ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ЭКСПЕРТОВ ПО ОЦЕНИВАНИЮ ЗАДАНИЙ С РАЗВЕРНУТЫМ ОТВЕТОМ

Ф И З И К А

Москва

2011

Авторы-составители: М.Ю. Демидова, А.И. Нурминский

© М.Ю. Демидова, А.И. Нурминский, 2011
© Федеральный институт педагогических измерений, 2011

✓ В первой части этой книги Вы сможете потренироваться в оценивании отдельных заданий с развернутым ответом. К каждому заданию приводятся образцы решения и критерии оценивания.

✓ Во второй части книги Вам предлагаются условия задач третьей части варианта ЕГЭ с критериями оценивания и целые экзаменационные работы этого варианта для оценивания.

✓ Напоминаем Вам, что при оценивании экзаменационных работ эксперт рассматривает решения в выданных ему работах по заданиям: в начале решения задачи С1 во всех работах, затем все решения задачи С2, потом все решения С3, С4 и т.д. Некоторые работы занимают несколько страниц и решения в них представлены не по порядку предъявления задач в варианте.

✓ При работе эксперт выставляет свои оценки в специальный бланк, в котором вносить изменения и исправления крайне нежелательно. Поэтому просим Вас быть очень внимательными.

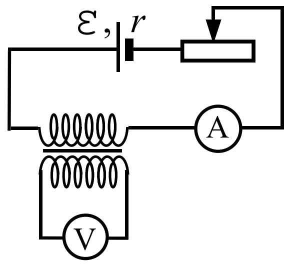
✓ При отсутствии решения или свидетельств попытки решения какой-либо задачи в бланк вносится знак «**X**» в поле соответствующей задачи.

✓ Работа эксперта рассчитана в среднем на 4 проверяемые работы за 60 минут. Перед началом работы ознакомьтесь с условиями задач, их решениями и соответствующими критериями оценивания.

ЧАСТЬ 1
Оценивание отдельных заданий

Задание 1

На рисунке приведена электрическая цепь, состоящая из гальванического элемента, 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 в процессе перемещения ползунка реостата влево. ЭДС самоиндукции пренебречь по сравнению с $\mathcal{E}$.



Образец возможного решения
1. Во время перемещения движка реостата показания амперметра будут плавно увеличиваться, а вольтметр будет регистрировать напряжение на концах вторичной обмотки. <u>Примечание</u>: Для полного ответа не требуется объяснения показаний приборов в крайнем левом положении. (Когда движок придет в крайнее левое положение и движение его прекратится, амперметр будет показывать постоянную силу тока в цепи, а напряжение, измеряемое вольтметром, окажется равным нулю). 2. При перемещении ползунка влево сопротивление цепи уменьшается, а сила тока увеличивается в соответствии с законом Ома для полной цепи $I = \dfrac{\mathcal{E}}{R+r}$, где R – сопротивление внешней цепи. 3. Изменение тока, текущего по первичной обмотке трансформатора, вызывает изменение индукции магнитного поля, создаваемого этой обмоткой. Это приводит к изменению магнитного потока через вторичную обмотку трансформатора. 4. В соответствии с законом индукции Фарадея возникает ЭДС индукции $\mathcal{E}_{инд} = -\dfrac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ во вторичной обмотке, а следовательно, напряжение U на ее концах, регистрируемое вольтметром.

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае – *изменение показаний приборов, п.1*), и полное верное объяснение (в данном случае – *п.2–4*) с указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае – *электромагнитная индукция, закон индукции Фарадея, закон Ома для полной цепи*).	3
Приведено решение и дан верный ответ, но имеется <u>один</u> из следующих недостатков: — В объяснении содержатся лишь общие рассуждения без привязки к конкретной ситуации задачи, хотя указаны все необходимые физические явления и законы. ИЛИ — Рассуждения, приводящие к ответу, представлены не в полном	2

объеме или в них содержатся логические недочеты. ИЛИ — Указаны не все физические явления и законы, необходимые для полного правильного решения.	
Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев: — Приведены рассуждения с указанием на физические явления и законы, но дан неверный или неполный ответ. ИЛИ — Приведены рассуждения с указанием на физические явления и законы, но ответ не дан. ИЛИ — Представлен только правильный ответ без обоснований.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	0

РАБОТА 1

Все бланки и листы с контрольными измерительными материалами рассматриваются в комплекте.

Решение:

C1 При перемещении ползунка влево сопротивление цепи будет уменьшаться, поэтому сила тока будет увеличиваться.
Во время перемещении в катушке меняется ток и магнитный поток в первичной обмотке, и возникает ЭДС во вторичной обмотке, т.е. вольтметр покажет наличия напряжения

РАБОТА 2

РАБОТА 3

РАБОТА 4

C_1

При движении ползунка реостата влево сопротивление реостата уменьшится, следовательно по закону Ома $I = \frac{U}{R}$, сила тока I в цепи возрастет.

$I = \frac{\mathcal{E}}{R + r}$ Закон Ома для полной цепи.

Падение напряжения будет меньше. Т.К. ~~[illegible]~~
~~[illegible] изменера, в [illegible] возрастет~~

РАБОТА 5

C:1; По закону Ома для замкнутой цепи $I = \frac{\mathcal{E}}{R+r}$,
(где r - внутреннее сопротивление, а R внешнее создаваемое ползунка реостата), Амперметр будет показывать больше силу тока т.к сопротивление будет меньше если мы будем перемещать ползунок в лево. Вольтметр тоже будет показывать больше. $U = \mathcal{E} - Ir$; $U = \mathcal{E}\left(1 - \frac{r}{R+r}\right)$ если же $R = 0$ то $U = 0$ В.

РАБОТА 6

С1 Запишем закон Ома для полной цепи

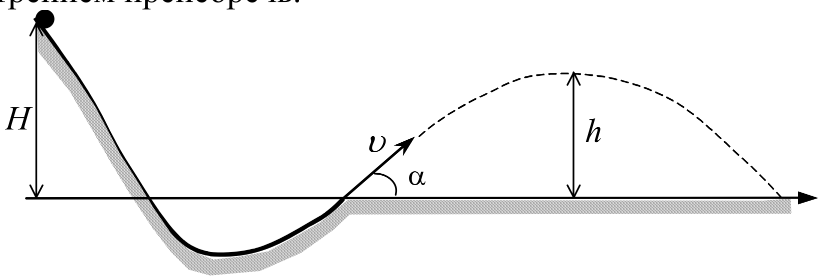
$I = \frac{\mathcal{E}}{R+r}$ (1)

Из условия задачи следует, что при движении ползунка реостата влево сопротивление (внешнее) будет уменьшаться. Из формулы (1) следует, что сила тока будет увеличиваться, а напряжение согласно закона Ома для участка цепи будет уменьшаться. в первичной обмотке трансформатора.

Следовательно, показания вольтметра будут уменьшаться, а амперметра увеличиваться

Задание 2

При выполнении трюка «Летающий велосипедист» гонщик движется по трамплину под действием силы тяжести, начиная движение из состояния покоя с высоты H (см. рисунок). 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. Какова высота полета h на этом трамплине? Сопротивлением воздуха и трением пренебречь.



Образец возможного решения
Модель гонщика – материальная точка. Считаем полет свободным падением с начальной скоростью $\vec{\upsilon}$, направленной под углом α к горизонту. Дальность полета определяется из выражения $S = \frac{\upsilon^2}{g}\sin 2\alpha$. А высота полета $h = \frac{\upsilon^2}{2g}\sin^2\alpha$. Модуль начальной скорости определяется из закона

сохранения энергии $\frac{m\upsilon^2}{2} = mgH$, так что $\frac{\upsilon^2}{2g} = H$. Максимальная дальность полета возможна при условии $\sin 2\alpha = 1$, т.е. при $\alpha = 45°$. Отсюда $h = H\sin^2\alpha = \frac{H}{2}$. Ответ: высота подъема $h = \frac{H}{2}$.		
Критерии оценивания выполнения задания		Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы: 1) правильно записаны формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном решении – *кинематические уравнения движения для свободно падающего тела, закон сохранения механической энергии*); 2) проведены необходимые математические преобразования, приводящие к правильному ответу, и представлен ответ.		3
Представленное решение содержит п.1 полного решения, но и имеет один из следующих недостатков: — В необходимых математических преобразованиях допущена ошибка. ИЛИ — Необходимые математические преобразования логически верны, не содержат ошибок, но не закончены. ИЛИ — Не представлены преобразования, приводящие к ответу, но записан правильный ответ в общем виде.		2
Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев: — Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа. ИЛИ — В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ — В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.		1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.		0

РАБОТА 1

C_2 Решение:

Максимальная S при $\alpha = 45^\circ$

$S = v_x t$; $t = \frac{2v_y}{g} \Rightarrow S = \frac{v_x 2v_y}{g} = \frac{v^2}{g}$; $v^2 = gS$

$mgh = \frac{mv^2}{2} \Rightarrow h = \frac{v^2}{2g} = \frac{gS}{2g} \Rightarrow \frac{S}{2}$

Ответ: $h = \frac{S}{2}$

РАБОТА 2

C_2. Решение.

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

$S = \frac{v_0^2 \sin\alpha}{g} = \frac{v^2}{g}$

$t = \frac{S}{v}$

$v = v_0 \cos\alpha$

$t = \frac{v^2}{g v \cos\alpha} = \frac{v\sqrt{2}}{g}$

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

$h = \frac{v^2}{2g} = \frac{v_0^2 \cos^2\alpha}{2g}$

РАБОТА 3

C_2. 1) $MgH = \frac{Mv^2}{2}$

2) $v = \sqrt{2gH}$

3) $H = \frac{v^2 \sin^2\alpha}{2g} = \frac{v^2}{4g} = \frac{H}{2}$; $\angle\alpha = 45^\circ$

РАБОТА 4

C_2.

Дано: $\alpha = 45^\circ$, H

$h - ?$

Решение

согласно закона сохранения энергии:

$mgH = \frac{mv^2}{2}$ (1)

Отсюда $v = \sqrt{2gH}$ (2)

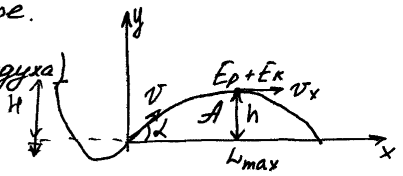
Тогда $h = \frac{v^2 \sin^2\alpha}{g} = \frac{2gH \cdot \sin^2 45^\circ}{g} = 2H \cdot \left(\frac{\sqrt{2}}{2}\right)^2 =$

$= 2H \cdot \frac{2}{4} = H$.

Ответ: $h = H$.

РАБОТА 5

С2. $L = V_x t$, вдоль оси y движение – равноускоренное.
В верхней (·) A, $V_y = 0$
$t = 2t_{под}$ (без учета сил сопротивления воздуха)
По закону сох. энергии



$$mgH = mgh + \frac{mV_x^2}{2} \text{ (в точке } A)$$

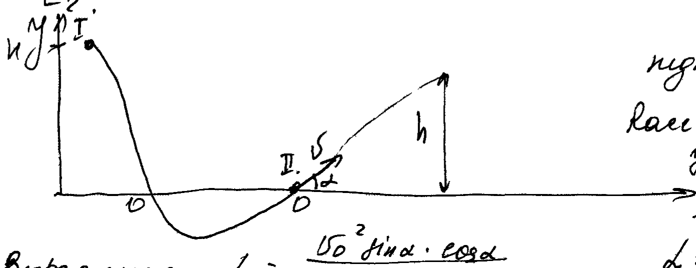
т. к. движение рассматривается под углом к горизонту, то тело движется вдоль оси x равномерно.

$$V_y' = V_y - gt_{под}$$
$$t_{под} = \frac{V_y}{g} = \frac{V\sin\alpha}{g}; \quad V_x = V\cos\alpha$$
$$t = \frac{2V\sin\alpha}{g}$$
$$L_{max} = V\cos\alpha \frac{2V\sin\alpha}{g} = \frac{V^2\sin 2\alpha}{g}$$
$$V = \sqrt{\frac{L_{max}\, g}{\sin 2\alpha}}$$
$$gh = gH - \frac{V_x^2}{2}$$
$$h = H - \frac{V_x^2}{2g} = H - \frac{L_{max}\, g\cos\alpha}{2\cdot 2\cdot \sin\alpha\cos\alpha\, g}$$
$$h = H - \frac{L_{max}}{4\sin\alpha}$$

Ответ: $h = H - \frac{L_{max}}{4\sin\alpha}$

РАБОТА 6

C_2.



