

Класс 11 Вариант 1 Дата Олимпиады 03.02.2019

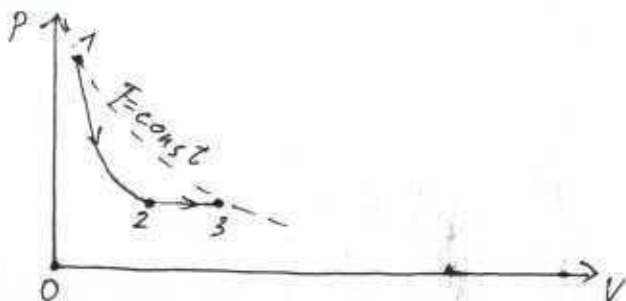
Площадка написания МФТИУ им. Баумана

Задача	1	2	3	4	5	6	$\Sigma$		Подпись
							Цифрой	Прописью	
Оценка	5	5	5	5	5	5	30	тридцать	Бору-

$N1 + (5)$

Дано: Решение:

$Q_{12} = 0$   
 $P_2 = P_3$   
 $T_1 = T_3$   
 $A_{12} = 4,5 \text{ кДж}$   
 $A_{123} = ?$



Первый закон термодинамики:

$$Q = \Delta U + A; \Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T; A = P \Delta V$$

Для процесса 12:

$$Q_{12} = 0 \text{ (адиабата)}$$

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

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

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

Для процесса 23:  $Q_{23} = \Delta U_{23} + A_{23}$ ;  $\Delta U_{23} = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2)$

П.к.  $T_1 = T_3$ , то  $\Delta U_{23} = \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_2) = A_{12}$

$$A_{23} = P_2 (V_3 - V_2)$$

Запишем уравнение Менделеева-Клапейрона:

для состояния 2:  $P_2 V_2 = \nu R T_2$  (1)

для состояния 3:  $P_3 V_3 = \nu R T_3$  (2)

П.к.  $P_2 = P_3$  и  $T_1 = T_3$ , то (2)  $\Rightarrow P_2 V_3 = \nu R T_1$  (3)

Вычтем (1) из (3). Получим:  $P_2 (V_3 - V_2) = \nu R (T_1 - T_2)$

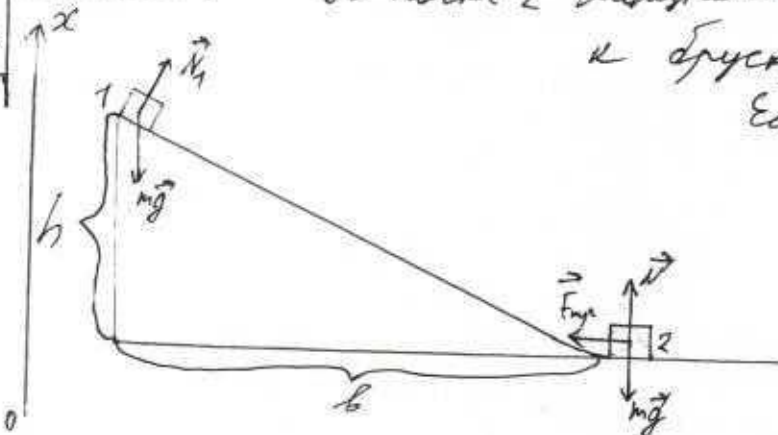
Тогда  $A_{23} = \nu R (T_1 - T_2) = \frac{2}{3} A_{12}$

$$A_{123} = A_{12} + A_{23} = \frac{5}{3} A_{12} = \frac{5 \cdot 4,5}{3} = 7,5 \text{ кДж}$$

Ответ: 7,5 кДж

Дано:  
 $h, v, P, \mu$   
 $m = ?$

Решение:



В точке 2 мощность силы трения, приложенной к бруску, равна  $P$ .

Если  $A$  — работа силы трения на участке  $S$ , то:

$$P = \frac{A}{t} = \frac{F_{\text{тр}} S}{t}$$

Если рассматривать мгновенную мощность для малых  $S$  и  $t$ , то:

$$\frac{S}{t} = v \Rightarrow P = F_{\text{тр}} v, \text{ где}$$

$v$  — скорость бруска в точке 2.

