Часть 1

Олимпиада: **Физика, 11 класс (1 часть)**

Шифр: **21203252**

ID профиля: **290403**

Вариант 4

Черновик

2) $\cancel{Q_1 = \nu f}$

согласно I началу термодинамики в дифферен

$\nu c(T)\, dT = C_V \nu\, dT = dA$, где $C_V \cdot \frac{3}{2} R$ – молярная теплоемкость

21203252 (U290403 M1266910)

Чистовик

№ 1

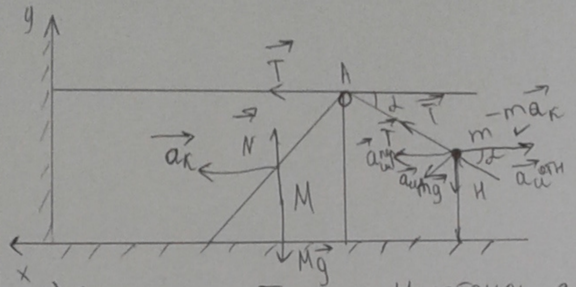
Дано:

$\cos\alpha = \frac{8}{17}$

Найти:

1) Под каким углом к вертикали направлено ускорение шара? Найти значение любой тригонометрической функции этого угла
2) Найти ускорение клина
3) Найти отношение масс шара к массе клина
4) Через какое время шар достигнет стола?

Решение



$a_к$ – ускор клина
m – масса шарика
M – масса клина
$a_ш$ – ускорение шар

1) Запишем II з-н Ньютона для клина в проекции на Ox

$Ma_к = T - T\cos\alpha = T(1-\cos\alpha) \Rightarrow a_к = \frac{T}{M}(1-\cos\alpha)$

Переходим в неинерц систему отсчета, связанную с клином $\Rightarrow$ на шарик действует переносная сила инерции $\vec F_и = m\vec a_к$ (показана на рисунке)

Тогда по II закону Ньютона:

$m\vec a_ш^{отн} = \vec T + m\vec g + \vec F_и$, где $\vec a_ш^{отн}$ – относительное ускорение шарика в неинерц. СО, которая направлена вдоль нити, т.к. по условию угол $\alpha = const$.

Ox: $-m a^{отн}_{ш x} = -m a_к + T\cos\alpha \Leftrightarrow$

$\Leftrightarrow m a^{отн}_ш \cos\alpha = m a_к - T\cos\alpha \Leftrightarrow$

$\Leftrightarrow a^{отн}_ш = \frac{a_к}{\cos\alpha} - \frac{T}{m}$ (1)

Oy: $-m a^{отн}_{ш y} = -mg + T\sin\alpha \Leftrightarrow$

$\Leftrightarrow m a^{отн}_ш \sin\alpha = mg - T\sin\alpha \Leftrightarrow$

$\Leftrightarrow a^{отн}_ш = \frac{g}{\sin\alpha} - \frac{T}{m}$ (2)

Приравниваем (1) и (2)

$\frac{a_к}{\cos\alpha} = \frac{g}{\sin\alpha} \Rightarrow a_к = g\frac{\cos\alpha}{\sqrt{1-\cos^2\alpha}} = \frac{g\cdot\frac{8}{\cancel{17}}}{\frac{15}{\cancel{17}}} = \frac{8}{15}g \Rightarrow \boxed{a_к = \frac{8}{15}g}$ ускорение клина

$a_к = \frac{T}{M}(1-\cos\alpha) = \frac{9}{17}\frac{T}{M} = \frac{8}{15}g \Rightarrow T = \frac{136}{135}Mg \Rightarrow$

$\Rightarrow a^{отн}_ш = \frac{8\cdot 17}{198}g - \frac{17}{15}\cdot\frac{8}{9}\frac{Mg}{m} = \frac{17}{15}g\left(1 - \frac{8}{9}\frac{M}{m}\right)$

Условие нерастяжимости нити Чистовик

$a_m^{отн} = a_k \cdot \cos\alpha \Rightarrow \frac{17}{15} g \left(1 - \frac{8}{9}\frac{M}{m}\right) = \frac{8}{15} g \cdot \frac{8}{17} \Rightarrow$

$\Rightarrow 1 - \frac{8}{9}\frac{M}{m} = \frac{8^2}{17^2} \Rightarrow \frac{8M}{9m} = 1 - \frac{8^2}{17^2} = \frac{15^2}{17^2} \Rightarrow$