По ЗСЭ (I–II; 0–0)
$$mgH = \frac{mV^2}{2}; \quad V^2 = 2gH \quad (1)$$
Расс. точку II. Начальные условия: $V_{0x} = V\cos\alpha$
$V_{0y} = V\sin\alpha$
x L – дальность полета.
$$L = V_{0x}\cdot t = \frac{V_{0x}\cdot V_{0y}}{g} = \frac{V_0^2\sin^2\alpha}{2g}$$
$$h_{max} = \frac{V_{0y}^2}{2g} = \frac{V_0^2\sin^2\alpha}{2g} \quad (2)$$
Подставив (1) в (2) получаем
$$h = \frac{2gH\cdot\sin^2\alpha}{2g} = \frac{H}{2}$$

Выражение $L = \frac{V_0^2\sin\alpha\cdot\cos\alpha}{g}$ принимает максимальное значение при $\sin\alpha\cdot\cos\alpha = \frac{\pi}{2}$, т.е. max.
Решая уравнение
$$\alpha = \frac{\pi}{4} + \pi n; \quad \text{т.к. } \alpha \in I \text{ чет.}$$
$$\alpha = \frac{\pi}{4} + 2\pi n, \quad n \in Z.$$

Ответ: $h = \frac{H}{2}$.

Задание 3

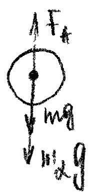
Сферическую оболочку воздушного шара делают из материала, квадратный метр которого имеет массу 1 кг. Шар наполняют гелием при атмосферном давлении 10^5 Па. Определите минимальную массу оболочки, при которой шар начнет поднимать сам себя. Температура гелия и окружающего воздуха одинакова и равна 0°С. (Площадь сферы $S = 4\pi r^2$, объем шара $V = \frac{4}{3}\pi r^3$.)

Образец возможного решения	
II закон Ньютона в проекциях на вертикаль: $F_A = m_{He}g + m_{об}g$. Силы выражены через радиус r: $\rho_в gV = m_{об}g + m_{He}g = bSg + \rho_{He}Vg \Rightarrow$ $\Rightarrow \rho_в g \cdot \frac{4}{3}\pi r^3 = b \cdot 4\pi r^2 \cdot g + \rho_{He} g \cdot \frac{4}{3}\pi r^3$ и радиус: $r = \frac{3b}{\rho_в - \rho_{He}}$, где b – отношение массы оболочки к ее площади. Плотности гелия и воздуха: $pV = \frac{m}{M}RT \Rightarrow \rho = \frac{m}{V} = \frac{Mp}{RT}$, $\rho_{He} = \frac{M_{He}p}{RT}$, $\rho_в = \frac{M_в p}{RT}$. Радиус: $r = \frac{3bRT}{p(M_в - M_{He})} \approx 2{,}7$ (м). $m = 4\pi r^2 \cdot b$. Подставив числовые данные, получаем: $m \approx 92$ кг.	
Критерии оценивания выполнения задания	**Баллы**
Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы: 1) верно записаны формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном решении — *второй закон Ньютона, выражение для силы Архимеда, связь массы и плотности, уравнение Клапейрона-Менделеева*); 2) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ (с указанием единиц измерения). При этом допускается решение "по частям" (с промежуточными вычислениями).	3
Представленное решение содержит п.1 полного решения, но и имеет один из следующих недостатков: — В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка. ИЛИ — Необходимые математические преобразования и вычисления логически верны, не содержат ошибок, но не закончены. ИЛИ — Не представлены преобразования, приводящие к ответу, но записан правильный числовой ответ или ответ в общем виде. ИЛИ — Решение содержит ошибку в необходимых математических преобразованиях и не доведено до числового ответа.	2
Представлены записи, соответствующие одному из следующих	1

случаев: — Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа. ИЛИ — В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ — В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	0

РАБОТА 1

С3. Решение:



$F_A = mg + m_2 g$

$F_A = \rho_b g V$

$m = M_o S = 4\pi r^2$

$m_2 = g$

РАБОТА 2

С3.

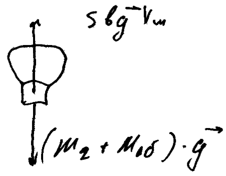
Дано:

$p = 10^5$

$T = 273\,K$

$M_{об} - ?$

Решение:



$p V_ш = \frac{m_2}{M} RT$;

$m_2 = \frac{p V_ш M_2}{RT}$;

$\rho_b V_ш = (m_2 + M_{об}) g$;

$\rho_b V_ш = m_2 + M_{об}$;

$M_{об} = \rho_b V_ш - m_2$

$M_{об} = \rho_b V_ш - \frac{p V_ш M_2}{RT}$

Отв: $M_{об} = \rho_b V_ш - \frac{p V_ш M_2}{RT}$.

РАБОТА 3

С3.

Дано:

$m = 1$ кг

$P = 10^5$ Па

$t = 0$ °C

$S = 4\Pi r^2$

$V = \frac{4}{3}\Pi r^3$

$m_{оболочки}$ - ?

Решение:

Шар начнет подниматься, когда сила Архимеда (F_A), станет равной силе тяжести:

$(m_{об.} + m_г) = \rho_{воздуха} \cdot g V_ш$ (1)

Из уравнения: $PV = \frac{m}{M} RT$, находим массу гелия:

$m_г = \frac{PVM}{RT}$ (2)

Масса оболочки: $m_{об.} = m_1 S (m_2 + m_1) \cdot 4\Pi r^2$

r – радиус шара

Плотность воздуха из того же уравнения:

$\rho = \frac{m}{V} = \frac{PM_в}{RT}$; представляем $m_1 S + \{\frac{PM_{he}}{RT} = \left(\frac{PM_в}{RT}\right) \cdot V$

$m_1 RT + PM_{he} \cdot \frac{V}{S} = \frac{PM_в}{1} \cdot \frac{V}{S}$

$m_1 RT = P \cdot \frac{V}{S} = M_в - M_{he}$

$\frac{V}{S} = \frac{m_1 RT}{P} \cdot (M_в - M_{he}) = \frac{\frac{4}{3}\Pi R^3}{4\Pi r^2} = \frac{r}{3}$ - отсюда

$r = \frac{3m_1 RT}{P \cdot (M_в - M_{he})}$

$m_{об.} = m_1 \cdot 4\Pi r^2 = 4\Pi m_1 \cdot \frac{3m_1 RT}{P(M_в - M_{he})}$

$m_{об} = \frac{1 \text{кг/м}^2 \cdot \left(3 \cdot 1 \frac{кг}{м^2} \cdot 8{,}31 \frac{Дж}{моль} \cdot 273К\right)}{10^5 Па \; (29-4)^2 \cdot 10^{-3} \frac{кг}{моль}} = 93$ кг

Ответ: 93 кг

РАБОТА 4

С 3. 1) На шар с гелием действуют две силы: сила Архимеда и сила тяжести

2) Запишем условие, когда шар начнет поднимать себе сам

$F_A \geq F_T$

Нам нужно определить минимальную масу

РАБОТА 5

С3. Дано: | Си: | Решение.

$m_1 = 1$ кг

$P_{ат} = 10^5$ Па

$t_{He} = t_{воз} = 0°C$ | 273 K

$M_{об}$ - ? (кг)

Условие подъёма шара:

$F_{Арх} \geqslant F_{тяж}$

но $F_{Арх} = \rho_{воз} \cdot g \cdot V_ш$

$F_{тяж} = M_{обл}\, g + m_{He} \cdot g$

$\rho_{воз}\, \cancel{g} \cdot V_ш \geqslant \cancel{g} \cdot (M_{обл} + m_{He})$

$\rho_{воз} \cdot V_ш \geqslant M_{об} + m_{He}$ (1)

Для воздуха, вытесненного шаром $V = V_ш$; запишем ур-е Менделеева Клапейрона.

$$P \cdot V_ш = \frac{m_{воз}}{M_{воз}} \cdot R T_{воз}$$

$F_{Арх} = m_{воз} \cdot g$; $M_{об} = \rho_{воз} \cdot V_ш - m_{He}$

По ур. Менделеева Клапейрона

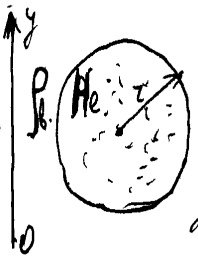
$$P \cdot V_ш = \frac{m_{He}}{M_{He}} R \cdot T_{He}; \quad M_{об} = \rho_{воз} \cdot V_ш - \frac{P \cdot M_{He} \cdot V_ш}{R\, T_{He}}$$

$M_{об} = V_ш \left(\rho_{воз} - \frac{P M_{He}}{R\, T_{He}}\right)$; $V_ш = \frac{4}{3}\pi r^3$; $S_{сф} = 4\pi r^2$; у оболочки

1 м² имеет массу = 1 кг

Ответ: $M_{об} = 1$ кг

РАБОТА 6

С3 

~~Ну~~ Ответ: $\frac{H}{2}$.

Пусть радиус шара равен r; поверхностную плотность обозначим λ. Окружающий воздух будет выталкивать шар, действуя силой Архимеда $F = \rho_{возд} \cdot g\, V_ш$.

Поскольку нужно найти минимальную массу, то: 1) будем считать, что величина r

(см. на обороте)

соответствует минимальной массе 2) шар в равновесии.
Из пункта 2) по второму закону Ньютона сумма всех сил, действующих на шар, должна быть равна 0 (из-за первого закона).

$$\vec{F}_{Арх} + m\vec{g} + m_{he}\vec{g} = \vec{0} \cdot (1)$$

$$F_{Арх} = \rho_{возд} g V_{ш.};\quad p_0 V = \frac{m}{M} RT;\quad p_0 = \frac{\rho}{M} RT;\quad \rho_{возд} = \frac{p_0 M_{возд}}{RT}.$$

$$V_{ш.} = \frac{4}{3}\pi r^3;\quad F_{Арх} = \frac{p_0 M_{возд}}{RT} g \cdot \frac{4}{3}\pi r^3.\quad m_{he} = \frac{p_0 V_ш M_{he}}{RT}$$

$$mg = \lambda \cdot S_ш \cdot g = \lambda \cdot 4\pi r^2 g,\quad m_{he} g = \frac{p_0 \frac{4}{3}\pi r^3 \cdot M_{he}}{RT} g$$

Запишем (1) в проекции на ось Oy: $F_{арх} - mg - m_{he} g = 0$

$$\frac{p_0 M_{возд}}{RT} \cancel{g} \cdot \frac{4}{3}\pi r^3 = \lambda \cancel{4\pi r^2} \cancel{g} + \frac{p_0 \frac{4}{3}\pi r^3 M_{he}}{RT} \cancel{g};\quad \frac{p_0 r}{3RT}(M_{возд} - M_{he}) = \lambda;$$

$$r = \frac{3RT\lambda}{p_0(M_{возд} - M_{he})};\quad S_ш = 4\pi r^2 = \frac{36\pi R^2 T^2 \lambda^2}{p_0^2 (M_{возд} - M_{he})^2};\quad m_ш = \lambda S_ш = \frac{36\pi R^2 T^2 \lambda^3}{p_0^2 (M_{возд} - M_{he})^2}$$

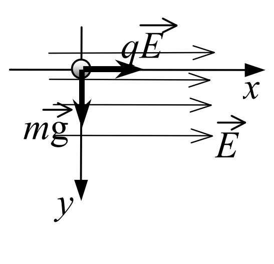
$$[m_ш] = [кг] = \left[\frac{Дж^2/моль^2 \cdot К^2 \cdot К^2 \cdot кг^3/м^6}{Па^2\ кг^2/моль^2}\right] = \left[\frac{\cancel{К^2} \cdot \cancel{К^2} \cdot кг^3 \cdot м^4\ \cancel{моль^2}}{\cancel{К^2}\ кг^2\ \cancel{моль^2}\ м^6}\right] = [кг].$$

$$m_ш = \frac{36 \cdot 3{,}14 \cdot 8{,}31^2 \cdot 273^2 \cdot 1}{10^{10} \cdot (29 \cdot 10^{-3} - 4 \cdot 10^{-3})^2} = \frac{36 \cdot 3{,}14 \cdot 8{,}31^2 \cdot 273^2}{10^{10} \cdot 10^{-6} \cdot 25^2} \approx 93\,(кг)$$

Ответ 93 кг

Задание 4

Полый шарик массой $m = 0{,}4$ г с зарядом $q = 8$ нКл движется в однородном горизонтальном электрическом поле из состояния покоя. Траектория шарика образует с вертикалью угол $\alpha = 45°$. Чему равен модуль напряженности электрического поля E?