Запишем закон сохранения энергии для точек 1 и 2:

$$mgh = \frac{mv^2}{2} \Rightarrow v = \sqrt{2gh}$$

Запишем II закон Ньютона для положения 2:

$$\vec{N} + \vec{F}_{\text{тр}} + m\vec{g} = m\vec{a}$$

Спроецируем на ось  $Ox$ :  $N - mg = 0 \Rightarrow N = mg$

$$F_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg$$

$$P = \mu mg \cdot \sqrt{2gh} \Rightarrow m = \frac{P}{\mu g \sqrt{2gh}} = \frac{P}{\mu \sqrt{2g^3 h}}$$

Ответ:  $m = \frac{P}{\mu g \sqrt{2gh}}$

15 + (5)

Дано:  
 $m = 2 \cdot 10^{-2} \text{ кг}$   
 $T = 1 \text{ с}$   
 $W = 4 \cdot 10^{-4} \text{ Дж}$   
 $A = ?$

Решение:

$W = \frac{m v_m^2}{2}$ , где  $v_m$  — максимальная скорость в процессе колебаний.

$$v_m = \sqrt{\frac{2W}{m}}$$

$v_m = \omega A$ , где  $\omega$  — циклическая частота

$$A = \frac{v_m}{\omega} = \frac{\sqrt{2W}}{\sqrt{m} \cdot \omega}; \quad \omega = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow A = \frac{\sqrt{2W} \cdot T}{\sqrt{m} \cdot 2\pi} = \frac{\sqrt{W} T}{\sqrt{2m} \pi}$$

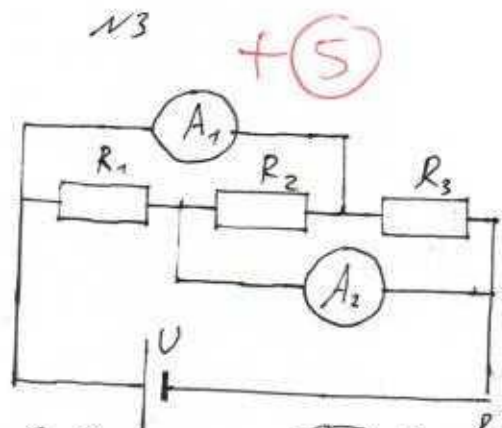
$$A = \frac{\sqrt{4 \cdot 10^{-4}} \cdot 1}{\sqrt{2 \cdot 2 \cdot 10^{-2}} \cdot 3,14} = \frac{2 \cdot 10^{-2}}{2 \cdot 10^{-1} \cdot 3,14} = \frac{1}{31,4} = 0,0318471 \text{ м}; \quad A \approx 31,85 \text{ мм}$$

Ответ: 31,85 мм

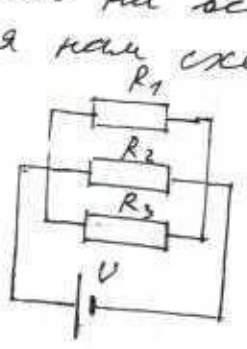
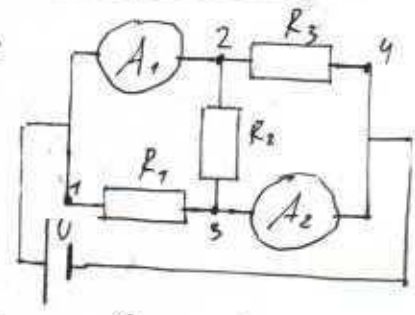
**ШИФР** 3 3 5 2 1

Дано:  
 $I_{R_3} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ A}$   
 $R_1 = 1 \cdot 10^3 \text{ Ohm}$   
 $R_3 = 3 \cdot 10^3 \text{ Ohm}$   
 $U = ?$

Решение:  
 Как дана цепь:



Её можно представить в виде:  
 Очевидно, что в точках 1 и 2 и в точках 3 и 4 потенциалы равны ( $\varphi_1 = \varphi_2$ ;  $\varphi_3 = \varphi_4$ ). Следовательно, напряжение на всех резисторах равно ( $U_{R_1} = U_{R_2} = U_{R_3}$ )

