

Шифр

Открытая межвузовская олимпиада школьников СФО

«Будущее Сибири»

2 этап (заключительный)

## Письменная работа

на олимпиаде по \_\_\_\_\_

Сведения об участнике олимпиады

Фамилия: А Н И С Е Н Я

Имя: И В А Н

Отчество: И Л Ь И Ч

Учащийся 11 класса школы № лицей при ТГУ

города Томск  
(города/села, района)

Томской области  
(области)

Дата рождения 11.11.1997


Контактная информация – телефон(ы): 8-553-526-03-88

E-mail: \_\_\_\_\_

Пункт проведения этапа ТГУ, 15 корпус, Чсова 4а

Дата проведения этапа 15.02.2015

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 

Шифр

Открытая межвузовская олимпиада школьников СФО «Будущее Сибири»

Общий балл	Дата	Ф.И.О. членов жюри	Подписи членов жюри
49	28.02.15	Касимов	

1) Дано:

$H = 10 \text{ м.}$

$h = 20 \text{ м.}$

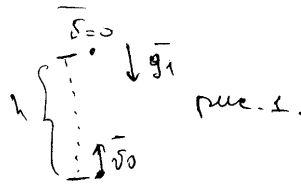
$g_2 = \frac{g_1}{2}$

Найти:

$h' = ?$

Решение:

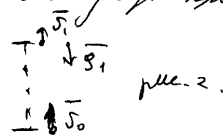
На рисунке 1 показано порывание мяча измайкой со вершины троса Вилтика и Штуртика.



Т.к. мячик движется высотой  $h$ , то имеет место следующее равенство:

$h = \frac{v_0^2}{2g_1} \quad (1)$ , где  $v_0$  - скорость мяча в начале троса.

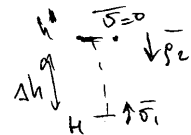
Теперь измайкой порываем мяч с той же начальной скоростью, но увеличив свободную часть на длину провисающей дуги. На рис. 2 показано движение мяча -  $H$  в первом промежутке.



Имеет место следующее равенство:

$H = \frac{v_0^2}{2g_1} - \frac{v_1^2}{2g_1} \stackrel{(1)}{=} h - \frac{v_1^2}{2g_1} \Rightarrow v_1^2 = 2g_1(h-H) \quad (2)$ , где  $v_1$  - скорость мяча при переходе из зоны с  $g_1$  в зону с  $g_2$ .

Во втором промежутке мячик анимавалем, используя равенство  $\Delta h$ ,  $\Rightarrow \Delta h = \frac{v_1^2}{2g_2} \stackrel{(2)}{=} \frac{v_1^2}{g_1} \stackrel{(2)}{=} 2(h-H) \quad (3)$



$h' = \Delta h + H = 2h - 2H + H = 2h - H$

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

Ответ: 30 м.

①

Шифр



Открытая межвузовская олимпиада школьников СФО «Будущее Сибири»

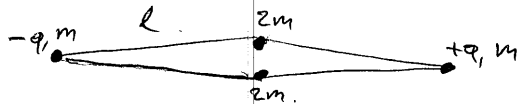
2) Дано:

Решение:

$m, q, l$ .

Найти:

$\delta$  свет шаров.



Запишем закон сохранения полной энергии:

$$W_0 = W_1 + \frac{2m\delta_k^2}{2} \cdot 2 + \frac{m\delta_3^2}{2} \cdot 2; \quad \text{где } \delta_k \text{ — скорость шаров?}$$

$W_0 = W_1 + m\delta_3^2 + 2m\delta_k^2$  (\*), где  $W_0$  — энергия взаимодействия двух зарядов в начальный момент времени,  $W_1$  — когда конфигурация приняла форму квадрата.  $\delta_3$  — скорость шаров — одна часть,  $\delta_k$  — скорость незаряженных частей.

