

**Региональный этап всероссийской олимпиады
школьников по физике в 2015/2016 учебном году**

Мурманская область

Шифр участника: Ф1103

Класс: 11

Количество баллов: 36

Результат участия: призер

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ
ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ ДЕТЕЙ

"Мурманский областной
центр дополнительного
образования детей
"ЛАПЛАНДИЯ"

183031, г. Мурманск,
пр. Героев-Североморцев, 2
тел. 31-35-51, 31-34-82

№ _____ от " _____ " _____ 20 ____ г.

на исх. № _____ от " _____ " _____ 20 ____ г.

Задача 1.

Дано;

$$m = 2 \text{ кг}$$

$$\mu = 0$$

$$S_0 = 10 \text{ м}$$

$N(z)$ - ?

Найти:

$$F - ? N(S_0) - ?$$

Ф1103

Решение:

- 1) Так как пол гладкий на брусок действует одна горизонтальная сила F .
Под действием этой силы брусок приобретает ускорение:

$$a = \frac{F}{m} \quad (\text{будет движение равноускоренное})$$

- 2) Известно, что скорость при таком движении выражается формулой

$$v = \sqrt{2ax}, \quad \text{где } x - \text{координата тела}$$

- 3) Мощность силы:

$$N = Fv = F\sqrt{2ax} = F\sqrt{\frac{2F}{m}x}, \quad (1)$$

Следовательно, в координатах x
 N от $\sqrt{x}$ зависимость будет линейной.

Ф1103 4) Используя таблицу находим
 значения F (используем формулу 18)

$$0,4 = F \sqrt{F \cdot 0,02}$$

$$F^3 = 8$$

$$F = 2 \text{ Н}$$

5) Используя формулу:

$$N(s_0) = F \sqrt{F \cdot 0,1}$$

$$N(s_0) = 2 \text{ Н} \cdot \sqrt{2 \text{ Н} \cdot 0,1 \text{ м}} \approx 0,9 \text{ Вт}$$

Ответ: 1) в координатах $N(x)$
 2) $0,9 \text{ Вт}$
 3) 2 Н .

Задача 2.

1. Дано:

$$n_a = 1,4$$

$$R = 15 \text{ нм}$$

$$v_0 = 240 \frac{\text{км}}{\text{с}}$$

Найти:

$M_{\text{эп}} - ?$

$p_{\text{эп}} - ?$

$p_{\text{т}}(\tau)$

$M_{\text{т}}$

$M_{\text{э}}$

И

$$12,344 \cdot 10^{19} \text{ м}$$

$$185,16 \cdot 10^{19} \text{ м}$$

$$2,4 \cdot 10^5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$



1) Так как "тенистая сторона" расположена "вне ядра", то на звезду находящуюся у края ядра действует только сила притяжения ядра.

Согласно закону гравитации
взаимодействия и
закону Ньютона

$$\frac{M_{\text{ядр}} \cdot m}{R_{\text{я}}^2} = m \frac{V^2}{R_{\text{я}}}, \quad (1)$$

где m - масса звезды

из этой формулы:

$$M_{\text{ядр}} = \frac{V_0^2 n_2}{\left(2,1 \cdot 10^5 \frac{\text{м}}{\text{с}}\right)^2 \cdot 12,344 \cdot 10^{13} \text{ м}} \\ M_{\text{ядр}} = \frac{6,64 \cdot 10^{-4} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{кг}^{-2}}$$

$$M_{\text{ядр}} = 0,65 \cdot 10^{40} \text{ кг} = 1,065 \cdot 10^{41} \text{ кг}$$

2) из определения плотности $\rho = \frac{M_{\text{я}}}{V_{\text{я}}}$
 $\rho = 4 \pi n_2^3$, т.к. $V_{\text{я}} = \frac{4}{3} \pi R_{\text{я}}^3$
 $\rho = 1,3 \cdot 10^{-20} \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$

Ф1103

3) Рассмотрим движение звезды по орбите из радиуса r .

