



ОТРАСЛЕВАЯ
ОЛИМПИАДА
ШКОЛЬНИКОВ

Использовать только эту сторону листа,
обратная сторона не проверяется!

ШИФР

4 2 7 1 7

Класс 11 Вариант 1 Дата Олимпиады 03.02.19

Площадка написания МГТУ им. Баумана

Задача	1	2	3	4	5	6	Σ		Подпись
							Цифрой	Прописью	
Оценка	5	1	1	5	5	5	22	двадцать два	Евф

ШИФР

4	2	7	1	7
---	---	---	---	---

Дано: $A_{12} = 4,5 \text{ кДж}$, $T_1 = T_3$
 Найти: A ?
 Решение: 1) По условию процесс 1-2 адиабатный $\Rightarrow Q=0$
 по I закону термодинамики: $Q = \Delta U + A_{12}$
 Гелий - одноатомный газ.

$$0 = \Delta U_{12} + A_{12} \Rightarrow A_{12} = -\Delta U_{12}$$

$$A_{12} = -\frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_2) = \frac{3}{2} (\nu R T_1 - \nu R T_2)$$

$$\Rightarrow \nu R T_1 - \nu R T_2 = \frac{2}{3} A_{12} \quad (1)$$

2) По условию процесс 2-3 изобарный $\Rightarrow p = \text{const}$, по закону Гей-Люссака: $\frac{V}{T} = \text{const}$, $V_{23} > 0$, $T_{23} > 0$, $A_{23} > 0$

3) по уравнению Клапейрона-Менделеева: $pV = \nu R T$
 для гелия в состоянии 1 и 3:

$$p_1 V_1 = \nu R T_1 \quad (2)$$

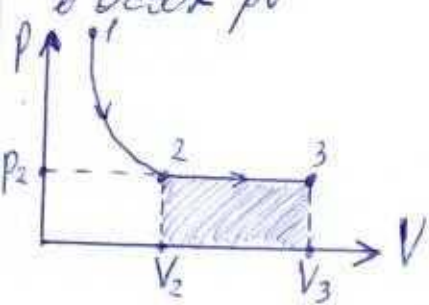
$$p_3 V_3 = \nu R T_3 \quad (3)$$

По условию $T_1 = T_3 \Rightarrow \nu R T_1 = \nu R T_3$, приравняем левые части уравнений (2) и (3): $p_1 V_1 = p_3 V_3$

$$\text{По условию } p_2 = p_3 \quad (4)$$

$$p_1 V_1 = p_2 V_3$$

4) Работа газа в процессе 2-3 A_{23} равна площади фигуры под графиком в осях pV



$$A_{23} = (p_2 - 0) \cdot (V_3 - V_2)$$

$$A_{23} = p_2 V_3 - p_2 V_2$$

$$\text{из (4)} \Rightarrow p_2 = p_3 \Rightarrow p_2 V_3 = p_3 V_3$$

по уравнению Клапейрона-Менделеева:

$$p_3 V_3 = \nu R T_3$$

$$p_2 V_2 = \nu R T_2$$

$$\Rightarrow A_{23} = \nu R T_3 - \nu R T_2 ; \text{ по усл. } T_1 = T_3 \Rightarrow A_{23} = \nu R T_1 - \nu R T_2 \quad (5)$$

$$\text{из (1)} \rightarrow (5) A_{23} = \frac{2}{3} A_{12}$$

$$A = A_{12} + A_{23} \Rightarrow A = A_{12} + \frac{2}{3} A_{12} \Rightarrow \boxed{A = \frac{5}{3} A_{12}}$$

$$A = \frac{5}{3} \cdot 4,5 \cdot 10^3 \text{ Дж} = 7,5 \cdot 10^3 \text{ Дж} = 7,5 \text{ кДж}$$

Проверка размерности: $[\text{Дж}] = [\text{Дж}]$

Ответ: 7,5 кДж.



$$(ab)c = a(bc)$$

$$E=mc^2$$



ШИФР

4 2 7 1 7

Доко:

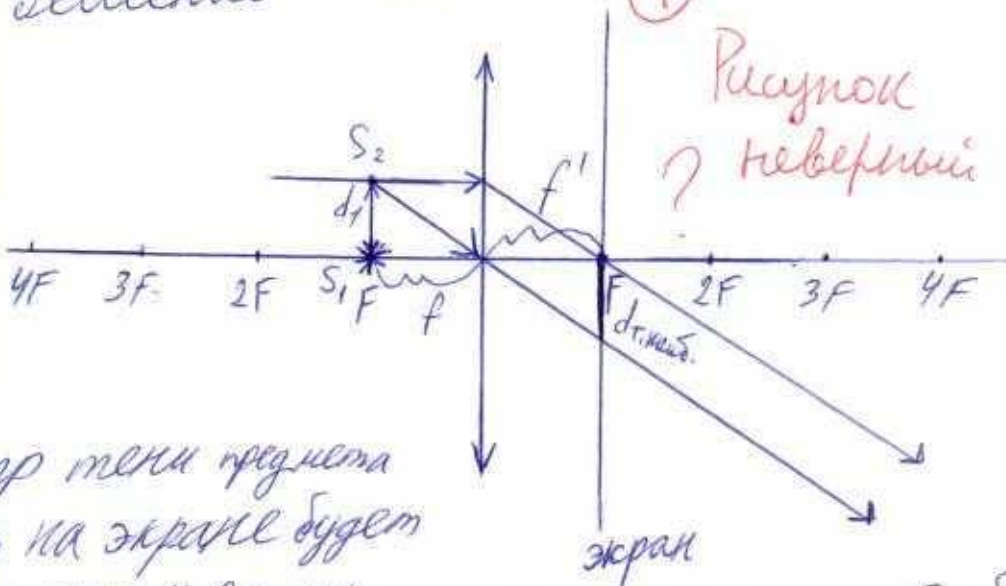
F
 d
 D
 f

$d_{т.наиб.} - ?$

Решение:

№2.

①



Рисунк
? неверный

- 1) Диаметр тени предмета S_1S_2 на экране будет наибольшим, если предмет S_1S_2 будет находиться в фокусе F собирающей линзы $\Rightarrow f = F$ (1)

- 2) По формуле тонкой линзы:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{f'} + \frac{1}{f} \quad (2)$$

~~(1) \Rightarrow (2) $\frac{1}{f} = \frac{1}{f'} + \frac{1}{f}$~~

$$f' = f = F$$

$$3) \Gamma = \frac{H}{h} = \frac{d_{т.наиб.}}{d_1} = \frac{f'}{f} = 1$$

$$d_{т.наиб.} = d_1 = \frac{D}{d}$$

$$d_{т.наиб.} = \frac{D}{d}$$

Проверка размерности: $[M] = [M]$.

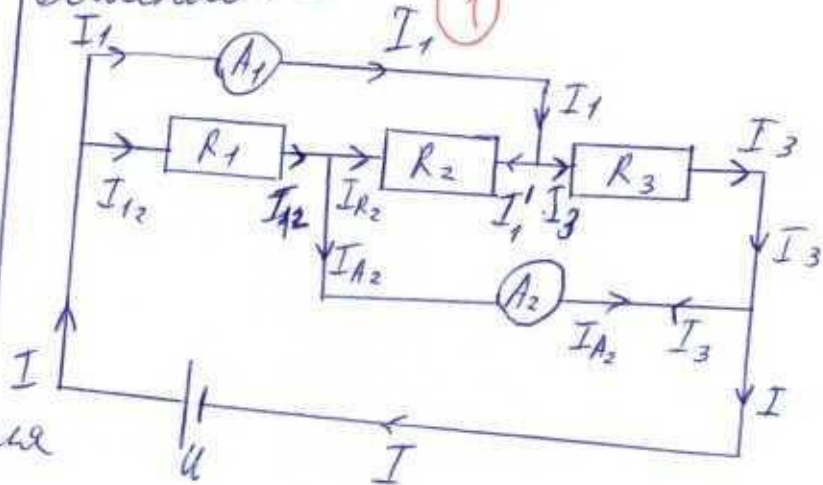
Ответ: $d_{тени\ наибольший} = \frac{D}{d}$.

