

Казанский (Приволжский) федеральный университет  
Межрегиональная предметная олимпиада

1

ШИФР

ФМ-34

(заполняется оргкомитетом)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА  
участника Олимпиады

по физике

(наименование дисциплины)

Фамилия

ПОЛЯК

Имя

ГЕРМАН

Отчество

ОНЕГОВИЧ

Учебное заведение ОШ № 11 им. Н.И. Лобачевского КР

Класс

11

## Межрегиональная предметная олимпиада КФУ

по «физике», 11 класс,

вариант \_\_\_\_\_

Задача 1

 $q, Q, L$ 

$$V_{\text{сф}} = 2 V_{\text{пол}}$$

 $F = ?$ 

- 1)  $V_{\text{сф}}$  - объем сферы  
 $V_{\text{пол}}$  - объем полусферы  
 $V_1$  - объем оставшейся части.

$$V_{\text{сф}} = V_{\text{пол}} + V_1 = 2 V_{\text{пол}}$$

$$V_{\text{сф}} = 2 V_{\text{пол}} \Leftrightarrow \frac{4}{3} \pi R^3 = 2 \frac{4}{3} \pi r^3 \Leftrightarrow \boxed{r = 2^{-\frac{1}{3}} R}, \quad \begin{array}{l} r - \text{радиус пол-сф} \\ R - \text{радиус сферы} \end{array}$$

- 2) Пусть  $F_1$  - сила с кот-ой был действовал целый шар, имея заряд  $\frac{Q}{V_1} \cdot V_{\text{сф}}$ , а  $F_2$  - сила с кот-ой был действовал пол-сф, имея заряд  $\frac{Q}{V_1} \cdot V_{\text{пол}}$ , тогда:

$$F = F_1 - F_2 = k \cdot \frac{Q}{V_1} \cdot Q \cdot \left( \frac{1}{L^2} - \frac{1}{(L-R+r)^2} \right), \quad k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

$$F = \frac{3kQq}{2\pi R^3} \cdot \frac{L^2 + 2(R^2 + r^2) - 4(LR + Rr - Lr)}{L^2(L^2 + R^2 + r^2 - 2(LR + Rr - Lr))} =$$

$$= \frac{3kQq}{2\pi R^3} \cdot \frac{L^2 + 2R^2(1 + 2^{-\frac{2}{3}}) - 4R(L + 2^{-\frac{1}{3}}R - L \cdot 2^{-\frac{1}{3}})}{L^2(L^2 + R^2 + 2^{-\frac{2}{3}}R^2 - 2(LR + R \cdot 2^{-\frac{1}{3}} - LR \cdot 2^{-\frac{1}{3}}))}$$

|   |   |   |    |   |    |
|---|---|---|----|---|----|
| 1 | 2 | 3 | 4  | 5 | Σ  |
| 8 | 5 | 8 | 10 | 8 | 39 |

Прав

# Задача 3.

$$\left. \begin{array}{l} p, m, S, T, \\ p_0 = 100 \cdot 10^3 \text{ Па} \\ T = ? \end{array} \right|$$

$p_1$  - давление при равновесии.

$p_2$  - давление при откл. на  $x$

1) По 2-му З.Н.:

$$m g + p_0 S = p_1 S \Rightarrow p_1 = \frac{m g + p_0 S}{S}$$

2) М.к. колебания малые, то отклонения ( $x$ ) малые, т.е.  $x \rightarrow 0 \Rightarrow A \rightarrow 0$

• По ЗСЗ: Отклонения направлены вверх на  $x$ :

$$\frac{3}{2} \Delta R T_1 = \frac{3}{2} \Delta R T_2 + m g x$$

$$T_2 = T_1 - \frac{2}{3} \frac{m g}{\Delta R} x$$

• По закону Менделеева-Клапейрона:

$$p_1 V_1 = \Delta R T \Rightarrow V_1 = \frac{\Delta R T}{p_1} = \frac{\Delta R T S}{m g + p_0 S}$$

• Аналогично:

$$p_2 (V_1 + x S) = \Delta R T_2 = \Delta R T_1 - \frac{2}{3} m g x$$

$$p_2 = \frac{\Delta R T - \frac{2}{3} m g x}{\frac{\Delta R T S}{m g + p_0 S} + x S} = \frac{\frac{2}{3} m g}{S} \frac{\frac{3}{2} \frac{\Delta R}{m g} - x}{\frac{\Delta R T}{m g + p_0 S} + x}$$

$$3) \text{ Пусть } \begin{cases} \frac{3}{2} \frac{\Delta R}{m g} = a \\ \frac{\Delta R T}{m g + p_0 S} = b \end{cases}$$

$$\text{, тогда } \lim_{x \rightarrow 0} \frac{\frac{2}{3} \frac{m g}{S} \frac{a - x}{b + x}}{\frac{2}{3} \frac{m g}{S} \frac{a}{b}} = \lim_{x \rightarrow 0} \frac{2 \frac{m g}{3 S} \frac{a - x}{b + x}}{\frac{2 \frac{m g}{3 S} a}{b}} = \frac{a - x}{b + x} \cdot \frac{b}{a} = \frac{b}{a} \left( 1 - \frac{x}{a} \right) \left( 1 + \frac{x}{b} \right)$$

$$= \lim_{x \rightarrow 0} \frac{a^2}{b^2} \frac{m g}{S} \left( 1 - \frac{x}{a} - \frac{x}{b} \right) = \frac{2 \frac{m g}{3 S}}{\frac{a^2}{b^2}} \left( b \frac{a + b}{b^2} + \frac{a}{b} \right)$$

4) Если  $F_2$  - сила создаваемая  $p_2$ , то  $F_2 = p_2 S - x \cdot \frac{2 m g}{3 S}$

$$F_2 = x \cdot \frac{2}{3} \frac{(m g)^2 + 3 p_0 S m g}{\Delta R T} + \text{const} \quad \text{не верно!}$$

Межрегиональная предметная олимпиада КФУ

по « физике », 11 класс,

вариант \_\_\_\_\_

Продолжение задачи 3

5) По 2-му З.Н.Ген. поршни.

$$-F_2 + p_0 S = m \ddot{x}$$

или  $\ddot{x} + \frac{F_2}{m} + p_0 S = 0$  — ур-ие гармонических колебаний

$$\ddot{x} + x \cdot \left\{ \frac{2}{3} \frac{mg^2 + 3p_0 S g}{2RT_0} (mg + p_0 S)^2 \right\} + \frac{p_0 S}{m} = 0.$$

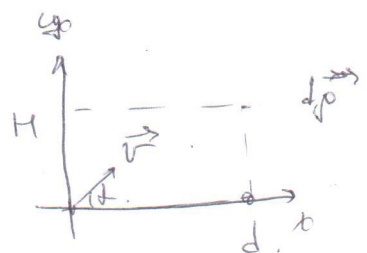
$\omega^2$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \left[ \frac{2\pi}{(mg + p_0 S)} \cdot \sqrt{\frac{3}{2} \frac{2RT_0}{mg^2 + 3p_0 S g}} \right]$$

Задача 4

Н.д.  $\frac{H}{v} = ?$  1)  $\begin{cases} x(t) = v \cos t \\ y(t) = v \sin t - \frac{gt^2}{2} \end{cases}$

или  $y(x) = \tan \alpha \cdot x - \frac{g}{2v^2 \cos^2 \alpha} x^2$



2) Знаем, что  $y = H$ , а  $x = d$ :

$$H = \tan \alpha \cdot d - \frac{g}{2} \frac{d^2}{v^2 \cos^2 \alpha}$$

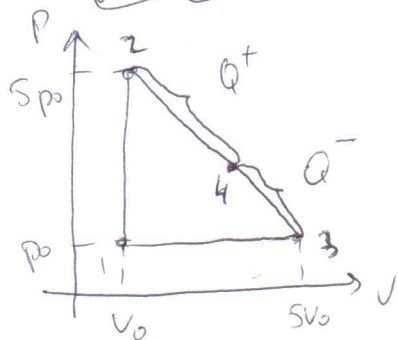
$$H = \tan \alpha \cdot d - \frac{gd^2}{2v^2 (1 + \tan^2 \alpha)} \text{ — ур-ие параболы.}$$

