

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

101633

Шифр

(заполняется ответственным секретарем приемной комиссии)

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА на олимпиаде «Шаг в будущее»

соревнования по образовательному предмету физика

(наименование дисциплины)

Фамилия И.О. участника Мичева Екатерина Олеговна

Город, № школы (образовательного учреждения) Москва, 1568

Регистрационный номер 9995

Вариант задания 11 / 11.5

Дата проведения « 1 » марта 2020 г.

Подпись участника Мичева

С работой ознакомлена Мичева Е.О.  
06.03.2020

22 (символет два) ам

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

101633

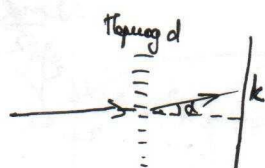
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Σ
1	1	1	0,75	0,75	0	1				
10	12	12	9	9	0	20				72

Шифр \_\_\_\_\_

(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

Вариант № 11/11.5

Задача 1.



$$d \sin \alpha = k \lambda$$

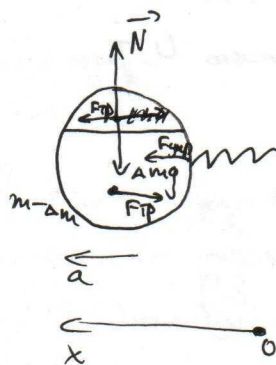
$$1) d \sin \alpha = 2 \lambda$$

$$2) d \sin \alpha = 3 \lambda_0 \Rightarrow \lambda_0 = \frac{2}{3} \lambda \Rightarrow \lambda_0 = 0,447 \text{ мкм} = 447 \text{ нм}$$

⊕

Ответ: красная линия спектра второго порядка накладывается на линию света с длиной волны 447 нм третьего порядка.

Задача 2.



$$\Delta mg = N$$

$$F_{тр} = \Delta m a \Rightarrow \Delta m a = \mu \Delta mg \Rightarrow a = \mu g$$

$$F_{тр} = \mu N$$

(при наибольшей скорости)

$$F_{упр} = k \Delta x$$

$\Delta x$  — удлинение пружины модуль

$$\Rightarrow (m - \Delta m) \mu g = k \Delta x$$

$$(m - \Delta m) a = F_{упр} - F_{тр} \Rightarrow m a - \Delta m a = F_{упр} - F_{тр} \Rightarrow m a = F_{упр}$$

$$F_{упр} = k \Delta x; m a = k \Delta x; \mu mg = k \Delta x \Rightarrow \Delta x = \frac{\mu mg}{k}$$

Пусть шары летели со скоростью  $V$ , удар абсолютно упругий; ~~тогда шары разлетятся~~

$$\frac{2mV^2}{2} = \frac{k \Delta x^2}{2} \Rightarrow 2mV^2 = k \Delta x^2 \Rightarrow 2mV^2 = k \left( \frac{\mu mg}{k} \right)^2 \Rightarrow 2mV^2 = \frac{(\mu mg)^2}{k} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V^2 = \frac{\mu^2 m^2 g^2}{2km} \Rightarrow V^2 = \frac{\mu^2 g^2 m}{2k} \Rightarrow V = \mu g \sqrt{\frac{m}{2k}}$$

Ответ:  $\mu g \sqrt{\frac{m}{2k}}$

⊕

Оценка работы

83 балла

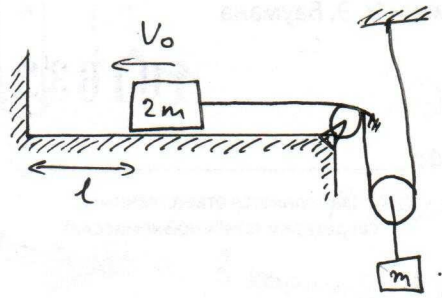
протокол № 10

от 06.03.2020г

В



### Задача 3.



Пусть к моменту удара груза  $2m$  о стенку груз  $m$  имеет скорость  $u$ . Тогда

Рассмотрим кинематические связи грузов, связанные нерастяжимой нитью через подвижный блок:

- 1) Изначальной груз  $m$  имеет скорость  $\frac{v_0}{2}$ ;
- 2) к моменту столкновения груз  $m$  поднимется на высоту  $\frac{l}{2}$
- 3) к моменту столкновения груз  $2m$  имеет скорость  $2u$ .