ШИФР 4 2 7 1 7

Дано: $I_3 = 1 \text{ мА}$
 $R_1 = 1 \text{ кОм}$
 $R_3 = 3 \text{ кОм}$

СИ: $1 \cdot 10^{-3} \text{ А}$
 $1 \cdot 10^3 \text{ Ом}$
 $3 \cdot 10^3 \text{ Ом}$

Решение: $\sqrt{3}$ — ①



1) по закону Ома для полной цепи:

$$I = \frac{U}{R_{\text{общ}} + r}; r=0 \text{ (по усл. оно не дано)} \Rightarrow I = \frac{U}{R_{\text{общ}}}, U = I R_{\text{общ}} \quad (1)$$

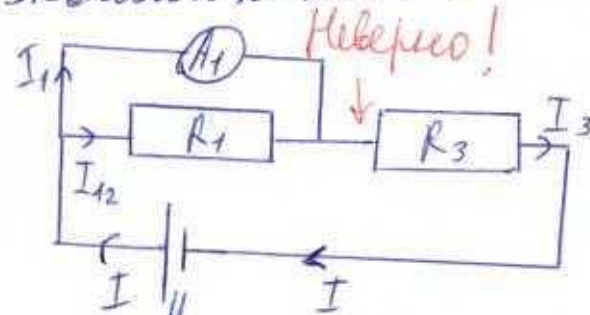
2) При параллельном соединении амперметра A_1 и резистора R_1 ток разветвляется: $I = I_1 + I_{12}$

3) При параллельном соединении резисторов R_2 и R_3 ток разветвляется: $I_1 = I'_1 + I_3$

4) При параллельном соединении резистора R_2 и амперметра A_2 ток разветвляется: $I_{12} = I_{R_2} + I_{A_2}$

5) Через резистор R_2 ток: $I'_{R_2} = I_{R_2} - I'_1 = 0 \Rightarrow$ ток через резистор R_2 не идет; через амперметр A_2 ток: $I'_{A_2} = I_{A_2} - I_3 = 0 \Rightarrow$ ток через амперметр A_2 не идет

6) эквивалентная схема:



Неверно!

$I = I_3$ (2) соединение последовательное:

$$R_{\text{общ}} = R_1 + R_3 \quad (3)$$

(2), (3) \rightarrow (1)

$$U = I_3 (R_1 + R_3)$$

$$U = 1 \cdot 10^{-3} \text{ А} \cdot (1 \cdot 10^3 \text{ Ом} + 3 \cdot 10^3 \text{ Ом}) = 10^{-3} \text{ А} \cdot 10^3 (1 + 3 \text{ Ом}) = 4 \text{ В}$$

Проверка размерности: $[A] \cdot [Ом] = [В]$

Ответ: 4 В.

Использовать только эту сторону листа, обратная сторона не проверяется!

