Шифр: 11-08

Всероссийская олимпиада школьников
Региональный этап
по физике
2019/2020
Ленинградская область

Район Сосновый Бор

Школа МБОУ „лицей №8"

Класс 11 Б

ФИО Закутей
Егор Игоревич

| Чистовик | Лист 1/4) 11-08
доб.-3,5б

1	2	3	4	5
9	1	10	5	3

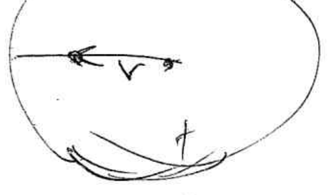
(5) (9,5)

11.1

Случай с диполем.

Найдём зависимость $E(r)$ — напр. поля.

(3,5)



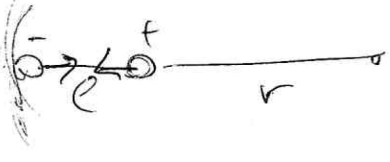
По теор. Гаусса: $\Phi = E(r)\cdot 4\pi r^2 = \frac{q_{внутр}}{\varepsilon\varepsilon_0} = \frac{\frac{4}{3}\pi r^3\rho}{\cancel{\ }}$

$$E(r) = \frac{r\rho}{\pi\varepsilon\varepsilon_0} = \frac{r}{R}E(R)$$

R — радиус шара   пусть $E_0 = E(R) \Rightarrow E(r) = \frac{r}{R}E_0$.

диполь притягивается ~~к шару, если ближе к шару~~ заряд со знаком „+“ т.к. $F(r) = -\frac{(r+l)q_0}{R}E_0 + q_0\frac{r}{R}E_0 = -\frac{q_0 l}{R}E_0$

0.5б



отр. заряд   полож.

За половину времени полёта диполь долетит до центра $\Rightarrow$ (из симметрии)

$\frac{a}{2}\left(\frac{t_д}{2}\right)^2 = \frac{d}{2}$, $2m_0\vec{a} = \Sigma\vec{F} \Rightarrow a(r) = \frac{F(r)}{2m_0} \Rightarrow a = \frac{q_0 l E_0}{2m_0R}$

$$\frac{q_0 l E_0}{2m_0R}\cdot\frac{t_д^2}{4} = d$$

(m_0 — масса одного шарика)

0.5б

Случай с шариком:

шарик притягивается если его знак „–“, $m\vec{a} = \Sigma\vec{F} \Rightarrow$

$m\,a(r) = F(r)$ $a(r) = \frac{F(r)}{m_0} = \frac{-q_0E(r)}{m_0} = \frac{-q_0 r E_0}{m_0R}$

$\Rightarrow \ddot{r} = -\frac{q_0E_0}{m_0R}r \Rightarrow$ шарик колеблется с периодом $T = 2\pi\sqrt{\frac{m_0R}{q_0E_0}}$

шарик пролетит пушку за $T/2 = \pi\sqrt{\frac{m_0R}{q_0E_0}} = t_м$

$$t_м^2 = \pi^2 \frac{m_0R}{q_0E_0} \Rightarrow \frac{m_0R}{q_0E_0} = \frac{t_м^2}{\pi^2}$$

$$l = \frac{8d}{t_y^2}\left(\frac{m_0R}{q_0E_0}\right) = \frac{8d\,t_м^2}{t_y^2\pi^2}$$

Ответ: $l = \frac{8d\,t_м^2}{t_y^2\pi^2}$; 1) ближе к шару заряд пушки „+“ 2) ~~заряд~~ заряд шарика „−“.

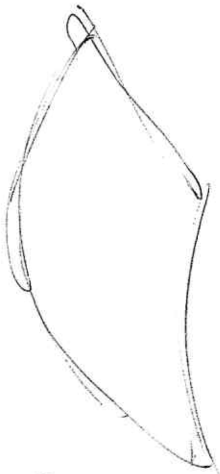
(11, 2)

для провода: $F_A = N$ т.к. $m_0\bar a = \Sigma\bar F$ и $m_0 = 0$

$\Rightarrow F_A = P$

для куба: $m\bar a = \Sigma\bar F$

$a = \frac{P}{m} = \frac{F_A}{m}$



по правилу левой руки. $F_A = BIl$

$2(l+x) = L$ – периметр. прямоуг $(x; l)$

$\Rightarrow l = \frac{L}{2} - x \Rightarrow \ddot x = \frac{BI}{m}\cancel{\left(\frac{L}{2}-x\right)}$

