Дано:

$4m$; m;

k; v;

d

μ - ?

№1 Решение.

Т.к. в первом случае (до встречи пули и бруска) пружина была максимально растянута, то на тело действовали силы:

1) сила упругости $\vec{F_{упр}}$;
2) сила тяжести $4m\vec{g}$
3) сила реакции опоры $\vec{N}$;
4) сила трения $\vec{F_{тр1}}$

По II закону Ньютона:

$4m\vec{g} + \vec{F_{тр1}} + \vec{F_{упр}} + \vec{N} = ma$; где $a = 0$, т.к. брусок находился в состоянии покоя,

В проекциях на оси:

Ox: $F_{упр} - F_{тр} = 0$; где $F_{упр} = kx$ (по з-ну Гука);

$F_{тр} = \mu N$

Oy: $-4mg + N = 0$

$$\Rightarrow \begin{cases} kx = \mu N \\ N = 4mg \end{cases} \Rightarrow kx = \mu mg;$$

где x - максимальная деформация пружины; $x = \frac{4\mu mg}{k}$

2. Т.к. произошел удар, то система „пуля-брусок" замкнутая, тогда к системе применим закон сохранения импульса:

$m\vec{v} = (m+4m)\vec{v_1}$;

$mv = 5mv_1 \Rightarrow v_1 = 0{,}2v$; где v_1 - скорость системы после удара.

3 К системе также применим закон сохранения энергии:

$K_1 + П_1 = K_2 + П_2 + A_д$; где $A_д$ - работа диссипативных сил.

4. Т.к. в ~~момент~~ пуля не имела потенциальную энергию (примем за „нуль"-уровень горизонталь ее полета), то:

$\frac{mv^2}{2} = \frac{5mv_1^2}{2} + \frac{kx_1^2}{2} + A_д$; где $\frac{kx_1^2}{2}$ - потенциальная энергия пружины; $x_1 = (x-d) = \frac{4\mu mg}{k} - d$.

$A_д$ - работа силы трения; $A_д = \mu mg \cdot d$.

$\frac{mv^2}{2} = \frac{0{,}2mv^2}{2} = \frac{k\left(\frac{4\mu mg}{k} - d\right)^2}{2} + \mu mgd$;

$\frac{0{,}8mv^2}{2} = \frac{\frac{16\mu^2m^2g^2}{k} - 8\mu mgd - d^2k}{2} + \mu mgd \quad | \cdot 2k$

$0{,}8\, m v^2 k = 16\mu^2 m^2 g^2 - 8\mu m g d k - d^2 k^2 + 2\mu m g d k$; 31

$16\mu^2 m^2 g^2 - 6\mu m g d k - (d^2 k^2 + 0{,}8\, m v^2 k) = 0$

$D = \cancel{36 - 4 \cdot 16}\ 36 d^2 k^2 + 4 \cdot 16 \cdot (0{,}8\, m v^2 k + d^2 k^2) =$

$= 36 d^2 k^2 + 64 d^2 k^2 + 51{,}2\, m v^2 k$

$\mu m g = \dfrac{6 d k + \sqrt{100 d^2 k^2 + 51{,}2\, m v^2 k}}{32}$;

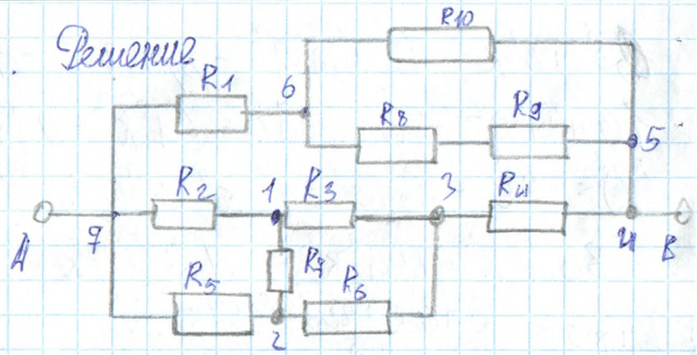
$\mu = \dfrac{6 d k + \sqrt{100 d^2 k^2 + 51{,}2\, m v^2 k}}{32\, m g}$

Ответ: $\mu = \dfrac{6 d k + \sqrt{100 d^2 k^2 + 51{,}2\, m v^2 k}}{32\, m g}$.

8 б

№ 3. Решение

Дано:	СИ
$R = 1$ кОм	1000 Ом
$P_{max} = 2$ Вт	
U_{max} – ?	



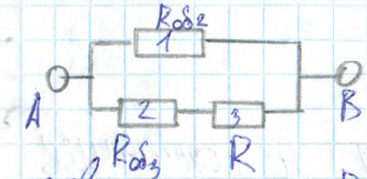
1. Т.к. все резисторы одинаковые, то через узлы 1 и 2 ток не пойдет, т.к. $\varphi_1 = \varphi_2$; тогда через резистор R_7 напряжения не будет;

2. Резисторы R_{10} и (R_8; R_9) соединены параллельно, тогда: $\frac{1}{R_{об_1}} = \frac{1}{R_{10}} + \frac{1}{R_8 + R_9} = \frac{1}{R} + \frac{1}{2R} = \frac{3}{2R}$;

$R_{об_1} = \frac{2}{3}R$; перерисую схему эквивалентную данной:

, резисторы 1 и 2 соединены последовательно, значит $R_{об_2} = R_{об_1} + R = \frac{2}{3}R + R = \frac{5}{3}R$.

