

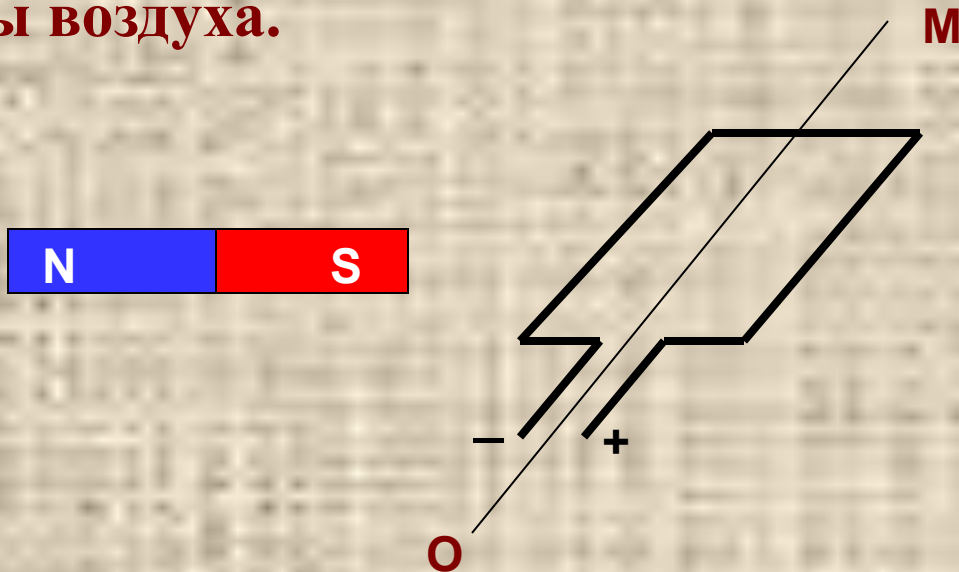
*EГЭ 2010*

*EГЭ 2010*

*задачи C1-C6*

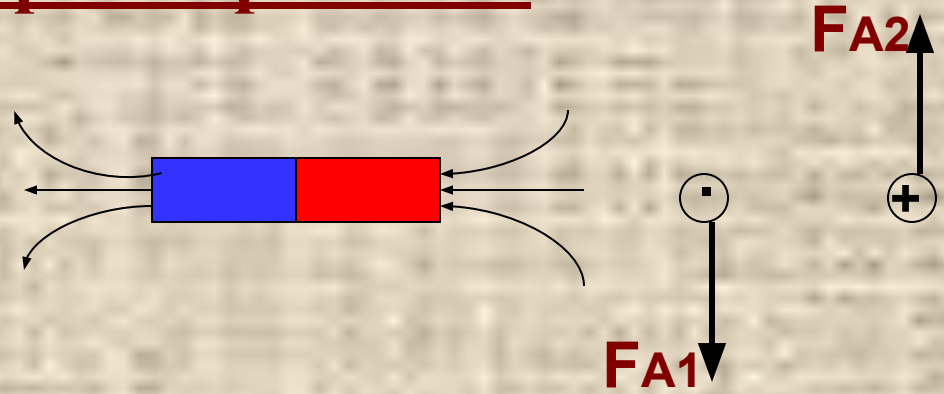
## ВАРИАНТ 117 С1

Рамку с постоянным током удерживают неподвижно в поле полосового магнита. Полярность подключения источника тока к выводам рамки показана на рисунке. Как будет двигаться рамка на неподвижной оси ОМ, если рамку не удерживать? Ответ поясните, указав какие физические закономерности вы использовали для объяснения. Считать, что рамка испытывает небольшое сопротивление со стороны воздуха.



## Возможный вариант решения

1. Рамка повернется против часовой стрелки и встанет перпендикулярно оси магнита так, что контакт (-) окажется внизу.