Тогда можем записать ЗСЭ в момент перед ударом:

$$\frac{2mv_0^2}{2} + \frac{m\left(\frac{v_0}{2}\right)^2}{2} = \frac{2m(2u)^2}{2} + \frac{mu^2}{2} + mg\frac{l}{2} \Rightarrow m v_0^2 + \frac{m v_0^2}{8} = 4mu^2 + \frac{mu^2}{2} + \frac{mgl}{2}$$

$$\Rightarrow \frac{9mv_0^2}{8} = \frac{9mu^2}{2} + \frac{mgl}{2} \Rightarrow \frac{9v_0^2}{8} = \frac{9u^2}{2} + \frac{gl}{2} \Rightarrow \frac{9u^2}{2} = \frac{9v_0^2}{8} - \frac{gl}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow u^2 = \frac{v_0^2}{4} - \frac{gl}{9} \quad \text{⊕}$$

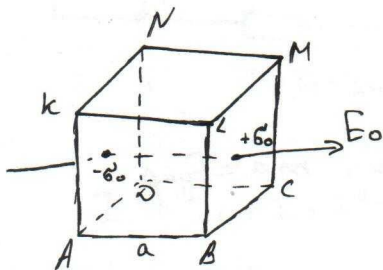
При абсолютно неупругом ударе все кинетическая энергия груза  $2m$  переходит в тепло, а груз  $m$  продолжит движение вверх с начальной скоростью  $u$ . Тогда:

$$mg\Delta H = \frac{mu^2}{2} \Rightarrow \Delta H = \frac{u^2}{2g} \Rightarrow \Delta H = \frac{v_0^2}{8g} - \frac{gl}{18g} \Rightarrow \Delta H = \frac{v_0^2}{8g} - \frac{l}{18}$$

$$H = \frac{l}{2} + \Delta H \Rightarrow H = \frac{l}{2} + \frac{v_0^2}{8g} - \frac{l}{18} \Rightarrow H = \frac{v_0^2}{8g} + \frac{4l}{9} \quad H = \frac{l}{2} + \frac{v_0^2}{2g}$$

Ответ:  $H = \frac{v_0^2}{8g} + \frac{4l}{9}$ .

### Задача 4.



Из симметрии очевидно, что поверхностная плотность заряда в середине грани  $AKND$  равен  $-\sigma_0$  (они расположены симметрично, а куб нейтрально заряжен)

Обозначим сторону куба за  $a$ .

$$\vec{E}_a = \frac{\sigma_0}{\epsilon_0} \vec{a} = \frac{\sigma_0}{\epsilon_0} \vec{E}_0$$

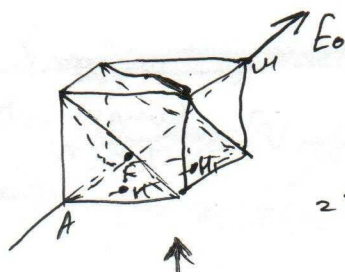
$$\frac{2\sigma_0}{4\pi\epsilon_0 a^2} = E_0 \Rightarrow \frac{\sigma_0}{2\pi\epsilon_0 a^2} = E_0$$

$$AF:AM = 1:3$$

$$AM = \frac{a\sqrt{2}}{3}$$

$$E_0 = \frac{3\sigma_0}{2\pi\epsilon_0 a^2}$$

$$\Rightarrow \frac{\sigma_0}{2\pi\epsilon_0 a^2} = \frac{3\sigma_0}{2\pi\epsilon_0 a^2} \Rightarrow \sigma_0 = \frac{2}{3} \sigma_0$$