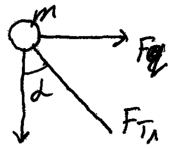
Образец возможного решения
1) На тело действуют сила тяжести $\vec{F}_1 = m\vec{g}$ и сила со стороны электрического поля $\vec{F}_2 = q\vec{E}$.  2) В инерциальной системе отсчета, связанной с Землей, в соответствии со вторым законом Ньютона, вектор ускорения тела пропорционален вектору суммы сил, действующих на него: $m\vec{a} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$. 3) При движении из состояния покоя тело движется по прямой в направлении вектора ускорения, т.е. в направлении равнодействующей приложенных сил. Прямая, вдоль которой направлен вектор ускорения, образует угол $\alpha = 45°$ с

вертикалью, следовательно, $\operatorname{tg}\alpha = \frac{a_x}{a_y} = \frac{F_2}{F_1} = \frac{qE}{m\mathrm{g}} = 1$. Отсюда $E = \frac{mg}{q}$. Подставив числовые данные, получаем: $E = 0{,}5 \cdot 10^6$ В/м = 500 кВ/м.	
Критерии оценки выполнения задания	**Баллы**
Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы: 1) верно записаны формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном решении — *второй закон Ньютона, формула для силы, действующей на заряд в электростатическом поле*); 2) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ (с указанием елиниц измерения). При этом допускается решение "по частям" (с промежуточными вычислениями).	3
Представленное решение содержит п.1 полного решения, но и имеет один из следующих недостатков: — В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка. ИЛИ — Необходимые математические преобразования и вычисления логически верны, не содержат ошибок, но не закончены. ИЛИ — Не представлены преобразования, приводящие к ответу, но записан правильный числовой ответ или ответ в общем виде. ИЛИ — Решение содержит ошибку в необходимых математических преобразованиях и не доведено до числового ответа.	2
Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев: — Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа. ИЛИ — В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ — В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	0

РАБОТА 1

С4

Решение:



$\alpha = 45°; \Rightarrow F_T = F_q$

$F_T = mg$; $F_q = qE \Rightarrow$

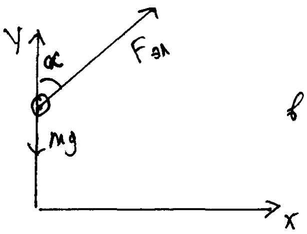
$mg = qE$; $E = \frac{mg}{q}$

Подставив значения находим $E = \frac{0{,}4 \cdot 10^{-3} \cdot 10}{8 \cdot 10^{-9}} = 5 \cdot 10^5 \left(\frac{В}{м}\right)$

Ответ: $E = 5 \cdot 10^5 \frac{В}{м}$

РАБОТА 2

С4	СИ
Дано:	
$m = 0{,}4$ г	$0{,}4 \cdot 10^{-3}$ кг
$q = 8$ нКл	$8 \cdot 10^{-9}$ кл
$\alpha = 45°$	
$v_0 = 0$	
E - ?	



$F_{эл} = mg$

в проекции на ось ОУ:

$E \cdot q \cdot \sin\alpha = mg$

$E = \frac{mg}{q \cdot \sin\alpha}$; $E = \frac{0{,}4 \cdot 10^{-3} кг \cdot 10 м/с^2}{8 \cdot 10^{-9} кл \cdot \sin 45} =$

$= 0{,}7 \cdot 10^6$ В/м

Ответ: $0{,}7 \cdot 10^6$ В/м.

РАБОТА 3

С4: Дано:	СИ
$m = 0{,}4$ г	$4 \cdot 10^{-4}$ кг
$q = 8$ нКл	$8 \cdot 10^{-9}$ Кл
$v_0 = 20$ м/с	
$\alpha = 45°$	
$\lvert E \rvert$ - ?	

решение

$A = qEd$

$E = \frac{A}{qd}$; ~~$A = F_л l \Rightarrow$~~

~~$E = \frac{F_л l}{qd} = \frac{F_л l}{qd}$~~ ;

~~$F_л = F = mg$~~

$E = \frac{A}{qd}$; ~~$A = Fd = q\Gamma$~~

~~qE~~ очевидно, что

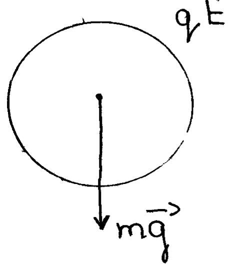
$E = \frac{mg}{q \sin\alpha} = \frac{4 \cdot 10^{-4} \cdot 10 \cdot \sqrt{2}}{8 \cdot 10^{-9}} =$

$= 5\sqrt{2} \cdot 10^5 = 7{,}05 \cdot 10^5$ (Вт/м)

Ответ: $E = 7{,}05 \cdot 10^5$ Вт/м

РАБОТА 4

С4.



Дано:

$m = 0,4$ г

$q = 8$ нКл

$\alpha = 45^\circ$

$E - ?$

СИ:

$m = 0,4 \cdot 10^{-3}$ кг

$q = 8 \cdot 10^{-9}$ Кл

$\alpha = 45^\circ$

$E - ?$

На шарик действует сила $q\vec{E}$ и сила тяжести $m\vec{g}$

Как следует из рисунка $tg\,\alpha = \frac{qE}{mg}$, откуда:

$$E = \frac{mg\, tg\,\alpha}{q}$$

$$E = \frac{0,4 \cdot 10^{-3}\,кг \cdot 10\,\frac{м}{с^2} \cdot tg\,45^\circ}{8 \cdot 10^{-9}\,Кл} =$$

$= 500$ ~~В~~/м²

Ответ: 500 м²

РАБОТА 5

РАБОТА 6

Задание 5

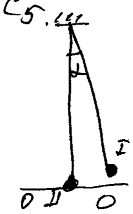
Небольшой груз, подвешенный на нити длиной 2,5 м, совершает гармонические колебания, при которых его максимальная скорость достигает 0,2 м/с. При помощи собирающей линзы с фокусным расстоянием 0,2 м изображение колеблющегося груза проецируется на экран, расположенный на расстоянии 0,5 м от линзы. Главная оптическая ось линзы перпендикулярна плоскости колебаний маятника и плоскости экрана. Определите максимальное смещение изображения груза на экране от положения равновесия.

Образец возможного решения	
При колебаниях маятника максимальная скорость груза υ может быть определена из закона сохранения энергии: $\frac{m\upsilon^2}{2} = mgh$, где $h = l(1-\cos\alpha) = 2l\sin^2\frac{\alpha}{2} \approx \frac{l\alpha^2}{2}$ – максимальная высота подъема груза. Максимальный угол отклонения $\alpha \approx \frac{A}{l}$,где A – амплитуда колебаний (амплитуда смещения). Отсюда $A = \upsilon\sqrt{\frac{l}{g}}$. Амплитуда A_1 колебаний смещения изображения груза на экране, расположенном на расстоянии b от плоскости тонкой линзы, пропорциональна амплитуде A колебаний груза, движущегося на расстоянии a от плоскости линзы: $A_1 = A\frac{b}{a}$. Расстояние a определяется по формуле тонкой линзы: $\frac{1}{F} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b}$, откуда $a = b\frac{F}{b-F}$, и $\frac{b}{a} = \frac{b}{F} - 1$. Следовательно, $A_1 = A\frac{b}{a} = \upsilon\sqrt{\frac{l}{g}}\frac{b}{a} = \upsilon\sqrt{\frac{l}{g}}\left(\frac{b}{F}-1\right)$, Подставив числовые данные, получаем: A_1 = 0,15 м.	
Критерии оценки выполнения задания	**Баллы**
Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы: 1) верно записаны формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном решении — *закон сохранения энергии, формула для увеличения тонкой линзы и формула тонкой линзы*); 2) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ (с указанием единиц измерения). При этом допускается решение "по частям" (с промежуточными вычислениями).	3
Представленное решение содержит п.1 полного решения, но и имеет один из следующих недостатков: — В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка.	2

ИЛИ — Необходимые математические преобразования и вычисления логически верны, не содержат ошибок, но не закончены. ИЛИ — Не представлены преобразования, приводящие к ответу, но записан правильный числовой ответ или ответ в общем виде. ИЛИ — Решение содержит ошибку в необходимых математических преобразованиях и не доведено до числового ответа.	
Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев: — Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа. ИЛИ — В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ — В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	0

РАБОТА 1

C5.ш



По З.С.Э (I – II; 0 – 0)

$mgl(1-\cos\alpha) = \frac{mv^2}{2}$; $1-\cos\alpha = \frac{v^2}{2gl}$

$1-\cos\alpha = \frac{0{,}04\ \frac{м^2}{с^2}}{2\cdot 10\frac{м}{с^2}\cdot 2{,}5} = 0{,}0008$ $\cos\alpha \simeq 1$

Запишем УТЛ:

$\frac{1}{F} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b}$; $\frac{1}{a} = \frac{1}{F} - \frac{1}{b}$; $\frac{1}{a} = \frac{10}{2} - \frac{10}{5} = 3$

$a = \frac{1}{3}$ м

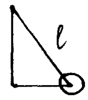
$\Gamma = \frac{b}{a}$; $\Gamma = \frac{5\cdot 3}{10\cdot 1} = 1{,}5$.

Рассмотрим крайний участок пути, где тело движется с max скоростью. Пусть он двигается за малое время Δt. Тогда, к. груз проходит $x = v_{max}\cdot\Delta t$. Из подобия Δ находим, что $\Delta x = x\,\Gamma^2$ (1) (Изображение тоже движется малый промежуток Δt) Изображение проходит расстояние $\Delta x = v_{1\,max}\,\Delta t$ (2) Из (1) и (2) находим, что $v_{1\,max} = v_{max}\,\Gamma^2$; $v_{1\,max} = 0{,}2\cdot 1{,}5^2 = 0{,}45\ \frac{м}{с}$.

РАБОТА 2

С5 Дано:
$\ell = 2{,}5$ м
$v_м = 0{,}2$ м/с
$F = 0{,}2$ м
$d = 0{,}5$ м

$A - ?$



Запишем уравнение гармонич. колеб:

$x = A\sin(\omega t + \varphi_0)$

$\cancel{A = \sin(\omega t)}$ $\quad x = A\sin(\omega t)$

$v_{max} = \frac{dx}{dt} = A\omega_0 = A\sqrt{\frac{g}{\ell}}$ – для математич маятника.

$A = \frac{v_{max}}{\sqrt{\frac{g}{\ell}}}$ – максимальное смещение шарика.

$A = \frac{0{,}2}{\sqrt{\frac{10}{2{,}5}}} = 0{,}1$ м;

запишем уравнение тонкой линзы:

$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$; $\quad d = \frac{Fd}{f - F}$; $\quad d = \frac{0{,}2 \cdot 0{,}5}{0{,}5 - 0{,}2} = 0{,}3$ м

$\Gamma = \frac{f}{d}$ – увеличение; $\quad \Gamma = \frac{f}{d} = \frac{0{,}5}{0{,}3} = 1{,}7$

$A = 1{,}7 \cdot 0{,}1 = 0{,}17$ м

Ответ: 0,17 м.