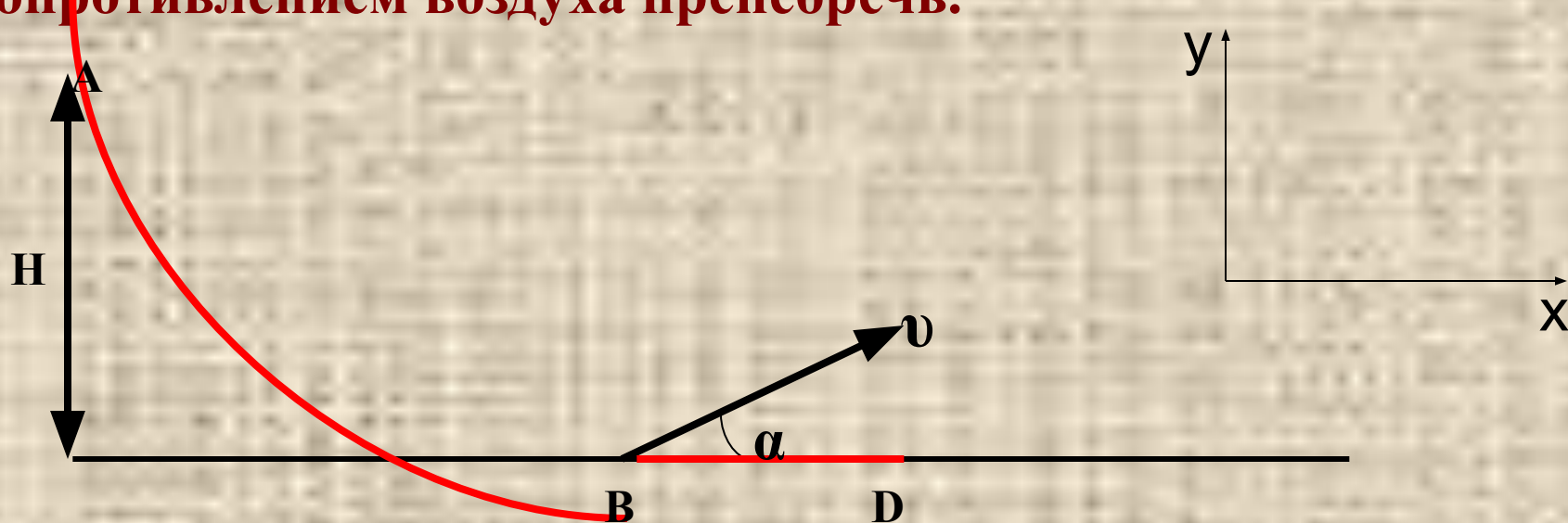


2. Рассмотрим сечение рамки плоскостью рисунка в условии задачи. В исходном положении рамки ток в левом звене направлен к нам, в правом - от нас. На левое звено рамки действует сила Ампера, направленная вниз, на правое – вверх. Эти силы и разворачивают рамку на неподвижной оси против часовой стрелки.

3. Рамка устанавливается перпендикулярно оси магнита, при этом силы Ампера обеспечивают равновесие рамки.

## ВАРИАНТ 117 С2

Шайба массой 100г начинает движение по желобу АВ из состояния покоя из т.А Точка А расположена выше т. В на высоте  $H = 6\text{м}$ . В процессе движения по желобу механическая энергия шайбы из-за трения уменьшается на  $\Delta E = 2\text{Дж}$ . В т.В шайба вылетает из желоба под углом  $\alpha = 15^\circ$  к горизонту и падает на землю в т.Д, находящейся на одной горизонтали с т.В. Найдите длину ВД. Сопротивлением воздуха пренебречь.



## Возможный вариант решения

1. По з.с.э  $mgH = \frac{mv^2}{2} + \Delta E$  откуда  $v^2 = 2gH - \frac{2\Delta E}{m}$

2. В момент падения шайбы в т. D  $y=0$ ;  $y = v \sin \alpha - \frac{gt^2}{2} = 0$

следовательно  $t_1 = \frac{2v \sin \alpha}{g}$ ;  $t_2 = 0$  (начало полета из т. B)