$\Rightarrow \boxed{\frac{m}{M} = \frac{8\cdot 17^2}{9\cdot 15^2} = \frac{2312}{2025}}$ Обозначаем $\frac{m}{M}$ как n

Т.о., $a_m^{отн} = \frac{17}{15} g \left(1 - \frac{15^2}{17^2}\right) = \frac{17}{15} g \cdot \frac{8^2}{17^2} = \frac{64}{255} g$

$a_{m_x} = a_m^{пер} - a_m^{отн} \cos\alpha = a_k - a_k \cos^2\alpha = a_k \sin^2\alpha = \frac{64}{255} \times$
$\times \frac{15^2}{17} g = \frac{64\cdot 15}{17^3} g$

Т.о. $tg\varphi = \frac{a_{mx}}{a_{my}} = \frac{\frac{64\cdot 15}{17^3} g}{\frac{64}{17^2} g} = \frac{15}{17}$ $\boxed{tg\varphi = \frac{15}{17}}$

где φ – угол между $\vec{a_m}$ и вертикалью

Тогда $H = \frac{a_{mx} t^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2H}{a_{mx}}} = \sqrt{\frac{2H\cdot 17^2\cdot 17}{8^2\cdot 15\cdot g}} =$

$= \boxed{\frac{17}{8}\sqrt{\frac{34H}{15g}} = t}$

№ 2

Чистовик

Дано:

$C(T) = \frac{9}{5} R \frac{T}{T_0}$

Найти:

1) Какое кол-во теплоты $Q_1 (Q > 0)$ отдаст газ в таком процессе при уменьшении температуры от T_0 до $\frac{3}{4} T_0$

2) До какой температуры надо охладить газ, чтобы газ совершил мин. работу

3) Найти эту минимальную работу

Решение:

Уже учтено, что искомое $Q_1 > 0$

1) По определению $Q_1 = \nu \int^{T_0} c(T)\, dT = \frac{9\nu R}{5T_0} \int^{T} T\, dT =$
$= \frac{9\nu R}{5T_0} \frac{T^2}{2} \Big|_{\frac{3}{4}T_0}^{T_0} = \frac{9\nu R}{10 T_0} \left(T_0^2 - \frac{9}{16} T_0^2 \right) =$
$= \frac{9 \nu R T_0}{10} \cdot \frac{7}{16} = \boxed{\frac{63}{160} \nu R T_0 = Q_1}$

2) Согласно I началу термодинамики в дифференциальной форме

$dQ = dU + dA$, где $dQ = \nu c(T)\, dT$

$dU = \nu c_v\, dT$

$c_v = \frac{3}{2} R$ – молярная теплоемкость при постоянном объеме для 1-атомного газа (гелия)

dA – работа, совершенная газом

сл-но, получим: $dA = \nu (c(T) - c_v)\, dT$

условие минимума: $\frac{dA}{dT} = 0 \to$

$\to c(T) = c_v \Leftrightarrow \frac{\cancel{9}^{3}}{5} \cancel{R} \frac{T}{T_0} = \frac{\cancel{3}}{2} \cancel{R} \Rightarrow \boxed{T = \frac{5}{6} T_0}$ – при этой температуре минимум работы

3) Найдем работу, как функцию температуры

$dA = \nu (c(T) - c_v)\, dT \Rightarrow A = \nu R \int^{T_0} \left(\frac{9}{5} \frac{T}{T_0} - \frac{3}{2} \right) dT = 3\nu R \left(\frac{3}{10 T_0} \times T^2 - \frac{1}{2} T \right) \Big|_{T_0}^{T} = 3\nu R \left(\frac{3T^2}{10T_0} - \frac{3}{10} T_0 - \frac{T}{2} + \frac{T_0}{2} \right) = \frac{3\nu R}{10 T_0} \left(3T^2 + 2T_0^2 - 5TT_0 \right)$

$A_{min} = A\left(\frac{5}{6} T_0 \right) = \frac{3\nu R}{10 T_0} \left(\cancel{3}^{1} \frac{25}{\cancel{36}_{12}} T_0^2 + 2T_0^2 - \frac{25 T_0^2}{6} \right) = \frac{3\nu R T_0}{10 \cdot 12} \times$
$\times (25 + 24 - 50) = -\frac{\nu R T_0}{40} \Longrightarrow \boxed{A_{min} = \frac{\nu R T_0}{40}}$