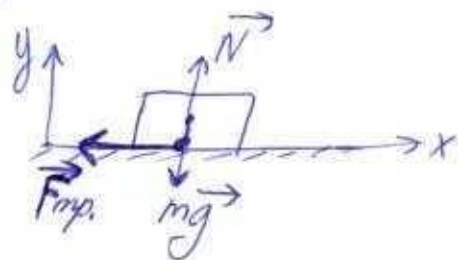
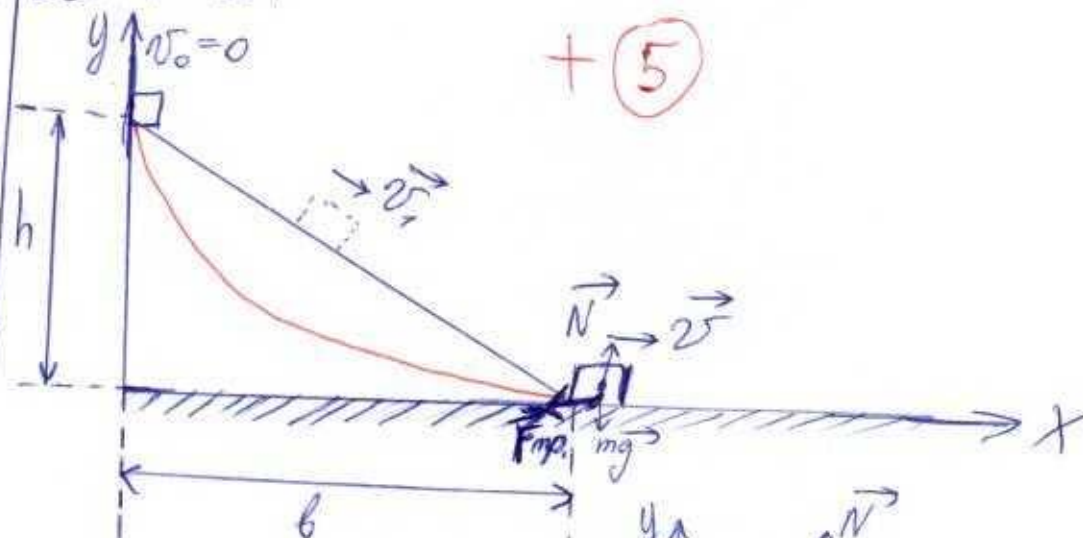
ШИФР 4 2 7 1 7

№4.

+ (5)

Дано: Решение:

h
b
v₀ = 0
ρ
μ ≈ 10⁻⁴ / c²
m - ?



1) По закону сохранения энергии: $E_{п, \max} = E_{кин, \max}$
 $mgh = \frac{mv^2}{2}$

$\Rightarrow v^2 = 2gh$

$v = \sqrt{2gh} \quad (1)$

2) $\rho = \frac{|A|}{t}$; $A_{F_{fr}} = F_{fr} \cdot S \cdot \cos \alpha = -F_{fr} \cdot S$ ($\tau_{k, \alpha} = \vec{F} \cdot \vec{v} = 180^\circ$, $\cos \alpha = -1$)

$\rho = \frac{|-F_{fr} \cdot S|}{t} = \frac{F_{fr} \cdot S}{t} = F_{fr} \cdot v$; $F_{fr} = \mu N \Rightarrow \rho = \mu N v \quad (2)$

3) По II закону Ньютона: $\vec{R} = m\vec{a}$

$\vec{F}_{fr} + m\vec{g} + \vec{N} = 0$

Oy: $N - mg = 0$
 $N = mg \quad (3)$

4) (3) → (2)

$\rho = \mu mg v \quad (4)$

(1) → (4) $\rho = \mu mg \sqrt{2gh}$

Проверка размерности:

$\frac{[\frac{Дж}{с}]}{[\frac{м}{с^2}] \cdot \sqrt{[\frac{м}{с^2}] \cdot [м]}} = \left[\frac{Дж \cdot c^3}{c \cdot м^2} \right] = \left[\frac{Дж \cdot c}{м^2} \right] = [кг]$

Ответ: $m = \frac{\rho}{\mu g \sqrt{2hg}}$

Использовать только эту сторону листа,
обратная сторона не проверяется!

ШИФР

4 2 7 1 7

Дано:
 $W = 4 \cdot 10^{-4} \text{ Дж}$
 $m = 20 \text{ г}$
 $T = 1 \text{ с}$

СИ:
 $20 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$

Решение: + 5

1) $W = \frac{m v_m^2}{2} \Rightarrow v_m^2 = \frac{2W}{m}$

$v_m = \sqrt{\frac{2W}{m}} \quad (1)$

2) По формуле Томсона: $T = \frac{2\pi}{\omega}$

$\Rightarrow \omega = \frac{2\pi}{T} \quad (2)$

3) $x = A \sin \omega t$

$v = x' = (A \sin \omega t)' = \omega A \cos \omega t$

$v = v_m \cos \omega t$

$v = \omega A \cos \omega t$

$\Rightarrow v_m = \omega A \Rightarrow A = \frac{v_m}{\omega} \quad (3)$

4) (2) \rightarrow (3) $A = v_m \cdot \frac{2\pi}{T} = \frac{v_m T}{2\pi} \quad (4)$