На нее действует сила притяжения от ядра и от темной материи

По закону гравит. притяжения
и 2 закону Ньютона

$$\int \frac{M dm}{(r_2 + r)^2} + \int \frac{m_1 m}{(r_2 + r)^2} = \int \frac{m_2 m}{r_2^2}$$

$$\Rightarrow m_1 = m_2 (r_2 + r)^2 \left(\frac{1}{r_2^2} - \frac{1}{(r_2 + r)^2} \right)$$

где r - расстояние до звезды от центра галактики

тогда полная масса
темной материи составляет
при $r = 15 r_2$ (она входит на
движение)

$$m_1 = m_2 \cdot \frac{2 \cdot 15 r_2 + r_2^2}{r_2^2} =$$

$$= m_2 \cdot \frac{30 r_2^2 + 225 r_2^2}{r_2^2}$$

$$m_1 = m_2 \cdot 255$$

$$\Rightarrow \frac{m_1}{m_2} = 255$$

Отв: 1) $1,065 \cdot 10^{41}$ кг ; 2) $\rho = 1,3 \cdot 10^{-20} \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$



Задача 4.

Дано: A

Найти:

$$Q_{1-2} - |Q_{34}| - ?$$

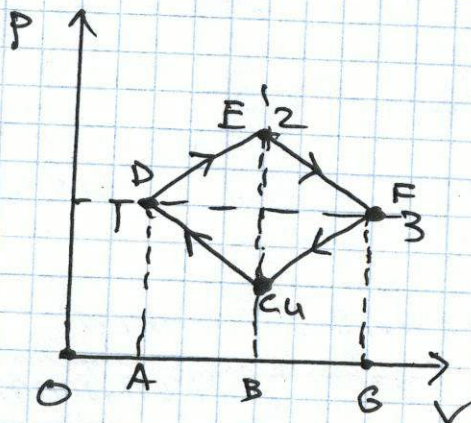
Решение:

- 1) на участке 1-2 тепло
непривалное и ему
сообщается теплота.

$$Q_{1-2} = A_{1-2} + \Delta U_{1-2} \text{ (по 1 закону термодинамики)}$$

$$Q_{3-4} = A_{3-4} + \Delta U_{3-4} \text{ (аналогично)}$$

- 2) Рассмотрим работы на этих участках



Работа равна
площади под
графиком

$$\Rightarrow A_{1-2} = S_{ABED} = S_{ABCD} + S_{CDE}$$

$$A_{3-4} = S_{FCBG} \text{ (она отрицат.)}$$

$$S_{ABCD} = S_{BCFG}$$

(т.к. это трапеции

и равными основаниями и $AB = BG = \frac{DF}{2}$

(т.к. это диагональ
прямоугольника)

ФН03

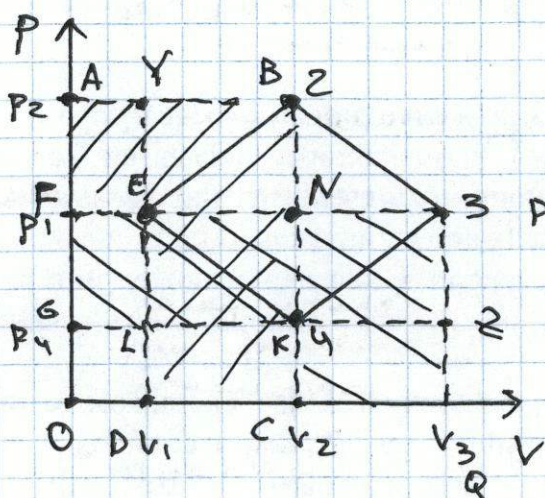
$$A_{1-2} - A_{3-4} = \oint S_{CDE} = \frac{A}{2} \text{ (т.к. это равно)}$$

3) Рассмотрим изменение энthalпии

$$\Delta U_{1-2} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{2-1} = \frac{3}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1)$$

$$|\Delta U_{3-4}| = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{4-3} = \frac{3}{2} (p_3 V_3 - p_4 V_4)$$

Произведения p, V и т.п. — площади прямоугольников



~~фигура~~

фигура

$$AB C D E F = p_2 V_2 - p_1 V_1$$

$$\text{фигура } R P Q C K G = p_3 V_3 - p_4 V_4$$

ENKL — одна и та же.

$$\int L K C D = \int K C Q Z \text{ (равные прямоугольники)}$$

$$\int F E L G = \int A Y E F \text{ (аналогично)}$$

т.к. $B N = N K$

$$\int Y E N B = \int B Z K N \text{ (как прямоугольники)}$$

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ
ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ ДЕТЕЙ

"Мурманский областной
центр дополнительного
образования детей
"ЛАПЛАНДИЯ"

183031, г. Мурманск,
пр. Героев-Североморцев, 2
тел. 31-35-51, 31-34-82

№ _____ от "____" _____ 20__ г.

на исх. № _____ от "____" _____ 20__ г.

с стороны резистора
напряжения диагоналей
равны.