Пусть  $\alpha_{\text{кр}}$  — угол при кот-ом достигается максимальная см-сть. или необходимая. Тогда:

$$\tan \alpha_{\text{кр}} = \frac{d}{gd^2} = \frac{v^2}{gd} \Rightarrow \frac{v^2}{2g} - \frac{v^2}{g} + \frac{gd^2}{2v^2} + H = 0 \Leftrightarrow v = \sqrt{g(H + \sqrt{H^2 + d^2})}$$



Задача 5.



$$\text{CO}_2 \rightarrow \bar{i} = 6$$

$$1) A_{\text{cyc}} = (5p_0 - p_0)(5V_0 - V_0) \cdot \frac{1}{2} = 8p_0V_0$$

2) Найдём уравнение прямой 2-3:

$$\begin{cases} 5p_0 = k \cdot V_0 + b \\ p_0 = k \cdot 5V_0 + b \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} k = -\frac{p_0}{V_0} \\ b = 6p_0 \end{cases}$$

$$\Rightarrow p(V) = -\frac{p_0}{V_0} V + 6p_0$$

3) На прямой 2-3 тепло поступает не в точку 3, а в точку 4. Чтобы найти, когда тепло перестаёт поступать, выразим  $Q(V)$  и  $Q'(V)$ . Если  $Q'(V_4) = 0$ , то в т. 4 тепло перестаёт поступать.

4) По 1-му закону термодинамики:

$$Q = \Delta U + A \quad (\text{от т. 2 до т. 4})$$

$$Q = \frac{1}{2}(p + 5p_0)(V - V_0) + \frac{5}{2}(pV - 5p_0V_0) = -\frac{p_0}{4V_0}V^2 + \frac{3}{2}p_0V + \frac{p_0}{4}V - 3p_0V_0 + \frac{5}{2}p_0V - \frac{5}{2}p_0V_0 = 3\frac{p_0}{V_0}V^2 + 18p_0V - 15p_0V_0$$

$$Q'(V) = 0 \rightarrow V_4 = \frac{89}{26}V_0 \Rightarrow Q_{2-4} = \frac{3657}{208}p_0V_0$$

$$\eta = \frac{A_{\text{cyc}}}{Q^+} = \frac{A}{Q_{12} + Q_{24}} = \frac{A}{Q_{12} + Q_{24}} = \frac{8p_0V_0}{12p_0V_0 + \frac{3657}{208}p_0V_0} =$$

$$= \frac{1654}{6153} \approx 0,27 \approx 27\%$$

Ответ: 27%

Межрегиональная предметная олимпиада КФУ

по « физике », 11 класс,

вариант \_\_\_\_\_

Задача 2



Пусть всего вагонов  $k_0$ , а на горке  $k$ .

1) И.и. вагонов много, то длина

одного вагона  $b \ll L$ .

2) Пусть по 2-му З.Н. приезде:

$$k \cdot m g \sin \alpha = k_0 m a, \quad \text{где } m - \text{масса 1 вагона.}$$

$$a = \frac{k}{k_0} g \sin \alpha$$

3) По 3(7):

$$k_0 m g \sin \alpha L = \frac{k_0 m v^2}{2} \Rightarrow v^2 = 2 g L \sin \alpha$$

- скорость при съезде с горки.

4) Пусть  $f$  - "поверхностная" и.с.т. поезда, тогда:

$$f = \frac{k_0 m}{L}$$

по 2-му З.Н.:

$$f(L-x) g \sin \alpha = f L a$$

$$a = \left(1 - \frac{x}{L}\right) g \sin \alpha$$

5) Пусть при  $t \rightarrow 0$  вагончик почти поезда и равен:

$$x = v a t = a t^2$$

колебательные (4) и (5):

$$a = \left(1 - \frac{a t^2}{L}\right) g \sin \alpha \Rightarrow a = \frac{L}{\frac{L}{g \sin \alpha} + t^2}$$

$$6) \quad v = \int_0^{\tau} a(t) dt = \int_0^{\tau} \frac{L}{\frac{L}{g \sin \alpha} + t^2} dt = \sqrt{2gL \sin \alpha} \cdot \tau$$

Решая находим  $\tau$ .

Такие интегралы решаются не сложно.

Казанский (Приволжский) федеральный университет  
Межрегиональная предметная олимпиада

8

ШИФР

ФМ-33

(заполняется оргкомитетом)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА  
участника Олимпиады

по

Физике

(наименование дисциплины)

Фамилия

САДЫКОВ

Имя

ФАНДАС

Отчество

АЙДАРОВИЧ

Учебное заведение

ОИИ "лицей им. Н. И. Лобачевского" КФУ

Класс

11



|    |    |   |   |   |    |
|----|----|---|---|---|----|
| 1  | 2  | 3 | 4 | 5 | Σ  |
| 10 | 10 | 8 | 5 | 5 | 38 |

Межрегиональная предметная олимпиада КФУ

по «физике»

», 11 класс,

вариант \_\_\_\_\_

Физик

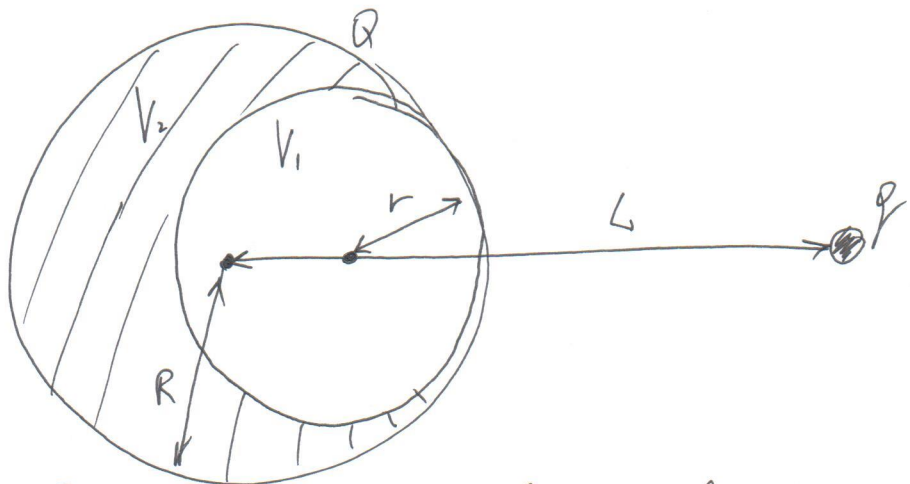
Т.к. объем шара в 2 раза;  
 $V_2 = 2V_1$

$$\frac{4}{3}\pi R^3 = 2 \frac{4}{3}\pi r^3$$

$$\frac{R^3}{r^3} = 2$$

$$r = \frac{R}{\sqrt[3]{2}}$$

①



Для нахождения силы взаимодействия шаров с зарядом  $Q$  и шаром радиусом  $R$  и шаром радиусом  $r$  и зарядом  $q$ . Так, шары заряжены равномерно по объему, то:

Итак:

$$\frac{Q}{q_0} = \frac{V_2}{V_1} = 2 \Rightarrow q_0 = \frac{Q}{2}$$

$$F_1 = k \frac{Qq}{L^2}; F_2 = k \frac{\frac{Q}{2}q}{(L-R+r)^2}$$

Таким образом сила взаимодействия шаров с зарядом  $Q$  и шаром радиусом  $r$  и зарядом  $q$ .

