

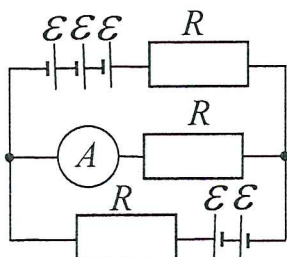
Олимпиада школьников
«Звезда – Таланты на службе обороны и безопасности» по физике
2014/2015уч.г.
11 класс
Вариант №2.



Задание 1 (20 баллов): На вертикальном ветровом стекле автомобиля, едущего со скоростью u , давлением встречного ветра удерживается газета. Коэффициент трения газеты о стекло k , плотность воздуха ρ , площадь газеты S , скорость ветра v . При какой максимальной массе газеты m это возможно? Трением воздуха о газету пренебречь.

Задание 2 (15 баллов): Идеальная тепловая машина Карно, цикл которой совершается в обратном направлении (холодильная машина), использует воду при 0°C в качестве холодильника и воду при 100°C в качестве нагревателя. Сколько воды нужно заморозить в холодильнике, чтобы превратить в пар 1000 г воды в нагревателе? Удельная теплота парообразования $r = 2,26 \cdot 10^6\text{ Дж/кг}$, удельная теплота плавления $\lambda = 3,35 \cdot 10^5\text{ Дж/кг}$.

Задание 3 (15 баллов): В электрической цепи каждое э.д.с. равно $\varepsilon = 3\text{ В}$, $R = 5\text{ Ом}$. Что показывает амперметр? Источники питания и амперметр считать идеальными.



Задание 4 (25 баллов): Тонкой сферической оболочке радиусом $R_1 = 10\text{ см}$ и массой $m = 0,1\text{ г}$ сообщают заряд до тех пор, пока при достижении потенциала $\varphi = 5\text{ кВ}$ оболочка не разлетится на мелкие осколки вследствие электростатического отталкивания ее частей. Через какое-то время скорость осколков оказалась равной $v = 1\text{ м/с}$. Определить радиус сферической поверхности, на которой в данный момент времени располагаются осколки.

Задание 5 (25 баллов): Выпуклая сторона плосковыпуклой линзы с радиусом кривизны $R_1 = 50\text{ см}$ посеребрена, в результате чего получилось своеобразное вогнутое зеркало. Перед этим зеркалом на расстоянии $d = 25\text{ см}$ от него помещен предмет. Найти расстояние от зеркала до изображения и увеличение, если показатель преломления вещества $n = 1,5$.

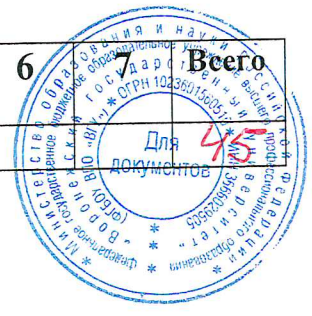
Шировские

Шифр 36-11-08



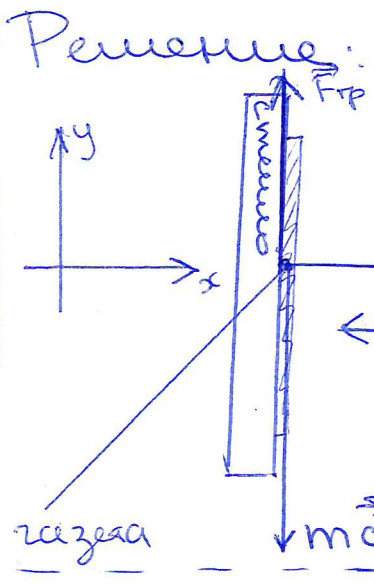
Олимпиада школьников
Звезда - таланты
на службе обороны
и безопасности

Задание	1	2	3	4	5	6
Баллы	20	15	10	0	0	



Задача 1

Дано:
 $u, v, k;$
 $g, S, s;$
 $m - ?$



① $\sum \vec{F}_i = 0$, если газета удерживается на стене т.к. тогда она не движется
 $\vec{N} + \vec{F}_{Tp} + \vec{F}_{gabl} + \vec{F}_{מש} = 0$

