

Шифр

000673

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

## Письменная работа

на олимпиаде по физике

Сведения об участнике олимпиады

Фамилия:

М А С Л О В

Имя:

К О Н С Т А Н Т И Н

Отчество:

А Н Д Р Е Е В И Ч

Учащийся 11 класса школы № школе № 11

города Анжеро-Судженска  
(города/села, района)

Кемеровской области  
(области)

Дата рождения 02.10.97

Контактная информация – телефон(ы): 8 905 902 12 58

E-mail: elzarion.des@gmail.com

Пункт проведения этапа г.р. Анжеро-Судженск

Дата проведения этапа 15.02.15

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

Маслов

Открытая межвузовская олимпиада школьников СФО «Будущее Сибири»

Общий балл	Дата	Ф.И.О. членов жюри	Подписи членов жюри
47	26.02	Вермяков А. В.	А. В.

№1.

Дано  
 $H = 10 \text{ м}$   
 $h = 20 \text{ м}$   
 $a_1 = g$   
 $a_2 = \frac{g}{2}$   
 $h' = ?$

Решение

$$A_1 = mgh$$

$$A_2 = mgH + \frac{1}{2} mg \Delta h = mgH + \frac{1}{2} mg(h' - H),$$

где  $A_1$  и  $A_2$  — энергии, которые сообщаются мячику Козыбай.  
 По смыслу задачи:  $A_1 = A_2$

$$mgh = mgH + \frac{1}{2} mg(h' - H)$$

$$h = H + \frac{1}{2} h' - \frac{1}{2} H$$

$$h = \frac{1}{2} H + \frac{1}{2} h'$$

$$h' = 2h - H$$

$$h' = 2 \cdot 20 \text{ м} - 10 \text{ м} = 30 \text{ м}$$

Ответ:  $h' = 30 \text{ м}$

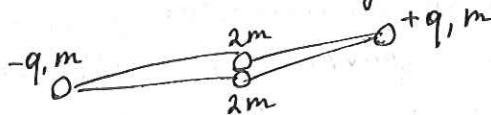
PO

№2.

Дано  
 $l$   
 $q$   
 $m$   
 $v = ?$

Решение

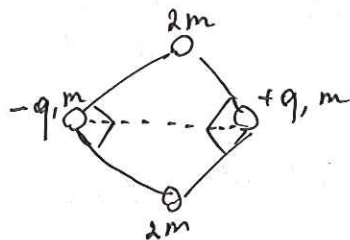
В самом начале движения:



Скорости всех шариков равны  $0$  и  $0$ .

Значит, общая энергия системы  $E_1 = W_{p1}$ ,  
 где  $W_{p1}$  — потенциальная энергия взаимодействия двух зарядов

В момент, когда ромб принял форму квадрата:



Очевидно, что скорости всех шариков совпадают по модулю.  
 Значит, общая энергия системы в этот момент

$$E_2 = 2E_{k1} + 2E_{k2} + W_{p2}$$

По закону сохранения энергии  $E_1 = E_2$ , значит

$$W_{p1} = 2E_{k1} + 2E_{k2} + W_{p2}$$

$$-k \frac{q^2}{R_1} = m v^2 + 2m v^2 - k \frac{q^2}{R_2}$$

$R_1 \approx 2L$ , если пренебречь радиусами шариков с массой  $2m$

$$R_2 \approx \sqrt{L^2 + L^2} = L\sqrt{2} \text{ (по теореме Пифагора).}$$

$$-k \frac{q^2}{2L} = 3m v^2 - k \frac{q^2}{L\sqrt{2}}$$

$$k \frac{q^2}{L\sqrt{2}} - k \frac{q^2}{2L} = 3m v^2$$

$$\frac{kq^2}{L} \left( \frac{1}{\sqrt{2}} - \frac{1}{2} \right) = 3m v^2$$

$$v^2 = \frac{kq^2}{3mL} \left( \frac{1}{\sqrt{2}} - \frac{1}{2} \right)$$

$$v = q \sqrt{\frac{k}{3mL} \left( \frac{1}{\sqrt{2}} - \frac{1}{2} \right)}$$

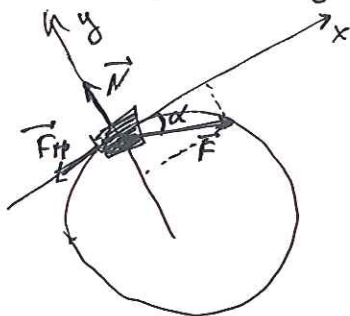
Ответ:  $v = q \sqrt{\frac{k}{3mL} \left( \frac{1}{\sqrt{2}} - \frac{1}{2} \right)}$

10

$N$   
 $R$   
 $m$   
 $F$   
 $d$   
 $\mu$   
 $\mu < \text{ctg}(d)$   
-----  
 $v - ?$

Решение

Рассмотрим случай, когда  $N$  направлено от центра колеса:



По третьему закону Ньютона

$$m \vec{a}_y = \vec{F} + \vec{N} + \vec{F}_{тр}$$

где  $a_y$  — центростремительное ускорение, т.к. шайба движется по окружности.

$$Ox: F \cos(d) = F_{тр} = \mu N$$

$$Oy: m a_y = F \sin(d) - N$$

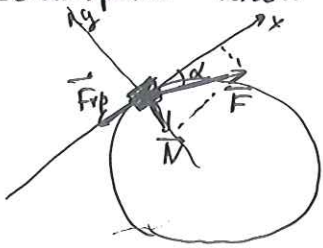
$$N = \frac{F \cos(d)}{\mu}$$

$$m a_y = F \sin(d) - \frac{F \cos(d)}{\mu} = F \left( \sin(d) - \frac{\cos(d)}{\mu} \right)$$

$$\frac{m v^2}{R} = F \left( \sin(d) - \frac{\cos(d)}{\mu} \right), \quad v \geq \sqrt{\frac{FR}{m} \left( \sin(d) - \frac{\cos(d)}{\mu} \right)}$$

Однако, учитывая, что  $\mu < \text{ctg}(d)$ , это невозможно, так как при таких значениях  $\mu$  выражение  $\sin(d) - \frac{\cos(d)}{\mu} < 0$ .