Построим  $m$ -ти, проходящие через середины соответствующих граней, перпендикулярные  $\vec{E}_0$

$$A_{H_1} = \frac{2a\delta^2}{3}$$

$$\epsilon_0 = \frac{q \delta dS}{2\pi \epsilon_0 \cdot 8a^2}$$

$$\frac{q \delta dS}{2\pi \epsilon_0 \cdot 8a^2} = \frac{\delta_0 dS}{2\pi \epsilon_0 a^2} \Rightarrow \delta = \frac{8}{9} \delta_0$$

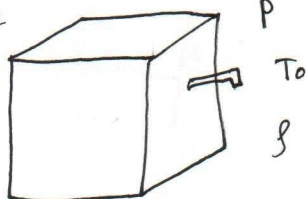
Так получилось бы, если бы куб был заряжен ~~равномерно~~ положительно и заряд точки А равнялся бы нулю. Поскольку это не так, а заряд куба распределён симметрично относительно плоскости, параллельной построенной нами ранее и находящейся на равных расстояниях от неё, то

$$|\delta| = \frac{\frac{8}{9}\delta_0 - \frac{2}{9}\delta_0}{2} = \frac{\frac{6}{9}\delta_0}{2} = \frac{\frac{2}{3}\delta_0}{2} = \frac{\delta_0}{3}$$

Ответ:  $\frac{\delta_0}{3}$

*арифметическая ошибка*

He  
Ne



Задача 6.

Найдём соотношение количества гелия и неона.

Пусть  $\nu_{He}$  — количество гелия в 1 м<sup>3</sup> воздуха, тогда  $(1 - \nu_{He})$  — количество неона

$$P = \frac{1}{\mu} R T_0 \Rightarrow \mu = \frac{P R T_0}{P} \Rightarrow \mu = 8 \frac{2}{\text{моль}}$$

$$\nu_{He} \cdot 4 + (1 - \nu_{He}) \cdot 20 = 8 \cdot 10^{-3} \Rightarrow 20 - 16 \nu_{He} = 8 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \nu_{He} = \frac{3}{4} \Rightarrow \nu_{Ne} = \frac{1}{4}$$

$$\mu_{He} = 4 \frac{2}{\text{моль}}$$

$$\mu_{Ne} = 20 \frac{2}{\text{моль}}$$

$$\frac{\nu_{He}}{\nu_{Ne}} = 3$$

$$\nu_{He} \cdot 0,02 + 3 \cdot \nu_{He} \cdot 0,0096 \Rightarrow \nu_{He} = 30 \text{ моль} \Rightarrow \nu_{Ne} = 90 \text{ моль}$$

В 1 м<sup>3</sup> содержится 30 моль неона и 90 моль гелия.

Внутренняя энергия:

$$U = \frac{3}{2} (\nu_{He} + \nu_{Ne}) R T$$

$$U = 3 U_{He} + U_{Ne}$$

$$U_{He} = \frac{3}{2} \nu_{He} R T$$

$$U_{Ne} = \frac{3}{2} \nu_{Ne} R T$$

$$\left| \Rightarrow \frac{U_{He}}{U_{Ne}} = \frac{\nu_{He}}{\nu_{Ne}} = 3 \Rightarrow U_{He} = 3 U_{Ne} \Rightarrow U = 4 U_{Ne} \Rightarrow \frac{U_{Ne}}{U} = \frac{1}{4} \right|$$

Температура не изменилась, так как

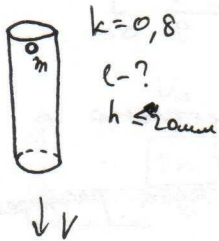
$$P = \text{const}, Q = 0$$

Ответ: 300 К; На атомы неона приходится  $\frac{1}{4}$  внутренней энергии газа в сосуде.

$$T = 300 \text{ К}$$

Ситуационная задача.





$$\frac{MV^2}{2} = \frac{M(kv)^2}{2} + Q$$

Энергия  $\frac{M(kv)^2}{2}$  нужно подвести дробью. Так как линейные размеры цилиндра малы по сравнению с шириной размаха,