РАБОТА 3

~~С4~~ С5: Дано:
$\ell = 2{,}5$ м
$v_{max} = 0{,}2$ м
$F = 0{,}2$ м
$f = 0{,}5$ м

$\Delta \ell - ?$

Решение

По формуле тонкой линзы

$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$

(где d – расстоян от шара до линзы; f – от линзы до экрана)

$\frac{1}{d} = \frac{1}{F} - \frac{1}{f} = 5 - 2 = 3$

$d = \frac{1}{3}$

Теперь найдем Амплитуду, используя v_{max},

РАБОТА 4

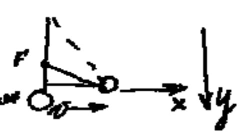
С5. $\ell = 2{,}5$ м
$v_{max} = 0{,}2$ м/с
$f = 0{,}5$ м
$F = 0{,}2$ м

$d - ?$

$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$

$\frac{1}{d} = \frac{1}{F} - \frac{1}{f}$

$d = \frac{Ff}{f - F}$



Ответ: 651 мм

вдоль гл. оптич. оси тело движ. равномерно

$d + f = v_{max} \cdot t$

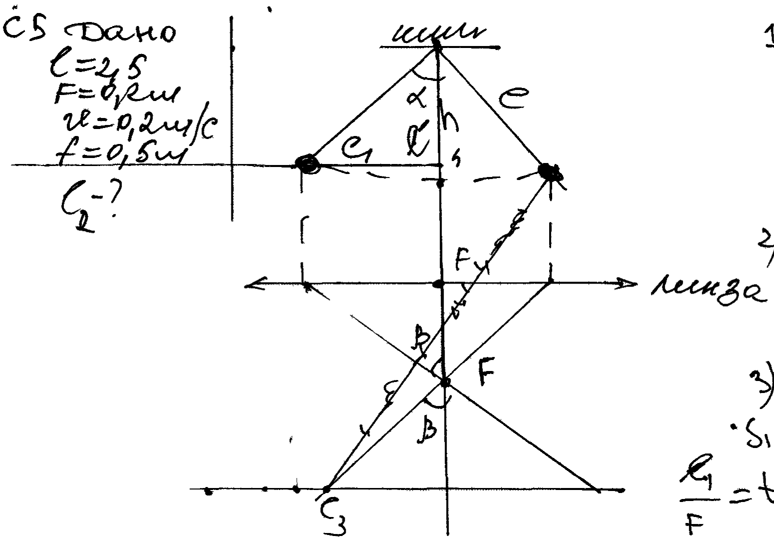
$x_{max} = \frac{at^2}{2}$ $\quad t = (d+f) : v_{max}$

$x_{max} = \frac{v_{max}^2 \cdot (d+f)^2}{2\ell\, v_{max}^2} = \frac{(d+f)^2}{2\ell} = \frac{\left(\frac{Ff}{f-F} + f\right)^2}{2\ell} = \frac{\left(\frac{0{,}2 \cdot 0{,}5}{0{,}5 - 0{,}2} + 0{,}5\right)^2}{2 \cdot 2{,}5} =$

$\approx 0{,}05$ м

РАБОТА 5

С5 Дано
$l = 2{,}5$
$F = 0{,}2$ м
$v = 0{,}2$ м/с
$f = 0{,}5$ м
$l_2 - ?$



1) Закон сохранения энергии

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

$h = \frac{v^2}{2g}$

2) Формула тонкой линзы

$\frac{1}{F} = \frac{1}{f} + \frac{1}{d}$

3) $l_1 = (l-h)\cdot \sin\alpha = \left(l - \frac{v^2}{2g}\right)\cdot \sin\alpha.$

$\frac{l_1}{F} = \operatorname{tg}\beta$; $\frac{l_2}{f-F} = \operatorname{tg}\beta$

$l_2 = (l_2 - F)\operatorname{tg}\beta$

$\frac{l_2}{F} = \frac{l_2}{f-F}$; tg

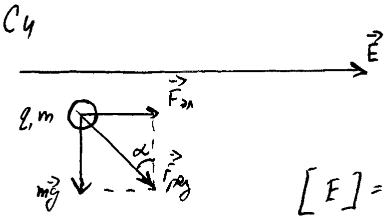
$$\operatorname{tg}\beta = \frac{\left(l - \frac{v^2}{2g}\right)\cdot \sin\alpha}{F} ; \quad \frac{l_2}{f-F} = \left(l - \frac{v^2}{2g}\right)\cdot \sin\alpha$$

$$l_2 = \frac{\left(l - \frac{v^2}{2g}\right)\cdot \sin\alpha}{F(f-F)}$$

$l_2 = \cancel{\frac{\left(2{,}5 - \frac{0{,}04}{20}\right)\cdot F \sin\alpha}{0{,}2\cdot 0{,}3}}$

РАБОТА 6

С4



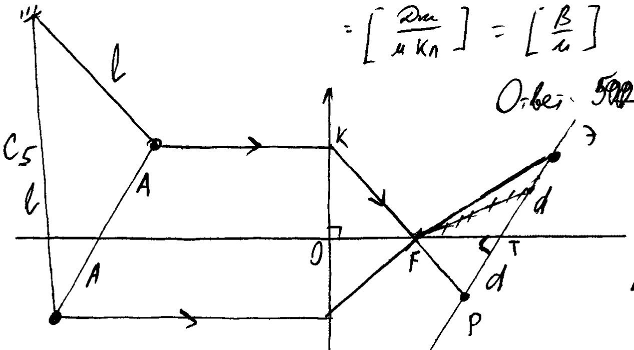
$\operatorname{tg}\alpha = \frac{F_{эл}}{mg}$; $F_{эл} = E\cdot q$; $\frac{E\cdot q}{mg} = \operatorname{tg}\alpha$;

$$E = \frac{mg\operatorname{tg}\alpha}{q}$$

$[E] = \left[\frac{кг\cdot м/с^2}{Кл}\right] = \left[\frac{Н}{Кл}\right] = \left[\frac{Дж}{м\ Кл}\right] = \left[\frac{В}{м}\right]$

$E = \frac{0{,}4\cdot 10^{-3}\cdot 10\cdot 1}{8\cdot 10^{-9}} = 500\left(\frac{кВ}{м}\right).$

Ответ: 500 кВ/м



Пусть шарик качается достаточно далеко от линзы, т.е. лучи от него идут параллельно.

$v_{max} = A\cdot\omega$

$\omega = \sqrt{\frac{g}{l}}$; $A = v_{max}\sqrt{\frac{l}{g}}$

$\Delta OKF \sim \Delta TPF$:

$\frac{A}{d} = \frac{OF}{FT} = \frac{F}{f-F}$, $d = A\frac{f-F}{F}$

$$d = v_{max}\sqrt{\frac{l}{g}}\,\frac{f-F}{F}$$

$d = 0{,}2\cdot\sqrt{\frac{2{,}5}{10}}\cdot\frac{0{,}5-0{,}2}{0{,}2} = 0{,}5\cdot 0{,}3 = 0{,}15$ (м) $= 15$ см.

$[d] = [м] = \left[м/с\cdot\sqrt{\frac{м с^2}{м}}\ \frac{м}{м}\right] = [м/с\ с] = [м]$

Ответ: 15 см

Задание 6

Красная граница фотоэффекта для вещества фотокатода $\lambda_0 = 290$ нм. При облучении катода светом с длиной волны λ фототок прекращается при напряжении между анодом и катодом $U = 1{,}9$ В. Определите длину волны λ.

<table>
<tr><td colspan="2" align="center">Образец возможного решения</td></tr>
<tr><td colspan="2">Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта: $\dfrac{hc}{\lambda} = A + \dfrac{m\upsilon^2}{2}$. (1)
Условие связи красной границы фотоэффекта и работы выхода: $\dfrac{hc}{\lambda_0} = A$. (2)
Выражение для запирающего напряжения – условие равенства максимальной кинетической энергии электрона и изменения его потенциальной энергии при перемещении в электростатическом поле: $\dfrac{m\upsilon^2}{2} = eU$. (3)
Решая систему уравнений (1), (2) и (3), получаем: $\lambda = \dfrac{hc\lambda_0}{hc + eU\lambda_0}$.
Подставив числовые данные, получаем: $\lambda \approx 200$ нм.</td></tr>
<tr><td align="center">Критерии оценки выполнения задания</td><td align="center">Баллы</td></tr>
<tr><td>Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:
1) верно записаны формулы, выражающие физические законы, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном решении — уравнение Эйнштейна для фотоэффекта, условие связи красной границы фотоэффекта и работы выхода, условие равенства максимальной кинетической энергии электрона и изменения его потенциальной энергии при перемещении в электростатическом поле);
2) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ (с указанием единиц измерения). При этом допускается решение "по частям" (с промежуточными вычислениями).</td><td align="center">3</td></tr>
<tr><td>Представленное решение содержит п.1 полного решения, но и имеет <u>один</u> из следующих недостатков:
— В <u>необходимых</u> математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка.
 ИЛИ — Необходимые математические преобразования и вычисления логически верны, не содержат ошибок, но не закончены.
 ИЛИ — Не представлены преобразования, приводящие к ответу, но записан правильный числовой ответ или ответ в общем виде.
 ИЛИ </td><td align="center">2</td></tr>
</table>

— Решение содержит ошибку в необходимых математических преобразованиях и не доведено до числового ответа.	
Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев: — Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа. ИЛИ — В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ — В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	0

РАБОТА 1

С6 Дано:

$\lambda_0 = 290$ нм

$U = 1,9$ В

$\lambda - ?$

Запишем уравнение Эйнштейна:

$\frac{hc}{\lambda} = A_{вых} + \frac{mv^2}{2}$; $A_{вых}$ — работа выхода

$\frac{mv^2}{2}$ — кинетическая энергия.

$A_{вых} = \frac{hc}{\lambda_0}$; $\frac{mv^2}{2} = U \cdot e$

$\Downarrow$

$A_{вых} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^{8}}{3,9 \cdot 10^{-7} \cdot \cancel{3,04 \cdot 10^{-19}}} = \cancel{3,04 \cdot 10^{-19}}$ ~~Дж~~

$eU = 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 1,9 = 3,04 \cdot 10^{-19}$ Дж

$\frac{hc}{\lambda} = 6,86 \cdot 10^{-19} + 3,04 \cdot 10^{-19} = 9,9 \cdot 10^{-19}$ Дж

$\lambda = \frac{6,63 \cdot 10^{-34}}{9,9 \cdot 10^{-19}} = 2 \cdot 10^{-7}$ м

Ответ: $2 \cdot 10^{-7}$ м

РАБОТА 2

С6. Решение:

$h\nu = A_B + eU$

$h\frac{c}{\lambda} = A_B + eU$

$A_B = h\frac{c}{\lambda_{kp}}$

$h\frac{c}{\lambda_{kp}} = -eU + h\frac{c}{\lambda_0}$

$\lambda_{kp} = \frac{hc}{h\frac{c}{\lambda_0} - eU} = \frac{6{,}626\cdot10^{-34}\,Дж\cdot c\;3\cdot10^{8}\,м/с}{\frac{6{,}626\cdot10^{-34}\,Дж\cdot c\;3\cdot10^{8}\,м/с}{200\cdot10^{-9}\,м} - 1{,}6\cdot10^{-19}\cdot1{,}9В} =$

$= 7{,}8\cdot10^{-9}\,м.$

РАБОТА 3

С6: Дано

$\lambda_{kp} = 290нм$

$U = 1{,}9В$

λ

Решение

$\frac{m\upsilon^2}{2} = h\nu - A$

$\lambda = \frac{h\nu}{A}$

$\nu = \frac{\upsilon}{\lambda} \Rightarrow \frac{c}{\lambda} = \nu$; $\nu = \frac{3\cdot10^{8}}{290\frac{10^{-9}}{10}} = 0{,}01\cdot10^{7}Гц = 1\cdot10^{7}Гц$

~~$290\cdot10^{-9}м = 6{,}6$~~.