$\Rightarrow \sum \text{этих фигур}$
равно 1.

$$\Rightarrow \underline{\Delta U_{1-2} = \Delta U_{3-4}}$$

$$\Rightarrow Q_{1-2} - |Q_{3-4}| =$$

$$= \frac{A}{2}$$

$$Q_{\text{вс}} : \frac{A}{2}$$

Задача 5 -

Решение:

Дано:

R, L, C_0, Q_0

$$t_1 = \frac{L}{R} = \sqrt{C_0 L}$$

Найти

$i(t)$

1) Для данной цепи
в любой момент
времени можно
замкнуть к правилу
Кирхгофа

$$-\frac{q}{C} + IR = -\mathcal{E}_i$$

$$-\frac{q}{C} + IR = -L \frac{dI}{dt}$$

2) В начальный момент тока
в цепи нет, поэтому

$$-\frac{Q_0}{C_0} = -L I' \Rightarrow I' = \frac{Q_0}{C_0 L}$$

Физ 3) Вольтметр показывает ЭДС
самостоятельного контура
⇒ из условия

$$I' = \text{const}$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow \Delta I &= \frac{Q_0}{C_0 L} \cdot t, \\ q - \int_0^t I dt &= Q_0 - \int_0^t \frac{Q_0}{C_0 L} t dt = \\ &= Q_0 - \frac{Q_0}{C_0 L} \int_0^t t dt = \\ &= Q_0 - \frac{Q_0 t^2}{2 C_0 L} \quad (1) \end{aligned}$$

Получаем

$$\begin{aligned} -\frac{q}{C} + IR &= -L \frac{dI}{dt} \\ IR + L \frac{Q_0}{C_0 L} &= \frac{q}{C} \\ \left(\frac{Q_0 R}{C_0 L} t + \frac{Q_0}{C_0} \right) C &= q \\ C' = \frac{q}{\frac{Q_0}{C_0} \left(\frac{R t}{L} + 1 \right)} &= \frac{Q_0 \left(1 - \frac{t^2}{2 C_0 L} \right)}{\frac{Q_0}{C_0} \left(\frac{R t}{L} + 1 \right)} \quad (2) \end{aligned}$$

→ уменьшая сопротивление

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ
ГОСУДАРСТВЕННО-АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ
ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ ДЕТЕЙ
"Мурманский областной
центр дополнительного
образования детей
"ЛАПЛАНДИЯ"
183031, г. Мурманск,
пр. Героев-Североморцев, 2
тел. 31-35-51, 31-34-82

№ _____ от " _____ " _____ 20 ____ г.
на исх. № _____ от " _____ " _____ 20 ____ г.

Ф 1105

5) Веласко замкну
сохранения энергии

$$\Delta W = A_{вн} = W_R - W_L$$

изменение энергии
конденсатора
равно работе внешних
сил или с

выданных
тепло и энергии
энергия катушки

$$\Delta W = \frac{Q^2}{2C} - \frac{Q_0^2}{2C_0} =$$

$$= q = Q_0 - \frac{Q_0 C_0 L}{2 C_0 L} = \frac{Q_0}{2} \quad (\text{из 1})$$

$$C = \frac{C_0}{4} \quad (\text{из 2})$$

$$\Delta W = \frac{Q_0^2}{4} - \frac{Q_0^2}{C_0} = \frac{Q_0^2}{2C} = \frac{Q_0^2}{C_0} - \frac{Q_0^2}{2C_0} =$$

$$= \frac{1}{2} \frac{Q_0^2}{C_0}$$

$$W_L = \frac{L I^2}{2} = \frac{L \cdot \frac{Q_0^2}{C_0 L}}{2} = \frac{1}{2} \frac{Q_0^2}{C_0}$$

$$A_{вн} = \Delta W + W_R + W_L =$$

$$= \frac{Q_0^2}{C_0} + \frac{Q_0^2}{3C_0} = \frac{1}{3} \frac{Q_0^2}{C_0}$$

Ф1103 Ответ:

$$1) C = \frac{Q_0(1 - \frac{+2}{2C_0 L})}{C_0(\frac{R+}{L} + 1)}$$

$$2) \frac{4}{3} \frac{Q_0^2}{C_0} = A_0.$$

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ
ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ ДЕТЕЙ
"Мурманский областной
центр дополнительного
образования детей
"ЛАПЛАНДИЯ"
183031, г. Мурманск,
пр. Героев-Североморцев, 2
тел. 31-35-51, 31-34-82

№ _____ от "____" _____ 20__ г.
на исх. № _____ от "____" _____ 20__ г.