② $O_x: N - F_{gabl} = 0$
 $O_y: F_{Tp} - F_{מש} = 0$

③ $N = F_{gabl}$
 $F_{Tp} = F_{מש}$
 $F_{Tp} = kN$
 $F_{מש} = mg$
 $kN = F_{מש}$
 $kF_{gabl} = mg$
 $mg = kF_{gabl}$
 $m = \frac{kF_{gabl}}{g}$ (2)

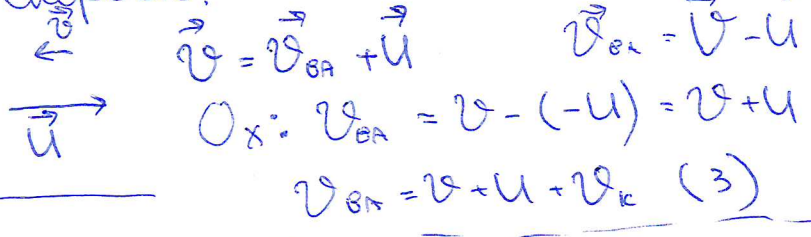
④ Выведем формулу по размерности:
 $[v] = \frac{m}{c}$
 $[S] = m^2$
 $[g] = \frac{m}{s^2}$
 $[F] = \frac{kg \cdot m}{c^2} = \frac{kg \cdot m}{s^2}$
 $[F] = \frac{kg \cdot m}{c^2} = \frac{kg \cdot m^2}{m \cdot c^2} = \frac{kg (m/c)^2}{m}$
 $= \frac{kg \cdot m^2}{m^3} \cdot \left(\frac{m}{c}\right)^2 \Rightarrow$

$F = g S v_k^2$ (1)

⑤ Подставив (1) в (2), имеем:

$m = \frac{kg S v_k^2}{g}$, где $v_k = v_{BA}$ скорость报纸 относительно стены

⑥ Скорость:



⑦ Подставив (3) в (1) имеем:

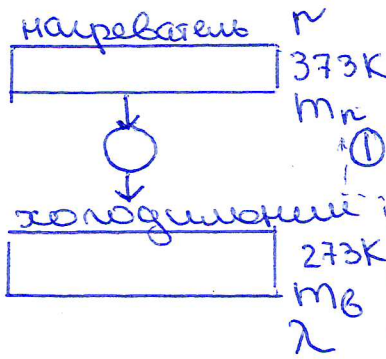
$m = \frac{kg S (u+v)^2}{g}$

Ответ: $m = \frac{kg S (u+v)^2}{g}$

Задача 2



Решение:



КПД идеальной тепловой машины
 $\eta = \frac{T_H - T_C}{T_H} = 1 - \frac{T_C}{T_H}$
 где T_C - температур холодильника

② С другой стороны: T_H - температур нагревателя.

$$\eta = \frac{Q_H - Q_C}{Q_H} = 1 - \frac{Q_C}{Q_H}$$

где Q_H - кол-во тепла, отданное нагревателем
 Q_C - кол-во теплоты, полученное холодильником.

③ $\eta = \eta : 1 - \frac{T_C}{T_H} = 1 - \frac{Q_C}{Q_H}$

$$\frac{T_C}{T_H} = \frac{Q_C}{Q_H} \quad (1)$$

④ $Q_C = \lambda m_B$ (2)

$Q_H = r m$ (3)

⑤ Подставив (2) и (3) выражение в (1), имеем:

$$\frac{T_C}{T_H} = \frac{\lambda m_B}{r m}$$

⑥ $[KJ] = \left[\frac{Дж \cdot Кг \cdot К}{Кг} : \frac{Дж \cdot Кг}{Кг} = \frac{Дж \cdot Кг \cdot К \cdot Кг}{Кг \cdot Дж \cdot К} = Кг \right]$

проверка по размерности.

$$\lambda m_B = \frac{T_C r m}{T_H}$$

$$m_B = \frac{r m T_C}{\lambda T_H} = \frac{2,26 \cdot 10^6 \cdot 1 \cdot 273}{3,35 \cdot 10^5 \cdot 373} = 4,938 Кг \approx 5 Кг$$

Ответ: 5кг.