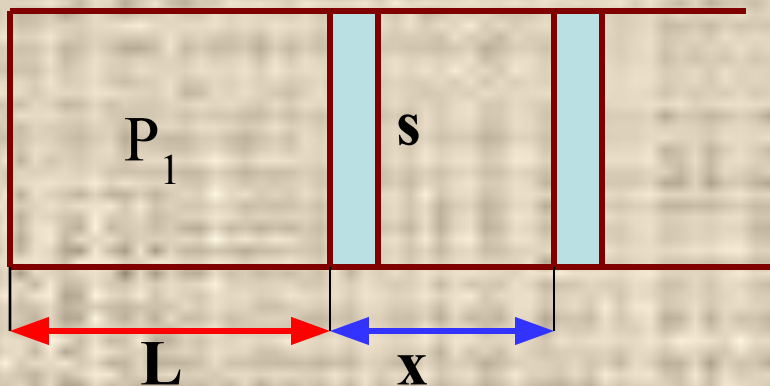
3. Дальность полета  $BD = v_0 \cos \alpha t_1$ , следовательно  $BD = \frac{v^2 \sin 2\alpha}{g}$

Окончательно имеем:  $BD = 2\left(H - \frac{\Delta E}{mg}\right) \sin 2\alpha$

$BD = 4\text{м}$

## Вариант 117 С3

В горизонтальном цилиндрическом сосуде, закрытом поршнем находится идеальный одноатомный газ. Первоначальное давление газа  $P_1 = 4 \cdot 10^5$  Па. Расстояние от дна сосуда до поршня –  $L$ . Площадь поперечного сечения поршня  $S = 25$  см<sup>2</sup>. В результате медленного нагревания газ получил количество теплоты  $Q = 1,65$  кДж, а поршень сдвинулся на расстояние  $x = 10$  см. При движении поршня на него со стороны стенок сосуда действует сила трения  $F_{\text{тр}} = 3 \cdot 10^3$  Н. Найдите  $L$ . Считать, что сосуд находится в вакууме.



## Возможный вариант решения.

1. Поршень будет двигаться медленно, если сила давления газа на поршень и сила трения уравновесят друг друга, т.е.  $P_2 \cdot S = F_{\text{тр}}$ , следовательно  $P_2 = F_{\text{тр}}/S = 12 \cdot 10^5 \text{ Па}$ . Т.к.  $P_2 > P_1$  поршень будет неподвижен до тех пор, пока давление газа не станет равным  $P_2$ . В этом процессе газ получает количество теплоты  $Q_{1,2}$  ( $V = \text{const}$ ), следовательно  $Q_{1,2} = \Delta U_{1,2} = 3/2 \nu R(T_2 - T_1)$ .
2. Затем поршень начнет сдвигаться, объем газа будет увеличиваться, а давление останется постоянным и равным  $P_2$ . В этом процессе газ получает количество теплоты  $Q_{2,3}$ . Для  $P = \text{const}$   $Q_{2,3} = \Delta U_{2,3} + A$ , следовательно  $Q_{2,3} = 3/2 \nu R(T_3 - T_2) + P_2 S \cdot x$ , где  $P_2 S = F_{\text{тр}}$ .

3. За все время нагрева газ получит количество теплоты

$$Q = Q_{1,2} + Q_{2,3}.$$

$$Q = \cancel{3/2 \nu RT_2} - 3/2 \nu RT_1 + \cancel{3/2 \nu RT_3} - \cancel{3/2 \nu RT_2} + F_{\text{тр}} \cdot x,$$

следовательно  $Q = 3/2 \nu RT_3 - 3/2 \nu RT_1 + F_{\text{тр}} \cdot x;$

В начальном состоянии  $P_1 L \cdot S = \nu RT_1 .$

В конечном состоянии  $P_2 (L+x) \cdot S = \nu RT_3 ,$

следовательно  $\nu RT_3 = F_{\text{тр}} (L+x),$  следовательно

$$Q = 3/2 \cdot F_{\text{тр}} (L+x) - 3/2 \cdot P_1 L \cdot S + F_{\text{тр}} x, \text{ откуда}$$