$$F = F_1 - F_2 = \frac{kQq}{L^2} - \frac{kQq}{2(L-R+r)^2} = kQq \left( \frac{1}{L^2} - \frac{1}{2(L-R(1-\frac{1}{\sqrt[3]{2}}))^2} \right)$$

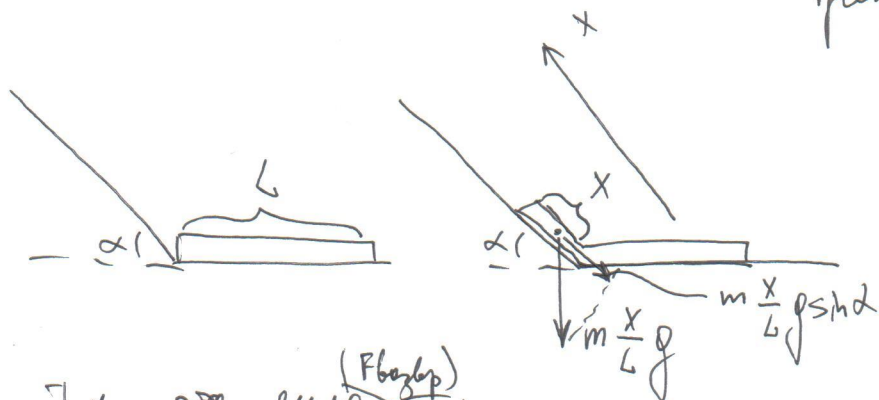
$$= kQq \left( \frac{1}{L^2} - \frac{1}{2(L-R(1-\frac{1}{\sqrt[3]{2}}))^2} \right)$$

← Ответ

P.S. а дальше не стал упрощать, т.к. ничего хорошего не выходит из этого.

② Заметим, что если поезд сначала будет неподвижно находиться на горизонтальном участке и его толкнуть так, чтобы он остановился, полностью заехав на склон, то он после остановки на склоне съедет вниз точно так же, как съезжает поезд в нашем случае. Поэтому эту часть движения (заезжание на склон и спуск обратно) можно рассматривать как ~~часть~~ часть колебания, где время ~~на~~ спуске и подъеме ~~будет~~ будет одинаковым и равным  $t = \frac{T}{4}$ , то есть на подъеме требуется <sup>время</sup>  $t = \frac{T}{4}$ , и столько же на спуске.

Для удобства рассмотрим подъем (т.к. на спуск и подъем требуется равное кол-во времени).



Т.к. эта сила <sup>( $F_{возвр}$ )</sup> пропорциональна смещению, то:

$$\begin{cases} F_{возвр} = -\chi x \\ T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{\chi}} \end{cases} \text{ Отсюда получаем:}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{\frac{m}{L} g \sin \alpha}} = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g \sin \alpha}} \Rightarrow t = \frac{T}{4} = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{L}{g \sin \alpha}}$$

Тогда последний вагон достигнет горизонтального участка (в случае подъема) через:

$$t = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{L}{g \sin \alpha}} \leftarrow \text{ответ}$$

Пусть поезд заехал на склон на  $x$ .

Тогда по оси  $x$  на него действует возвращающая сила

$$F_{возвр} = -m \frac{x}{L} g \sin \alpha$$

$$F_{возвр} = -\left(\frac{m}{L} g \sin \alpha\right) \cdot x$$

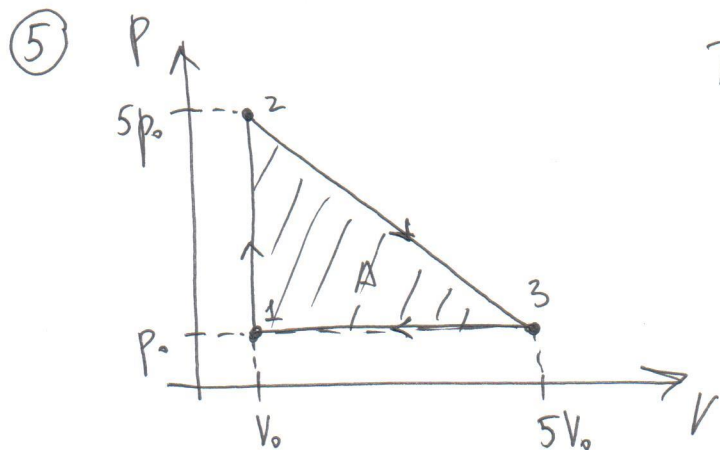
$\chi$



## Межрегиональная предметная олимпиада КФУ

по «физике», 11 класс,

вариант \_\_\_\_\_



Так, углекислый газ — трехатомный,

то  $i = 6$ 

$\eta = \frac{A}{Q^+}$ , где  $A$  — работа газа за цикл,  
 $Q^+$  — тепло, переданное к газу за цикл.

Можно проверить адиабату, заметив, что газ получает тепло в процессах 1-2 и 2-3.

$$Q^+ = Q_{12} + Q_{23}$$

По первому закону термодинамики:  $Q = \Delta U + A$ 

$$Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12} = 0 \Rightarrow \Delta U_{12} = \frac{i}{2} (5P_0 V_0 - P_0 V_0)$$

$$Q_{12} = 2i P_0 V_0$$

$$Q_{23} = \Delta U_{23} + A_{23} = \frac{i}{2} (5P_0 V_0 - 5P_0 V_0) + \frac{1}{2} \cdot 4V_0 \cdot 6P_0$$

Работу газа найдем как площадь под графиком;

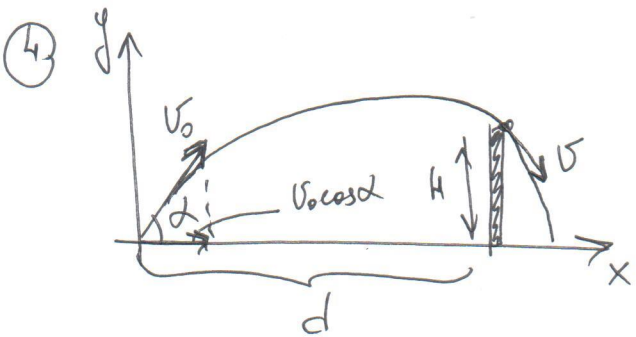
$$Q_{23} = 12 P_0 V_0$$

$$A = \frac{1}{2} \cdot 4V_0 \cdot 4P_0 = 8 P_0 V_0$$

Получаем:

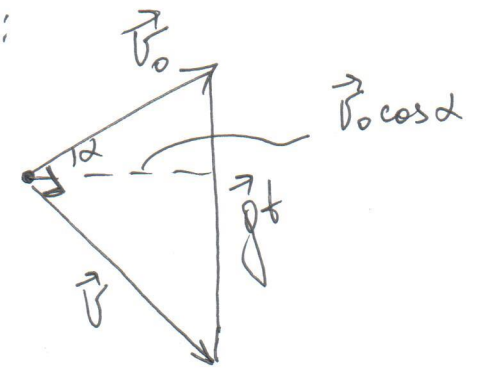
$$\eta = \frac{8 P_0 V_0}{2i P_0 V_0 + 12 P_0 V_0} = \frac{8}{2 \cdot 6 + 12} = \left( \frac{1}{3} \right)$$

$$\text{Ответ, } \frac{1}{3}$$



Т.к. нам надо найти минимальную скорость, то тело коснется стены в касательной точке траектории.

