

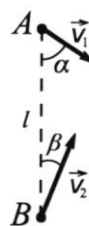
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Вариант 09-02

Класс 09

Бланк задания обязательно должен быть вложен в работу. Работы без вл

- 1. Корабль A и торпеда B в некоторый момент времени находятся на расстоянии $l = 0,8$ км друг от друга (см. рис.) Скорость корабля $V_1 = 8$ м/с, угол $\alpha = 60^\circ$, угол $\beta = 30^\circ$. Скорость V_2 торпеды такова, что торпеда попадет в цель.
- 1) Найдите скорость V_2 торпеды.
- 2) На каком расстоянии S будут находиться корабль и торпеда через $T = 25$ с?



2. Плоский склон горы образует с горизонтом угол α , $\sin \alpha = 0,6$. Из миномета, расположенного на склоне, производят выстрел, под таким углом β к поверхности склона, что продолжительность полета мины наибольшая. Мина падает на склон на расстоянии $S = 1,8$ км от точки старта.

- 1) Под каким углом β к поверхности склона произведен выстрел?
- 2) Найдите максимальную дальность L стрельбы из такого миномета на горизонтальной поверхности. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха пренебрежимо мало.

3. Вниз по шероховатой наклонной плоскости равнозамедленно движется брусок. Величина ускорения бруска $a = 2$ м/с². Пластилинный шарик, движущийся по вертикали, падает на брусок и прилипает к нему, а брусок останавливается. Продолжительность полета шарика до соударения $T = 0,2$ с. Начальная скорость шарика нулевая.

- 1) Найдите скорость V_1 шарика перед соударением.
- 2) Найдите скорость V_2 бруска перед соударением.

Движение шарика до соударения – свободное падение. Массы бруска и шарика одинаковы. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха пренебрежимо мало.

Быстрые процессы торможения бруска и деформации пластилина заканчиваются одновременно. В этих процессах действие сил тяжести считайте пренебрежимо малым.

- 4. Два одинаковых шарика движутся по взаимно перпендикулярным прямым и слипаются в результате абсолютно неупругого удара. После слипания скорость шариков $V = 25$ м/с. Скорость одного из шариков перед слипанием $V_1 = 30$ м/с.

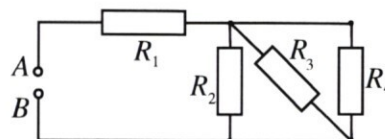
- 1) С какой скоростью V_2 двигался второй шарик перед слипанием?

- 2) Найдите удельную теплоемкость c материала, из которого изготовлены шарики, если известно, что в результате слипания температура шариков повысилась на $\Delta t = 1,35$ °С. Температуры шариков перед слипанием одинаковы.

- 5. Четыре резистора соединены как показано на рисунке. Сопротивления резисторов $R_1 = 2 \cdot r$, $R_2 = R_3 = 4 \cdot r$, $R_4 = r$. На вход АВ схемы подают напряжение $U = 8$ В.

- 1) Найдите эквивалентное сопротивление R_{AB} цепи.

- 2) Какая суммарная мощность P будет рассеиваться на резисторах R_2 , R_3 и R_4 при $r = 6$ Ом?



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1

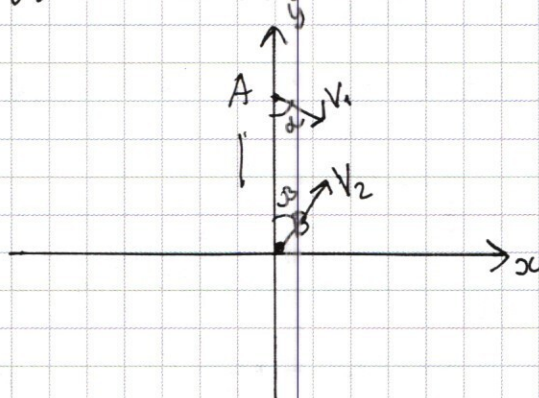
- 1) П. к. нам известно, что торпеда упадет в воду, в момент времени $t_{\text{уг}}$. Они будут иметь одинаковые ~~мы~~ координаты.