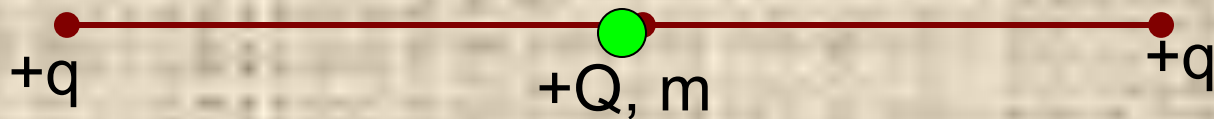
$$L = \frac{Q - 5/2 F_{\text{тр}} x}{3/2 (F_{\text{тр}} - P_1 S)}$$

Ответ:  $L = 0,3 \text{ м}$



## Вариант 117 С4

По гладкой горизонтальной направляющей длины  $2\ell$  свободно скользит бусинка с (+) зарядом  $Q > 0$  и массой  $m$ . На концах направляющей находятся (+) заряды  $q > 0$ . Бусинка совершает малые колебания около положения равновесия, период которых  $T_0$ . Чему будет равен период колебаний  $T$ , если величину зарядов на конце стержня увеличить в 2 раза.



## Возможный вариант решения

1. При небольшом смещении  $x \ll l$  бусинки от положения равновесия на неё будет действовать возвращающая сила

$$F_x = \frac{kqQ}{(l+x)^2} - \frac{kqQ}{(l-x)^2} = kqQ \frac{(l-x)^2 - (l+x)^2}{(l+x)^2(l-x)^2} \Rightarrow$$

$$Fx = -kqQ \frac{4lx}{(l+x)^2(l-x)^2} \approx -k \frac{4qQ}{l^3} x$$

Т.е. эта сила пропорциональна смещению  $x$ .

2. Ускорение бусинки в соответствии со II законом Ньютона

$$ma = -k \frac{4qQ}{l^3} x \quad \text{пропорционально смещению } x$$

При такой зависимости  $a$  от  $x$  бусинка совершает гармонические колебания, период которых равен  $T_0$

$$T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{m\ell^3}{4kqQ}}$$

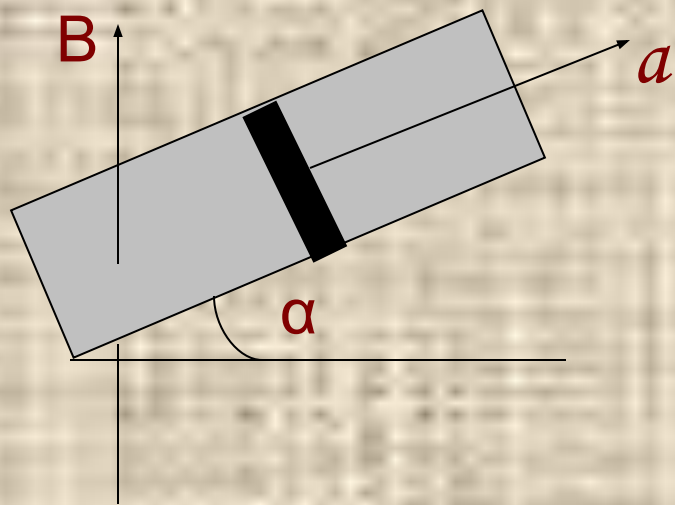
При увеличении заряда на концах в 2 раза  $q_1=2q$  период станет равным:

$$T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{m\ell^3}{4k2qQ}} \Rightarrow \frac{T}{T_0} = \sqrt{\frac{1}{2}} \Rightarrow T = \frac{T_0}{\sqrt{2}}$$