Построим векторный треугольник скоростей:



По закону сохр. энергии:

$$\frac{mv_0^2}{2} = mgh + \frac{mv^2}{2}$$

$$v_0^2 = 2gH + v^2$$

Подставим в это у-е соотношение (\*):

$$v_0^2 = 2gH + g^2 t^2 \cos^2 \alpha \quad (**)$$

Т.к. движение по оси X равно-  
номерное, то:

$$d = v_0 \cos \alpha \cdot t \Rightarrow t = \frac{d}{v_0 \cos \alpha}$$

Подставим t в (\*\*):

$$v_0^2 = 2gH + g^2 \cos^2 \alpha \cdot \frac{d^2}{v_0^2 \cos^2 \alpha}$$

$$v_0^2 = 2gH + \frac{g^2 d^2}{v_0^2} \quad | \cdot v_0^2$$

~~$$v_0^4 - 2gH \cdot v_0^2 - g^2 d^2 = 0$$~~

$$v_0^4 - 2gH v_0^2 - g^2 d^2 = 0$$

$$v_0^2 = \frac{2gH \pm \sqrt{4g^2 H^2 + 4g^2 d^2}}{2} = \frac{2gH \pm 2g\sqrt{H^2 + d^2}}{2}, \quad \text{Т.к. } v_0^2 > 0, \text{ то;}$$

$$v_0^2 = gH + g\sqrt{H^2 + d^2}$$

$$v_0 = \sqrt{g(H + \sqrt{H^2 + d^2})} \leftarrow \text{ответ}$$

Также еще одним условием "минимизации" начальной скорости броска является то, что

$$\vec{v}_0 \perp \vec{v}$$

Выразим площадь векторного треугольника двумя способами:

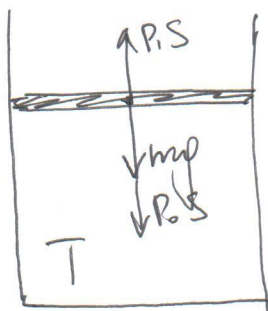
$$S = \frac{1}{2} v_0 v = \frac{1}{2} v_0 \cos \alpha \cdot g t$$

$$v = g t \cos \alpha \quad (*)$$

## Межрегиональная предметная олимпиада КФУ

по « физике », 11 класс,  
вариант \_\_\_\_\_

③



Из условия равновесия поршня:

$$P_1 S = P_0 S + mg$$

$$P_1 = P_0 + \frac{mg}{S}, \text{ где } P_1 - \text{давление газа.}$$

Пусть поршень сместился вниз на  $x$ ;

запишем 23Н для поршня:

$$m\ddot{x} = mg + P_0 S - P_2 S$$

$$\ddot{x} - (P_0 - P_2) \frac{S}{m} - g = 0$$

У-е Менделеева-Клапейрона для двух случаев:

$$P_1 S h = \nu R T \Rightarrow h = \frac{\nu R T}{P_1 S}$$

$$P_2 S (h - x) = \nu R T,$$

Так, объем при малых колебаниях меняется изотермически, то  $\Delta V \rightarrow 0$  (изменился объем, но температура постоянна)

$$P_1 S h = \nu R T$$

$$P_2 S (h - x) = \nu R T$$

$$\nu R (T_1 - T_2) = (P_2 - P_1) S h$$

$$\ddot{x} + \frac{S}{m} P_2 - \left( g + \frac{S}{m} P_0 \right) = 0 (*)$$

По 3СЗ: ~~для системы~~ газ + поршень

$$mgh + \frac{1}{2} \nu R T = mg(h - x) + \frac{1}{2} \nu R T,$$

$$mgx = \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T)$$

Получим:

$$mgx = \frac{3}{2} (P_2 - P_1) S h$$

$$\frac{2 mgx}{3 S h} = P_2 - P_1$$

$$P_2 = P_0 + \frac{mg}{S} + \frac{2 mgx}{3 S h}$$



Проверка  $P_2$  в (\*):

$$\ddot{X} + \frac{S}{m} \left( P_0 + \frac{mg}{S} + \frac{2mgX}{3Sh} \right) - \left( g + \frac{S}{m} P_0 \right) = 0$$

$$\ddot{X} + \cancel{\frac{S}{m} P_0} + g + \frac{2gX}{3h} - g - \cancel{\frac{S}{m} P_0} = 0$$

$$\ddot{X} + \underbrace{\left( \frac{2g}{3h} \right)}_{\omega^2} \cdot X = 0$$

Обозначим период  $T$ :

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{3h}{2g}}$$

$$h = \frac{3RT}{mg + P_0 S} \quad (\text{из } y\text{-д Мерк.-Клоде})$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{3RT}{2g(mg + P_0 S)}}$$

← ответ.

Казанский (Приволжский) федеральный университет  
Межрегиональная предметная олимпиада

2

ШИФР

Ф11-17

(заполняется оргкомитетом)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА  
участника Олимпиады

по ФИЗИКЕ  
(наименование дисциплины)

Фамилия 

|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--|--|--|
| В | А | Л | И | А | Х | М | Е | Т | О | В |  |  |  |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--|--|--|

Имя 

|   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|---|---|---|---|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Б | У | Л | А | Т |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|---|---|---|---|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|

Отчество 

|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--|--|--|--|
| И | Л | Ь | Д | А | Р | О | В | И | Ч |  |  |  |  |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--|--|--|--|

Учебное заведение ИТ-лицей КФУ

Класс 11

## Межрегиональная предметная олимпиада КФУ

по « ФИЗИКЕ », 11 класс,

вариант \_\_\_\_\_

Задача № 1

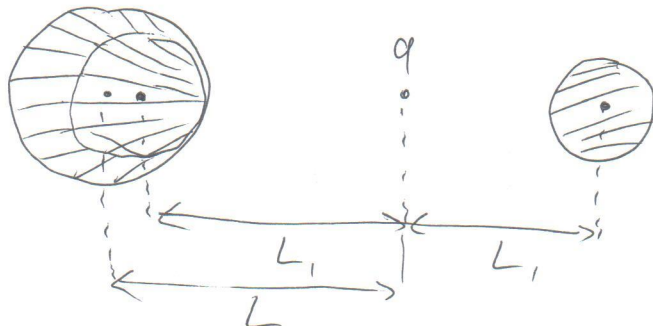
 $r$  — радиус полости

$$2\pi r^2 = \pi R^2 \Rightarrow r = \frac{R}{\sqrt{2}}$$

Найдём расстояние от  $q$  до центра полости.

$$L_1 = L - (R - r) = L - R \cdot \frac{2 - \sqrt{2}}{2}$$

Разместим на расстоянии  $L_1$  справа от  $q$  сферу радиусом  $r$  и зарядом  $Q$ , а также заполним полость в большой сфере зарядом той же плотности.  $V_{\text{полости}} = \frac{V_{\text{сф}}}{2} \Rightarrow$  мы разместим заряд  $Q$ , который уравнивает действия сил заряда новой сферы справа  $\Rightarrow$  ~~силы дей~~ сумма сил, действующих на  $q$  не изменится



$$K = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2}$$

$$F_{\text{сумм}} = \frac{K \cdot |2Q \cdot q|}{L^2} - \frac{K \cdot |Qq|}{L_1^2} = K|Qq| \left( \frac{2}{L^2} - \frac{1}{(L - R(\frac{2 - \sqrt{2}}{2}))^2} \right)$$

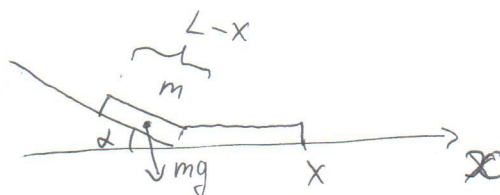
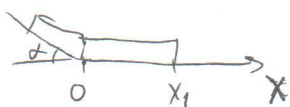
|   |    |   |    |   |          |
|---|----|---|----|---|----------|
| 1 | 2  | 3 | 4  | 5 | $\Sigma$ |
| 9 | 10 | 9 | 10 | 7 | 55       |

Итого 35



## Задача № 2

Путь  $x(t)$  - управление движением катка конуса  
роезга



Путь  $M$  - масса роезга.

