Шифр Т32

Открытая межвузовская олимпиада школьников СФО
«Будущее Сибири»
2 этап (заключительный)

Письменная работа

на олимпиаде по физике

Сведения об участнике олимпиады

Фамилия: НАУМЕНКО

Имя: ТИМОФЕЙ

Отчество: ИВАНОВИЧ

Учащийся 11 Ф класса ~~школы~~ № Гимназии №6 „ОЦ ГОРНОСТАЙ"

г. Новосибирска, Советского района
(города/села, района)

Новосибирской области
(области)

Дата рождения 26.03.1997 (26 марта 1997)

Контактная информация – телефон(ы): 8-913-453-92-60 (моб), 8(383)336-12-34 (дом.)

E-mail: nau-tim@yandex.ru

Пункт проведения этапа НГУ

Дата проведения этапа 15 февраля 2015

Даю согласие на обработку моих персональных данных и информирование меня посредством sms и e – mail о моих результатах и всех дальнейших мероприятиях, связанных с олимпиадой

Личная подпись Наумен

Шифр T-32

Олимпиада школьников СФО «Будущее Сибири»

2 этап (**заключительный**) 2014–2015 учебный год

ФИЗИКА

Общий балл	Дата	Ф. И. О. членов жюри	Подписи членов жюри
53	15.07.15	Иданов. Г. Ю. Похабов Д.А.	[signature] Пох

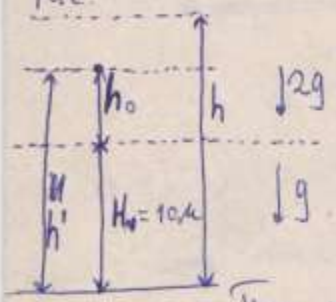
Председатель жюри: Махмудиан М.М.

ОЛИМПИАДА «БУДУЩЕЕ СИБИРИ»

НГУ Т № 32

№1.

Рис.



Незнайка кидает мяч с одной и той-же скоростью, из сл. Незнайка не подбросит мяч". Пусть нач. скорость мячика при взлёте равна v_0, $h_0 = h' - H$, g - нормальное ускорение свободного падения в городе.

По закону СЭ $E_0 = E_к$, для подбрасывания до изменения g (на высоте) закон СЭ выглядит как $E_{кн} = E_{пк} \Rightarrow \frac{mv_0^2}{2} = mgh$ (начальный момент - $E_{пот} = 0$, конечный момент - $E_{кк} = 0$). $\Rightarrow v_0^2 = 2gh$. (m - масса мячика)

После изменения поля тяжести начальная энергия шарика осталась равна $E_{кн} = \frac{mv_0^2}{2}$.

В наивысшей точке она переходит в потенциальную энергию $E_{п12}$. В задаче за „0" потенциальной энергии принята пов-ть земли. ~~На~~ Раз мячик ~~пересекал границу~~ перелетал за 10 м вверх до изменения поля ($h > H$), то и после изменения его движение до высоты H останется прежним, $\Rightarrow h_0 > 0$. $E_{п12} = \Delta E_{п1} + \Delta E_{п2} = \cancel{E_п(h_0) + E_п(H)} = m \cdot 2g \cdot h_0 + mgH = mg(H + 2h_0)$, $\Delta E_{п1}$ - потенциальное изменение пот. энергии в поле $2g$, $\Delta E_{п2}$ - в поле g, $\Rightarrow$

$$\begin{cases} v_0^2 = 2gh \\ \frac{mv_0^2}{2} = mg(H + 2h_0) \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \frac{v_0^2}{g} = 2h \\ \frac{v_0^2}{g} = 2(H + 2h_0) \end{cases} \Rightarrow 2h = 2(H + 2h_0) \Rightarrow 2h_0 = h - H \Rightarrow h_0 = \frac{h - H}{2}.$$

$$h_0 = h' - H \Rightarrow \frac{h - H}{2} = h' - H \Rightarrow \frac{h + H}{2} = h' = \frac{20 + 10}{2} = 15 \text{ м}$$

Ответ: $h' = 15$ м.