Резисторы 4 и 5 соединены параллельно, значит: $R_{об_3} = \frac{2R}{2} = R$. Перерисую схему эквивалентную данной:



; в данной схеме резисторы 2 и 3 соединены последовательно: $R_{об4} = R_{об3} + R = R + R = 2R$;

резистор 1 соединен параллельно с 2 и 3, значит: $\frac{1}{R_{ц}} = \frac{1}{R_{об2}} + \frac{1}{R_{об4}} = \frac{3}{5R} + \frac{1}{2R} = \frac{6R+5R}{10R^2} = \frac{11R}{10R^2}$,

$R_{ц} = \frac{10}{11}R$ - сопротивление всей цепи.

3. Ток не пойдет по цепи, если мощность цепи превысит 2 Вт, тогда:

$$\frac{U_{max}^2}{R_{ц}} > P_{max} \Rightarrow U_{max}^2 > P_{max} \cdot R_{ц};$$

$$U_{max} > \sqrt{R_{ц} \cdot P_{max}},$$

$$U_{max} = \sqrt{\frac{10}{11} \cdot 1000\,Ом \cdot 2\,В} = 42{,}6\,В$$

Ответ: при $U_{max} > 42{,}6$ В ток через клеммы идти не будет.

4б

10

№2

Дано:

$V = 0{,}01\ м^3$

$N = 9{,}70 \cdot 10^{21}$

$Q = 398\ Дж$

$p_1 = 1{,}84 \cdot 10^4\ Па$

$p_2 = 2{,}68 \cdot 10^4\ Па$

N - ? какой газ - ?

Решение.

Т.к. объем сосуда и состояние вещества не изменялось, то произошел изохорный процесс; $V = const$.

По уравнению состояния газа (уравнение Менделеева - Клапейрона):

$$p_1 V = \frac{N}{N_A} R T_1$$

$$p_2 V = \frac{N}{N_A} R T_2 \text{ ; тогда } T_2 - T_1 = \Delta T = \frac{V N_A}{N R}(p_2 - p_1);$$

Т.к. процесс изохорный, то:

$\Delta Q = \Delta U$ (по первому правилу термодинамики);

$\Delta Q = \frac{i}{2} \nu R \Delta T$; где $\nu = \frac{N}{N_A}$; значит:

$$\Delta Q = \frac{i}{2} \cdot V \cdot (p_2 - p_1);$$

$$i = \frac{2 \Delta Q}{V(p_2 - p_1)} = 9$$ - значит газ многоатомный,

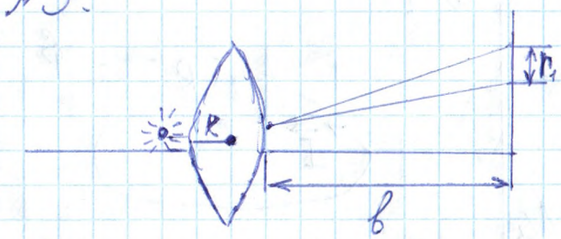
из предложенных вариантов подходит аммиак.

Ответ: $i = 9$; аммиак.

10 б

№5.

Дано:	СИ
$R = 1$ см	0,01 м
$b = 20$ см	0,2 м
$r_1 = 4$ см	0,04 м
$r_2 = 2$ см	0,02 м
$F - ?$	



1. Т.к. с линзой пятно имеет больший радиус, чем без нее, то расстояние $b < F$, где F - фокус.

2. Т.к. без линзы пятно имеет радиус r_2, то:

$$\frac{F}{b} = \frac{S_1 + S_л}{S_2}$$; где S_1 - площадь поперечного сечения линзы;

$$\frac{F}{b} = \frac{\pi r_1^2 + \pi R^2}{\pi r_2^2} ; \quad \frac{F}{b} = \frac{r_1^2 + R^2}{r_2^2}$$

$$F = b \cdot \left(\frac{r_1^2 + R^2}{r_2^2}\right) = 0{,}2\,м \left(\frac{(0{,}04\,м)^2 + (0{,}01\,м)^2}{(0{,}02\,м)^2}\right) = 0{,}85\,м$$

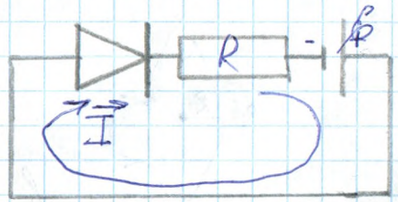
Ответ: $F = 85$ см.

0б

№4

Дано:
$\mathcal{E} = 4В$
$R = 10Ом$
$\alpha = 20 \cdot 10^{-3} А/В^2$
$I_д = \alpha \cdot U_д$

$I_ц$ – ?



Т.к. при включении диода в прямом направлении сила тока пропорциональна квадрату напряжения, то диод подключен последовательно в цепь; $I_д = U_д^2 \alpha$.

При последовательном соединении сила тока сохраняется: $I_1 = I_2 = I_n$;

Для того, чтобы через диод прошел ток, он должен зарядиться до $U_д$;

Источник идеальный, тогда по закону Ома для полной цепи: $\mathcal{E} = I_1 r + I_1 R$; где $r = 0$;

значит $\mathcal{E} = I_1 R \Rightarrow I_1 = \frac{\mathcal{E}}{R}$;

Максимальное напряжение диода не может превышать $\mathcal{E}$, значит $U_д = \mathcal{E}$; тогда:

$I_ц = I_1 + I_д = \frac{\mathcal{E}}{R} + \mathcal{E}^2 \alpha$;

$I_ц = \frac{4В}{10Ом} + (4В)^2 \cdot 20 \cdot 10^{-3} А/В^2 = 0{,}72 А$

Ответ: $I = 0{,}72$ А.

5 б

Итого: 27 б

Председатель жюри: Кириленко О. В.

Члены жюри: Пиленко В. А.

Вдовиченко А. А.