Тогда  $Ma = mg \cdot \sin \alpha$

$$Ma = M \cdot \frac{L-x}{L} g \sin \alpha$$

$$x'' = \frac{L-x}{L} g \sin \alpha$$

$$u(t) = \frac{x(t) - L}{L}$$

$$x'' = L \cdot u''$$

$$x(t) = L(u(t) + 1)$$

$$\left. \begin{aligned} L \cdot u'' &= -u g \sin \alpha \\ u &= e^{\lambda t} \\ L \lambda^2 &= -g \sin \alpha \\ u_1 &= e^{i \sqrt{\frac{g \sin \alpha}{L}} t} \\ u_2 &= e^{-i \sqrt{\frac{g \sin \alpha}{L}} t} \end{aligned} \right\} \Rightarrow u = C_1 \cos\left(\sqrt{\frac{g \sin \alpha}{L}} t\right) + i C_2 \sin\left(\sqrt{\frac{g \sin \alpha}{L}} t\right)$$

$$\sqrt{\frac{g \sin \alpha}{L}} = k$$

$$u'(0) = 0 \quad -C_1 \cdot k \sin(k \cdot 0) + i C_2 k \cos(k \cdot 0) = 0 \Rightarrow C_2 = 0$$

$$u = C_1 \cos(kt)$$

$$x(0) = 0$$

$$u(0) = -\frac{L}{L} = -1$$

$$C_1 \cdot \cos(k \cdot 0) = -1$$

$$C_1 = -1$$

$$u(t) = -\cos(kt)$$

$$x(t) = L(1 - \cos(kt))$$

$$x(t_1) = L \Rightarrow \cos(kt_1) = 0 \Rightarrow kt_1 = \frac{\pi}{2}$$

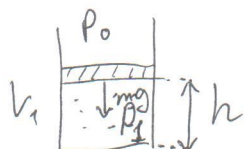
$$t_1 = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{L}{g \sin \alpha}} - \text{время катывания.}$$

Межрегиональная предметная олимпиада КФУ

по « ФИЗИКЕ », 11 класс,

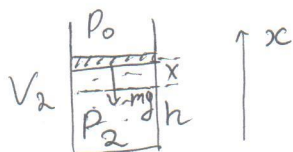
вариант \_\_\_\_\_

Задача № 3



$$P_1 = P_0 + \frac{mg}{S}$$

$x(t)$  — уравнение колебания поршня.



$$ma = -mg - P_0 S + P_2 S$$

$$T = \text{const} \Rightarrow P_1 V_1 = P_2 V_2$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{V_2}{V_1} = \frac{x+h}{h}$$

$$P_2 - P_0 = P_1 \frac{h}{x+h} - P_0 = \left(P_0 + \frac{mg}{S}\right) \left(1 - \frac{x}{x+h}\right) - P_0 =$$

$$= P_0 - P_0 \frac{x}{x+h} + \frac{mg}{S} - \frac{mg}{S} \cdot \frac{x}{x+h} - P_0$$

$$ma = -mg + S \cdot \left(\frac{mg}{S} - \frac{x}{x+h} \cdot \left(\frac{mg}{S} + P_0\right)\right)$$

$$ma = -\frac{x}{x+h} (mg + P_0 S) \quad g + \frac{P_0 S}{m} = K$$

$$x'' = -K \cdot \frac{x}{x+h}$$

Можно считать, что

$$x'' = -\frac{Kx}{h}$$

Для таких колебаний период известен и

$$\text{равен } 2\pi \sqrt{\frac{h}{K}} = 2\pi \sqrt{\frac{h}{mg + P_0 S}} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{mg + 10^5 \text{ Н/м} \cdot S}}$$

$$T = \tau = 2\pi \sqrt{\frac{h}{K}} \quad h =$$

$$P_1 V_1 = \nu RT \quad \left(P_0 + \frac{mg}{S}\right) \cdot S \cdot h = \nu RT$$

$$h = \frac{\nu RT}{P_0 S + mg}$$

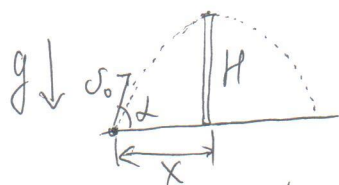
$$\text{Период } \tau = 2\pi \sqrt{\frac{\nu RT \cdot m}{(P_0 S + mg)^2}} = \frac{2\pi}{P_0 S + mg} \sqrt{m \nu RT}$$

$$R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$$

$$T = 10^5 \text{ Па}$$

## Задача № 4

§ скорость будет наименьшей, если верхняя точка стены совпадёт с высшей точкой траектории.



Пусть бросок был совершён на расстоянии  $x$  от стены со скоростью  $v_0$  под углом  $\alpha$ .

$t_n$  — момент перелёта стены

$$t_n = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} \sqrt{\frac{2H}{g}}, \quad H = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$$

$$t_n = \frac{v_0 \sin \alpha}{g} \Rightarrow x = v_0 \cos \alpha \cdot t_n = \frac{v_0^2 \sin \alpha \cos \alpha}{g} =$$

$$= v_0 \cos \alpha \cdot \sqrt{\frac{2H}{g}}$$

$$v_0^2 \cos^2 \alpha = \frac{x^2 g}{2H}$$

$$v_0^2 \sin^2 \alpha = 2gH$$

$$v_0^2 = \frac{x^2 g}{2H} + 2gH$$

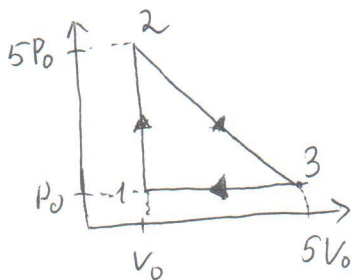
$v_0$  наименьшее, когда  $x$  наименьшее

$$\Rightarrow x = d$$

$$v_0^2 = \frac{d^2 g}{2H} + 2gH$$

$$v_{0_{\min}} = \sqrt{g \cdot \frac{d^2 + 4H^2}{2H}}$$

## Задача № 5



$$1-2: V = V_0 = \text{const} \Rightarrow A_{12} = 0$$

$$\Delta U_{12} = Q_{12}$$

$$3 \cdot V_0 \cdot (5P_0 - P_0) = Q_{12} = 12 P_0 V_0$$

$$2-3: 5P_0 \cdot V_0 = P_0 \cdot 5V_0 \Rightarrow T_2 = T_3 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta U_{23} = 0$$

$$Q_{23} = A_{23}$$

$$A_{23} = S_{\text{под ш.}} = \frac{P_0 + 5P_0}{2} \cdot 4V_0 = 12 P_0 V_0 = Q_{23}$$

$$3-1: P = \text{const}$$

$$\Delta U_{31} = 3(P_0 V_0 - 5V_0 \cdot P_0) = -12 P_0 V_0$$

$$A_{31} = P_0 (V_0 - 5V_0) = -4 P_0 V_0$$

$$Q_{31} = \Delta U_{31} + A_{31} = -16 P_0 V_0$$

$$Q_{\text{осл}} = 12 P_0 V_0 + 12 P_0 V_0 - 16 P_0 V_0 = 8 P_0 V_0$$

$$A_{\text{осл}} = 12 P_0 V_0 - 4 P_0 V_0 = 8 P_0 V_0$$

$$\eta = 100\% \frac{A_{\text{осл}}}{Q_{\text{осл}}} = 33,3\%$$

Казанский (Приволжский) федеральный университет  
Межрегиональная предметная олимпиада

1

ШИФР

Ф11-35

(заполняется оргкомитетом)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА  
участника Олимпиады

ПО Физике

(наименование дисциплины)

Фамилия

И А З М И Е В

Имя

А И Р А Т

Отчество

И Л Ь Д А Р О В И Ч

Учебное заведение

МДОУ "Лицей №131"

Класс

11



## Межрегиональная предметная олимпиада КФУ

по «физике», 11 класс,

вариант \_\_\_\_\_

№1

Дано:

 $q, L, Q,$  $V_1 = V_3 = \frac{1}{2} V$ 

Найти:

 $F?$ 

$$V = \frac{4}{3} \pi R^3$$

$$V_1 = V_3 = \frac{2}{3} \pi R^3$$

$$\rho = \frac{Q}{V_3} = \frac{3Q}{2\pi R^3} \text{ (плотность материала шара)}$$

$$V_1 = \frac{4}{3} \pi r_n^3 = \frac{2}{3} \pi R^3; \quad r_n = \frac{R}{\sqrt[3]{2}}$$

Т.е. в шаре есть полость (объем  $\frac{2}{3}$  шара), то мы имеем симметрию, то у нас в полости шар, но шарик радиуса  $R$  имеет шар радиуса  $r_n$  с такой же плотностью.