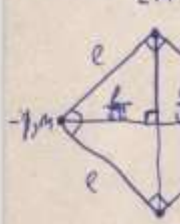
1	2	3	4	5	6	Σ
8	10	10	8	10	7	53

№2

Рис:

- Пусть радиус шарика равен r, тогда $\sin\alpha$ (угол между горизонталью и стержнями) $= \frac{r}{l}$, т.к. $r \ll l$ (маленькие шарики), то $\alpha = \frac{r}{l}$, $\Rightarrow \cos\alpha \approx 1$, $\Rightarrow l_0 \approx l$ (что подразумевает задача).

Рис:



Диагональ квадрата равна $l\sqrt{2}$, $\Rightarrow$ расстояние между двумя зарядами было равно $2l$, а стало $l\sqrt{2}$.

Пусть в этот момент заряды $+q$ и $-q$ сдвинутся на Δx. ($\Delta x \to 0$), они оба сдвинутся на Δx из-за симметрии относительно вертикали (для рисунка). Тогда расстояние между ними станет равно $l\sqrt{2} - 2\Delta x$. Т.к. конструкция жесткая, то ромб сохраняется. Пусть незаряженные шарики сдвинутся на Δy, тогда, по теореме Пифагора, $l^2 = \left(\frac{l}{\sqrt{2}} - \Delta x\right)^2 + \left(\frac{l}{\sqrt{2}} + \Delta y\right)^2 = \frac{l^2}{2} - l\Delta x\sqrt{2} + \Delta x^2 + \frac{l^2}{2} + l\Delta y\sqrt{2} + \Delta y^2 \Rightarrow$
$\Rightarrow \Delta x^2 + \Delta y^2 - l\sqrt{2}(\Delta x - \Delta y) = 0$ ~~$\Delta x \to 0 \Rightarrow \Delta x^2 + \Delta y^2 - l\sqrt{2}(\Delta x - \Delta y) = \lim_{\Delta x \to 0}(\Delta x^2 + \Delta y^2)$~~.

$\cancel{l\sqrt{2}(\Delta x-\Delta y) = \lim_{\Delta x\to 0}\left(1+\frac{\Delta y^2}{\Delta x^2} - l\sqrt{2}\left(\frac{1}{\Delta x}-\Delta y\right.\right.}$

$\cancel{\Delta y^2 + l\sqrt{2}\Delta y + \Delta x^2 - l\sqrt{2}\Delta x = 0}$ $\cancel{D = (l\sqrt{2})^2 - 4(\Delta x^2 - l\sqrt{2}\Delta x) = 2l^2 - 4\Delta x^2 + 4l\sqrt{2}\Delta x}$

$\cancel{\Delta y > 0 \Rightarrow \Delta y = \sqrt{\frac{l^2}{2} - \Delta x^2 + l\sqrt{2}\Delta x} - \frac{l}{\sqrt{2}}}$ $\cancel{\Delta y = \frac{-l\sqrt{2} \pm \sqrt{2l^2 - 4\Delta x^2 + 4l\sqrt{2}\Delta x}}{2}}$

$\Delta x^2 + \Delta y^2 = l\sqrt{2}(\Delta y - \Delta x)$. $\frac{\Delta y}{\Delta x}$ – отношение перемещений шариков за одно и то же время, ~~за малый промежуток~~ $\Rightarrow$

$\Rightarrow \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{v_{2m}}{v_m}$. Из рисунка видим, что это ромбикое число, Тогда $\frac{\Delta y}{\Delta x} = a$, $\Rightarrow$

$\Rightarrow \Delta x^2 + \Delta y^2 = l\sqrt{2}(\Delta y - \Delta x) \Rightarrow \Delta x^2\left(1+\frac{\Delta y^2}{\Delta x^2}\right) = l\sqrt{2}\Delta x\left(\frac{\Delta y}{\Delta x} - 1\right) \Rightarrow \Delta x(1+a^2) = l\sqrt{2}(a-1)$,

$\lim_{\Delta x\to 0} \Delta x(1+a^2) = 0 \xRightarrow{l\sqrt{2}(a-1)=0} a = 1$, $\Rightarrow \Delta y = \Delta x$, $\Rightarrow v_{2m} = v_m$. Отсюда следует, что скорости всех шариков в момент образования квадрата одинаковы.