~~то~~ а в космосе ещё и крайне мало действие силы тяжести, то дробь "уйдёт". На дно молотка со скоростью  $V$ . Для одобрения энергии необходимо выполнить следующее условие:

$$mV - Mkv = 0 \Rightarrow m = Mk \Rightarrow M = \frac{m}{k} \Rightarrow M = \frac{6802}{0,8} = 8502 \text{ г}$$

Пусть столкновение происходит через время  $t$  после удара:

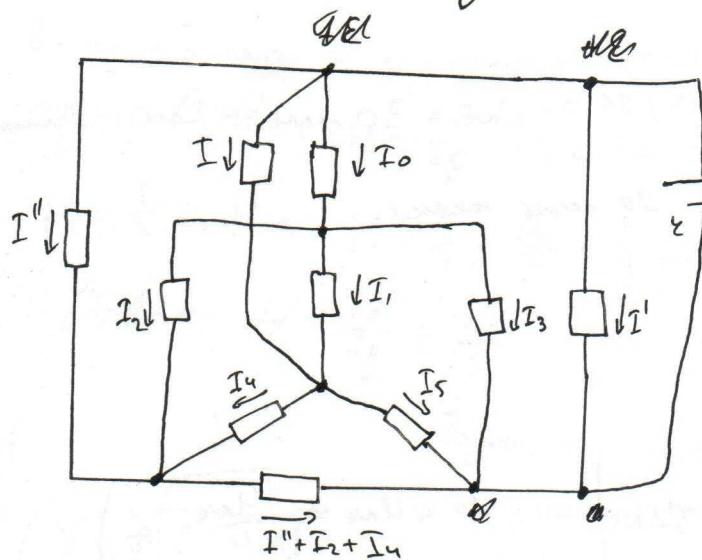
$$h = kVt; \quad h - \text{величина отскока}$$

$$l = Vt; \quad l - \text{длина свободного пробега}$$

$$\frac{h}{l} = \frac{kVt}{Vt} \Rightarrow h = kl \Rightarrow l = \frac{h}{k} \Rightarrow l = \frac{20 \text{ мм}}{0,8} = 25 \text{ мм}$$

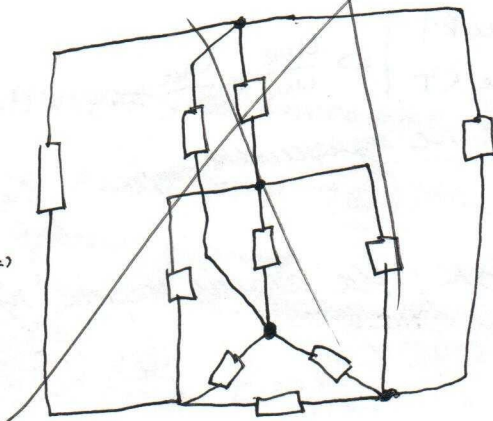
Ответ: 8502 г; 25 мм.

### Задача 5.



~~Рассмотрим преобразование транзистора в звезду~~

Рассмотрим эту же схему без подключения источника:



ан. сред. мет

Знаёт того, что сопротивление всех резисторов одинаковы, буду записывать равенство потенциалов как равенство токов (то есть сокращая на  $\epsilon$ ):

$$I' + I_0 + I + I'' = I' + I_3 + I_5 + I'' + I_2 + I_4 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow I_0 + I = I_3 + I_5 + I_2 + I_4$$

101633

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

Шифр

(заполняется ответственным секретарем приёмной комиссии)