$A = \frac{\nu h}{\lambda} = \frac{10^{7}Гц\cdot6{,}6\cdot10^{-34}}{290\cdot10^{-9}} = 0{,}022\cdot10^{-16}$

РАБОТА 4

С6. Запишем уравнение Эйн...

$h\frac{c}{\lambda} = h\frac{c}{\lambda_0} + eU_3$;

$\frac{1}{\lambda} = \frac{1}{\lambda_0} + \frac{eU_3\cdot h}{c}$; $\frac{1}{\lambda} = \frac{1}{290нм} + \frac{1{,}6\cdot10^{-19}Кл\cdot1{,}9В\cdot6{,}6\cdot10^{-34}\,Дж\,с}{3\cdot10^{8}\,\frac{м}{с}}$

~~$\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{290нм}$~~ $+$ $h\frac{c}{\lambda} = 0{,}07\cdot10^{-14} +$

РАБОТА 5

C6. $\lambda_0 = 290$ нм
$U = 1,9$ В
$q = 1,9 \cdot 10^{-19}$ Кл
λ - ?

$h\nu = A_{вых} + \frac{mv^2}{2}$

$A_{вых} = \frac{hc}{\lambda_0}$; $\nu = \frac{c}{\lambda}$

$\frac{mv^2}{2} = eU_з$

$\frac{hc}{\lambda} = \frac{hc}{\lambda_0} + eU_з$

$\lambda = \frac{hc}{\frac{hc}{\lambda_0} + eU_з}$

$$\lambda = \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^{8}}{\frac{6,6 \cdot 10^{-34}}{290 \cdot 10^{-9}} + 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 1,9} = \frac{6,6 \cdot 10^{-26} \cdot 3}{10^{-19}\left(\frac{6,6 \cdot 10^{-6}}{290} + 1,6 \cdot 1,9\right)} =$$

$$= \frac{19,8 \cdot 10^{-7}}{(3,04 + 0,022 \cdot 10^{-6})} = 6,51 \cdot 10^{-7}\ м = \underline{651\ нм}$$

$m_{od} = \frac{4\pi R^2 M_1}{S_1}$; $R = \sqrt{\frac{M S_1}{4\pi M_1}}$

Ответ: 93,13 нм

РАБОТА 6

C6 $h\frac{c}{\lambda_0} = A_{вых}$, так как при $\lambda = \lambda_0$ электроны с пластины не выбиваются, точнее, выбиваются, но с начальной скоростью, равной 0.

$q_{\bar{e}} U_{зап} = E_{кин}$, так как работа по торможению электронов равна потере кинетической энергии. При $U = U_{зап}$ она теряется полностью

По закону сохранения энергии для фотоэффекта (уравнение Эйнштейна), получим $h\frac{c}{\lambda} = h\frac{c}{\lambda_0} + q_{\bar{e}} U_{зап}$; $\lambda = \frac{hc}{\frac{hc}{\lambda_0} + q_{\bar{e}} U_{зап}}$

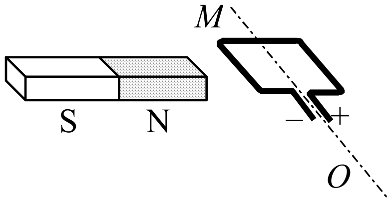
$$[\lambda] = [м] = \left[\frac{Дж \cdot с \cdot м/с}{\frac{Дж \cdot с \cdot м}{с \cdot м} + Кл \cdot В}\right] = \left[\frac{Дж \cdot м}{Дж}\right] = [м]$$

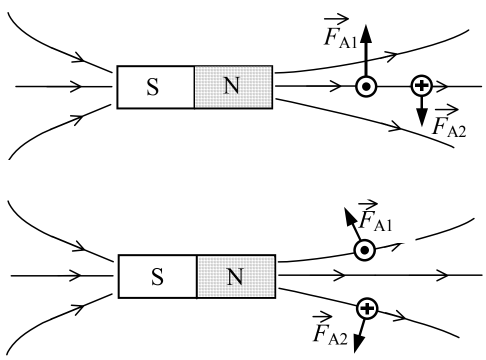
$$\lambda = \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^{8}}{\frac{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^{8}}{290 \cdot 10^{-9}} + 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 1,9} \approx 201\ (нм)$$

Ответ: 201 нм

ЧАСТЬ 2
Оценивание экзаменационных работ

C1 Рамку с постоянным током удерживают неподвижно в поле полосового магнита (см. рисунок). Полярность подключения источника тока к выводам рамки показана на рисунке. Как будет двигаться рамка на неподвижной оси *MO*, если рамку не удерживать? Ответ поясните, указав, какие физические закономерности вы использовали для объяснения. Считать, что рамка испытывает небольшое сопротивление движению со стороны воздуха.

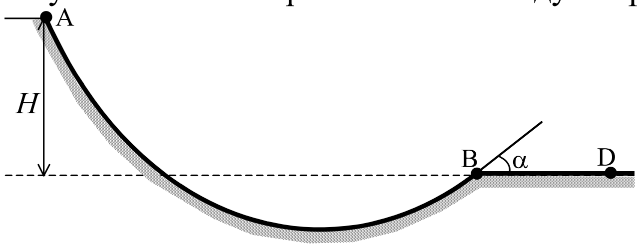


Образец возможного решения	
1) Ответ: Рамка повернется по часовой стрелке и встанет перпендикулярно оси магнита так, что контакт «+» окажется внизу. 2) Рассмотрим сечение рамки плоскостью рисунка в условии задачи. В исходном положении в левом звене рамки ток направлен к нам, а в правом – от нас. На левое звено рамки действует сила Ампера $\vec{F}_{A1}$, направленная вверх, а на правое звено – сила Ампера $\vec{F}_{A2}$, направленная вниз. Эти силы разворачивают рамку на неподвижной оси *MO* по часовой стрелке (см. рисунок). 3) Рамка устанавливается перпендикулярно оси магнита так, что контакт «+» оказывается внизу. При этом силы Ампера $\vec{F}_{A1}$ и $\vec{F}_{A2}$ обеспечивают равновесие рамки на оси *MO* (см. рисунок).	

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае – п.1), и полное верное объяснение (в данном случае – п.2–3) с указанием наблюдаемых явлений (*магнитное поле полосового магнита, действие магнитного поля на проводник с током*) и законов (в данном случае – *определение направления силы Ампера*).	3
Приведено решение и дан верный ответ, но имеется один из следующих недостатков: — В объяснении содержатся лишь общие рассуждения без привязки к конкретной ситуации задачи, хотя указаны все необходимые физические явления и законы. ИЛИ — Рассуждения, приводящие к ответу, представлены не в полном объеме или в них содержатся логические недочеты. ИЛИ — Указаны не все физические явления и законы, необходимые для полного правильного решения.	2
Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев:	1

— Приведены рассуждения с указанием на физические явления и законы, но дан неверный или неполный ответ. ИЛИ — Приведены рассуждения с указанием на физические явления и законы, но ответ не дан. ИЛИ — Представлен только правильный ответ без обоснований.	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	0

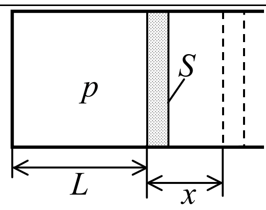
C2 Шайба массой m начинает движение по желобу AB из точки A из состояния покоя. Точка A расположена выше точки B на высоте $H = 6$ м. В процессе движения по желобу механическая энергия шайбы из-за трения уменьшается на $\Delta E = 2$ Дж. В точке B шайба вылетает из желоба под углом $\alpha = 15°$ к горизонту и падает на землю в точке D, находящейся на одной горизонтали с точкой B (см. рисунок). BD = 4 м. Найдите массу шайбы m. Сопротивлением воздуха пренебречь.



Образец возможного решения
1) Скорость шайбы в точке B определяется из баланса ее энергии в точках A и B с учетом потерь на трение: $\frac{m\upsilon^2}{2} = m\mathrm{g}H - \Delta E$. Отсюда $\upsilon^2 = 2\mathrm{g}H - \frac{2\Delta E}{m}$. 2) Время полета шайбы из точки B в точку D: $y = \upsilon \sin\alpha \cdot t - \frac{\mathrm{g}t^2}{2} = 0$, где y – вертикальная координата шайбы в системе отсчета с началом координат в точке B. Отсюда $t = \frac{2\upsilon \sin\alpha}{\mathrm{g}}$. 3) Дальность полета BD определяется из выражения для горизонтальной координаты шайбы в той же системе отсчета: $\mathrm{BD} = \upsilon \cos\alpha \cdot t = \frac{\upsilon^2}{\mathrm{g}} \sin 2\alpha$. 4) Подставляя в выражение для BD значение υ^2, получаем $BD = 2\left(H - \frac{\Delta E}{mg}\right)\sin 2\alpha$. 5) Отсюда масса шайбы: $m = \frac{\Delta E}{g\left(H - \frac{BD}{2\sin 2\alpha}\right)}$. Ответ: $m = 0{,}1$ кг.

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы: 1) правильно записаны формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном решении — *закон сохранения энергии и формулы кинематики свободного падения*); 2) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ (с указанием единиц измерения). При этом допускается решение "по частям" (с промежуточными вычислениями).	3
Представленное решение содержит п.1 полного решения, но и имеет один из следующих недостатков: — В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка. ИЛИ — Необходимые математические преобразования и вычисления логически верны, не содержат ошибок, но не закончены. ИЛИ — Не представлены преобразования, приводящие к ответу, но записан правильный числовой ответ или ответ в общем виде. ИЛИ — Решение содержит ошибку в необходимых математических преобразованиях и не доведено до числового ответа.	2
Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев: — Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа. ИЛИ — В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ — В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	0

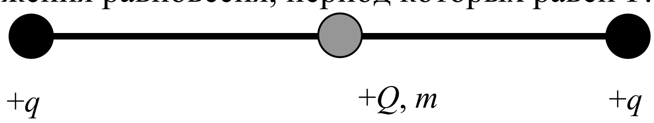
C3 В горизонтальном цилиндрическом сосуде, закрытом поршнем, находится одноатомный идеальный газ. Первоначальное давление газа $p_1 = 4 \cdot 10^5$ Па. Расстояние от дна сосуда до поршня равно L. Площадь поперечного сечения поршня $S = 25$ см^2. В результате медленного нагревания газ получил количество 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 величиной $F_{тр} = 3 \cdot 10^3$ Н. Найдите L. Считать, что сосуд находится в вакууме.