Задача 3

Исходник



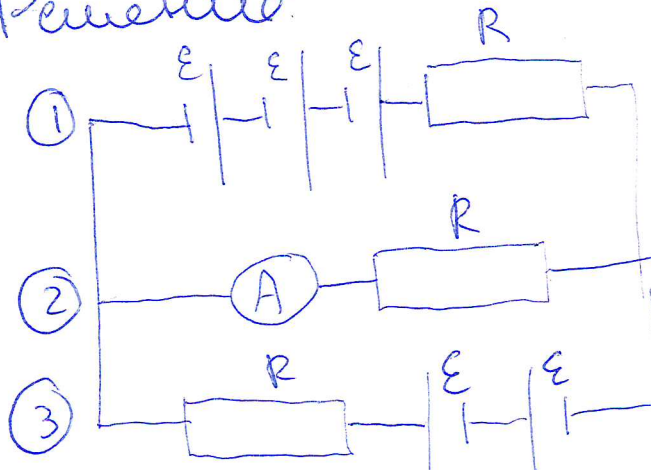
Дано:

Решение:

$$\mathcal{E} = 3\text{В}$$

$$R = 50\text{Ом}$$

$$I_A = ?$$



$$U_1 = U_2 = U_3, \text{ т.к.}$$

подключены параллельно:

$$U = IR \text{ для участка цепи}$$

$$I_{\text{ном}} = \frac{5\mathcal{E}}{R_{\text{ном}}} \text{ з-и Ом для цепи}$$

$$R_{\text{ном}} = \frac{R}{3}$$

$$I_{\text{ном}} = \frac{5\mathcal{E}}{R_{\text{ном}}} = \frac{5\mathcal{E} \cdot 3}{R} = \frac{15\mathcal{E}}{R}$$

$$U_1 = U_{y1} + 3\mathcal{E}$$

$$U_2 = U_{y2}$$

$$U_3 = U_{y3} + 2\mathcal{E}$$

$$U_1 = I_1 R + 3\mathcal{E}$$

$$U_2 = I_2 R$$

$$U_3 = I_3 R + 2\mathcal{E}$$

$$I_{\text{ном}} = I_1 + I_2 + I_3$$

$$I_1 + I_2 + I_3 = \frac{15\mathcal{E}}{R}$$

$$I_1 R + 3\mathcal{E} = I_2 R = I_3 R + 2\mathcal{E} \quad (1)$$

Для упрощения вычислений подставим в систему (1) значения \mathcal{E} и R : $\mathcal{E} = 3\text{В}; R = 50\text{Ом}$

$$\begin{cases} I_1 + I_2 + I_3 = 9 \\ 5I_1 + 9 = 5I_3 + 6 \\ 5I_1 + 9 = 5I_2 \end{cases}$$

$$\begin{aligned} 5I_2 - 5I_3 - 6 &= 5I_1 + 9 - 5I_1 - 9 \\ 5(I_2 - I_3) &= 6 \\ I_2 - I_3 &= \frac{6}{5} \\ I_2 &= 1,2 + I_3 \end{aligned}$$

Система из 3 уравнений с 3 неизвестными решается \Rightarrow

$$I_2 = 1,2 + 9 - I_2 - I_1$$

$$2I_2 = 10,2 - I_1$$

$$I_2 = 5,1 - 0,5I_1$$

$$10I_2 = 51 - 5I_1$$

$$10I_2 = 51 - 5I_2 + 9$$

$$10I_2 = 60 - 5I_2$$

$$15I_2 = 60$$

$$I_2 = 4 \text{ А}$$

Ответ: амперметр покажет значение 4 А.