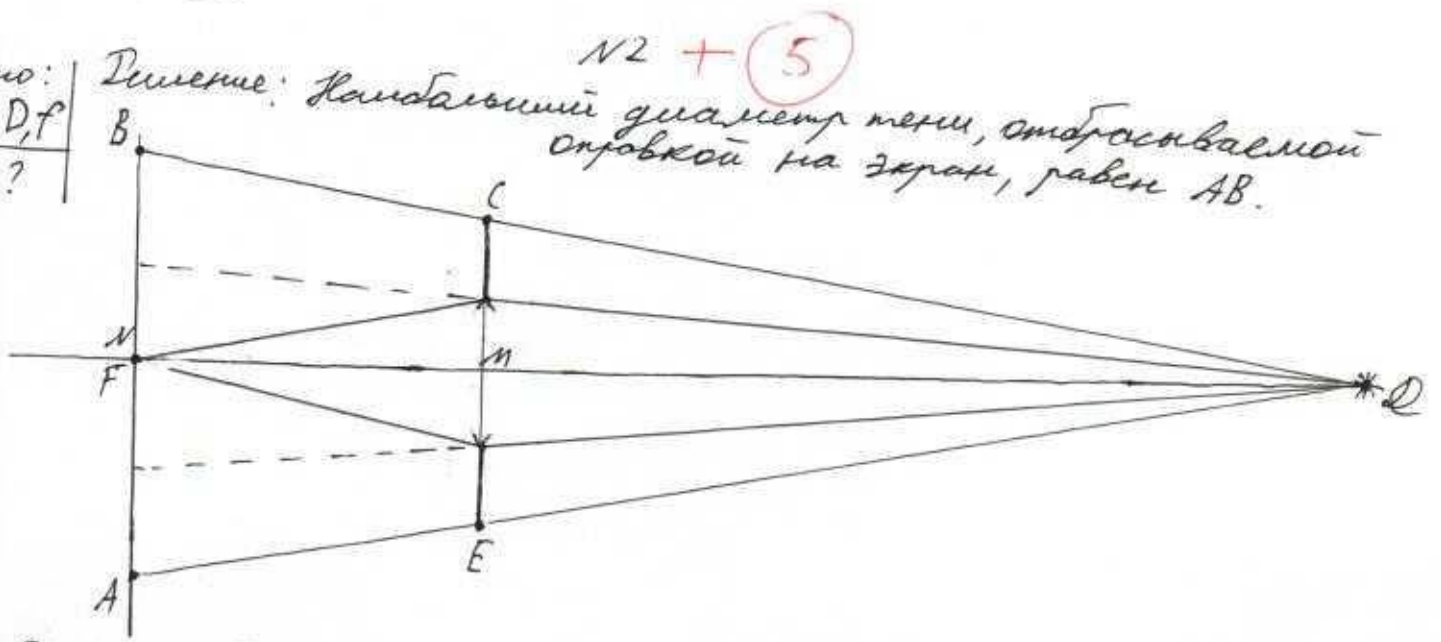


Это значит, что  $U = U_{R_3} = I_{R_3} \cdot R_3$  (закон Ома для участка цепи)  
 $U = 1 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^3 = 3 \text{ B}$

Ответ: 3 В.

Дано:  
 $F, d, D, f$   
 $D' = ?$

Решение: Наибольший диаметр тени, отбрасываемой оправкой на экран, равен АВ.



$\triangle DCE \sim \triangle DBA$  по двум углам:  $\angle CDE$  - общий,  $\angle DCE = \angle DBA$ , так как  $CE \parallel AB$ .

N2 (продолжение)

Из подобия треугольников следует:  $\frac{CE}{AB} = \frac{DM}{DN}$

$CE = D$ ;  $DM = f$ ;  $DN = DM + FN = f + F$ ;  $AB = D'$

$\frac{D}{AB} = \frac{D}{D'} = \frac{f}{f+F} \Rightarrow D' = \frac{D(f+F)}{f} = D(1 + \frac{F}{f})$

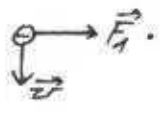
Все лучи, идущие от точечного источника света, будут фокусироваться в точке N.

Ответ:  $D' = D(1 + \frac{F}{f})$

N6 + (5)

Дано:  
 $B = 0,5 \text{ Тл}$   
 $t = 1 \cdot 10^{-12} \text{ с}$   
 $m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$   
 $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$   
 $n = ?$

Решение:  $F_L$  - сила Лоренца;  $F_L = e v B$   
 По II закону Ньютона  $F_L = m a_{цс}$ , где  $a_{цс}$  - центростремительное ускорение.  $a_{цс} = \frac{v^2}{R}$ ;  $e v B = \frac{m v^2}{R} \Rightarrow v = \frac{e R B}{m}$   
 $T$  - период обращения электрона по окружности радиуса  $R$ .



$T = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2\pi R \cdot m}{e R B} = \frac{2\pi m}{e B}$

$n = \frac{t \cdot e B}{2\pi m}$ ;  $n = \frac{1 \cdot 10^{-12} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 0,5}{2 \cdot 3,14 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31}} = \frac{0,4}{5,74 \cdot 9,1} = 0,0139987$  оборота

Ответ: 0,014 оборота (электрон не успеет сделать ни одного полного оборота).