Запишем закон СЭ: $E_0 = E_k + A$. A – работа э. поля, $E_0 = 0$ (энергия э. поля учтена в работе),

$E_k = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2} + \frac{2mv_3^2}{2} + \frac{2mv_4^2}{2} = 3mv_0^2$ ($v_1 = v_2 = v_3 = v_4 = v_0$ – скорости шариков при образовании квадрата). $A = \int_{2l}^{l\sqrt{2}} F_{кл}(x)\,dx = \int_{2l}^{l\sqrt{2}} \frac{k\cdot|-q|\cdot|q|}{x^2}dx = -\frac{kq^2}{x}\Big|_{2l}^{l\sqrt{2}} = -\frac{kq^2}{l\sqrt{2}} - \left(-\frac{kq^2}{2l}\right) = \frac{kq^2}{l}\left(\frac{1}{2} - \frac{1}{\sqrt{2}}\right) =$

$= -\frac{kq^2}{l}\cdot\frac{\sqrt{2}-1}{2}$. $\Rightarrow E_k = -A \Rightarrow 3mv_0^2 = \frac{kq^2}{l}\cdot\frac{\sqrt{2}-1}{2} \Rightarrow v_0 = \sqrt{\frac{kq^2}{lm}\cdot\frac{\sqrt{2}-1}{6}}$.

Ответ: $v_1 = v_2 = v_3 = v_4 = \sqrt{\frac{kq^2}{lm}\cdot\frac{\sqrt{2}-1}{6}}$

№ 3.

Пусть при какой-то скорости v_0 сила реакции опоры будет равна N_0, и шайба будет двигаться равномерно. $F_{тр} = \mu N$. Считаем, что N_0 направлена в направлении от центра. Запишем законы Ньютона для шайбы:

Вдоль радиуса: $ma_ц = F\sin\alpha - N$. $a_ц$ – центростремительное ускорение, a_τ – по касательной (тангенциальное).

По касательной: $ma_\tau = F\cos\alpha - F_{тр}$.

$\begin{cases} m\frac{v_0^2}{R} = F\sin\alpha - N \\ 0 = F\cos\alpha - \mu N \end{cases}$ $\begin{cases} m\frac{v_0^2}{R} = F\sin\alpha - N \\ N = \frac{F\cos\alpha}{\mu} \end{cases}$ $\begin{cases} \frac{FR\sin\alpha}{m} - \frac{FR\cos\alpha}{\mu m} = v_0^2 \\ N = \frac{F\cos\alpha}{\mu} \end{cases}$ $\Rightarrow v_0^2 = \frac{FR}{m}\cdot\frac{\mu\sin\alpha - \cos\alpha}{\mu}$.

Чтобы извлечь корень для получения v_0, надо чтобы $\mu\sin\alpha - \cos\alpha$ было больше 0, $\Rightarrow \mu\sin\alpha > \cos\alpha$; $\alpha \in [0; \frac{\pi}{2}] \Rightarrow$

$\Rightarrow \mu > \operatorname{ctg}\alpha$, а это не соответствует условию, $\Rightarrow N_0$ направлена к центру. Проделаем то же самое для N к центру:

$\begin{cases} ma_ц = F\sin\alpha + N \\ ma_\tau = F\cos\alpha - F_{тр} \end{cases}$ $\begin{cases} v_0^2 = \frac{FR\sin\alpha}{m} + \frac{NR}{m} \\ N = \frac{F\cos\alpha}{\mu} \end{cases}$ $v_0^2 = \frac{FR}{m}\cdot\frac{\mu\sin\alpha + \cos\alpha}{\mu} \Rightarrow v_0 = \sqrt{\frac{FR}{m}\cdot\frac{\mu\sin\alpha + \cos\alpha}{\mu}}$

Ответ: $V_0 = \sqrt{\frac{FR}{\rho M}(\mu\sin\alpha + \cos\alpha)}$.

№5.