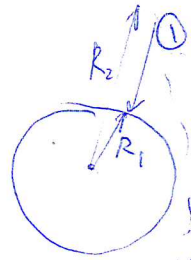
Тирюшине



Задача 4

Дано:	$m = 0,12$ $R_1 = 10 \text{ см}$ $\varphi = 5 \text{ кВ}$ $v = 1 \text{ м/с}$
CU	$1 \cdot 10^{-4} \text{ м}$ $0,1 \text{ мс}$ $5 \cdot 10^3 \text{ В}$
$R_2 = ?$	

Решение:



① Когда сферическая оболочка ложится, то каждая частица начала свое ускоренное движение:

$$F_{\text{эл. сил}} = m \cdot a$$

② Через какой-то промежуток времени скорость относительно оси равная $v = 1 \text{ м/с}$

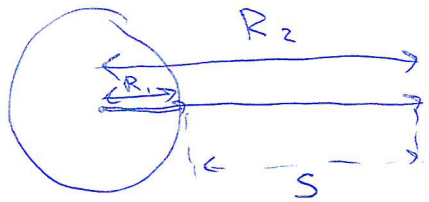
$$a = \frac{v_k - v_n}{t}, \text{ т.к. } v_n = 0, \text{ то}$$

$$a = \frac{v_k}{t} = \frac{v}{t}, \quad t = \frac{v}{a}$$

③ За это время ось проделала какой-то путь:

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

④



$$S = R_2 - R_1$$

$$R_2 = S + R_1$$

$$R_2 = \frac{v^2}{2a} + R_1$$

$$a = ?$$

⑤ $F_{\text{эл. сил}} = m \cdot a$

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

⑥ $R_2 = \frac{v^2 m}{2F} + R_1$

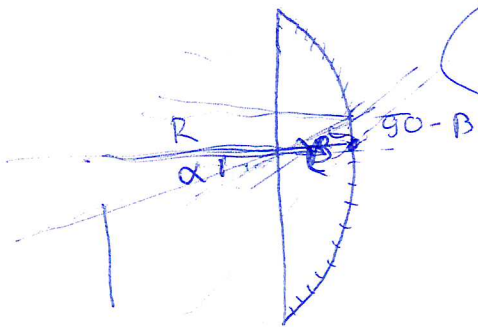
где F - сила электростатической отталкивания

Ответ: $R_2 = \frac{v^2 m}{2F} + R_1$

Цепной блок

$R = 50 \text{ см}$
 $d = 25 \text{ см}$
 $n = 1,5$

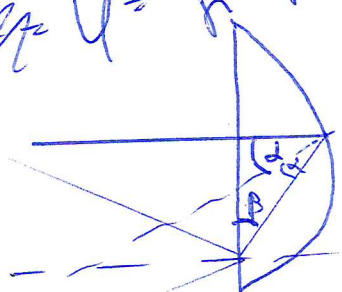
f, τ



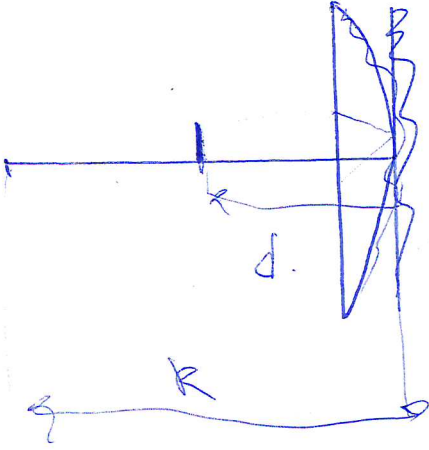
$F_{\text{габар}} = \rho_{\text{габар}} \cdot S$