Вариант № 11/11.5

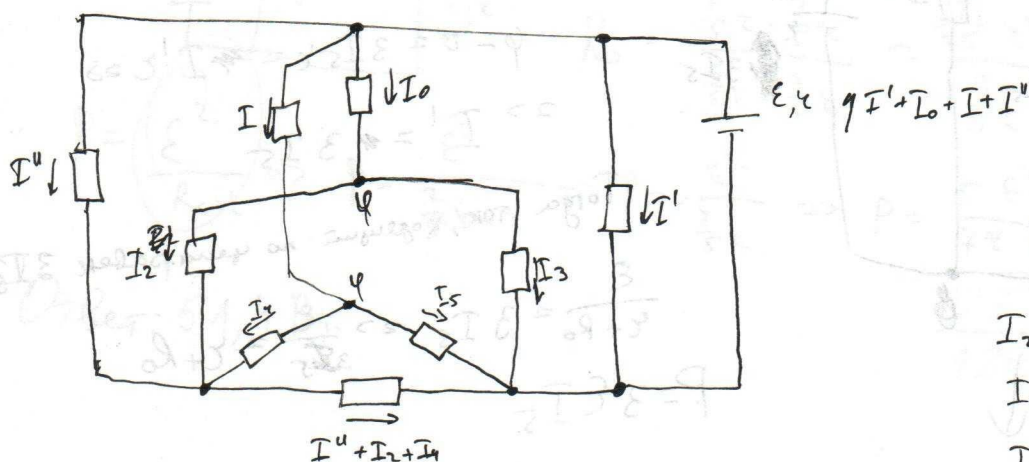
$$\begin{aligned} I &= I_0 + I_1 \\ 2I_0 + I_1 &= I_2 + I_3 + I_4 + I_5 \\ I_3 &= I_1 + I_5 \\ I_2 &= I_1 + I_4 \end{aligned} \Rightarrow 2I_0 + I_1 = 2I_1 + 2I_4 + 2I_5 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 2I_0 = 2I_4 + 2I_5 + I_1 \Rightarrow$$

$$I_0 = I_1 + I_2 + I_3 \Rightarrow I_0 = 3I_1 + I_4 + I_5$$

$$\Rightarrow 6I_1 + 2I_4 + 2I_5 = 2I_4 + 2I_5 + I_1 \Rightarrow I_1 = 0$$

Изобразим эквивалентную схему:



$$I_0 = I_4 + I_5$$

$$I_2 - I_4 = I_3 - I_5$$

$$I_2 + I_5 = I_3 + I_4$$

$$I_2 = I_4; I_3 = I_5$$

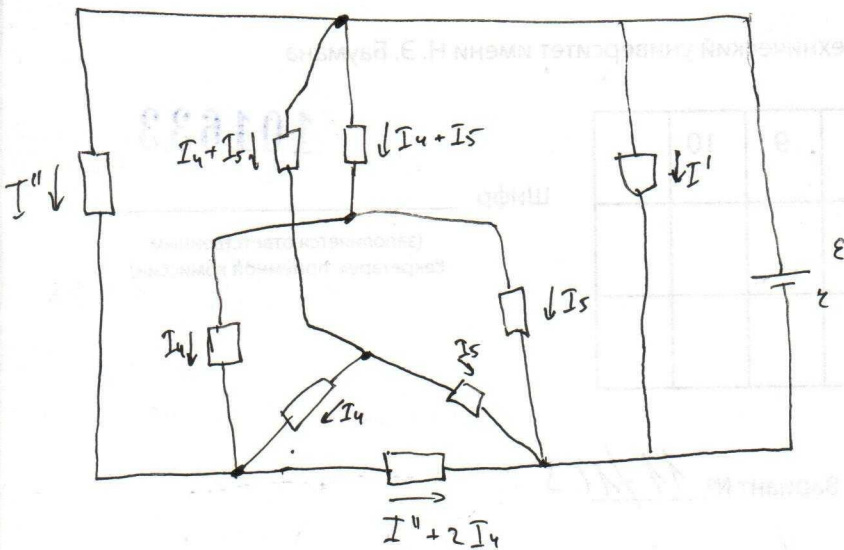
$$I_0 = I_4 + I_5$$

$$I_0 = I_4 + I_5$$

$$I' = I_0 + I_3 = I_0 + I_5 = I_4 + 2I_5 \Rightarrow I_4 = I' - 2I_5$$

$$\begin{aligned} I' + I_0 + I + I'' &= I' + 2I_4 + 2I_5 + I'' = I' + 2I' - 4I_5 + 2I_5 + I'' = \\ &= 3I' - 2I_5 + I'' = \frac{\varepsilon}{R} \end{aligned}$$





