mu(L-H_1)} - \frac{m_2 RT}{\mu H_1}$$

$$\frac{m_1 RT}{\mu H_2} + \frac{m_1 RT}{\mu(L-H_1)} - \frac{m_2 RT}{\mu H_1} = \frac{m_2 RT}{\mu(L-H_2)},$$

$$m_1\left(\frac{1}{H_2} + \frac{1}{L-H_1}\right) = m_2\left(\frac{1}{H_1} + \frac{1}{L-H_2}\right)$$

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{\left(\frac{1}{H_1} + \frac{1}{L-H_2}\right)}{\left(\frac{1}{H_2} + \frac{1}{L-H_1}\right)} = \frac{\frac{L-H_2+H_1}{H_1(L-H_2)}}{\frac{L-H_1+H_2}{H_2(L-H_1)}} = \frac{(L-H_2+H_1)H_2(L-H_1)}{H_1(L-H_2)(L-H_1+H_2)}$$

, размерности сократятся и тогда:

$$B = \frac{m_1}{m_2} = \frac{(60-20+30)\cdot 20\cdot(60-30)}{30\cdot(60-20)\cdot(60-30+20)} = 0,7.$$

Ответ: $B = 0,7$.

105