Пусть $y = \frac{L}{2} - x$ $\qquad \ddot y = -\ddot x$

$-\ddot y = \frac{BI}{m}y$ $\qquad y = A\sin(\omega t + \varphi)$

$\omega = \sqrt{\frac{BI}{m}}$

1-2 – 0
– 0
3 – 1 – 0
4-6

~~уд~~ $\dot y(0) = 0 \Rightarrow A\cos(\omega 0 + \varphi) = 0 \Rightarrow \cos\varphi = 0$, $\varphi = \frac{\pi}{2}$

$y(0) = \frac{L}{2} - x_0 = A\cos(\omega 0) \Rightarrow y = \left(\frac{L}{2} - x_0\right)\cos(\omega t) = \frac{L}{2} - x$

$x = \frac{L}{2} - \cos(\omega t)\left(\frac{L}{2} - x_0\right)$

$\dot x = \omega\sin(\omega t)\left(\frac{L}{2} - x_0\right) \Rightarrow v_{max} = \omega\left(\frac{L}{2} - x_0\right)$

Макс скорость куб достигнет при $x=\frac{L}{2}$ т.к. когда провод перестает толкать ~~шар~~ куб. Дальше куб поедет с $v=const$.

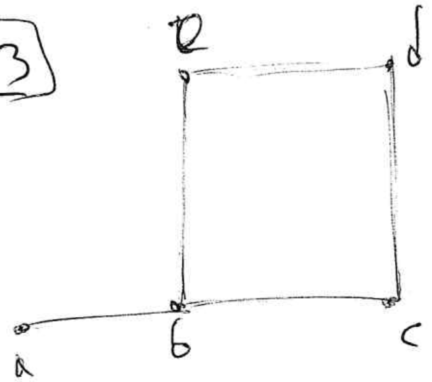
на $\frac{L}{2} - \cos(\omega t)\left(\frac{L}{2}-x_0\right) = \frac{L}{2}$

$\cos(\omega t)=0$ $\quad \omega t = \pi/2 \quad t_{max}=\frac{\pi}{2\omega}$

Ответ: $v_{max}=\sqrt{\frac{BI}{m}}\left(\frac{L}{2}-x_0\right)$

$t_{max}=\frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{m}{BI}}$.

11.3



Докажем что ось Q параллельна ac:

Пусть это не так, тогда она параллельна eb и теплота сообщенная телу в начале и в конце цикла одинакова, а температура разная => процесс не циклический. => ось Q || ac.

~~Докажем, что Q и начало отсчета в точке a Q=0; В начале цикла $Q_{пер}=0$. Т.к. в конце правее начала и ΔQ за весь процесс больше нуля, ось направлена слева направо. => ось Q совпадает с лучом ac~~

В начале цикла $Q=0$ => В точке a $Q=0$.

В конце цикла $Q>0$ => ось направлена сонаправлено вектору $\vec{ab}$.

Найдём ноль оси температур:

Т.к. в ~~pV координатах~~ граф цикл состоит из двух адиабат и двух изотерм, этот цикл — цикл Карно =>

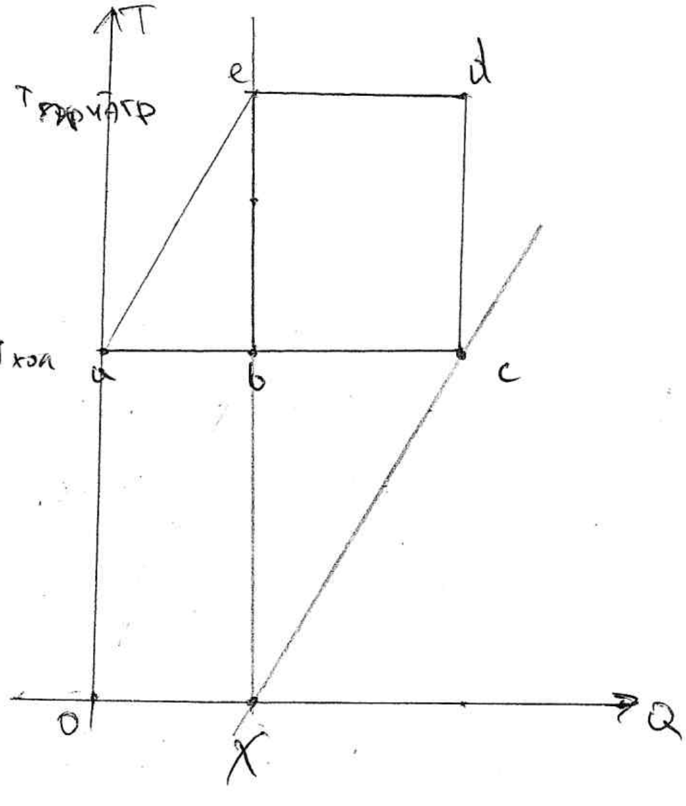
его кпд: $\eta = \frac{T_{нагр} - T_{хол}}{T_{нагр}}$ и его начало и конец имеют температуру (Тхол или Тнагр). Пусть x - точка на прямой eb с $T=0$. Тогда $\eta = \frac{eb}{ex}$. $\eta = \frac{A}{Q_+}$, $A = \Delta Q = ab$