Определим  $W_0 = -\frac{k|q|^2}{2l}$  (1) (в начальный момент времени от них на расстоянии  $2l$ .)

$$W_1 = \frac{-k|q|^2}{l\sqrt{2}} \quad (2). \quad (\text{т.к. диагональ квадрата})$$

Рассмотрим каждую из сторон маленького шарика на связь. Т.к. сторонам меньше, то его радиус не меняется, а значит  $\delta_3 \cos \alpha =$

$$= \delta_k \cos \alpha \Rightarrow \delta_k = \delta_3 = \delta \quad (3).$$

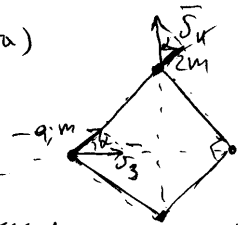
Переходим к (\*) с учетом (1), (2), (3):

$$\frac{-k|q|^2}{2l} = -\frac{k|q|^2}{l\sqrt{2}} + m\delta^2 + 2m\delta^2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \delta = |q| \sqrt{\frac{k(\sqrt{2}-1)}{6mc}}$$

$$\text{Ответ: } \delta = |q| \sqrt{\frac{k(\sqrt{2}-1)}{6mc}}$$

(2)



а значит  $\delta_3 \cos \alpha =$  почему?

98

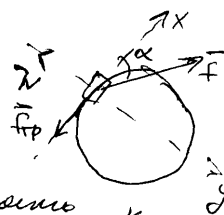
Шифр



Открытая межвузовская олимпиада школьников СФО «Будущее Сибири»

3. Дано: Решение:

$R, m, \alpha, F, \mu$  Расставим все силы, действующие на шайбу.



$\mu$ -? Когда установившаяся скорость, касательное условие равно  $a_n = \frac{v^2}{R}$ . (1). Запишем II закон Ньютона в проекциях на оси  $X$  и  $Y$ .

$O X: F \cos \alpha - F_{тр} = m a_x = 0$ .

$O Y: F \sin \alpha - N = m a_y = \frac{m v^2}{R}$ .

т.к. шайба будет скользить, то сила трения скольжения будет принимать наибольшее значение, т.е.  $F_{тр} = \mu N$  (2)

С учетом (2), II закон Ньютона принимает следующий вид:

$$\begin{cases} F \cos \alpha - \mu N = 0; \\ F \sin \alpha - N = \frac{m v^2}{R}, \end{cases}$$

Решая эту систему, получаем:

$v = \sqrt{\frac{FR}{m} (\sin \alpha - \mu \cos \alpha)}$ . Выражение имеет смысл, если  $v^2 > 0$ , т.е.  $-\sin \alpha + \frac{\cos \alpha}{\mu} > 0$ , т.е.  $\mu < \cot \alpha$ . (Верно, т.е. условие)

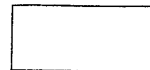
Значит условие  $\Rightarrow$

$\Rightarrow v = \sqrt{\frac{FR}{m} (\frac{\cos \alpha}{\mu} - \sin \alpha)}$

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

③

Шифр



Открытая межвузовская олимпиада школьников СФО «Будущее Сибири»

4. Дано:

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

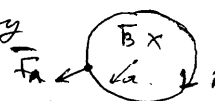
$$t_p = \frac{\tau}{2}$$

$T_0, R$ .

Найти:  
а.

Решение:

Определим, в какую сторону



тока направлен индуцированной ток в ре-

зультате явления электромагнитной ин-

дукции по правилу Ленца

В результате на элемент длины дуги  $dl$  действует сила Ампера  $F_n = B I dl \sin \alpha$ , где  $l$  - длина контура, а  $\alpha$  - угол между вектором нормали к площадке контура и вектором внешнего магнитного поля.

$\Rightarrow F_n = B \cdot I \cdot 2\pi a$ ? В момент разрыва она равна силе магнитного поля. Имеем  $d\Phi = -dF$   $\Rightarrow dF = -d\Phi$

$$T_0 = B \cdot I \cdot 2\pi a \quad (1) \text{ шевроте}$$

В момент разрыва  $B = B_0 \left(1 - \frac{(\frac{\tau}{2})^2}{\tau^2}\right) = \frac{3}{4} B_0 \quad (2)$

Индукционный ток имеет силу  $I = \frac{\mathcal{E}_i}{R}$ , где  $\mathcal{E}_i = -\dot{\Phi}$

$$\mathcal{E}_i = -\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{dB}{dt} \cdot S = -\left(B_0 - B_0 \frac{t^2}{\tau^2}\right)' \cdot \pi a^2 =$$

$$= \frac{2 B_0 t}{\tau^2} \cdot \pi a^2$$

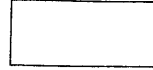
$$\Rightarrow I = \frac{B_0 \cdot \pi a^2}{\tau \cdot R} \quad (4)$$

С учетом (2) и (4),

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

Ответ:  $a = \sqrt[3]{\frac{2 T_0 \tau R}{3 \pi^2 B_0^2}} \quad (4)$

Шифр



Открытая межвузовская олимпиада школьников СФО «Будущее Сибири»

5. Будет считаться, что  $\Delta P$  - изменение (рост или) давление при наибольших и наименьших значениях.  $V$  - объем комнаты,  $T$  - температура комнаты.