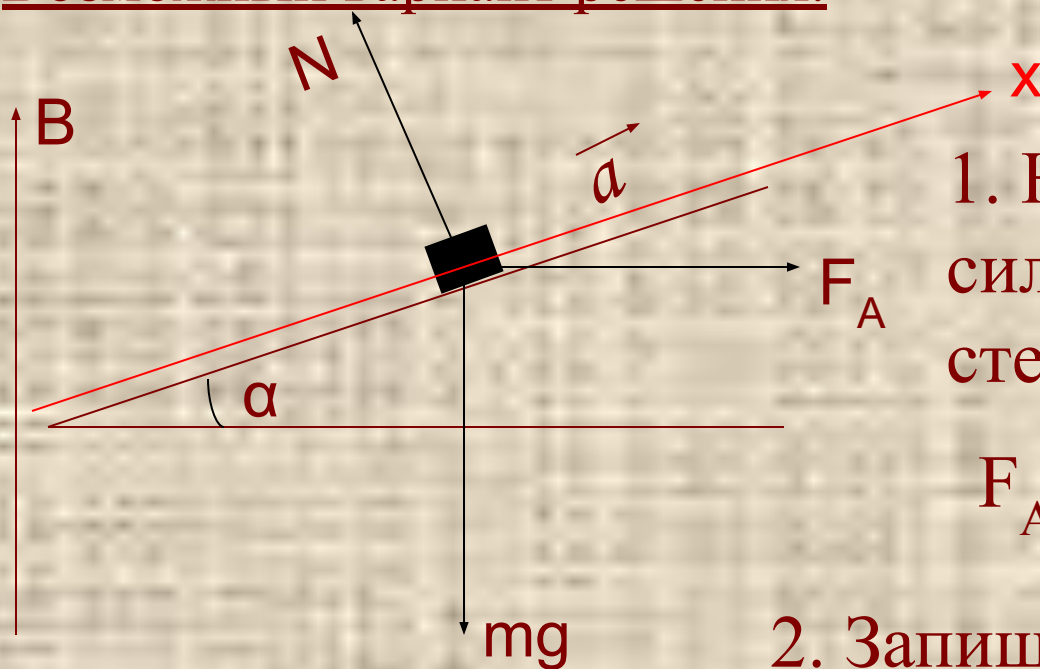
Ответ:  $T$  уменьшится в  $\sqrt{2}$  раз

## Вариант 117 С5

Горизонтальный проводящий стержень прямоугольного сечения поступательно движется вверх с ускорением по гладкой наклонной плоскости в вертикальном однородном магнитном поле. По стержню протекает ток  $I = 4\text{А}$ . Угол наклонной плоскости  $\alpha = 30^\circ$ . Отношение массы стержня к его длине  $m/L = 0,1\text{ кг/м}$ . Ускорение  $a = 1,9\text{ м/с}^2$ . Чему равен модуль индукции магнитного поля  $B$ ?



## Возможный вариант решения.



1. На рисунке показаны силы, действующие на стержень

$$F_A = IBL$$

2. Запишем II закон Ньютона в проекции на ось  $x$

$$ma_x = -mgsin\alpha + IBL\cos\alpha \rightarrow$$

Ответ:  $B = 0,2\text{Тл}$

$$B = \frac{m}{L} \frac{(a_x + g \sin \alpha)}{I \cos \alpha}$$

## Вариант 117 С6

Фотон с длиной волны, соответствующей красной границе фотоэффекта, выбивает электроны из металлической пластины в сосуде из которого откачан воздух. Электрон разгоняется однородным электрическим полем с напряженностью  $E = 5 \cdot 10^4$  В/м. Какой должна быть длина пути электрона  $S$  в электрическом поле, чтобы он разогнался до скорости, составляющей 10% от скорости света в вакууме. Релятивистские эффекты не учитывать.

## Возможный вариант решения

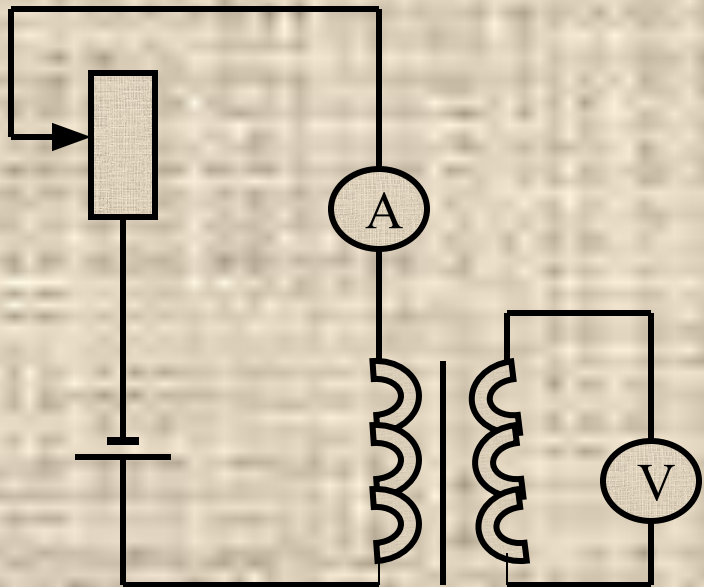
$$\text{Т.к.} \quad \frac{hc}{\lambda_{кр}} = \frac{hc}{\lambda_{кр}} + \frac{mv^2}{2} \Rightarrow v_0 = 0$$