O_x :

$$V_1 \sin \alpha t_{\text{уг}} = V_2 \sin \beta t_{\text{уг}}$$

O_y :

$$1 - V_1 \cos \alpha t_{\text{уг}} = V_2 \cos \beta t_{\text{уг}}$$



Из первого уравнения, $V_1 \sin \alpha = V_2 \sin \beta = V_2 \cdot \frac{V_1 \sin \alpha}{\sin \beta} = 8\sqrt{3}$

- 2) Корабль и торпеда в каждый момент времени будут иметь одинаковую координату по оси $Ox \Rightarrow$ расстояние между ними это $y_1 - y_2$.

$$S = y_1 - y_2$$

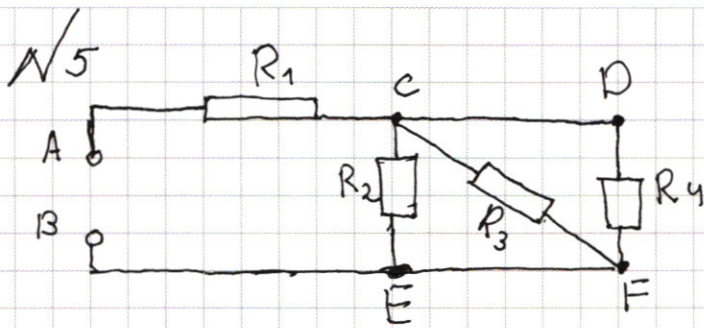
$$y_1 = 1 - V_1 \cos \alpha T$$

$$y_2 = V_2 \cos \beta T$$

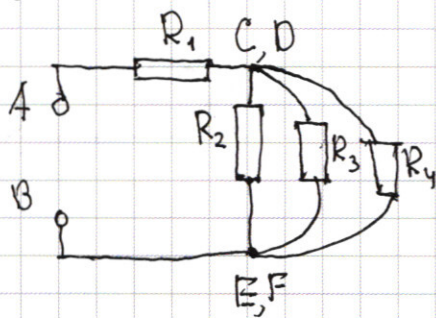
$$S = 1 - V_1 \cos \alpha T - V_2 \cos \beta T = 800 - 8 \cdot \frac{1}{2} \cdot 25 - 8\sqrt{3} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 25 =$$

$$= 800 - 100 - 300 = 400 \text{ м}$$

Ответ: $V_2 = 8\sqrt{3} \text{ м/с}$; $S = 400 \text{ м}$.



- 1) Заменяем данную схему на эквивалентную, соединив точки C и D, E и F (мы это можем сделать т.к. C и D, E и F соединены идеальными проводниками и следовательно имеют равный потенциал).



Резисторы R_2, R_3, R_4 соединены параллельно

$$\frac{1}{R_{234}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} = \frac{1}{4n} + \frac{1}{4n} + \frac{1}{n} = \frac{6}{4n} = \frac{3}{2n}$$

$$R_{234} = \frac{2}{3}n$$

Сопротивления R_1 и R_{234} соединены последовательно, значит $R_{AB} = R_1 + R_{234} = 2\frac{2}{3}n$.

- 2) П.к. нам требуется найти суммарную мощность, мы будем рассматривать вместе всех резисторов R_2, R_3 и R_4 резистор с сопротивлением $R_{234} = \frac{2}{3}n = 4 \text{ Ом}$

$$U_{AB} = I R_{AB} \Rightarrow I = \frac{U}{R_{AB}} = \frac{8}{2\frac{2}{3} \cdot 6} = \frac{1}{2} \text{ А}$$

$$P_{234} = I R_{234} = \frac{1}{2} \cdot 4 = 2 \text{ Вт/с}$$

Ответ: $R_{AB} = \frac{8}{3}n$; $P_{234} = 2 \text{ Вт}$.

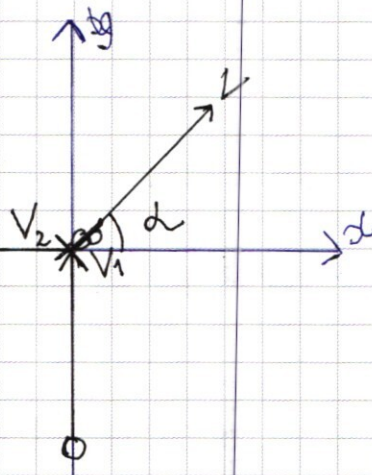
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$\sqrt{4}$