Изменение давления происходит из-за увеличения (или уменьшения) концентрации водяных паров. Их парциальное давление составляет часть от общего.

Запишем закон Менделеева - Клапейрона для наибольшего и наименьшего давлений:

$$P_1 V = \nu_{0,1} R T(1), \text{ где } P_1 \text{ и } P_2 - \text{состояния давлений, а } \nu_{0,1} - \text{количество молей}$$

$$P_2 V = \nu_{0,2} R T(2) \text{ молей смеси газов в комнате в данный момент.}$$

$$\nu_{0,i} = \nu_0 + \nu_i(3), \text{ где } \nu_0 - \text{количество молей смеси газов в комнате}$$

$$\text{до водяных паров, а } \nu_i - \text{количество молей водяных паров при } P_i \text{ давлении. считаем (3):}$$

$$\begin{cases} P_1 V = \nu_0 R T + \nu_1 R T \\ P_2 V = \nu_0 R T + \nu_2 R T \end{cases} \Rightarrow \nu \Delta P = R T \Delta \nu = R T \frac{\Delta m}{\mu} \quad (4), \text{ где } \Delta m -$$

~~изменение~~ изменение массы между наибольшей и наименьшей массой водяного пара,  $\mu$  - молярная масса водяного пара  $\Rightarrow$

$$\Rightarrow \Delta m = \frac{\mu V \Delta P}{R T} \quad (4).$$

Пусть  $\Delta P = 1 \text{ кПа}$ ,  $V = 12 \text{ м}^3$ ;  $T = 300 \text{ К}$ , тогда

$$\Delta m = \frac{18 \cdot 10^{-3} \cdot 12 \cdot 1000}{8,31 \cdot 300} \approx 86,62.$$

Ответ:  $\Delta m = \frac{\mu V \Delta P}{R T}$ ;  $\Delta m = 86,62.$

5

почему  $V$  не  $12 \text{ м}^3$ ? это не поминка, а константа  
почему  $\Delta P = 1 \text{ кПа}$ ?

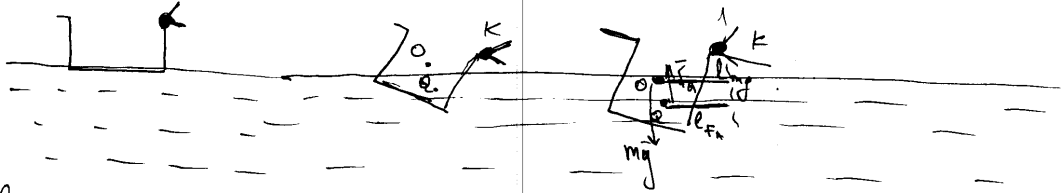
85

Шифр



Открытая межвузовская олимпиада школьников СФО «Будущее Сибири»

6. Рассмотрим контейнер с кинешкой, которой касается на поверхности, а именно - по отклонению.



Сила тяжести, приложенная к контейнеру, приложена в центре к центру масс контейнера. Сила трения - к касательной центру кинешки на поверхности.

Рассмотрим вращение контейнера вокруг точки К.

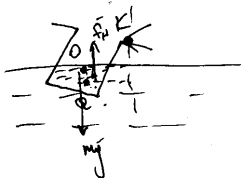
Запишем сумму моментов сил

$$\vec{M}_1 + \vec{M}_2 = J \vec{\alpha}, \text{ или } m g \cdot l_{mg} \cdot \sin \beta - F_{tr} \cdot l_{F_{tr}} = J \beta, \text{ где } J - \text{момент инерции тела,}$$

$\alpha, \beta$  - угловое ускорение.

~~также~~ Т.к. контейнер лежит, то момент силы трения и весовой момент силы тяжести и контейнер вращаются против часовой стрелки.  $\beta < 0$ . Знаки его по знаку равновесия будут выстроены вблизи горизонтальной поверхности.

Рассмотрим контейнер, заполненный водой, и отклоненный от горизонтального положения.



Теперь, когда в левом контейнере есть вода, очевидно массу содержит именно она, и по сравнению с пустым контейнером, момент силы тяжести сильно возрос, это препятствует вращению против часовой стрелки, а значит,

что заполненный контейнер отклонится не столько, сколько пустой.

6

62