$m_{\text{брызг}} \cdot g = S \cdot \rho_{\text{габар}} \cdot g$

$\chi = \frac{F}{h} \quad K = 4R$



δ - угол падения
 δ - угол отражения
 $\beta = 90 - \delta$



$\rho_{\text{габар}} = \frac{E}{S}$

$\rho_{\text{брызга}} = \frac{k \cdot c}{m^3} = \frac{m}{V}$

$v = \frac{m}{c} = \frac{d}{t}$

$F_A = g \cdot \rho \cdot S$

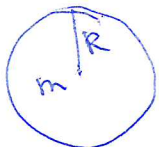
$F = \rho_{\text{габар}} \cdot S \cdot g \cdot h = \rho_{\text{габар}} \cdot g \cdot V$

$ma = F$

$A = F \cdot \phi = k \cdot u = I \cdot u \cdot c$

$P = \frac{A}{t} = \frac{F \cdot d}{t} = F \cdot v$

$H = \frac{u \cdot k}{c^2}$



$F_{\text{тр}} = \mu \cdot N$

$\chi = \frac{u}{c} = \frac{v}{c}$

$\sum \vec{F}_i = 0$

$N + F_{\text{габар}} + F_{\text{тр}} + F_{\text{тяг}} = 0$

$x: N - F_{\text{габар}} = 0 \quad N = F_{\text{габар}}$

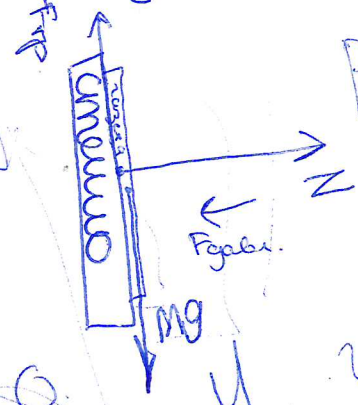
$y: F_{\text{тр}} - mg = 0$

$F_{\text{тр}} = mg$

$kN = mg$

$kF_{\text{габар}} = mg$

$m = \frac{kF_{\text{габар}}}{g}$



$F = m_{\text{брызг}} \cdot S \cdot g = \rho_{\text{габар}} \cdot S \cdot g \cdot V$

$\frac{k \cdot u}{c} = \frac{k \cdot u}{c} = \frac{k \cdot u}{c}$

$F_i = \rho_{\text{габар}} \cdot S$

$P = \frac{F}{S} = \frac{H}{M^2} = \frac{mg}{S}$

$= \frac{k \cdot u \cdot u}{c^2} = \frac{k \cdot u^2}{c^2}$

$$v = \frac{u}{c}$$

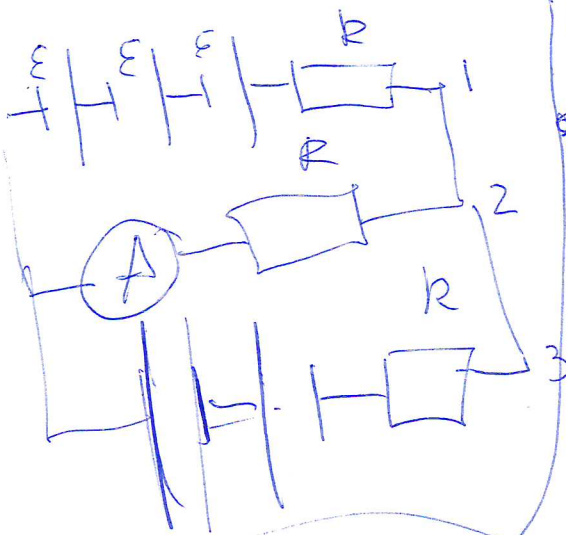
$$F = \frac{u}{m} \cdot v^2 = gS$$

$$S = u^2$$

$$g = \frac{ku}{m^3}$$

$$F = \frac{ku}{c^2} = \frac{ku \cdot u^2}{u c^2} = \frac{ku}{m} \left(\frac{u}{c}\right)^2 = \frac{ku}{m} v^2$$