Ответ:
1) $Q_1 = \frac{63}{160} \nu R T_0 = Q_1$
2) $T = \frac{5}{6} T_0$
3) $A_{min} = \frac{\nu R T_0}{40}$

Часть 2

Олимпиада: **Физика, 11 класс (2 часть)**

Шифр: **21203252**

ID профиля: **290403**

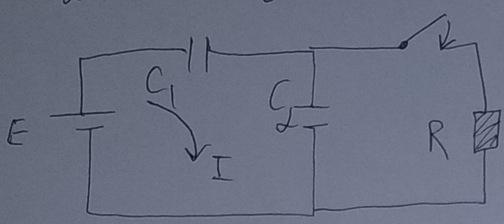
Вариант 4

Тогда по закону Джоуля-Ленца

$$Q = \int_0^{\infty} I_R^2(t) \cdot R\,dt = \frac{5E}{6} \int_0^{\infty} e^{-\frac{t}{3RC}}\,dt = -\frac{5E}{\cancel{6}_{\,2}} \cdot \cancel{3}RC \int_0^{\infty} e^{-\frac{t}{3RC}}\,d\left(-\frac{t}{3RC}\right) =$$

$$= \frac{-5ECR}{2} \cdot e^{-\frac{t}{3RC}} \Big|_t^{\infty} = \boxed{\frac{5ECR}{2}}$$

3)



В пункте 2. мы нашли, что

$$q_{C_2} = \frac{5CE - q_R}{6} \Rightarrow I_{C_2} = -\frac{I_R}{6} \Rightarrow$$ Когда $I_{C_2} = I_0$

то $\boxed{|I_R| = 6I_0}$

Чистовик

№ 3

Дано:

$C_2 = C$

$C_1 = 5C$

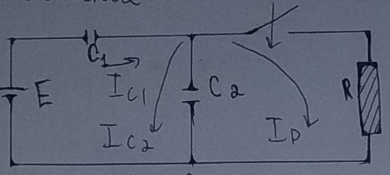
Найти:

1) Найти ток через резистор сразу после замыкания ключа

2) Какое кол-во теплоты выделится в цепи после замыкания ключа?

3) Найти ток в резисторе после замыкания ключа в момент, когда ток через C_2 равен I_0

Решение:



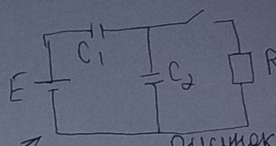


рисунок 2

1) В установившимся режиме (рис. 2.)

$E = U_1 + U_2$, где $\left\{\begin{array}{l} U_1 = \frac{q}{C_1} \\ U_2 = \frac{q}{C_2} \end{array}\right\}$ напряжения на соответств. конденсаторах

$\frac{U_1}{U_2} = \frac{C_2}{C_1} = \frac{1}{5} \Rightarrow U_2 = 5U_1 \Rightarrow 6U_1 = E \Longrightarrow U_1 = \frac{E}{6} \Rightarrow$

$U_2 = \frac{5E}{6} \Rightarrow q = C_1 U_1 = 5C \cdot \frac{E}{6} = \frac{5}{6} CE$

Сразу после замыкания ключа (~~заряд ... конден~~) заряд на конденсаторе C_2 не успевает изменить-ся $\Longrightarrow U_{C_2} = \frac{5}{6} E = I_0 R \Rightarrow \boxed{I_0 = \frac{5E}{6R}}$

т.к. резистор подключен параллельно к конденсатору C_2

2) По II з-ну Кирхгофа:

1) $\frac{q_{C2}}{C_2} = I_R \cdot R = \dot{q}_R R$

2) $E = \frac{q_{C1}}{C_1} + \frac{q_{C2}}{C_2} = \frac{q_{C1}}{5C} + \frac{q_{C2}}{C} \Longrightarrow q_{C1} + 5q_{C2} = 5CE$

По I з-ну Кирхгофа

3) $I_{C1} = I_{C2} + I_R \Leftrightarrow q_{C1} = q_{C2} + q_R$

(3) подставим в (2)

$6q_{C2} + q_R = 5CE \Rightarrow q_{C2} = \frac{5CE - q_R}{6}$, полученное подставим в (1)