1) Напишем законы сохранения импульса для осей Ox и Oy :

$$Ox: mV_2 = V \cos \alpha \cdot 2m$$

$$Oy: mV_1 = V \sin \alpha \cdot 2m$$



$$\begin{cases} mV_2 = 2V \cos \alpha m \\ mV_1 = 2V \sin \alpha m \Rightarrow \sin \alpha = \frac{V_1}{2V} \Rightarrow \cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = \sqrt{1 - \frac{V_1^2}{4V^2}} \end{cases}$$

$$mV_2 = 2V m \sqrt{1 - \frac{V_1^2}{4V^2}}$$

$$V_2 = \sqrt{4V^2 - V_1^2} = 40 \text{ м/с}$$

2) Напишем закон сохранения энергии. (состояние до удара и после)

$$\frac{mV_1^2}{2} + \frac{mV_2^2}{2} = \frac{2mV^2}{2} + Q, \text{ где } Q - \text{выделившееся при ударе количество теплоты}$$

$$Q = \frac{m}{2} (V_1^2 + V_2^2 - 2V^2)$$

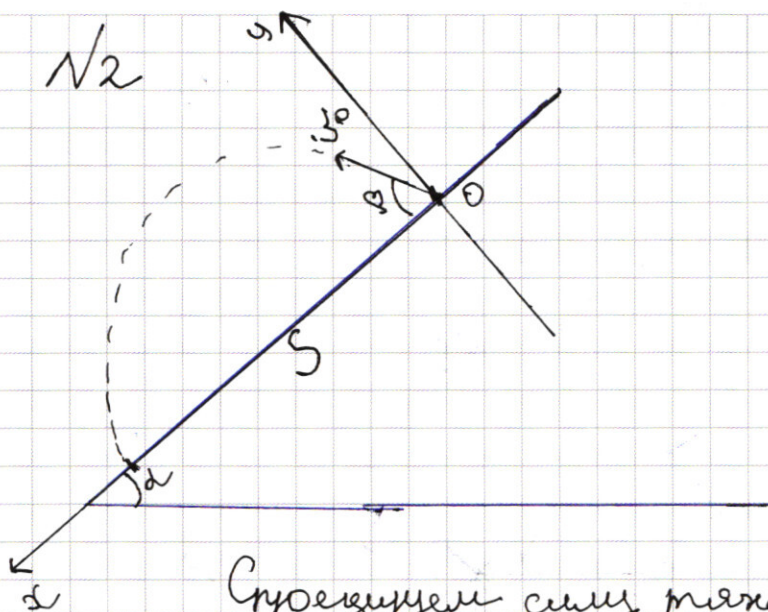
$$Q = 2cm\Delta t_2 - cm\Delta t_1 - cm\Delta t_1 = \left(\begin{matrix} \Delta t_1 - \text{температура до удара} \\ \Delta t_2 - \text{после} \end{matrix} \right)$$

$$= 2cm\Delta t$$

$$2cm\Delta t = \frac{m}{2} (V_1^2 + V_2^2 - 2V^2)$$

$$c = \frac{V_1^2 + V_2^2 - 2V^2}{4\Delta t} \approx 230 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$\text{Ответ: } V_2 = 40 \text{ м/с; } c = 230 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}.$$



Спроецируем силу тяжести на оси Ox и Oy .

$$Ox: F_{ox} = mg \sin \alpha$$

$$Oy: F_y = mg \cos \alpha$$

По второму закону Ньютона,

$$F_x = m a_x \Rightarrow a_x = g \sin \alpha$$

$$F_y = m a_y \Rightarrow a_y = g \cos \alpha$$

Напишем уравнение движения для осей.

$$Oy: v \sin \beta \frac{1}{t_n} - \frac{g \cos \alpha \cdot t_n^2}{2} = 0$$

$$Ox: v \cos \beta \frac{1}{t_n} + \frac{g \sin \alpha \cdot t_n^2}{2} = s$$

Из первого уравнения, $\frac{1}{t_n} = \frac{2v \sin \beta}{g \cos \alpha}$. Подставим данное выражение во второе уравнение

$$\frac{2v^2 \sin \beta \cos \beta}{g \cos \alpha} + \frac{g \sin \alpha \cdot 4v^2 \sin^2 \beta}{2g^2 \cos^2 \alpha} = s$$

$$\frac{2v^2 \sin 2\beta}{g \cos \alpha} + \frac{2v^2 \sin^2 \beta \sin \alpha}{g \cos^2 \alpha} = s$$

$$v^2 \sin 2\beta \cos \alpha + 2v^2 \sin^2 \beta \sin \alpha = s g \cos^2 \alpha$$

$$\sin 2\beta \cos \alpha + 2 \sin^2 \beta \sin \alpha = \frac{s g \cos^2 \alpha}{v^2} \quad (1)$$