Для сферы (плотность):

$$F_1 = k \frac{\rho V q}{L^2}$$

$$F_2 = -k \frac{\rho V n q}{(L - R + r_n)^2} = -k \frac{\rho \frac{V}{2} q}{(L - R + r_n)^2}, \quad r_n = \frac{R}{\sqrt[3]{2}}$$

Тогда искомая сила  $F$ :

$$F = F_1 + F_2 = k q \rho V \left( \frac{1}{L^2} - \frac{1}{2(L - R(1 - \frac{1}{\sqrt[3]{2}}))^2} \right) = 2k Q q \cdot \left( \frac{1}{L^2} - \frac{1}{2(L - R(1 - \frac{1}{\sqrt[3]{2}}))^2} \right)$$

$$\text{Ответ: } F = 2k Q q \left( \frac{1}{L^2} - \frac{1}{2(L - R(1 - \frac{1}{\sqrt[3]{2}}))^2} \right)$$

Получается, что нам не нужно было вообще брать высоту с наименьшей скоростью ( $d$ ), т.е. в этом случае полет тела будет наиболее вертикальным и горизонтальная скорость по  $y$  будет нулевой, а по  $x$  — наименьшей  $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$

В обратном случае в месте падения на высоте  $H$  скорость тела по  $y$  будет  $= 0$ , иначе мы могли бы достичь его с меньшей скоростью.

Пусть это движение происходит в горизонтальной:

$$x: v_x = v_0 \cos \alpha$$

$$y: v_y = v_0 \sin \alpha - g t$$

Выразим, что полет тела не рассматриваем  $2d$  с максимальной высотой  $H$ :

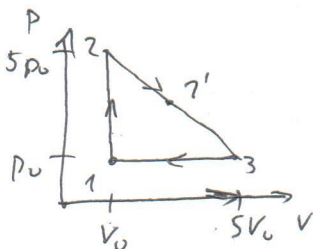
$$\begin{cases} 2d = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{g} & ; \quad \frac{2d}{H} = \frac{4 \sin \alpha \cos \alpha}{\sin^2 \alpha} & ; \quad \frac{d}{H} = \frac{2 \cos \alpha}{\sin \alpha} & ; \quad \tan \alpha = \frac{2H}{d} & ; \quad \sin^2 \alpha = \frac{4H^2}{d^2 + 4H^2} \\ H = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} \end{cases}$$

$$\text{Тогда } v_0^2 = \frac{2gH}{\sin^2 \alpha} = \frac{2gH(1 + \tan^2 \alpha)}{\tan^2 \alpha} = \frac{2gH(1 + \frac{4H^2}{d^2})}{\frac{4H^2}{d^2}} \cdot d^2$$

$$\text{Ответ: } v_0 = \frac{d}{2H} \sqrt{2gH(1 + \frac{4H^2}{d^2})}$$

Дано:  
резина,  
 $\omega_2 -$   
прокатывает  
рез ( $F = 6$ )

2-2



Тасманов ни прохасе!

$$(1-z) \sim \text{const}$$

$$11) p_0 V_0 = \gamma R T$$

$$2) (5p_0)V_0 = 2R(5T_0)$$

$$Q_{12} = \Delta U_{12} = \frac{P}{\gamma} \ln \left( \frac{T_2}{T_1} \right) = 17 \text{ p.u.}$$

$$(2-3)$$

$$21(5p) v_0 = 2R(5T_0)$$

$$3) p_0 \cdot (5V_0) = 2R(5T_0)$$

Найти также зависимость  $p(V)$ :  $p = p_0 - \frac{V}{V_0} p_0$

Значение уречения Манушева:

$(p_0 - \frac{\gamma}{V_0} p_0) V = \nu RT$ , найдем  $\gamma$  и  $z$  молекулы (после  $z$  колебаний до макс. температуры)  
далее он будет охлаждаться - отжигать плем.

$G_{p0V} = \frac{\sqrt{2}}{K_0} p_0$  - переоборудование трубопровода для

Величина передаточной функции  $V_m = \frac{-G p_0}{-2 p_0 / V_0} = 3 V_0$ , тогда  $p_m = 3 p_0$ ; в точке 2' имеем:

$$2') (3\mu)(3v_0) = \sqrt{R}(9T_0)$$

Тече на графике 2-3:

$$Q_{23} = A_{23} \cdot u_{23} = \frac{5p_0 + p_0}{2} \cdot (5V_0 - V_0) + \frac{F}{7} \sqrt{R} (9T_0 - 5T_0) = 74 p_0 V_0$$

3-1)  $\Delta U_{3,1} < 0$ ; работа расширения отрицательна, т.е. не столько увеличивается, сколько уменьшается

В итоге имеем:

$$Q_+ = Q_{+12} + Q_{+23} = 36 p_0 V_0$$

$$A = 8 p_0 V_0$$

$$\eta = \frac{A}{Q_+} = \frac{2}{9} \approx 0,22$$

Ques:  $\eta = \frac{2}{9}$

 $\sqrt{3}$ 

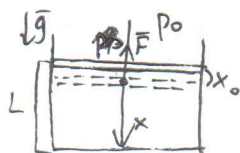
Done!

$\mathcal{O}, f=3, s, m,$   
 $T, p_0 = \omega \omega_0$

Итого:

7/24

$T_n - ?$



Пусть газ имеет постоянную  $\gamma$  в равновесии, т.е.  $p = p_0 + \frac{m}{S}$

Сделаем шаг на расстояние  $x_0 \ll L$ . Тогда объем газа  $V_1 = S(L - x_0)$

Т.н. обмен с экр. фазой, т.е. процесс адгезионный:  $(X) = 0$

$$A_T = -\Delta U = A_{\text{нег. сум}}$$

$$\frac{3}{2} J R \Delta T = m g x_0 ; \Delta T = \frac{2 m g x_0}{3 J R}$$

Затем управление менеджера для данного сценария:

$$(P_0 + \frac{m}{s} + \Delta P) S(L - x_0) = J R(T + \Delta T)$$

$$T_{\text{oga}} \Delta p = -p_0 - \frac{m}{s} + \frac{1R(T + \frac{2mgx_0}{3})}{5(1-x_1)} \quad , \text{no } 2\pi x L \gg x_0 \Rightarrow L - x_0 \approx L$$

$$dp = \frac{\rho RT}{SL} - p_0 - \frac{m}{S} + \frac{2mgx_0}{3SL}$$

Межрегиональная предметная олимпиада КФУ

по « физике », 11 класс,

вариант \_\_\_\_\_

№3 (продолжение)

Также известно из начального состояния (равновесия):

$$p_0 + \frac{m}{S} = p; \quad pSL = \sqrt{RT} \quad ; \quad Sp_0 + m = \frac{\sqrt{RT}}{L} \Rightarrow L = \frac{\sqrt{RT}}{Sp_0 + m}$$