№1

Ф 11 03

2 балла

Задача 1.

1) В данной цепи течет ток, но часть заряда, протекающего через конденсатор будет накапливаться на нем, а часть будет проходить сквозь него диэлектриком и не произведет.

2) Максимальный заряд, накопившийся на конденсаторе равен $q = C U_{Rc}$, где.

3) Это заряд накопившийся за время t протекания электрического тока.

$$q = I \Delta t$$

$$\Rightarrow C = \frac{q_{Rc}}{I \Delta t} = \frac{I R_c \cdot R_c}{I \Delta t} = \frac{R_c}{\Delta t}$$

4) т.к. R и R_c соединены последовательно, то общее сопротивление, будет равно $R_{\text{об.}} = R + R_c$,

с другой стороны

$$\frac{U_R}{U_c} = \frac{R}{R_c} \quad (\text{т.к. они соединены последовательно})$$

Ф1103

5) первоначально включенный электромотор
 показывает U_1 - напряжение на резисторе
 R , спустя время Δt устанавливается
 новое напряжение U_2 .

Получаем:

$$\frac{U_1}{R} \Delta t = C(U_2 - U_1) \quad \left(\text{равенство} \right. \\ \left. \text{пропущено } \epsilon \right. \\ \left. \text{на основании закона} \right)$$

также

$$\frac{R}{R_c} = \frac{U_1}{U_2 - U_1} \quad \left(\text{следует закону Ома} \right)$$

подставив. измерим R в
 резисторе электромотора
 $R_{\text{о.д.}} = R + R_c$

Мы можем измерить
 Δt (с помощью секундомера)
 U_1 (с помощью вольтметра)
 U_2 (с помощью вольтметра)
 $R_{\text{о.д.}}$ (с помощью омметра)

$$R = R_{\text{о.д.}} \frac{U_1}{U_2}$$

$$R_c = R_{\text{о.д.}} \frac{U_2 - U_1}{U_2}$$

$$C = \frac{U_1}{R_{\text{о.д.}} \frac{(U_2 - U_1)}{U_2} \Delta t} \cdot (U_2 - U_1)$$

$$= \frac{U_1}{R_{\text{о.д.}} \frac{(U_2 - U_1)^2}{U_2} \Delta t} = \frac{U_1 U_2}{R_{\text{о.д.}} (U_2 - U_1)^2 \Delta t}$$

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ
ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ ДЕТЕЙ
"Мурманский областной
центр дополнительного
образования детей
"ЛАПЛАНДИЯ"
183031, г. Мурманск,
пр. Героев-Североморья, 2
тел. 31-35-51, 31-34-62

№ _____ от " _____ " _____ 20 ____ г.

на исх. № _____ от " _____ " _____ 20 ____ г.

N2

Ф1103

Задание 2.

Задача 2.

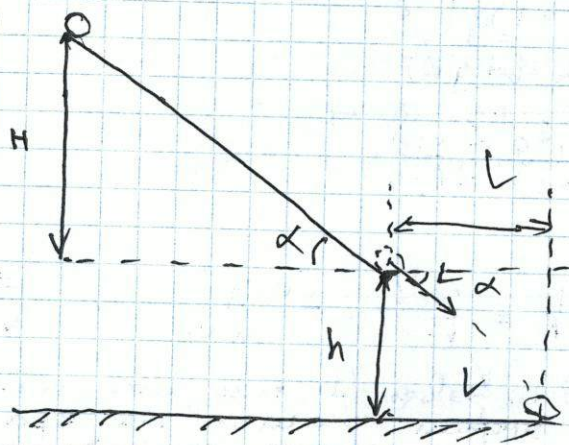
1)

	H, см	L, см	L _{ср.}
1	19	15	14,25
2	22	14,5	
3	23	18	
4	24	19	
5	25	13,5	
6	18	14,5	

2) $E_x = \frac{mv_x^2}{2}$

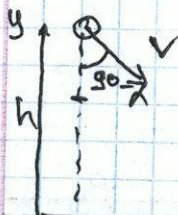
$\Delta \Pi = mg(H+h) - mgh = mgH,$
относительно поверхности стола.