<table>
<tr><th colspan="2">Образец возможного решения</th></tr>
<tr><td colspan="2">


1) Поршень будет медленно двигаться, если сила давления газа на поршень и сила трения со стороны стенок сосуда уравновесят друг друга: $p_2 S = F_{тр}$,
откуда $p_2 = \dfrac{F_{тр}}{S} = 12 \cdot 10^5$ Па $> p_1$.
2) Поэтому при нагревании газа поршень будет неподвижен, пока давление газа не достигнет значения p_2. В этом процессе газ получает количество теплоты Q_{12}. Затем поршень будет сдвигаться, увеличивая объем газа, при постоянном давлении. В этом процессе газ получает количество теплоты Q_{23}.
3) В процессе нагревания, в соответствии с первым началом термодинамики, газ получит количество теплоты:
$Q = Q_{12} + Q_{23} = (U_3 - U_1) + p_2 Sx = (U_3 - U_1) + F_{тр}x.$
4) Внутренняя энергия одноатомного идеального газа:
$U_1 = \dfrac{3}{2}\nu RT_1 = \dfrac{3}{2}p_1 SL$ в начальном состоянии,
$U_3 = \dfrac{3}{2}\nu RT_3 = \dfrac{3}{2}p_2 S(L+x) = \dfrac{3}{2}F_{тр}(L+x)$ в конечном состоянии.
5) Из пп. 3, 4 получаем $L = \dfrac{Q - \frac{5}{2}F_{тр}x}{\frac{3}{2}(F_{тр} - p_1 S)}$. Ответ: $L = 0{,}3$ м.
</td></tr>
<tr><th>Критерии оценки выполнения задания</th><th>Баллы</th></tr>
<tr><td>Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:
1) правильно записаны формулы, выражающие физические законы, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном решении — выражение для внутренней энергии одноатомного идеального газа, уравнение Клапейрона–Менделеева, выражение для работы газа и первое начало термодинамики);
2) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ(с указанием единиц измерения). При этом допускается решение "по частям" (с промежуточными вычислениями).</td><td>3</td></tr>
<tr><td>Представленное решение содержит п.1 полного решения, но и имеет <u>один</u> из следующих недостатков:
— В <u>необходимых</u> математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка.</td><td>2</td></tr>
</table>

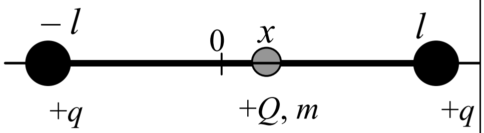
ИЛИ — Необходимые математические преобразования и вычисления логически верны, не содержат ошибок, но не закончены. ИЛИ — Не представлены преобразования, приводящие к ответу, но записан правильный числовой ответ или ответ в общем виде. ИЛИ — Решение содержит ошибку в необходимых математических преобразованиях и не доведено до числового ответа.	
Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев: — Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа. ИЛИ — В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ — В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	0

C4 По гладкой горизонтальной направляющей длины $2l$ скользит бусинка с положительным зарядом $Q > 0$ и массой m. На концах направляющей находятся положительные заряды $q > 0$ (см. рисунок). Бусинка совершает малые колебания относительно положения равновесия, период которых равен T.



Чему будет равен период колебаний бусинки, если ее заряд увеличить в 2 раза?

Образец возможного решения



При небольшом смещении x ($|x| \ll l$) бусинки от положения равновесия на нее действует возвращающая сила:

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

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

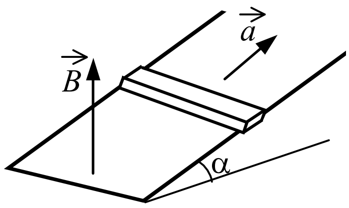
пропорциональная смещению x. Ускорение бусинки, в соответствии со вторым законом Ньютона, $ma=-k\frac{4qQ}{l^3}x$, пропорционально смещению.

При такой зависимости ускорения от смещения бусинка совершает гармонические колебания, период которых $T=\pi\sqrt{\frac{m}{kqQ}l^3}$. При увеличении заряда бусинки $Q_1=2Q$ период колебаний уменьшится: $\frac{T_1}{T}=\sqrt{\frac{Q}{Q_1}}=\frac{1}{\sqrt{2}}$. Ответ: $T_1=\frac{T}{\sqrt{2}}$.

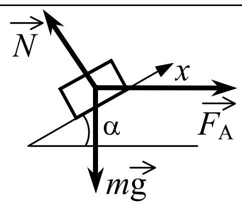
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы: 1) правильно записаны формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном решении – *закон Кулона, второй закон Ньютона, взаимосвязь циклической частоты и периода колебаний, связь ускорения со смещением в гармонических колебаниях);* 2) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ; при этом допускается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями).	3
Представленное решение содержит п.1 полного решения, но и имеет один из следующих недостатков: — В необходимых математических преобразованиях допущена ошибка. ИЛИ — Необходимые математические преобразования логически верны, не содержат ошибок, но не закончены. ИЛИ — Не представлены преобразования, приводящие к ответу, но записан правильный ответ в общем виде. ИЛИ — Решение содержит ошибку в необходимых математических преобразованиях и не доведено до ответа.	2
Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев: — Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа. ИЛИ — В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая	1

для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ — В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	0

C5



Горизонтальный проводящий стержень прямоугольного сечения поступательно движется с ускорением вверх по гладкой наклонной плоскости в вертикальном однородном магнитном поле (см. рисунок). По стержню протекает ток I. Угол наклона плоскости $\alpha = 30°$. Отношение массы стержня к его длине $\frac{m}{L} = 0{,}1$ кг/м. Модуль индукции магнитного поля $B = 0{,}2$ Тл. Ускорение стержня $a = 1{,}9$ м/с^2. Чему равна сила тока в стержне?

Образец возможного решения	
1) На рисунке показаны силы, действующие на стержень с током: – сила тяжести $m\mathbf{g}$, направленная вертикально вниз; – сила реакции опоры $\boldsymbol{N}$, направленная перпендикулярно к наклонной плоскости; – сила Ампера $\boldsymbol{F}_A$, направленная горизонтально вправо, что вытекает из условия задачи.  2) Модуль силы Ампера $F_A = IBL$, где L – длина стержня. 3) Систему отсчета, связанную с наклонной плоскостью, считаем инерциальной. Для решения задачи достаточно записать второй закон Ньютона в проекциях на ось x (см. рисунок): $ma_x = -mg\sin\alpha + IBL\cos\alpha$, где m – масса стержня. Отсюда находим $I = \frac{m}{L}\frac{(a_x + g\sin\alpha)}{B\cos\alpha}$. Ответ: $I \approx 4$ А.	
Критерии оценки выполнения задания	**Баллы**
Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы: 1) правильно записаны формулы, выражающие физические законы, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном решении — *выражение для силы Ампера и второй закон Ньютона*); 2) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ (с указанием единиц измерения). При этом допускается	3

решение "по частям" (с промежуточными вычислениями).	
Представленное решение содержит п.1 полного решения, но и имеет <u>один</u> из следующих недостатков: — В <u>необходимых</u> математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка. ИЛИ — Необходимые математические преобразования и вычисления логически верны, не содержат ошибок, но не закончены. ИЛИ — Не представлены преобразования, приводящие к ответу, но записан правильный числовой ответ или ответ в общем виде. ИЛИ — Решение содержит ошибку в необходимых математических преобразованиях и не доведено до числового ответа.	2
Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев: — Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа. ИЛИ — В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ — В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	0

C6 Фотон с длиной волны, соответствующей красной границе фотоэффекта, выбивает электрон из металлической пластинки (катода) сосуда, из которого откачан воздух. Электрон разгоняется однородным электрическим полем напряженностью $E = 5\cdot10^4$ В/м. До какой скорости электрон разгонится в этом поле, пролетев путь $S = 5\cdot10^{-4}$ м? Релятивистские эффекты не учитывать.

Образец возможного решения
Начальная скорость вылетевшего электрона $\upsilon_0 = 0$. Формула, связывающая изменение кинетической энергии частицы с работой силы со стороны электрического поля: $A = \dfrac{m\upsilon^2}{2}$. Работа силы связана с напряженностью поля и пройденным путем: $A = FS = eES$.

Отсюда $\upsilon^2 = \dfrac{2eES}{m}$, $\upsilon = \sqrt{\dfrac{2eES}{m}}$. Ответ: $\upsilon \approx 3\cdot 10^6$ м/с.	
Критерии оценки выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы: 1) правильно записаны формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном решении — *уравнение Эйнштейна для фотоэффекта, формулы для изменения кинетической энергии частицы и для работы силы электрического поля*); 2) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ (с указанием единиц измерения). При этом допускается решение "по частям" (с промежуточными вычислениями).	3
Представленное решение содержит п.1 полного решения, но и имеет один из следующих недостатков: — В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка. ИЛИ — Необходимые математические преобразования и вычисления логически верны, не содержат ошибок, но не закончены. ИЛИ — Не представлены преобразования, приводящие к ответу, но записан правильный числовой ответ или ответ в общем виде. ИЛИ — Решение содержит ошибку в необходимых математических преобразованиях и не доведено до числового ответа.	2
Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев: — Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа. ИЛИ — В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ — В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	0

РАБОТА 1

С1. Если рамку не удерживать, то она под действием силы Ампера повернется ~~про~~ против часовой стрелки (глядя от нас). Поскольку линии магнитной индукции выходят северного полюса магнита и входят в южный, то, используя правило правой руки для линейного проводника, выясним, что сила Ампера будет направлена вниз. Но когда рамка повернётся другой стороной, и у магнита окажется та часть проводника, где ток течёт в противоположном направлении, опять под действием силы Ампера рамка повернется в другую сторону по часовой стрелке. Но поскольку ещё рамка испытывает небольшое сопротивление движению со стороны воздуха, то она остановится в положении, где та часть рамки, в которой ток течёт к нам, будет внизу

Ответ Под действием силы Ампера рамка повернется против часовой стрелки (глядя от нас) и остановится в положении, совершив оборот на 90°.

С2. Дано:

$H = 6$ м

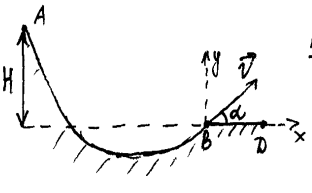
$\Delta E = 2$ Дж

$\alpha = 15°$

$BD = 4$ м

$m - ?$

Решение:



Используем закон сохранения энергии для шайбы:

$$\frac{mv_0^2}{2} + mgH = \frac{mv^2}{2} + mgh + A, \text{ т.к. } v_0 = 0 \text{ и } h = 0, \text{ то.}$$

$$mgH = \frac{mv^2}{2} + A, \text{ где } A = \Delta E.$$

$$mgH - \frac{mv^2}{2} = A,$$

$$m\left(gH - \frac{v^2}{2}\right) = A, \quad m = \frac{A}{gH - \frac{v^2}{2}}.$$

$$BD = S_x = v_x t = v\cos\alpha\, t \quad (1)$$

$$S_y = v_y t - \frac{gt^2}{2} = 0, \quad v\sin\alpha\, t = \frac{gt^2}{2}, \quad t = \frac{2v\sin\alpha}{g} \quad (2), \text{ подставим в (1):}$$

$$S_x = v\cdot\cos\alpha\cdot\frac{2v\sin\alpha}{g} = 2\sin\alpha\cos\alpha\frac{v^2}{g} = \frac{\sin 2\alpha\, v^2}{g}, \text{ откуда } v = \sqrt{\frac{gS_x}{\sin 2\alpha}}$$

$$m = \frac{A}{gH - \frac{gS_x}{2\sin 2\alpha}} = \frac{A}{g\left(H - \frac{S_x}{2\sin 2\alpha}\right)}. \quad m = \frac{2\text{ Дж}}{10\text{ м/с}^2\,(6\text{ м} - 4\text{ м})} = 0{,}1 \text{ кг.}$$

Ответ: $m = 0{,}1$ кг

см. на обороте:

При недостатке места для ответа используйте оборотную сторону бланка

C5. Дано:

$\alpha = 30°$

$\frac{m}{L} = 0{,}1$ кг/м

$B = 0{,}2$ Тл

$a = 1{,}9$ м/с²

I - ?

Решение:

$F_A = BIL \cos\beta$, $\beta = \frac{\pi}{2} - \alpha$ поэтому $F_A = BIL \sin\alpha$

с другой стороны, $F = ma$ по третьему закону Ньютона:

$$ma = BIL \sin\alpha,$$

$$I = \frac{ma}{BL\sin\alpha}, \quad I = \frac{0{,}1\,\frac{кг}{м} \cdot 1{,}9\,м/с^2}{0{,}2\,Тл \cdot 0{,}5} = 1{,}9\ A.$$

Ответ: $I = 1{,}9$ A

C6. Дано:

$E = 5 \cdot 10^4$ В/м

$S = 5 \cdot 10^{-4}$ м

v - ?

$m_e = 9{,}1 \cdot 10^{-31}$ кг

$e = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ Кл

Решение:

$A = q\,\Delta\varphi = qEd$. Также $A = E_к = \frac{mv^2}{2}$

$$qEd = \frac{mv^2}{2},$$

$$v = \sqrt{\frac{2qEd}{m}},$$

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19}\,Кл \cdot 5 \cdot 10^4\,В/м \cdot 5 \cdot 10^{-4}\,м}{9{,}1 \cdot 10^{-31}\,кг}} \approx 2{,}965 \cdot 10^6\,м/с \approx 3\,\frac{Мм}{с}$$

Ответ: $v \approx 3 \cdot 10^6$ м/с.