Работа по перемещению электрона в электрическом поле равна изменению его кинетической энергии

$$A = \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} \Rightarrow A = \frac{mv^2}{2}; v = 0,1c$$
$$A = F \cdot s = eE \cdot s$$
$$S = \frac{mc^2}{200eE}$$

Ответ:  $S = 0,05\text{м}$

## Вариант 121 С1



На рисунке приведена электрическая цепь, состоящая из источника тока, реостата, трансформатора, амперметра и вольтметра. В начальный момент времени ползунок реостата установлен посередине и неподвижен. Опираясь на законы электродинамики, объясните как будут изменяться показания приборов при перемещении ползунка реостата вниз? Э.Д.С самоиндукции пренебречь по сравнению с **E**



## Возможный вариант ответа

1. При движении ползунка реостата вниз сопротивление реостата уменьшается, следовательно сила тока в цепи увеличивается т.к

$$I = \frac{E}{R + r}$$

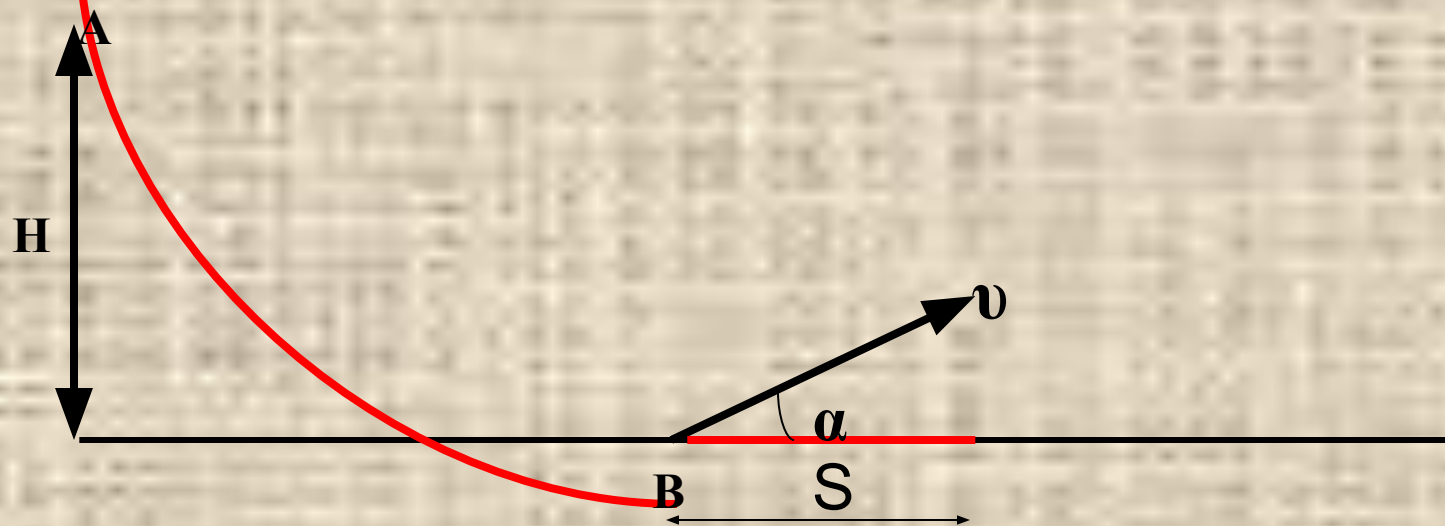
2. Изменение силы тока вызывает изменение индукции магнитного поля, следовательно меняется и магнитный поток, пронизывающий витки вторичной обмотки.