$Q_+ = ac \Rightarrow \eta = \frac{ab}{ac} = \frac{eb}{ex} \Rightarrow$ ~~$\Delta abe \sim \Delta$~~

$\frac{ab}{bc} = \frac{eb}{bx} \Rightarrow \Delta abe \sim \Delta cbx$ (по двум углам и 2м сторонам.

Построение: Случай, когда в точке a $T = T_{хол}$.

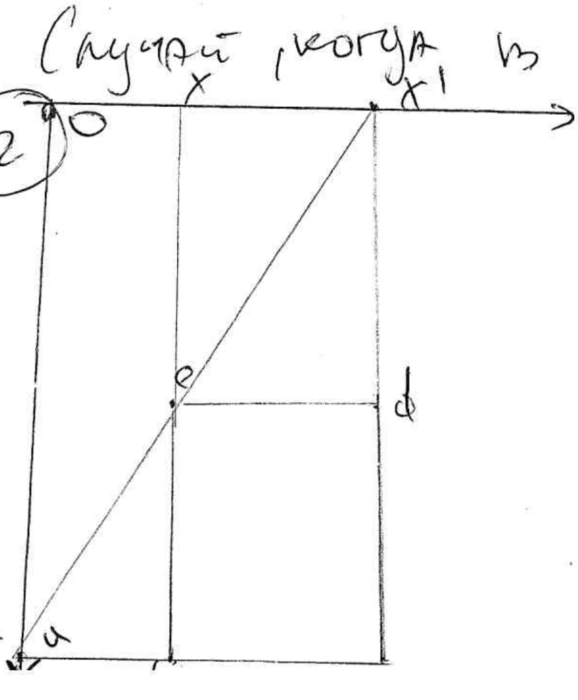
(1)



Проведём через c прямую $\parallel ae$. Она пересечёт eb в точке X. Проведём через X ось $Q \parallel ac$. Через a проведём ось $T \parallel eb$.

Случай, когда в точке a $T = T_{нагр}$.

(2)



Построение:

$\Delta eXd = \Delta dX'e$

$\Rightarrow \Delta abe \sim \Delta edX'$

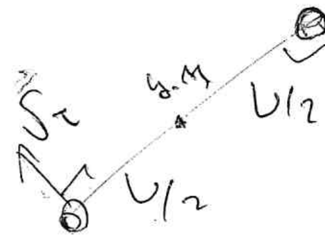
Пересечение ac и dc ($ac \cap dc = X'$) в X' $T=0$. Проведём через неё ось Q параллельно ed.

Через a проведём ось T параллельно ab, $T(a) > T(e)$.

| Чистовик | Лист 3/4 | 11-08

П.4

После удара: Перейдём в С.О. центра масс



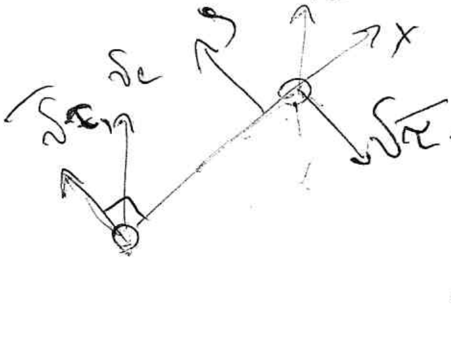
В системе ц.м. стержень с шариками вращается с угловой скоростью ω вокруг центра масс =>

$$|\vec{v}_\tau| = \omega \frac{L}{2}.$$

В системе Земли: После соударения центр. масс движется вертикально вверх. т.к. $m\vec{a} = \vec{F}$ и $F = N$ стенки направлена вертикально вверх => $\vec{a}$ тоже напр. верт. вверх. До столкновения ц.м. двигался верт. вниз.

до: после т.к.