$$gS = \frac{ku}{m^3} \cdot u^2 = \frac{ku}{m}$$



$$U_1 = U_2 = U_3$$

$$U = IR$$

$$I_1 R = I_2 R = I_3 R$$

$$I_{\text{total}} = \frac{3 \cdot 5 \epsilon}{R} = \frac{15 \cdot \epsilon}{R}$$

$$I_{\text{total}} = I_1 + I_2 + I_3$$

$$I_1 = \frac{15 \epsilon}{R} \cdot \frac{1}{3} = \frac{5 \epsilon}{R}$$

$$U = I U = \frac{5 \epsilon}{R} \cdot R = 5 \epsilon$$

$$U_1 = U_{y1} + 3 \epsilon$$

$$U_3 = U_{y3} + 2 \epsilon$$

$$U_2 = U_{y2}$$

$$U_1 = I_1 R + 3 \epsilon$$

$$U_3 = I_3 R + 2 \epsilon$$

$$U_2 = I_2 R$$

$$I_1 + I_2 + I_3 = \frac{15 \epsilon}{R}$$

$$I_1 R + 3 \epsilon = I_3 R + 2 \epsilon \Rightarrow I_2 R$$

$$I_2 R = I_1 R + 3 \epsilon$$

~~$$I_2 R = I_1 R + 3 \epsilon \Rightarrow I_2 = I_1 + \frac{3 \epsilon}{R}$$~~

$$\epsilon = 3$$

$$R = 5$$

$$\frac{15 \cdot 3}{5}$$

$$I_2 = 5,1 - 0,5 I_1$$

$$10 I_2 = 51 - 5 I_1$$

$$10 I_2 = 51 - 5 I_2 + 9$$

$$15 I_2 = 60$$

$$I_2 = 4 \text{ A}$$

$$I_1 R + 3 \epsilon = I_3 R + 2 \epsilon$$

$$I_1 R + \epsilon = I_3 R$$

$$I_1 = \frac{I_3 R}{R} - \frac{\epsilon}{R}$$

$$\begin{cases} I_1 + I_2 + I_3 = 6 \\ 5 I_1 + 9 = 5 I_3 \\ 5 I_1 + 9 = 5 I_3 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 5 I_1 + 9 - 5 I_3 = 6 \\ 5 I_1 + 9 - I_1 - I_2 = 6 \\ 2 I_2 = 10,2 - I_1 \end{cases}$$



Черновик

²³⁵/₉₀U. Задача 2

холоднее



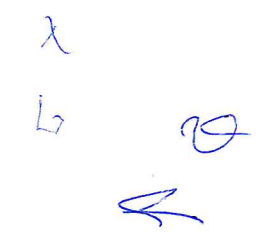
вода при 0°C $\lambda = 3,35 \cdot 10^6 \frac{Дж}{кг}$
 $m_1 = ?$

нагревается



вода при 100°C
 $m_2 = 1000г = 1кг$
 $n = 2,26 \cdot 10^6 \frac{Дж}{кг}$

$q = \frac{F}{S}$



$\vec{v} = \vec{v}_{BA} + \vec{u}$

$\eta = \frac{T_H - T_X}{T_H}$

КПД идеальной машины по циклу Карно.