3)



Проб

Найдем значение скорости v_x - координат.
движения на высоте h отбоя



Запишем ур-ние
движения для этого
шарика:

$$y: h - v \cos(90^\circ - \alpha) t - \frac{g t^2}{2} = 0$$

$$x: x = v \sin(90^\circ - \alpha) t = l$$

где t - время полета.

$$t = \frac{l}{v \cos \alpha}$$

$$h - v \sin \alpha \cdot \frac{l}{v \cos \alpha} - \frac{g l^2}{2 v^2 \cos^2 \alpha} = 0$$

$$h - \operatorname{tg} \alpha l - \frac{g l^2}{2 v^2 \cos^2 \alpha} = 0$$

$$h - \operatorname{tg} \alpha l - \frac{(\operatorname{tg}^2 \alpha + 1) g l^2}{2 v^2} = 0$$

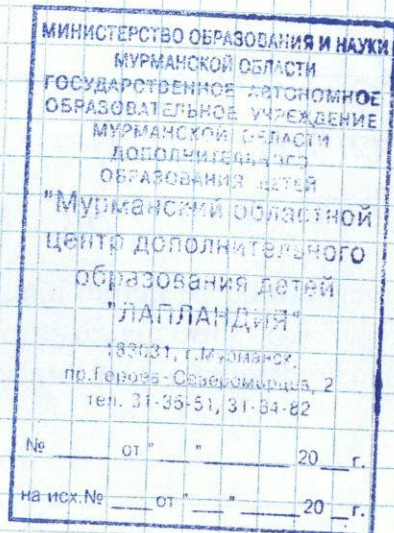
$$2 v^2 (h - l \operatorname{tg} \alpha) = (\operatorname{tg}^2 \alpha + 1) g l^2$$

$$v^2 = \frac{(\operatorname{tg}^2 \alpha + 1) g l^2}{2 (h - l \operatorname{tg} \alpha)}$$

$$v = \sqrt{\frac{g (\operatorname{tg}^2 \alpha + 1) l^2}{2 (h - l \operatorname{tg} \alpha)}}$$

Получаем: $k = \frac{\Delta P}{E_x} = \frac{2 m g H}{m v_x^2} = \frac{2 g H}{v^2}$

не равен 1, так как часть
энергии тратится на вращение
и преодоление трения.



$$k = \frac{2gH \sin 2(h - l \tan \alpha)}{(g^2 l^2 + 1) g l^2}$$

ФНОВ

$$k = \frac{4gH(h - l \tan \alpha)}{(g^2 l^2 + 1) g l^2} \quad (1)$$

$$\cos \alpha = \frac{s}{H}$$

где s — расстояние по горизонтальной линии между началом и вершиной пологой.

$$s = H \cos \alpha$$

4) длина желоба, по которому скользил шарик $s = 54 \text{ м}$.

$$\tan \alpha = \frac{H}{\sqrt{s^2 - H^2}}$$

8) Определим a , как Тангенс угла наклона или $\frac{\Delta y}{\Delta x}$

$$a = \frac{0,9 - 2,9}{0,25 - 0,18} = -28,57 \text{ м}^{-1}$$

$$b \text{ из графика} = \underline{\underline{4,98}}$$

Погрешности

приборная
оценка

$$\Delta x_{\text{пр}} = \pm 0,5 \text{ м} = \pm 5 \cdot 10^{-4} \text{ м}$$

$$\Delta x_{\text{ок.}} = \pm 0,005 \text{ м} = \pm 5 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

случайная

$$\Delta x_{\text{сл.}} = \sqrt{\frac{1}{6} (\langle x^2 \rangle - \langle x \rangle^2)} = \pm 0,34 \text{ м}$$

Ф1103

наклоны популяции

~~$b = (14,25 \pm 0,34)$~~

$$L = (14,25 \pm 0,01) \text{ м}$$

$$a = (-28,57 \pm 0,34) \text{ м}^{-1}$$

$$b = (4,98 \pm 0,34)$$

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ
ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ ДЕТЕЙ
"Мурманский областной
центр дополнительного
образования детей
"ЛАПЛАНДИЯ"
183031, г. Мурманск,
пр. Героев-Североморцев, 2
тел. 31-35-51, 31-34-82

№ _____ от " _____ " _____ 20__ г.

на исх. № _____ от " _____ " _____ 20__ г.

Ф1103

U_1 - первоначальное
показание вольтметра

U_2 - конечное показание

Δt - время перепада
от U_1 до U_2

$R_{ср}$ - показание
симметре (в конце)

корректировать измерение
- при использовании электронного мультиметра
приборная погрешность

$$\Delta R = \pm 0,01 \text{ Ом}$$

$$\Delta U = \pm 0,01 \text{ В}$$

✱