Пусть колебания давления равны 20 мм. рт. ст, воздух почти весь состоит из азота (N_2), Площадь комнаты равна 20 $м^2$, ее высота пусть будет равна 3 м, Тогда ее объём равен 60 $м^3$. Температура пусть будет равна 27°C. (и постоянна). Запишем для воздуха ур-е Менделеева-Клапейрона как для азота: $PV = \nu RT \Rightarrow$

$\Rightarrow PV = \frac{m}{M}RT \Rightarrow m = \frac{PVM}{RT}$, $V = const, T = const, \Rightarrow \Delta m = \frac{\Delta PVM}{RT}$. $T = T_{АБС} = 273° + 27° = 300°K$.

Найдём, чему равен 1 мм.рт. ст. в паскалях: Нормальное давление 10^5 Па, или 760 мм. рт. ст, $\Rightarrow$ 1мм.рт. ст $= \frac{10^5}{760} = 131$ ПА, $\Rightarrow$ 20 мм рт. ст. $= 2620$ ПА. $\Rightarrow \Delta P = 2620$ ПА, $M(N) = 15 \frac{г}{моль}$ (точно не уверен в этом, но это задача-оценка)

$\Downarrow M(N_2) = 30 \frac{г}{моль}$

$\Delta m = \frac{262\cancel{0} \cdot \cancel{6}0 \cdot 3\cancel{0}}{8{,}1 \cdot \cancel{3}\cancel{0}\cancel{0}°} = \frac{262 \cdot 2 \cdot 30}{8{,}1} = 1940\,г \approx 2\,кг$. ($\Delta m$ - изменение массы воздуха)

Ответ: $\Delta m \approx 2$ кг (+)

№4.

$F_A = IB\ell\sin\alpha$.

$\mathcal{E}(t) = -\Phi'$

$\Phi = B(t)S$

$S = \pi a^2$

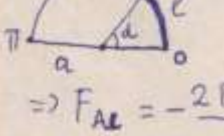
$I(t) = \frac{\mathcal{E}(t)}{R}$

$\mathcal{E}(t) = -\Phi' = -\pi a^2\left(\left(1 - \frac{t^2}{\tau^2}\right)B_0\right)' = \frac{2\pi a^2 t B_0}{\tau^2}$ +

$I(t) = \frac{\mathcal{E}(t)}{R} = \frac{2\pi a^2 B_0}{\tau^2 R}t$

На кусочек провода длиной $\Delta\ell$ действует сила ампера, равная $I(t)B_0\ell\sin\alpha = \frac{2\pi a^2 B_0^2}{\tau^2 R}\Delta\ell \cdot t$. (при $\Delta\ell \to 0$) Посчитаем силу, действующую на половину кольца. ? Силы ампера на два полукольца будут противоположнонаправленными, расположенными вдоль одной прямой и перпендикулярны линии раздела на полукольца. Пусть F_0 - сила, действующая на одно полукольцо, а F_0 - сумма всех проекций малых сил ампера на каждом участке длины полукольца.

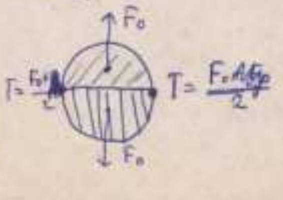
Рис:



$\rightarrow dF_A = \frac{2\pi t a^2 B_0^2}{\tau^2 R}d\ell$ $\quad \alpha = \frac{\ell}{a} \Rightarrow \ell = a\alpha$

$dF_{A\perp} = dF_A \cdot \sin\alpha = \frac{2\pi t a^2 B_0^2}{\tau^2 R}\sin\alpha\, d(a\alpha) \Rightarrow \int dF_{A\perp} = \int_0^{\pi} \frac{2\pi t B_0^2 a^3}{\tau^2 R}\sin\alpha\, d\alpha \Rightarrow$

$\Rightarrow F_{A\perp} = -\frac{2\pi t B_0^2 a^3}{\tau^2 R}\cos\alpha\Big|_0^{\pi} = \frac{2\pi t B_0^2 a^3}{\tau^2 R} + \frac{2\pi t B_0^2 a^3}{\tau^2 R} = \frac{4\pi t B_0^2 a^3}{\tau^2 R}$ ($F_{A\perp} = F_0$ - сумма всех проекций, dF_A - дифференциал силы ампера на участок кольца). Известно, что при $t = \frac{\tau}{2}$ кольцо рвется.