$\frac{5CE - q_R}{6C} = \dot{q}_R R \Leftrightarrow \frac{dq_R}{5CE - q_R} = \frac{dt}{6RC} \Leftrightarrow \int_0^{q_R} \frac{dq_R}{q_R - 5CE} = \int_0^t -\frac{dt}{6RC} \Leftrightarrow$

$\Leftrightarrow \ln|q_R - 5CE|\Big|_0^{q_R} = -\frac{t}{6RC} \Rightarrow \ln\frac{5CE - q_R}{5CE} = -\frac{t}{6RC} \Rightarrow$

$\Rightarrow 1 - \frac{q_R}{5CE} = e^{\frac{-t}{6RC}} \Rightarrow q_R(t) = 5CE\left(1 - e^{\frac{-t}{6RC}}\right) \Longrightarrow$

$\Longrightarrow I_R(t) = \dot{q}_R(t) = \frac{5E}{6R} \cdot e^{\frac{-t}{6RC}}$

№ 5 Чистовик 4

Дано:

$f = 24$ см

$H = 9$ см

$a = 96$ см

Найти

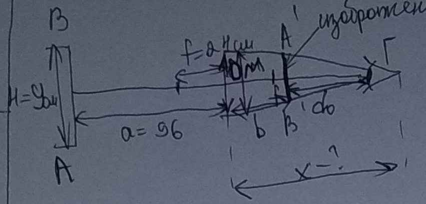
1) На каком расстоянии x от линзы расположен глаз?

2) Найти минимальный диаметр $D_м$ линзы, при котором наблюдатель сможет увидеть целиком все изображение циферблата

3) На каком расстоянии от линзы и где между часами и изображением циферблата в линзе следует поместить небольшой непрозрачный экран, чтобы не видеть ни одной детали изображения.

Решение:

$d_0 = 24$ см – расстояние, на которое аккомодирован глаз



1) по ф-ле тонкой линзы

$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f} \Rightarrow b = \frac{a \cdot f}{a - f} = \frac{96 \cdot 24}{96 - 24} = 32$ см $\Rightarrow$

$\Rightarrow \boxed{x = b + d_0 = 32 + 24 = 56 \text{ см}}$

2) увеличение с-мы $Г = \frac{b}{a} = \frac{32}{96} = \frac{1}{3} \Rightarrow$

$\Rightarrow \frac{H'}{H} = \frac{1}{3} \Rightarrow H' = \frac{H}{3} = 3$ см – диаметр изображения циферблата (на рисунке это A'B')

При $D_м$ должно выполняться условие:

$\frac{D_м}{H'} = \frac{x}{d_0} \Rightarrow \boxed{D_м = H' \cdot \frac{x}{d_0} = 3 \cdot \frac{56}{24} = 7 \text{ см}}$

3)

21203252 (U290403 M1266914)

№ 4

Чистовик

3

Дано:
L - расстояние между рельсами

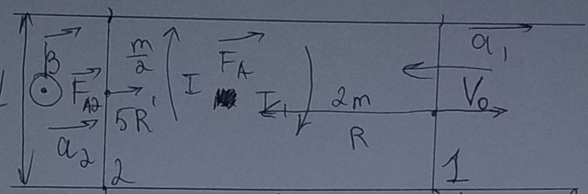
Найти:

1) Найдите ускорение перемычки 1 в начальный момент

2) Найдите скорость каждой перемычки через продолжительный промежуток времени

3) На сколько увеличилось расстояние между перемычками через продолжительный промежуток времени.

Решение:



направление токов указаны в соответствии с правилом Ленца

1) По закону электромагнитной индукции

$$\mathcal{E}_{инд} = \left|\frac{d\Phi}{dt}\right| = B\cdot\left|\frac{dS}{dt}\right| = BV_0L$$

с другой стороны по закону Ома

$$\mathcal{E}_{инд} = I_1\cdot R \Rightarrow I_1 = \frac{\mathcal{E}_{инд}}{R} = \frac{BV_0L}{R}$$ - ток, который потечет ~~в~~ по первой перемычке =>

=> на нее будет действовать сила Ампера

$$F_A = BI_1L = \frac{B^2V_0L^2}{R} = 2ma_1 \Rightarrow \boxed{a_1 = \frac{B^2L^2V_0}{2mR}}$$

21203252 (U290403 M1266911)