Тогда найдем, что:

$$\Delta p = \frac{2mgx_0}{3S} \cdot \frac{Sp_0 + m}{\sqrt{RT}}$$

Затем из 2-й и 3-й формул:  $m \cdot a_{\text{ц}} = \Delta p(t)S$ , т.е.:

$$m \cdot x_0''(t) = \frac{2mgx_0(Sp_0 + m)}{3S\sqrt{RT}}$$

$$x_0''(t) = \frac{2g(Sp_0 + m)}{3S\sqrt{RT}} \cdot x_0 - \text{уравнение гармонических колебаний.}$$

Числовая частота  $\omega = \sqrt{\frac{2g(Sp_0 + m)}{3S\sqrt{RT}}}$

$$\text{Тогда } T_k = \frac{2\pi}{\omega} = \pi \sqrt{\frac{6S\sqrt{RT}}{g(Sp_0 + m)}}$$

Отметим:  $T_k = \pi \sqrt{\frac{6S\sqrt{RT}}{g(Sp_0 + m)}}$ , можно пометить  $p_0 = 100 \text{ кПа}$

№2

Дано:

$L, \alpha$

Найти:

$t_0$ ?



Путь  $L$  — путь центра масс по наклонной, т.е.  $L \sin \alpha$ .   
 ~~Путь  $L$  — путь центра масс по наклонной, т.е.  $L \sin \alpha$ .~~

Путь  $L$  — путь центра масс по наклонной, т.е.  $L \sin \alpha$ .

$$L \sin \alpha = L \sin \alpha$$

Затем условие для центра масс поезда (масса  $m$  — масса поезда):

$$Mg \sin \alpha = am, \quad a = g \sin \alpha$$

С этим ускорением он "проедет" путь  $L/2$ :

$$\frac{at_1^2}{2} = \frac{L}{2} \quad ; \quad t_1 = \sqrt{\frac{L}{a}} = \sqrt{\frac{L}{g \sin \alpha}}$$

$$\text{Далее он будет двигаться с начальной скоростью } v = at_1 = \sqrt{gL \sin \alpha}$$

$$\text{Он проедет расстояние } \frac{L}{2}, \text{ т.е. } t_2 = \frac{L/2}{v} = \frac{L}{2\sqrt{gL \sin \alpha}} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{L}{g \sin \alpha}}$$

Получим  $t_0 = t_1 + t_2 = 1,5 \sqrt{\frac{L}{g \sin \alpha}}$ ; мы можем рассмотреть процесс для центра масс, т.к. поле силы тяжести действует и в этом случае равномерно по направлению движения.

$$\text{Отметим: } t_0 = 1,5 \sqrt{\frac{L}{g \sin \alpha}}$$



Казанский (Приволжский) федеральный университет  
Межрегиональная предметная олимпиада

1

ШИФР

Ф11-23

(заполняется оргкомитетом)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА  
участника Олимпиады

по

Физике

(наименование дисциплины)

Фамилия

А. Б. Яковлев

Имя

Константин

Отчество

Германович

Учебное заведение

МАОУ "Лицей № 1"

Класс

11 В



## Межрегиональная предметная олимпиада КФУ

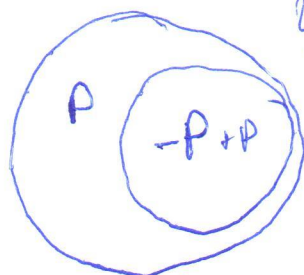
по «физике», 11 класс,

вариант \_\_\_\_\_

| 1  | 2            | 3 | 4            | 5  | $\Sigma$ |
|----|--------------|---|--------------|----|----------|
| 10 | <del>3</del> | 9 | <del>4</del> | 10 | 33       |

III Давайте введем  $p$ -плотность среды

Тогда давайте представим нашу картину, как  
 находящиеся друг за другом сферы. Одна с плотностью  $p$ ,  
 а другая с  $-p$ . Тогда получаем, что в центре,  
 где мы находимся 2  
 сферы серед будет 0.



Значит наша схема выглядит

Аналогично, когда у нас есть 2 сферы, одна  
 из которых имеет плотность  $p$ , а другая  $-p$ .

Пусть  $Q$  серед большей сферы  $Q_1$ , а меньшей  $Q_2$   
 Тогда  $Q = |Q_1| - |Q_2|$

$$Q_1 = pV_1 \quad \text{где } V_1 \text{ объем большей сферы}$$

$$Q_2 = -pV_2 \quad \text{где } V_2 \text{ объем меньшей сферы}$$

$$|Q_1| = 2|Q_2| \quad \text{т.к. } \text{сфера } \text{большая} \text{ относительно,}$$

или  $2:1$ . Значит

$$|Q_1| = 2Q \quad |Q_2| = Q$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{2}{1} = \frac{R_1^3}{R_2^3} \Rightarrow R_2 = \frac{R_1}{\sqrt[3]{2}}$$

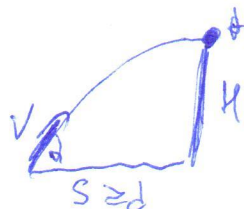
11. Продолжение

11) Теперь давайте найдем расстояние от центра тяжести цепи до центра  $q$ .

Это равно  $L - (R_1 - R_2) = L - (R - \frac{R}{\sqrt{2}})$ .

Тогда  $F = \frac{2kQq}{L^2} - \frac{kQq}{L \cdot \frac{R}{\sqrt{2}}} \frac{kQq}{(L - R + \frac{R}{\sqrt{2}})^2}$

14



Объясню, что скорость здесь минимальна, когда скорость в точке по вертикали равна нулю. Тогда

$$V^2 \sin^2 \alpha = 2gH$$

Объясню, что скорость минимальна, когда  $\sin \alpha$  максимален, и угол падения  $S$  равен углу минимальному, значит  $S = \alpha$

Тогда нам известно

$$H = \frac{V^2 \sin^2 \alpha}{2g} \quad \text{т.е. } V^2 = 0$$

$$H = \frac{V^2 \sin^2 \alpha - g t^2}{2} = \frac{V^2 \sin^2 \alpha}{2}$$

$$S = d = V \cos \alpha$$

$$\frac{2H}{S} = \tan \alpha$$

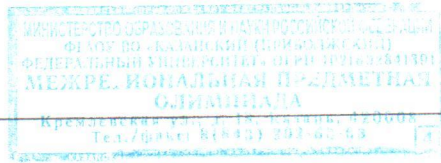
$\sin^2 \alpha$  max, при  $S = d$   
Тогда  $\tan \alpha = \frac{2H}{d}$

$$V^2 \sin^2 \alpha = 2gH$$

$$V^2 = \frac{2gH}{\sin^2 \alpha} = \frac{2gH}{\frac{4g^2 H^2}{1 + g^2 d^2}}$$

$$V = \sqrt{\frac{2gH}{\frac{4g^2 H^2}{1 + \frac{g^2 d^2}{S^2}}}}$$





Межрегиональная предметная олимпиада КФУ

по « Физике », 11 класс,

вариант \_\_\_\_\_

№3

Запишем равенство давлений в состоянии покоя

$$\frac{\partial R T}{V} = \rho_0 + \frac{mg}{S} = \frac{\partial R T}{SL}$$

Теперь запишем равенство сил

$$\frac{\partial R T}{L} = \rho_0 S + mg \quad \frac{\partial R T}{L} - \rho_0 S - mg = 0 \quad (1)$$

Теперь при поршень немного сместим по  $\Delta x$

Тогда

$$\frac{\partial R T}{L - \Delta x} - \rho_0 S + mg = F \quad (2)$$

найдем эту  $F$ . Введем из (2) (1)

Тогда

$$\partial R T \left( \frac{1}{L - \Delta x} - \frac{1}{L} \right) = F$$

$$\partial R T \left( \frac{\Delta x}{L^2 - L \Delta x} \right) = F. \text{ Давиме найдем,}$$

так  $L \Delta x \ll L^2$  т.к. смещение мало, поэтому можно считать, что  $F = \frac{\partial R T}{L^2} \cdot \Delta x$ . Т.е.