5) (1) \rightarrow (4) $A = \frac{\sqrt{\frac{2W}{m}} \cdot T}{2\pi}$

$A = \frac{\sqrt{\frac{2 \cdot 4 \cdot 10^{-4} \text{ Дж}}{20 \cdot 10^{-3} \text{ кг}}} \cdot 1 \text{ с}}{2 \cdot 3,1416} = \frac{0,1}{3,1416} \text{ м} \approx 0,03183 \text{ м} \approx 0,0318 \text{ м}$

Проверка размерности: $\sqrt{\frac{[\text{Дж}]}{[\text{кг}]}} \cdot [\text{с}] = [\text{м}]$

Ответ: $A \approx 0,0318 \text{ м}$.



$$(ab)c = a(bc)$$

$$E = mc^2$$



Использовать только эту сторону листа,
обратная сторона не проверяется!

ШИФР

4	2	7	1	7
---	---	---	---	---

Дано:

Электрон
 $B = 0,5 \text{ Тл}$

$$|q| = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

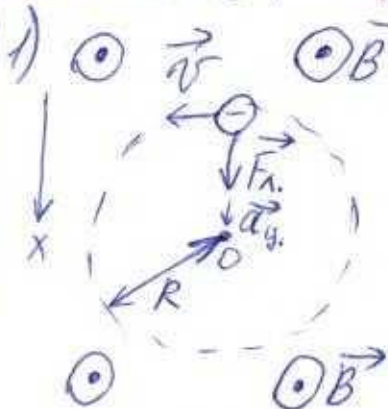
$$m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$$

$$t = 1 \cdot 10^{-12} \text{ с}$$

$$\pi \approx 3,1416$$

$n = ?$

Решение:



№. $+5$ электрон движется по окружности

$$\Rightarrow v \perp B, \alpha = 90^\circ, \sin \alpha = 1$$

$$F_n = Bq v \sin \alpha$$

$$F_n = Bq v$$

По II закону Ньютона:

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

$$F_n = m a_y$$

Ох: $F_n = m a_y$, составим систему:

$$\Rightarrow \begin{cases} a_y = \frac{v^2}{R} \\ F_n = Bq v \\ F_n = m a_y \end{cases} \Rightarrow Bq v = \frac{m v^2}{R}$$

$$Bq = \frac{m v}{R} \Rightarrow m v = Bq R \quad (1)$$

$$2) l = v T$$

$$l = 2\pi R = v T \Rightarrow R = \frac{v T}{2\pi} \quad (2)$$

$$3) (2) \rightarrow (1) \quad m v = \frac{Bq v T}{2\pi} \Rightarrow m = \frac{Bq T}{2\pi} \Rightarrow T = \frac{2\pi m}{Bq} \quad (3)$$

$$4) T = \frac{t}{n} \Rightarrow n = \frac{t}{T} \quad (4)$$

$$5) (3) \rightarrow (4) \quad n = t : \frac{2\pi m}{Bq} = \frac{t Bq}{2\pi m}$$

$$n = \frac{t Bq}{2\pi m}$$

$$n = \frac{1 \cdot 10^{-12} \text{ с} \cdot 0,5 \text{ Тл} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}}{2 \cdot 3,1416 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}} \approx 0,014$$

Проверка размерности:

$$\frac{[с] \cdot [Тл] \cdot [Кл]}{[кг]} = \frac{[Н]}{[кг]} = \frac{[Н]}{[Н] \cdot [кг]} = \frac{[Н]}{[Н]} = 1$$

Ответ: $n = 0,014$.