П.к. по условию величина кинетической энергии должна принимать максимальное значение.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$0,8 \sin 2\beta + 1,2 \sin^2 \beta = \max$. Это возможно
при $\beta = \frac{\pi}{4}$, тогда

$$0,8 \sin 2\beta + 1,2 \sin^2 \beta = 0,8 + 1,2 \cdot \left(\frac{\sqrt{2}}{2}\right)^2 = 0,8 + 0,6 = 1,4$$

2) П.к. $0,8 \sin 2\beta + 1,2 \sin^2 \beta = 1,4$, подставляя
это выражение в уравнение (1)

$$\frac{5g \cos^2 \alpha}{v^2} = 1,4$$

$$\frac{1800 \cdot 10 \cdot 0,64}{1,4} = v^2 \Rightarrow v = 240 \sqrt{\frac{1}{7}}$$

Из выражения для ~~максимальной~~ дальности полета
тела, брошенного под углом к горизонту,
 $S_{\max} = \frac{v_0^2 \sin 2\gamma}{g}$, где γ - угол броска

Максимальной дальность будет в случае, когда $\alpha = \frac{\pi}{4}$

$$S_{\max} = \frac{v_0^2}{g} = \frac{240^2 \cdot \frac{1}{7}}{10} = \frac{240^2}{70} \approx 820 \text{ м}$$

Ответ: 820 м, $\beta = \frac{\pi}{4}$.

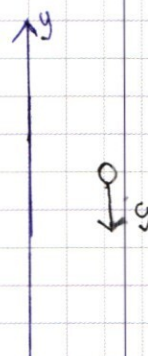
✓3

1) Рассмотрим движение шарика:

$$v = v_0 - gt$$

$$v_0 = 0 \Rightarrow v = -gt$$

$$t = 0,2 \text{ с (по условию)} \Rightarrow v = -2 \text{ м/с}$$



2)

Из второго закона Ньютона
для блока,

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

$$\mu mg\cos\alpha - mg\sin\alpha = ma$$

$$\mu\cos\alpha - \sin\alpha = \frac{a}{g}$$

Спроецируем уравнение на ось Ox

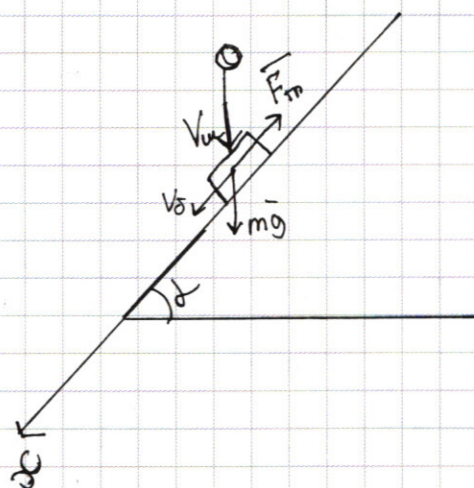
$$F_{\text{тр}x} = V_{\text{тр}} m \cos\alpha$$

$$F_{\text{гр}} = V_{\text{гр}} m$$

$$V_{\text{гр}} m - V_{\text{тр}} m \cos\alpha = 2m \cdot 0, \text{ т.к. после удара блок останавливается.}$$

$$V_{\text{гр}} = V_{\text{тр}} \cos\alpha,$$

$$\text{Ответ: } 2 \text{ м/с}; 2\cos\alpha \text{ м/с.}$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$t_n = \frac{2v \sin \alpha \beta}{g \cos \alpha}$$

$$S = v \cos \beta t_n + \frac{g \sin \alpha t_n^2}{2}$$

$$S = \frac{2v^2 \sin^2 \beta}{g \cos^2 \alpha} + \frac{g \sin \alpha}{2} \frac{4v^2 \sin^2 \beta}{g^2 \cos^2 \alpha}$$