мы получили, что сила, которая будет выступать как пружина будет представлять, как  $K \cdot \Delta x$ .

13 Продолжение

Добавим условие, что температура и  
плотность газа будет себе равна, ади и  
мгновенный - температура  $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$ ,

где  $m$  - масса поршня, а  $k = \frac{JRT}{L^2}$ .

Добавим условие  $L$

$$\frac{JRT}{L} = mg + p_0 S$$

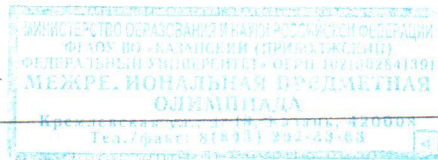
$$L = \frac{JRT}{mg + p_0 S}$$

$$k = \frac{(mg + p_0 S)^2}{JRT}$$

Тогда

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m \cdot JRT}{(mg + p_0 S)^2}}$$





Межрегиональная предметная олимпиада КФУ

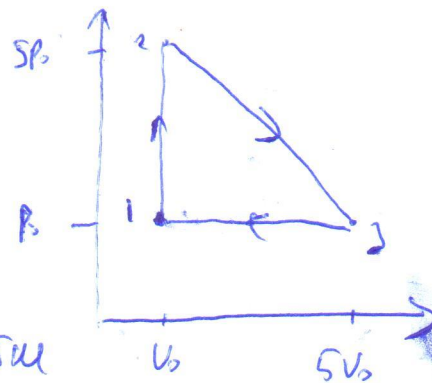
по « физике », \_\_\_\_\_ класс,

вариант \_\_\_\_\_

УБ  $\eta = \frac{A}{Q_+} = \frac{Q_+ - Q_-}{Q_+}$

A в данном процессе - количество теплоты

$A = \frac{4P_0 \cdot 4V_0}{2} = 8P_0V_0$



Отвечая, что на графике 31

Тепло отводится, а на графике

12 подводится. т.к.  $\Delta V = 0$

Тогда  $Q_{12} = A_{12} + \Delta E_{12} = \Delta E_{12} = \frac{6}{2} \nu R \Delta T = \frac{6}{2} (6P_0V_0 - P_0V_0) = 12P_0V_0$

Отвечая, что на графике 23 тепло отводится, а на графике 32 тепло подводится. Давайте найдем этот момент, когда тепло начало отводиться.

Пусть  $f(V) = PV$ , тогда  $f'(V) = 0$ .

Давайте запишем уравнение прямой 23

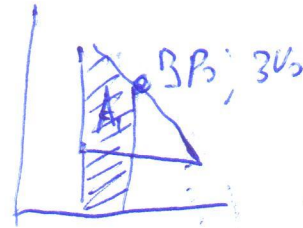
$$\begin{cases} 5P_0 = kV + b & k = -1 \quad b = 6 \\ P_0 = 5kV + b & \text{т.е. } P = -V + 6 \end{cases}$$

Тогда  $f(V) = PV(6-V) = 6V - V^2$   
 $f'(V) = 6 - 2V = 0 \Rightarrow V = 3V_0$

Знают в том же  $3P_0$ ,  $3V_0$ ,  $3V_0$ ;  $3P_0$  до конца  
 эксперименту сдвинули. Тогда очевидно, что в  
 этом моменте было ~~сдвину~~<sup>наблюдение</sup>, а потом сдвинули.  
 Тогда потому что  $Q_{P0V0} > Q_{P0V0}$

Тогда положительная теплота  $Q_{23}^*$

$$Q_{23} = A_1 + \Delta E_{23,1}$$



$$\Delta E_{23,1} = \frac{b}{2} (3P_0V_0 - 5P_0V_0) = 12P_0V_0$$

$$A_1 = 3P_0 \cdot 2V_0 + \frac{2P_0 \cdot 2V_0}{2} = 8P_0V_0$$

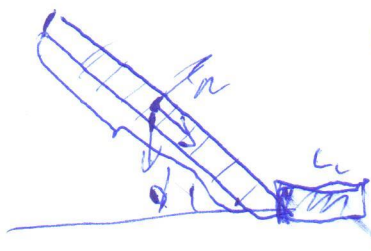
$$\text{Тогда } \eta = \frac{A}{Q_{12} + Q_{23}^*} = \frac{8P_0V_0}{12P_0V_0 + 20P_0V_0} = \frac{1}{4}$$

Межрегиональная предметная олимпиада КФУ

по « физике », 11 класс,

вариант \_\_\_\_\_

№2



$$L_1 + L_2 = L$$

Очевидно, что  $\alpha$  в любой момент времени  $\neq$

$$Q = \frac{mg \sin \alpha \cdot L_1}{L}$$

Добавим к этому полную скорость

Запишем закон сохранения энергии

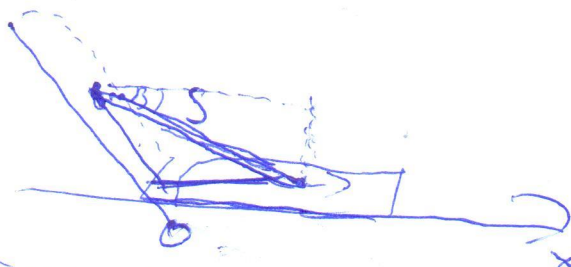
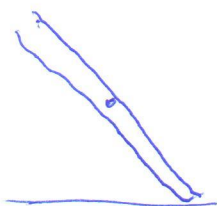
$$\frac{mgL \sin \alpha}{2} = \frac{mv^2}{2}$$

$$v^2 = gL \sin \alpha$$

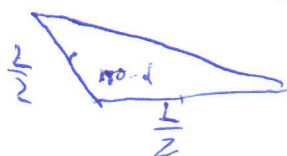
С другой стороны  $v^2 - 0^2 = 2Q_{\text{ср}} S \cos \beta$

относительно оси OX:  
преобразование

Ор. координат по формуле  
преобразования координат от OX



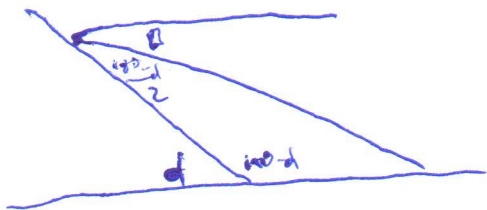
$S =$  Добавим к этому  $S$



$$S = \sqrt{2\left(\frac{L}{2}\right)^2 + 2\cos^2\left(\frac{L}{2}\right)^2}$$



Теперь давай найдем  $\beta$



$$\beta = d - \frac{180-d}{2} = 15d - 90$$

$$\beta = d - \frac{180 - (180-d)}{2}$$

$$\boxed{\beta = \frac{d}{2}}$$

Тогда

$$8LS \sin d = 2ap$$

$$\boxed{\frac{t^2}{2} = \frac{S}{a_p}}$$

$$a_p = \frac{8LS \sin d}{2S \cdot \cos \frac{d}{2}}$$

$$\frac{t^2}{2} = \frac{S}{\frac{8LS \sin d}{2S \cos \frac{d}{2}}}$$

$$t^2 = \frac{4S^2 \cos \frac{d}{2}}{8LS \sin d}$$

$$t = \sqrt{\frac{4S^2 \cos \frac{d}{2}}{8LS \sin d}} = \sqrt{\frac{4 \cos \frac{d}{2} \cdot \left( \frac{L^2}{2} + \frac{L^2}{2} \cos^2 d \right)}{8LS \sin d}}$$