Рассмотрим одну струну ( $N$  направлено к центру кольца):



Тогда  $F \cdot \cos(\alpha) = F_{TP} = \mu N$   
 $ma_y = N + F \cdot \sin(\alpha)$

0000673

$$N = \frac{F \cos(\alpha)}{\mu}$$

$$ma_y = \frac{F \cos(\alpha)}{\mu} + F \cdot \sin(\alpha) = F \left( \sin(\alpha) + \frac{\cos(\alpha)}{\mu} \right)$$

$$\frac{mv^2}{R} = F \left( \sin(\alpha) + \frac{\cos(\alpha)}{\mu} \right)$$

$$v = \sqrt{\frac{FR}{m} \left( \sin(\alpha) + \frac{\cos(\alpha)}{\mu} \right)}$$

10

Ответ:  $v = \sqrt{\frac{FR}{m} \left( \sin(\alpha) + \frac{\cos(\alpha)}{\mu} \right)}$

№4.

Дано

$R$

$B_0$

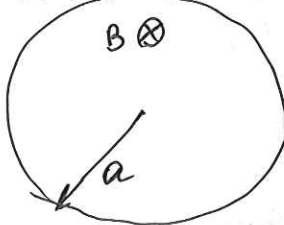
$$B(t) = B_0 \left( 1 - \frac{t^2}{\tau^2} \right)$$

$$\Delta t = \frac{\tau}{2}$$

$T_0$

$a - ?$

Решение:



Т.к. магнитная индукция изменяется, то изменится и магнитный поток через замкнутый контур.

$$B_1 = B\left(\frac{\tau}{2}\right) = B_0 \cdot \left( 1 - \frac{\tau^2}{4\tau^2} \right) = \frac{3B_0}{4}$$

где  $B_1$  — магнитная индукция в момент разрыва кольца.

$\Phi_0 = B_0 S$  — начальный магнитный поток

$\Phi_1 = B_1 S = \frac{3B_0 S}{4}$  — магнитный поток в момент разрыва.

$$\Delta \Phi = \Phi_1 - \Phi_0 = -\frac{1}{4} B_0 S = -\frac{1}{4} \pi a^2 B_0$$

Т.к. магнитный поток через замкнутый контур меняется, то внутри этого контура возникнет ЭДС индукции:

$$\mathcal{E} = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = \frac{\pi a^2 B_0 \cdot 2}{4 \tau} = \frac{\pi a^2 B_0}{2 \tau}$$

Следовательно, по контуру стал протекать ток индукции:

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

~~Ток индукции?~~

На каждый участок окружности проволоки стала воздействовать сила Ампера. Рассмотрим очень маленький участок:

по третьему закону Ньютона:  $0 = \vec{F}_a + \vec{T} + \vec{T}$

$$F_a = 2T \cdot \sin(\varphi), \text{ где } \varphi \rightarrow 0, \text{ так как мы}$$

рассмотрим очень маленький дугой.

$$B_1 \cdot I \cdot l = 2T_0 \cdot \sin(\varphi), \text{ т.к. } \varphi \rightarrow 0, \text{ то } \sin(\varphi) \approx \varphi,$$

$$l = a \cdot 2\varphi$$

$$B_1 I a \cdot 2\varphi = 2T_0 \cdot \varphi, \text{ тогда } T_0 = B_1 I a$$

$$T_0 = \frac{3B_0}{4} \cdot \frac{\pi a^2 B_0}{2 \tau R} \cdot a$$



$$T_0 = \frac{3 \pi \cdot 10^{-10} \cdot a^3}{8 \tau R}$$

$$a^3 = \frac{8 T_0 \tau R}{3 \pi B_0^2}$$

$$a = 2 \sqrt[3]{\frac{T_0 \tau R}{3 \pi B_0^2}}$$

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

6

№5. При изменении давления по уравнению Менделеева - Клапейрона:

$$\Delta p V = \Delta n R T \quad \text{или} \quad \Delta p V = \frac{\Delta m}{M} R T.$$

Откуда  $\Delta m = \frac{\Delta p V M}{R T}$

Пусть  $T \approx 298 \text{ K}$  ( $25^\circ \text{C}$ ),

$\Delta p = 15 \text{ мм рт.ст.} \approx 2000 \text{ Па}$ ,

$V \approx 4 \text{ м} \cdot 3 \text{ м} \cdot 2,5 \text{ м} \approx 30 \text{ м}^3$ ,

10

Тогда  $\Delta m \approx \frac{2000 \text{ Па} \cdot 30 \text{ м}^3 \cdot 0,029 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}}{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 298 \text{ К}} \approx 0,7 \text{ кг}$

Ответ:  $\Delta m \approx 0,7 \text{ кг}$

№6. Так как к одному из бортиков прикреплены прищепки, то центр масс всей системы уже был смещен в сторону прищепок, пусть это наблюдалось и незначительно. Вода, которую имели в контейнер, стремилась заполнить ту часть, в которуюшло смещение центра масс, больше, чем другую. Тем самым центр масс ещё сильнее смещался в сторону прищепок благодаря дополнительной массе дешевой воды (если вода также смещена центр масс). Из-за этого весь контейнер значительно наклонился в сторону прищепок.

Не все! 2