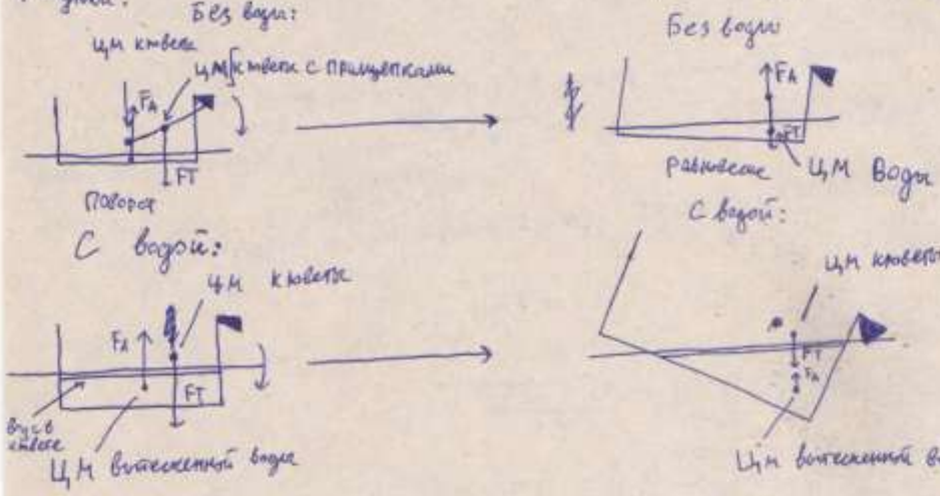


Кольцо в равновесии, $\Rightarrow T = \frac{F_0}{2} = \frac{2\pi t B_0^2 a^3}{\tau^2 R}$, $\Rightarrow T_0 = \frac{2\pi \frac{\tau}{2} B_0^2 a^3}{\tau^2 R} =$

$= \frac{\pi B_0^2 a^3}{\tau R} \Rightarrow a = \sqrt[3]{\frac{T_0 \tau R}{\pi B_0^2}}$ Ответ: $a = \sqrt[3]{\frac{T_0 \tau R}{\pi B_0^2}}$ -?

85

№6 Для того, чтобы кювета находилась в равновесии надо чтобы $F_р = 0$ и $\sum M = 0$ ($F_р$ – равнодействующая сила, M – момент силы). Т.к. силы всего две – тяжести и архимеда, то $F_т = F_A$ и они лежат на одной прямой. Когда в кювете ничего нет, но прицеплены прищепки, её масса очень мала, => погружена будет очень малая часть кюветы. Сила архимеда направлена от центра масс вытесненной воды. При наклонении кюветы в таком случае на малый угол даст больное смещение точки приложения силы архимеда, => достаточно кювете повернуться на малый угол чтобы она пришла в равновесие.
Когда же в кювету наливают воду, то её масса растет, и погружается уже значительная часть кюветы. В этом же случае поворот кюветы на малый угол даст маленькое смещение точки приложения силы архимеда, => угол потребуется гораздо больший (чем больше масса – тем больше угол).
Рисунки:



Налитая вода не влияет на ЦМ кюветы, она остается на месте (вода), и заставляет лишь кювету погружаться больше, следствием чего будет поворот кюветы.

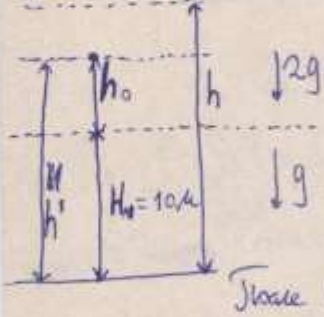
1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | Σ
10

ОЛИМПИАДА «БУДУЩЕЕ СИБИРИ»

НГУ Т № 32

№1.

Рис.



Незнайка кидает мяч с одной и той-же скоростью, из слов „Незнайка мяч подбросил мяч". Пусть нач. скорость мячика при взлете равна v_0, $h_0 = h' - H$, g — нормальное ускорение свободного падения в городе.