C3.

Дано:	СИ:
$p_1 = 4 \cdot 10^5$ Па	
$S = 25$ см²	$25 \cdot 10^{-4}$ м²
$Q = 1{,}65$ кДж	1650 Дж
$x = 10$ см	0,1 м
$F_{тр} = 3 \cdot 10^3$ Н	
L - ?	

Решение:

$A_{F_{тр}} = F_{тр}\,x = 300$ Дж.

$\Delta U = Q - A_{F_{тр}} = 1350$ Дж.

$\Delta U = \frac{3}{2}\nu R \Delta T$

$p_1 V_1 = \nu R T_1$, $p_2 V_2 = \nu R T_2$,

$T_1 = \frac{p_1 V_1}{\nu R}$, $T_2 = \frac{p_2 V_2}{\nu R}$,

$\Delta T = T_2 - T_1 = \frac{1}{\nu R}(p_2 V_2 - p_1 V_1)$.

$\Delta U = \frac{3}{2}(p_2 V_2 - p_1 V_1) = \frac{3}{2} S\,(p_2(L + 0{,}1) - p_1 L)$.

РАБОТА 2

C_2

$mgh = \frac{mv^2}{2} + \Delta E$

$BD = v\cos\alpha t$

$0 = v\cdot\sin\alpha t - \frac{gt^2}{2}$

$\frac{gt}{2} = v\sin\alpha$

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

$BD = \frac{v^2 2\sin\alpha}{g}$

$v = \sqrt{\frac{BD\cdot g}{\sin 2\alpha}}$ $\quad v = \sqrt{\frac{4\cdot 10}{\sin 2\cdot 15^\circ}} = \sqrt{\frac{40}{1/2}} = \sqrt{80}$ (м/с)

$mgH = \frac{mv^2}{2} + \Delta E$

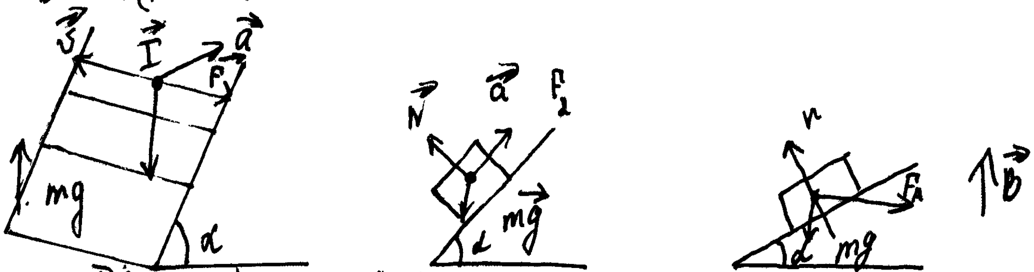
$m(gH - \frac{v^2}{2}) = \Delta E$

$m = \frac{\Delta E}{gH - \frac{v^2}{2}} = \frac{2}{10\cdot 6 - \frac{80}{2}} = \frac{2}{60-40} = \frac{2}{20} = 0{,}1$ кг

Ответ: $m = 0{,}1$ кг или 100 г

C_5 Общая формула ЭДС индукции в движущемся проводнике

$(\mathcal{E}) = vBl\sin(180^\circ - \alpha) = vBl\cos\alpha$



$ma = IlB\sin\alpha_1 - mg\cdot\sin\alpha_2$

$F_A = IlB\sin\alpha_1$

Смотрите на след. стороне.

При недостатке места для ответа используйте оборотную сторону бланка

$$\begin{cases} ma = I\ell B \sin\alpha_1 - mg\sin\alpha_2 \\ N = mg\cos\alpha;\ \alpha_1 = 60^\circ;\ \alpha_2 = 30^\circ \end{cases}$$

$$I = \frac{ma + g\sin\alpha_2}{\ell B\sin\alpha_1} = 0{,}1\cdot\frac{(1{,}9 + 10\cdot 0{,}5)}{0{,}2\cdot\frac{\sqrt{3}}{2}} = 4A$$

C_6 $m\vec{a} = q_1\vec{E} + m\vec{g}$ $E = 5\cdot 10^4$ В/м

$mg \ll q\vec{E} \Rightarrow$ $m = 9{,}1\cdot 10^{-31}$ кг

$m\vec{a} = q_1\vec{E}$ $e = 1{,}6\cdot 10^{-19}$ Кл

$q_1 = e$ $S = 5\cdot 10^{-4}$ м

$ma = q_1 E$

$S = \frac{at^2}{2};\ a = \frac{v^2}{2S}$

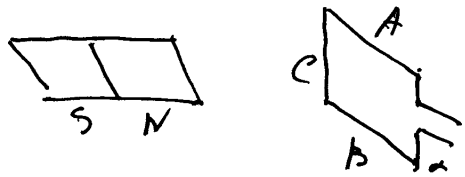
$m\frac{v^2}{2S} = q_1 E$ $v^2 = \frac{2SqE}{m} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2SeE}{m}} = 3\cdot 10^4$ м/с

C_1 В рамке течет ток и она находится в магнитном поле, поэтому на неё действует сила ~~тока~~ Ампера.

Используя правило левой руки находим направления сил, действующих на стороны рамки A и B.

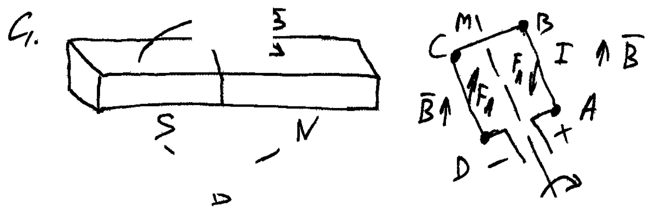
Сторону C не рассматриваем, так как она паралельна линии магнитной индукции и сил Ампера на него не действ. действующая на сторону A сила Ампера $\vec{F}_{A_1}$ направлена вверх. Сила Ампера, действует на сторону B, F_{A_2} вниз.

В результате рамка примет положение вертикальное



РАБОТА 3

C1.



ток течёт от „+" к „-"

Вектор $\overline{B}$ направлен от S к N в магните в середине рамки, $\overline{B}$ направлен перпендикулярно плоскости рамки вверх (правило буравчика). Сторона AB рамки будет двигаться вниз, так как на неё действует сила Ампера, направленная вниз (определено по правилу левой руки). DC движется вверх, $\overline{F_A} \uparrow \Rightarrow$ рамка будет поворачиваться по часовой стрелке.

C2. $H = 6$ м ; $\alpha = 15°$

$\Delta E = 2$ Дж ; $BD = 4$ м

$m - ?$

Начальная энергия шайбы mgH, в точке B шайба имеет энергию $\frac{m v^2}{2}$.

Из закона сохранения энергии $mgH = \frac{m v^2}{2}$.

Учитывая ΔE: $mgH = \frac{m v^2}{2} + \Delta E \Rightarrow v^2 = \frac{2(mgH - \Delta E)}{m}$

При движении тела под углом к горизонту дальность полета вычисляем по формуле:

$l = \frac{v^2}{g} \sin 2\alpha \Rightarrow v^2 = \frac{lg}{\sin 2\alpha}$; $l = BD$.

приравниваем: $\frac{2(mgH - \Delta E)}{m} = \frac{lg}{\sin 2\alpha}$.

$\frac{2(m \cdot 10 \cdot 6 - 2)}{m} = \frac{4 \cdot 10}{\sin 30°}$

$\frac{2(60m - 2)}{m} = 80$,

$120m - 4 = 80m$

$40m = 4$

$m = 0{,}1$ кг $= 100$ г. Ответ: 100 г. см. на обороте →

При недостатке места для ответа используйте оборотную сторону бланка

С3. $p_1 = 4\cdot10^5$ Па

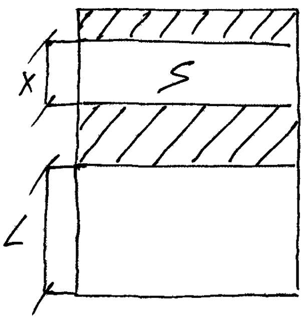
$S = 25$ см^2 $= 25\cdot10^{-4}$ м^2

$Q = 1{,}65$ кДж $= 1650$ Дж

$x = 10$ см $= 0{,}1$ м

$F_{тр} = 3\cdot10^3$ Н.

L – ?



В результате нагревания газ расширился на объем

$\Delta V = x\cdot S = 0{,}1\cdot 25\cdot10^{-4} = 25\cdot10^{-5}$ м^3

первоначальный объем $V_1 = L\cdot S$, конечный объем: $V_2 = (L+x)S$

I закон термодинамики: $Q = \Delta U + A$

A – работа газа $= A_{тр}$ (равна работе сил трения)

$A_{тр} = F_{тр}\cdot x$

$\Delta U = \frac{3}{2}\nu R\Delta T$

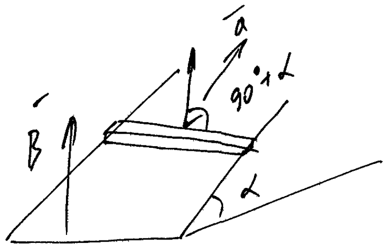
С5. $\alpha = 30^\circ$

$\frac{m}{L} = 0{,}1$ кг/м

$B = 0{,}2$ Тл

$a = 1{,}9$ м/с^2

I – ?



На стержень действует сила Ампера $F_A = IBL(\sin 90^\circ+\alpha) =$

$= IBL\cos\alpha$; по II закону Ньютона $F_A = ma$

$ma = IBL\cos\alpha$

$$I = \frac{ma}{BL\cdot\cos\alpha} = \frac{m}{L}\cdot\frac{a}{B\cos\alpha}$$

$$I = 0{,}1\,\frac{1{,}9}{0{,}2\cos 30^\circ} \simeq 1{,}1\ A$$

Ответ: 1,1 А.

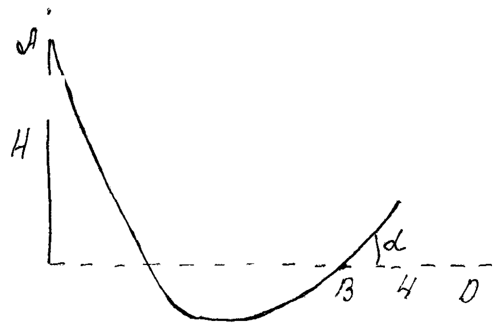
С6. $E = 5\cdot10^4$ В/м, $S = 5\cdot10^{-4}$ м, v – ?

РАБОТА 4

C_2

Дано:
$H = 6$ м
ΔE 2 Дж
$\alpha = 15^\circ$
$BD = 4$ м

m - ?



$E_p = \Delta E + E_k$

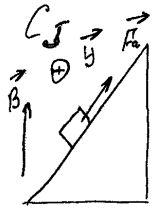
$E_p = mgH \quad E_k = \frac{m v_0^2}{2}$

$BD = S = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g} \Rightarrow v_0^2 = \frac{g \cdot BD}{\sin 2\alpha} \quad E_k = \frac{mg \cdot BD}{2\sin 2\alpha}$

$mgH = \Delta E + \frac{mg \cdot BD}{2\sin 2\alpha} \Rightarrow m = \frac{\Delta E}{gH - \frac{g \cdot BD}{2\sin 2\alpha}} = \frac{2}{10 \cdot 6 - \frac{10 \cdot 4}{2 \cdot \frac{1}{2}}} = 0,1 (кг)$

Ответ: 0,1 кг.