3. В соответствии с законом Фарадея, возникает Э.Д.С

индукции  $E = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$  во вторичной обмотке, а, следовательно, и напряжение  $U$  на её концах. Это напряжение и будет фиксировать вольтметр.

Ответ: при движении ползунка реостата вниз, показания амперметра увеличиваются, а вольтметр будет показывать напряжение на концах вторичной обмотки.

## Вариант 121 С2



При выполнении трюка «летающий велосипедист» гонщик движется по трамплину под действием силы тяжести  $F_T$ , начиная движение из состояния покоя с высоты  $H$ . На краю трамплина скорость гонщика направлена под таким углом к горизонту, что дальность его полета максимальна. Пролетев по воздуху, гонщик приземляется на горизонтальный стол, находящийся на той же высоте, что и край трамплина. Определите время полета гонщика. Силой сопротивления пренебречь

## Возможный вариант решения

Максимальная дальность полета достигается при условии  $\alpha=45^0$ , время полета равно двойному времени

подъема  $t = \frac{2v \sin \alpha}{g}$

Скорость определим из закона сохранения энергии:

$$mgH = \frac{mv^2}{2} \Rightarrow v = \sqrt{gH} \Rightarrow t = 2\sqrt{\frac{H}{g}}$$

Ответ:  $t = 2\sqrt{\frac{H}{g}}$

## Вариант 121 С3

Сферическую оболочку воздушного шара делают из материала, квадратный метр которого имеет массу 1 кг. Шар наполняют гелием при атмосферном давлении  $P=10^5$  Па. Определите минимальную массу оболочки, при которой шар начнет поднимать сам себя.

Температура гелия и окружающего воздуха одинакова и равна  $0^\circ\text{C}$ . (Площадь сферы  $S=4\pi R^2$ ; объем сферы  $V=4/3\pi R^3$ )

## Возможный вариант решения

Из I закона Ньютона следует  $F_a = m_{\text{He}}g + m_{\text{об}}g$ ;  $\rho_{\text{в}}gV = m_{\text{He}}g + m_{\text{об}}g$   
следовательно  $\rho_{\text{в}}gV = Sbg + \rho_{\text{He}}gV$ , где  $b$  – отношение массы  
оболочки к её площади. Заменим в формуле  $S=4\pi R^2$  и  $V=4/3 \pi R^3$   
получим:

$$\rho_{\text{в}}g \frac{4}{3} \pi R^3 = b \cdot 4\pi R^2 g + \rho_{\text{He}}g \frac{4}{3} \pi R^3 \Rightarrow R = \frac{3b}{\rho_{\text{в}} - \rho_{\text{He}}}$$

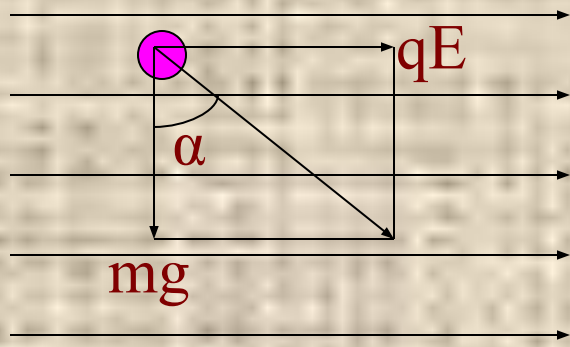
Плотность воздуха и гелия при  $T=273\text{K}$  определим из уравнения  
Менделеева-Клапейрона

$$PV = \frac{mRT}{M} \Rightarrow P = \frac{mRT}{MV} \Rightarrow P = \frac{\rho RT}{M} \Rightarrow \rho = \frac{PM}{RT}$$

$$\rho_{\text{He}} = \frac{RM_{\text{He}}}{RT} \quad \rho_{\text{в}} = \frac{PM_{\text{в}}}{RT} \Rightarrow R = \frac{3bRT}{P(M_{\text{в}} - M_{\text{He}})} \approx 2,7 \text{ м}$$

$$m_{\text{об}} = 4\pi R^2 b \quad \underline{m=92\text{кг}}$$

## Вариант 121 С4



Полый шарик массой  $0,4$  кг с зарядом  $q = 8 \text{ нКл}$  движется в горизонтальном однородном электрическом поле с напряженностью  $E = 500 \text{ кВ/м}$ . Какой угол  $\alpha$  образует с вертикалью траектория шарика, если  $v_0 = 0$ ?