По закону СЭ $E_0 = E_к$, для подбрасывания до изменения g (на высоте) закон СЭ выглядит как $E_{к1} = E_{п1} \Rightarrow \frac{mv_0^2}{2} = mgh$ (начальный момент — $E_{пот} = 0$, конечный момент — $E_{кин} = 0$). $\Rightarrow v_0^2 = 2gh$. (m — масса мячика)

После изменения поля тяжести начальная энергия шарика осталась равна $E_{к1} = \frac{mv_0^2}{2}$.

В наивысшей точке она переходит в потенциальную энергию $E_{п12}$. В задаче за „0" потенциальной энергии принята пов-ть земли. ~~Еп~~ Раз ~~мяч~~ мячик ~~пересекал точки~~ перелетал за 10м вверх до изменения поля ($h > H$), то и после изменения его движение до высоты H останется прежним, $\Rightarrow h_0 > 0$. $E_{п12} = \Delta E_{п1} + \Delta E_{п2} = \cancel{E_п(h_0) + E_п(H)} = m \cdot 2g \cdot h_0 + mgH = mg(H + 2h_0)$, $\Delta E_{п1}$ — потенциальное изменение пот. энергии в поле $2g$, $\Delta E_{п2}$ — в поле g, $\Rightarrow$

$$\begin{cases} v_0^2 = 2gh \\ \frac{mv_0^2}{2} = mg(H + 2h_0) \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \frac{v_0^2}{g} = 2h \\ \frac{v_0^2}{g} = 2(H + 2h_0) \end{cases} \Rightarrow 2h = 2(H + 2h_0) \Rightarrow 2h_0 = h - H \Rightarrow h_0 = \frac{h-H}{2}.$$

$$h_0 = h' - H \Rightarrow \frac{h-H}{2} = h' - H \Rightarrow \frac{h+H}{2} = h' = \frac{20+10}{2} = 15м$$

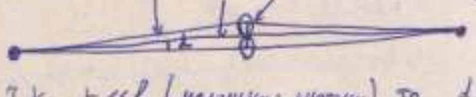
25

Ответ: $h' = 15м$.

1	2	3	4	5	6	Σ
8	10	10	8	10	7	53

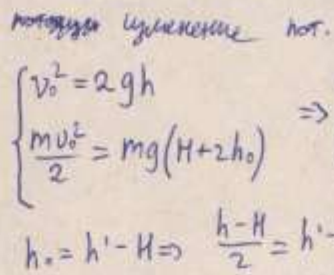
№2.

Рис:



— Пусть радиус шарика равен r, тогда $\sin\alpha$ (угол между горизонталью и стержнями) $= \frac{r}{l}$, т.к. $r \ll l$ (маленькие шарики), то $\alpha = \frac{r}{l}$, $\Rightarrow \cos\alpha \approx 1$, $\Rightarrow l_0 \approx l$ (что подразумевает задача).

Рис:



Диагональ квадрата равна $l\sqrt{2}$, $\Rightarrow$ расстояние между двумя зарядами было равно $2l$, а стало $l\sqrt{2}$.

Пусть в этот момент заряды $+q$ и $-q$ сдвинутся на Δx ($\Delta x \to 0$), они оба сдвинутся на Δx из-за симметрии относительно вертикали (для рисунка). Тогда расстояние между ними станет равно $l\sqrt{2} - 2\Delta x$. Т.к. конструкция жесткая, то ромб сохраняется. Пусть незаряженные шарики сдвинутся на Δy, тогда, по теореме Пифагора, $l^2 = \left(\frac{l}{\sqrt{2}} - \Delta x\right)^2 + \left(\frac{l}{\sqrt{2}} + \Delta y\right)^2 = \frac{l^2}{2} - l\Delta x\sqrt{2} + \Delta x^2 + \frac{l^2}{2} + l\Delta y\sqrt{2} + \Delta y^2 \Rightarrow$

$\Rightarrow \Delta x^2 + \Delta y^2 - l\sqrt{2}(\Delta x - \Delta y) = 0$ ~~$\Delta x \to 0 \Rightarrow$ ...~~