=> для каждого шарика при переходе из С.О. "центр масс" в С.О. "Земли" добавляется скорость $\vec{v}_c$:



в системе ц.м.: $\vec{v}_{\tau 1}\{0; v_\tau\}$, $\vec{v}_{\tau 2}\{0; -v_\tau\}$

в системе Земли (добавим $\vec{v}_c\{v_c \cos\varphi; v_c \sin\varphi\}$):

$\vec{v}_1\{v_c\cos\varphi; v_\tau + v_c\sin\varphi\}$, $\vec{v}_2\{v_c\cos\varphi; -v_\tau + v_c\sin\ldots$

$\bar{v}_1 \cdot \bar{v}_2 = 0$ т.к. $v_1 \perp v_2$:

$v_c^2\cos^2\varphi + v_c^2\sin^2\varphi - v_\tau^2 = 0$

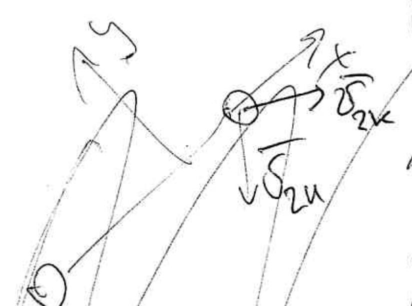
$\Rightarrow v_c^2 = v_\tau^2$

<u>ЗСЭ:</u>

$\frac{2mv_0^2}{2} = \frac{J\omega^2}{2} + \frac{2mv_c^2}{2}$ $\qquad J = 2mR^2$

$mv_0^2 = m(\omega R)^2 + mv_c^2$ $\qquad$ т.к. $v_\tau = v_c = \omega R$ $\quad (R = \frac{L}{2})$

$v_c = \frac{v_0}{\sqrt{2}}$, $\quad \omega = \frac{v_c \cdot 2}{L} = \frac{\sqrt{2}\, v_0}{L}$



~~Пусть $\Delta\bar{p}_2 = \bar{p}_{2к} - \bar{p}_{2н}$~~

~~конечн нач~~

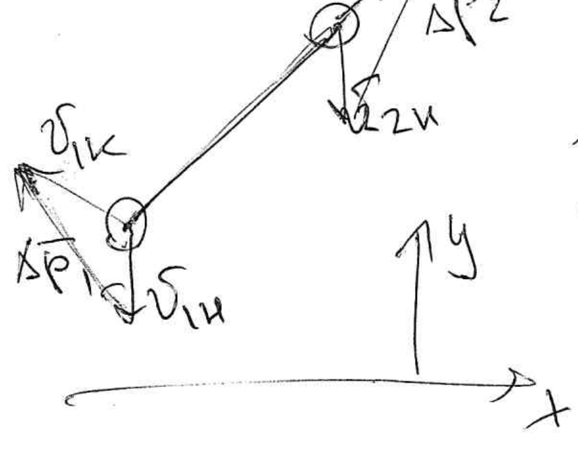
~~$\Delta\bar{p}_1 = \bar{p}_{1к} - \bar{p}_{1н} = -\Delta\bar{p}_2 + \Delta p_{ст}$~~

~~где $\Delta p_{ст}$ напр верт вверх~~

~~$\Delta\bar{p}_1 = m\left\{\frac{v_0}{\sqrt{2}}\cos\varphi + v_0\cos\varphi;\ \frac{v_0}{\sqrt{2}} + \frac{v_0}{\sqrt{2}}\sin\varphi + v_0\sin\varphi\right\}$~~

~~$\Delta\bar{p}_2 = m\left\{\frac{v_0}{\sqrt{2}}\cos\varphi + v_0\cos\varphi;\ -\frac{v_0}{\sqrt{2}} + \frac{v_0}{\sqrt{2}}\sin\varphi + v_0\sin\varphi\right\}$~~

~~$\Delta p_{ст} =$~~



$\Delta p_{1x} = -\Delta p_{2y}$

т.к. вдоль x действует T стержн

~~скоро~~ это условие соблюдается при $\varphi = \frac{\pi}{4}$ (иначе <u>проекции</u> $v_{2к}$ и $v_{1к}$ на Ox <u>будут различны</u>

$\Delta p_{1к} + \Delta p_2 = P_{стержн}$ т.к. $v_{1к} \perp v_{2к}$.