$$\cancel{3I'} - \cancel{I_5} + \cancel{I_4} = \frac{\varepsilon}{2}$$

$$I'' + 2I_4 + 2I_5 + 2I' = \frac{\varepsilon}{2}$$

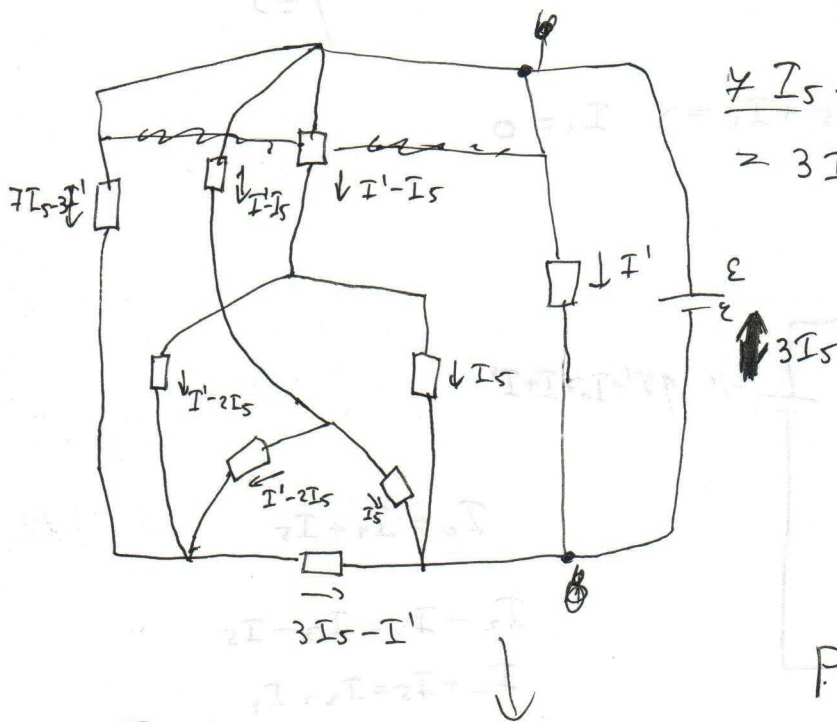
$$I'' + 4I' - 2I_5 = \frac{\varepsilon}{2}$$

$$\cancel{I''} = \cancel{I_4} + 2I_5$$

$$\cancel{4I_4} + 6I_5 = \frac{\varepsilon}{2}$$

$$I'' + 2I_4 = I_5 - I_4 \Rightarrow I'' = I_5 - 3I_4 \Rightarrow I'' = I_5 - 3I' + 6I_5 \Rightarrow I'' = 7I_5 - 3I'$$

$$I_4 = I' - 2I_5$$



$$7I_5 - 3I' + I' - 2I_5 + I' - 2I_5 = 3I_5 - I'$$

$$\varphi - 0 = 3I_5 \varepsilon = I' \varepsilon \Rightarrow$$

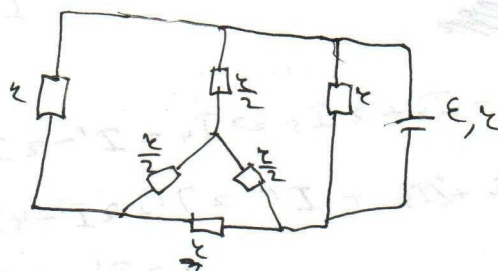
$$I' = 3I_5$$

Тогда ток, текущий по цепи равен  $3I_5$

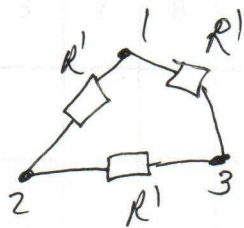
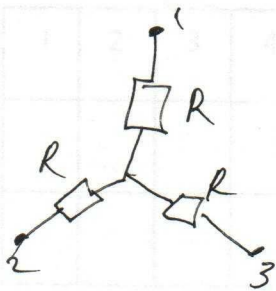
$$\frac{\varepsilon}{\zeta + R_0} = 3I_5 \Rightarrow \frac{\varepsilon}{3I_5} = \zeta + R_0$$