$\eta = \frac{Q_H - Q_X}{Q_H}$

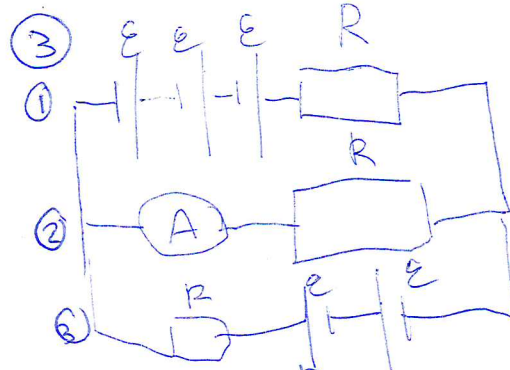
$Q_X = \lambda m_1$
 $Q_H = L m_2$

$\vec{v}_{BA} = \vec{v} - \vec{u} = v - u$

$\eta = 1 - \frac{T_X}{T_H}$

$1 - \frac{T_X}{T_H} = 1 - \frac{Q_X}{Q_H}$

$\frac{T_X}{T_H} = \frac{Q_X}{Q_H}$



$\epsilon = 3E$
 $R = 50 \Omega$
 $I (A) = ?$

$R_{узел} = \frac{1}{R_{ном}} = \frac{3}{R}$

$\Rightarrow R_{узел} = \frac{R}{3}$

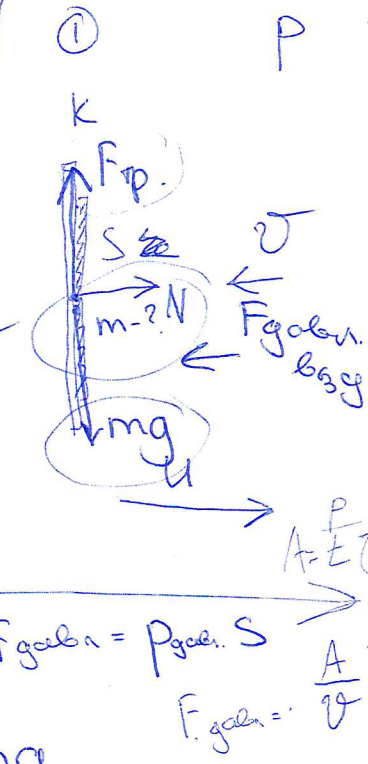
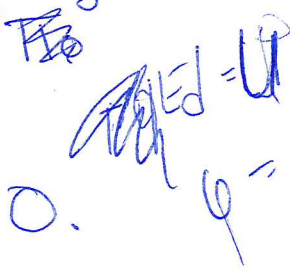
$U_1 = U_2 = U_3 \quad U = IR$

$I = \frac{\epsilon}{R_{узел}} = \frac{3E}{R}$

$IR = 3E = U$

$I \cdot R = \frac{U}{R} = \frac{3E}{R}$

разреза:



$\sum \vec{F}_i = 0$

$\vec{N} + \vec{F}_m + \vec{F}_{sp} + \vec{F}_{gabn} = 0$

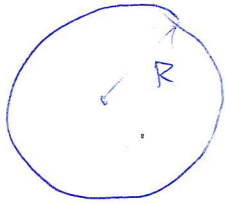
$O_x: N - F_{gabn} = 0 \quad N = F_{gabn}$

$O_y: F_{sp} - mg = 0$
 $kN = mg$

$k F_{gabn} = mg$
 $m = \frac{k F_{gabn}}{g}$

$F_{gabn} = p_{gabn} \cdot S$

$F_{gabn} = \frac{A}{V}$



$R = 10 \text{ см}$
 $m = 0,12$
 $\varphi = 5 \text{ кВ}$
 $v = 1 \text{ м/с}$
 $R' = ?$

$$m = \frac{q}{v}$$

нормальная на шов-и
ограничив:

$$\Delta U = \varphi_2 - \varphi_1$$
~~$$\varphi = \frac{F}{q} \Rightarrow q = \frac{F}{\varphi}$$~~

$$\Delta U =$$

$$A = \frac{F}{q}$$

$$F = Aq$$

$$F = qEd \quad qU = A.$$

$$\varphi = \frac{kq}{r}$$

$$F_{отт} = ma.$$

$$a = \frac{F_{отт}}{m}$$

$$F = ma$$

отт.

$$a = \frac{v_k^2 - v_n^2}{2s}$$

$$a = \frac{v_k - v_n}{\Delta t} = \frac{v}{t}$$

$$g =$$

$$vv$$

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

$$at = v$$

$$\frac{F_{отт} \cdot t}{m} = v$$

$$F_{отт} \cdot t = v m$$