### Возможный вариант решения

1. На шарик в электрическом поле вниз действует сила тяжести  $F_T = mg$  и вправо электрическая сила  $F_k = qE$
2. Из II закона Ньютона следует  $ma = F_T + F_k$
3. При движении из состояния покоя 
$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{F_k}{F_T} = \frac{qE}{mg}$$
4. После подстановки получаем  $\operatorname{tg} \alpha = 1$ ,  $\alpha = 45^\circ$

## Вариант 121 С5

Небольшой груз на нити, длиной  $\ell = 2,5\text{ м}$  совершает гармонические колебания, при которых максимальная скорость достигает  $0,2\text{ м/с}$ . При помощи собирающей линзы с фокусным расстоянием  $F = 0,2\text{ м}$ , изображение колеблющегося тела проецируется на экран. Главная оптическая ось линзы перпендикулярна плоскости колебаний маятника и плоскости экрана. Максимальное смещение изображения груза на экране от положения равновесия равно  $0,15\text{ м}$ . Определите расстояние между линзой и экраном

## Возможный вариант решения

Из з.с.э.  $\Rightarrow \frac{mv^2}{2} = mgh$ , где  $h = \ell(1 - \cos \alpha) = 2\ell \sin^2 \frac{\alpha}{2} \approx \frac{\ell \alpha^2}{2}$

$h$  - максимальная высота подъёма груза. Максимальный угол отклонения груза  $\alpha \approx A/\ell$ , где  $A$  - амплитуда колебаний  
 $\ell$  - длина маятника.

$$\frac{mv^2}{2} = mg \frac{\ell \alpha^2}{2} \Rightarrow v^2 = g \ell \alpha^2 \Rightarrow v^2 = \frac{g \ell A^2}{\ell^2} \Rightarrow A = v \sqrt{\frac{\ell}{g}}$$

Амплитуда колебаний  $A_1$  смещения груза на экране, расположенном на расстоянии  $b$  от линзы пропорциональна  $A$  - амплитуде колебаний груза, движущегося на расстоянии  $a$  от линзы

$$\frac{A_1}{A} = \frac{b}{a} \quad ; \quad \frac{b}{a} = \frac{A_1}{v} \sqrt{\frac{g}{\ell}} \quad ; \quad \frac{1}{F} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b} \Rightarrow \frac{b}{a} = \frac{b}{F} - 1$$

---

$$\Rightarrow \frac{b}{F} = 1 + \frac{A_1}{v} \sqrt{\frac{g}{\ell}} \Rightarrow b = F \left( 1 + \frac{A_1}{v} \sqrt{\frac{g}{\ell}} \right) \Rightarrow \underline{b = 0,5 \text{ м}}$$



## Вариант 121 С6

При облучении катода светом с длиной волны  $\lambda = 200$  нм фототок прекращается при задерживающем напряжении  $U = 1,9$ В. Определите красную границу фотоэффекта  $\lambda_0$ .

### Возможный вариант решения

$$h\nu = A_{\text{вых}} + \frac{m\nu^2}{2}; \quad c = \lambda\nu \Rightarrow \nu = \frac{c}{\lambda}; \quad A_{\text{вых}} = h\nu_0 \Rightarrow$$

---

$$\frac{hc}{\lambda} = \frac{hc}{\lambda_0} + \frac{m\nu^2}{2}; \quad \frac{m\nu^2}{2} = eU \Rightarrow \frac{hc}{\lambda} = \frac{hc}{\lambda_0} + eU \Rightarrow$$

---

$$\lambda_0 = \frac{hc\lambda}{hc - eU\lambda}; \quad \lambda_0 = 290 \text{ нм}$$

Спасибо за внимание.