$$P = 3\varepsilon I_5$$

~~Требуется найти~~

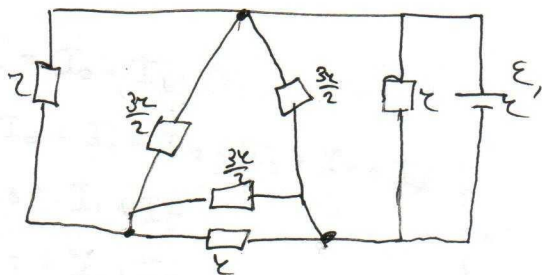


Преобразование треугольник-звезда:

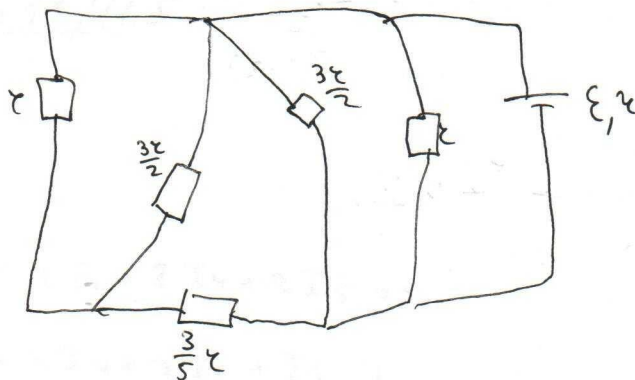


$$1-3: 2R = \frac{R' \cdot 2R'}{3R'} = \frac{2}{3}R'$$

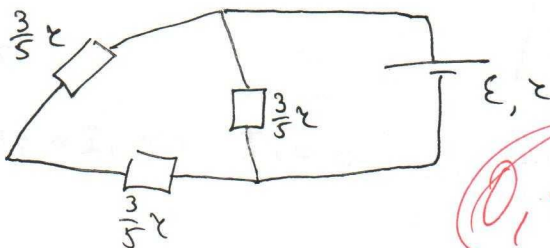
$$2R = \frac{2}{3}R' \Rightarrow R = \frac{R'}{3} \Rightarrow R' = 3R$$



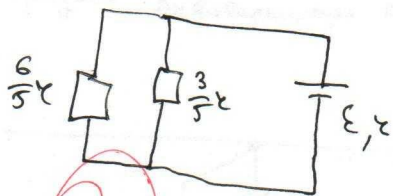
↔



$$\frac{\frac{3\epsilon}{2} \cdot \epsilon}{\frac{3\epsilon}{2} + \epsilon} = \frac{3\epsilon^2}{5}$$



0,75



$$R_0 = \frac{\frac{6}{5}\epsilon \cdot \frac{3}{2}\epsilon}{\frac{6}{5}\epsilon + \frac{3}{2}\epsilon} = \frac{\frac{18}{10}\epsilon^2}{\frac{9}{5}\epsilon} = \frac{2}{5}\epsilon$$

$$P = \frac{\epsilon^2}{R_{0\text{ и } \epsilon}} \Rightarrow P = \frac{\epsilon^2}{\frac{2}{5}\epsilon + \epsilon} \Rightarrow P = \frac{\epsilon^2}{\frac{7}{5}\epsilon} \Rightarrow P = \frac{5\epsilon^2}{7\epsilon} \Rightarrow P = \frac{5 \cdot (12\text{ В})^2}{7 \cdot 2\text{ Ом}} \approx 51,4\text{ Вт}$$

Ответ: 51,4 Вт.