C_3



угол между B и J равен 90° $\Rightarrow F_a = BJL$ (1)

По II закону Ньютона

$m\vec{a} = \vec{N} + m\vec{g} + \vec{F}_a$

$Ox: \; ma = F_a - mg\sin\alpha$ (2)

$Oy: \; N = mg\cos\alpha = 0$ (3)

подставляем (1) → (2)

$ma = BJL - mg\sin\alpha$

$BJL = ma + mg\sin\alpha$

$BJL = m(a + g\sin\alpha) \Rightarrow J = \frac{m(a + g\sin\alpha)}{BL} = \frac{m}{AL} \cdot \frac{(a + g\sin\alpha)}{B} = 0,1\left(\frac{1,9 + 10 \cdot 0,5}{0,2}\right) = 3,45 (A)$

Ответ: 3,45 (A)

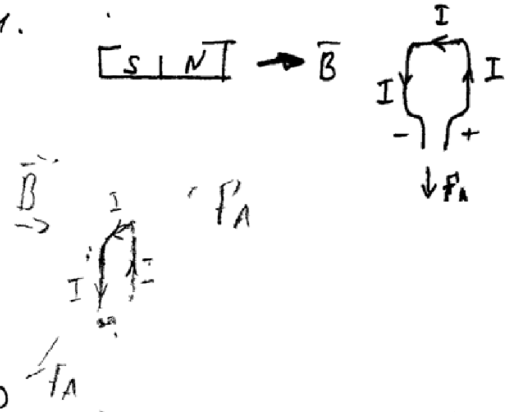
см на обороте.

При недостатке места для ответа используйте оборотную сторону бланка

см на обороте

РАБОТА 5

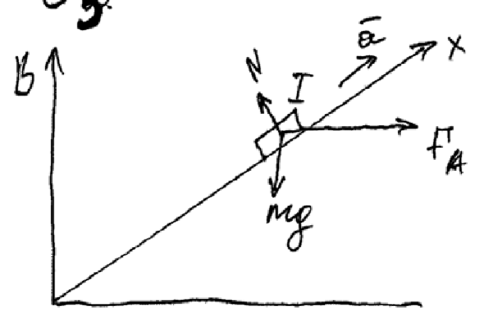
С1.



Постоянный магнит создает магнитное поле с индукцией направленной как показано на рис. На рамку ~~б~~ будет -твовать ~~~~ пара сил Ампера по величине равных IBl. Напрев. F_A связ. с напр. тока и индукцией правилом левой руки.

Рамка устан. ~~~~ перпендикулярно вектору индукции и остановится если она легкая.

С5.



$$\bar{F}_A + \bar{N} + m\bar{g} = m\bar{a}$$

$$(x):\quad F_A \cos\alpha - mg\sin\alpha = ma$$

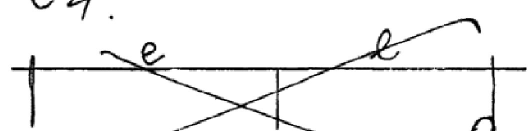
$$F_A = IBl$$

$$\cos\alpha \cdot IBl - mg\sin\alpha = ma$$

$$\cos\alpha \cdot IBl = m(g\sin\alpha + a)$$

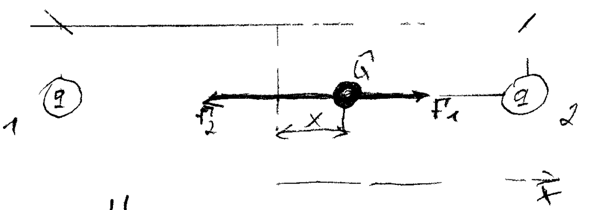
$$I = \frac{m(g\sin\alpha + a)}{LB\cos\alpha} = \frac{0{,}1\,(10\cdot 0{,}5 + 1{,}9)}{0{,}2\cdot 0{,}866} = 3{,}98\,A$$

С4.



При недостатке места для ответа используйте оборотную сторону бланка

см. на обороте.



Выведем бусину ~~из~~ из положения равновесия на малую величину x.

Тогда в проекции на ось x на бусину действует результирующая сила

$$F_x = F_1 - F_2 = k\frac{qQ}{(\ell+x)^2} =$$

$$= kqQ\,\frac{\ell^2 - 2x\ell - x^2 - \ell^2 - 2x\ell - x^2}{\ell^2 - x^2}$$

$$= -k\,\frac{qQ\,4x\ell}{\ell^2 - x^2}$$

$$F_x = -k\,\frac{qQ\,4x\ell}{\ell^3} = -\frac{kqQ\cdot 4}{\ell}x$$

⇓

Второй закон Ньютона

$$ma_x = F_x \Rightarrow ma_x = -k\frac{qQ\cdot 4}{\ell}x$$

$$a_x = -k\frac{qQ\cdot 4}{m\ell}\cdot x$$

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{kqQ\cdot 4}{m\ell}}; \quad T = 2\pi\sqrt{\frac{m\ell}{4kqQ}}$$

Если Q увеличить в 2 раза, то $T' = \frac{T}{\sqrt{2}} = 0,707T$

C3.

Поршень остановится когда $P_2 S = F_{тр}$

$$Q = \Delta U + A$$

$$\Delta U = \frac{3}{2}(p_2V_2 - p_1V_1) = \frac{3}{2}p_2(L+x)S - \frac{3}{2}p_1LS = \frac{3}{2}F_{тр}(L+x) -$$

$$-\frac{3}{2}p_1LS = \frac{3}{2}F_{тр}L + \frac{3}{2}F_{тр}x - \frac{3}{2}p_1LS = \frac{3}{2}(F_{тр}L + F_{тр}x - p_1LS) =$$

$$= \frac{3}{2}(L(F_{тр} - p_1S) + F_{тр}x)$$

$$A = F_{тр}x$$

$$Q = \frac{3}{2}L(F_{тр} - p_1S) + \frac{3}{2}F_{тр}x + F_{тр}x$$

$$Q = \frac{3}{2}L(F_{тр} - p_1S) + \frac{5}{2}F_{тр}x$$

$$L = \frac{Q - \frac{5}{2}F_{тр}x}{\frac{3}{2}(F_{тр} - p_1S)} = \frac{1650 - 2,5\cdot 3000\cdot 0,1}{1,5(3000 - 4\cdot 10^5\cdot 25\cdot 10^{-4})} = 0,3\text{ м}$$

С6.

Так же λ соответствует красной границе, электрон покидает металл с нулевой нач. ск-тью.

$$h\frac{c}{\lambda_{кр}} = A \Rightarrow W_к = 0$$

Затем он ускоряется в поле

$$qU = \frac{mv^2}{2}$$

$$qE\cdot S = \frac{mv^2}{2}$$

$$v = \sqrt{\frac{2qES}{m}} = \cancel{\sqrt{2\cdot 1{,}6\cdot 10^{-19}\cdot 5\cdot 10^{4}\cdot 10^{-4}}}$$

$$\sqrt{\frac{2\cdot 1{,}6\cdot 10^{-19}\cdot 5\cdot 10^{4}\cdot 5\cdot 10^{-4}}{9{,}1\cdot 10^{-31}}} = 2{,}96\cdot 10^{6}\ м/с$$

C_2. Дано:

$\Delta E = 2$ Дж

$x_{max} = 4$.

$H = 6$ м

$\alpha = 15^\circ$

m – ?

Решение:

1) Распишем движение шайбы по ЗСЭ из состояния покоя до отрыва от поверхности.

а) $mg(H+h) = \frac{mv_1^2}{2}$ (v_1 – скорость в нижней точке разгона; h – расстояние от прямой ВД до нижней точки разгона).

при этом тело теряет часть энергии ΔE.

б) $\frac{mv_1^2}{2} = mgh + \frac{mv_2^2}{2}$ (v_2 – скорость в момент отрыва).

при этом шайба опять же теряет оставшуюся часть энергии ΔE.

Сложив части энергий ΔE, мы получим ΔE:

$$\left(mg(H+h) - \frac{mv_1^2}{2}\right) - \left(\frac{mv_1^2}{2} - \left(mgh + \frac{mv_2^2}{2}\right)\right) = \Delta E$$

Преобразовав полученное выражение получаем:

$$\Delta E = m\left(gH - \frac{v_2^2}{2}\right). \quad (1) \quad m = \frac{\Delta E}{gH - \frac{v_2^2}{2}}$$

2) Из баллистики нам известна формула:

$$x_{max} = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$$

Подставив вместо v_0^2 v_2^2, мы получим:

$$v_2^2 = \frac{x_{max} \cdot g}{\sin 2\alpha} \quad (2)$$

3) (2) → (1):

$$m = \frac{\Delta E}{gH - \frac{x_{max} \cdot g}{2\sin 2\alpha}} = \frac{2}{10 \cdot 6 - \frac{4 \cdot 10}{2 \cdot 0{,}5}} = 0{,}1 \text{ (кг)}$$

Ответ: 0,1 кг.

C_3. Дано:

$F_{тр} = 3 \cdot 10^3$ Н

$p_1 = 4 \cdot 10^5$ Па

$S = 25 \cdot 10^{-4}$ м^2

$Q = 1650$ Дж

$\Delta x = 0{,}1$ м

L – ?

Решение:

1) Из уравнения Менделеева-Клапейрона в начальный момент времени:

$$p_1 S L = \frac{mRT_1}{M} \quad (1)$$

см. на обороте.

2) Из уравнения Менделеева - Клапейрона после нагревания:

$$\frac{p_2 S}{L+\Delta x} = \frac{m R T_2}{M} \quad (2)$$

3) Отнимем из формулы (2) формулу (1):

$$\frac{p_2 S}{L+\Delta x} - \frac{p_1 S}{L} = \frac{mR}{M}(T_2 - T_1) \quad (3)$$

4) Из уравнения теплового баланса:

$$Q = \Delta U + A' = \frac{3}{2}\frac{mR\Delta T}{M} + \frac{mR\Delta T}{M} = \frac{5}{2}\frac{mR}{M}(T_2 - T_1)$$

$$\frac{mR}{M}(T_2 - T_1) = \frac{2Q}{5} \quad (4)$$

5) (4) = (3):

$$\frac{p_2 S}{L+\Delta x} - \frac{p_1 S}{L} = \frac{2Q}{5} \quad (5)$$

6) $p_1 S + p_2 S = F_{тр}$

$$p_2 = \frac{F_{тр} - p_1 S}{S} = 8 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

7) Преобразуем формулу (5):

$$p_2 S L - p_1 S(L+\Delta x) = 0{,}4Q(L^2 + \Delta x \cdot L)$$

Подставив значение p_2, мы получим следующее квадратное уравнение: $660L^2 - 1066L - 100 = 0$

Решив его получим $L = 1{,}27$ м

Ответ: 1,27 м.

C6. Дано:

$E = 5 \cdot 10^{-4}$ В/м

$S = 5 \cdot 10^{-4}$ м

$v - ?$

Решение:

1) По II закону Ньютона:

$F_э = ma$

$qE = ma$

$$a = \frac{qE}{m} = 0{,}88 \cdot 10^8 \text{ м/с}^2$$

2) $$S = \frac{v^2 - v_0^2}{2a} = \frac{v^2}{2a} \quad (\text{т.к. } v_0 = 0)$$

$$v = \sqrt{2aS} = \sqrt{8{,}8 \cdot 10^4} = 300 \text{ (м/с)}$$

Ответ: 300 м/с.

C5. Дано:

$\alpha = 30^\circ$

$\frac{m}{L} = 0{,}1$ кг/м

$B = 0{,}2$ Тл

$a = 1{,}9$ м/с^2

I - ?

Решение:

1) По II закону Ньютона:

$$\vec{N} + \vec{F_A} + m\vec{g} = m\vec{a}$$

2) По правилу левой руки сила Ампера направлена в сторону ускорения, но не сонаправлена с ним.

Ось Ox направим по направлению ускорения, ось Oy в данной задаче не принципиальна.

$$\frac{F_A}{\cos\alpha} - mg\sin\alpha = ma$$

3) $$\frac{IBL}{\cos\alpha} - mg\sin\alpha = ma \quad / : m$$

$$\frac{IBL}{m\cos\alpha} - g\sin\alpha = a$$

$$\frac{IBL}{m\cos\alpha} = a + g\sin\alpha$$

$$IBL = m\cos\alpha(a + g\sin\alpha)$$

$$I = \frac{m}{L}\cdot\frac{\cos\alpha(a+g\sin\alpha)}{B} = 0{,}1\cdot\frac{0{,}866(1{,}9+10\cdot0{,}5)}{0{,}2} =$$

≈ 3(A).

Ответ: 3A.