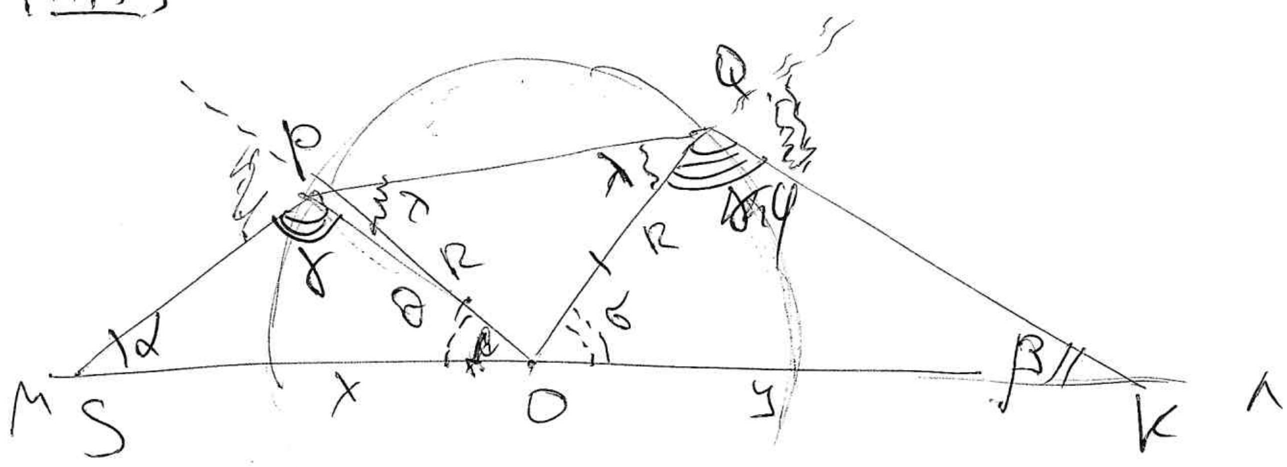
изменения ~~...~~

импульса или напр. стержн

(Чистовик/лист 4/4) 11-08

Ответ: $v_c = \cancel{\sqrt{v_0}/2}\ \frac{v_0}{\sqrt{2}}$, $\omega = \frac{\sqrt{2}\,v_0}{L}$, $\varphi = \frac{\pi}{4}$.

11.Б



$SO = x$, $OK = y$

Теорема синусов: (1,2) - 1

$$\frac{x}{\sin\gamma} = \frac{R}{\sin\alpha} \quad и \quad \frac{y}{\sin\varphi} = \frac{R}{\sin\beta}$$ (3) - 1

$$\Rightarrow \sin\gamma = \frac{x\sin\alpha}{R} = \sin\lambda\cdot n \text{ (Закон Снеллиуса)}$$

и $$\sin\varphi = \frac{y\sin\beta}{R} = \sin\lambda\cdot n$$

$$\Rightarrow \begin{cases} \frac{x\sin\alpha}{R} = \frac{y\sin\beta}{R} \\ x+y=l \end{cases} \qquad \begin{cases} y = \frac{x\sin\alpha}{\sin\beta} \\ \frac{x(\sin\alpha+\sin\beta)}{\sin\beta} = l \end{cases}$$

$$\begin{cases} x = \frac{l\sin\beta}{\sin\alpha+\sin\beta} & (4) - 1 \\ y = \frac{l\sin\alpha}{\sin\alpha+\sin\beta} & (5) - 1 \end{cases}$$

$$\theta + \sigma = 2\lambda$$

~~$\sin 2\theta +$~~

$$\cos(\theta+\sigma) = \cos(2\lambda)$$

$$\overset{\cos}{\cancel{\sin}}\theta\cos\sigma - \sin\theta\sin\sigma = 1-2\sin^2 2\lambda$$

$$+\left(\cos\alpha\sqrt{1-\frac{x^2}{R^2}\sin^2\alpha}+\sin\alpha\frac{x}{R}\sin\alpha\right)\left(\cos\beta\sqrt{1-\frac{y^2}{R^2}\sin^2\beta}+\sin\beta\frac{y}{R}\sin\beta\right)$$

$$-\left(\sin\alpha\sqrt{1-\frac{x^2}{R^2}\sin^2\alpha}+\cos\alpha\frac{x}{R}\sin\alpha\right)\left(\sin\beta\sqrt{1-\frac{x^2}{R^2}\sin^2\beta}+\cos\beta\frac{x}{R}\sin\beta\right)$$

$$=1-2\frac{x^2\sin^2\alpha}{R^2 n^2}$$

$$\cancel{\cos\alpha}\ (\cos\alpha\cos\beta-\sin\alpha\sin\beta)\left(1-\frac{x^2}{R^2}\sin^2\alpha\right) \ \ldots\ldots$$

2) $x=\dfrac{l}{1+\sqrt{3}}$ $\qquad y=\dfrac{l\sqrt{3}}{1+\sqrt{3}}$

Ответ: ~~3,66 см, SE 6,34 см.~~ SO = 3,66 см. Отлично!

(4-8) - 0

(9) - 1

(10) - 0