$$\begin{array}{r} 57600 \\ - 56 \\ \hline 146 \\ - 14 \\ \hline 20 \\ - 14 \\ \hline 60 \end{array}$$

$$S = \frac{v^2 \sin^2 \beta}{g \cos^2 \alpha} + \frac{4v^2 \sin^2 \beta \sin \alpha}{2g \cos^2 \alpha} =$$

$$= \frac{v^2 \sin^2 \beta \cos \alpha + 2v^2 \sin^2 \beta \sin \alpha}{g \cos^2 \alpha}$$

$$2 \cdot 3^2 \cdot 2^6 \cdot 2 \cdot 5 = 348^2 \quad \int g \cos^2 \alpha = v^2 \sin^2 \beta \cos \alpha + 4v^2 \sin^2 \beta \sin \alpha$$

$$2^8 \cdot 3^2 \cdot 5 = 240^2 \quad \frac{S g \cos^2 \alpha}{v^2} = \sin^2 \beta \cos \alpha + 2 \sin^2 \beta \sin \alpha$$

$$\sin^2 \beta \cos \alpha + 2 \sin^2 \beta \sin \alpha$$

$$\frac{32 \cdot 18 \cdot 10}{0,7} = 10 \sqrt{\frac{32 \cdot 18}{7}} =$$

$$\begin{array}{r} 1 \\ \uparrow 32 \\ \uparrow 18 \\ 256 \\ \uparrow 32 \\ 576 \end{array}$$

$$0,8 \sin^2 \beta + 4 \cdot 0,6 \sin^2 \beta = 240 \sqrt{2}$$

$$0,8 \sin^2 \beta + 2,4 \sin^2 \beta$$

$$0,8 (\sin^2 \beta + 3 \sin^2 \beta)$$

$$\cos \alpha = \sqrt{1 - 0,6^2} = 0,8$$

$$0,8 \sin^2 \beta + 2,4 \sin^2 \beta$$

$$0,8 + 1,2 \cdot \frac{\sqrt{2} \cdot \sqrt{2}}{2}$$

$$\sim 0,8 + 0,8 = 1,4$$

$$(\sin^2 \beta + 3 \sin^2 \beta)$$

$$2 \sin \beta \cos \beta + 3 \sin \beta \cdot \sin \beta$$

$$\sin^2 \beta (2 \cos \beta + 3 \sin \beta)$$

$$(\sin^2 \beta)' + (3 \sin^2 \beta)' =$$

$$= (\sin \beta \cdot \cos \beta)' + (\sin \beta \cdot \sin \beta)'$$



$$(ab)' = a'b + b'a$$

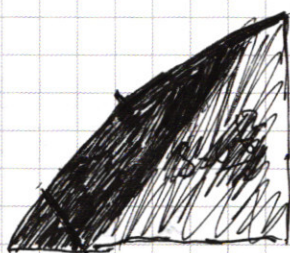
В

$$(\sin \beta \cdot \cos \beta)' + (\sin \beta \cdot \sin \beta)' =$$

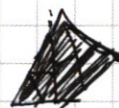
$$= (\sin \beta)' \cdot \cos \beta + (\cos \beta)' \cdot \sin \beta + (\sin \beta)' \cdot \sin \beta \cdot 2 =$$

$$= \sin^2 \beta + \cos^2 \beta + 2 \sin \beta \cos \beta = (\sin \beta + \cos \beta)^2$$

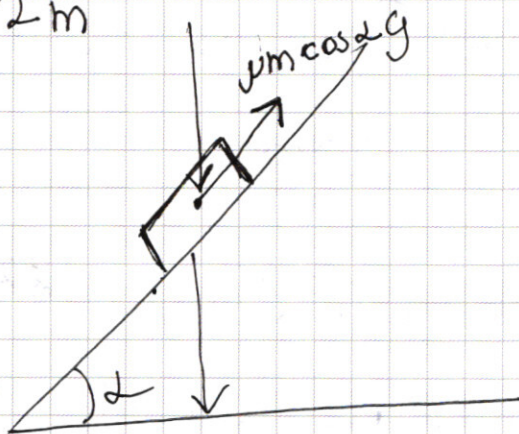
$$\beta = \frac{\pi}{2}$$



L



$$m V_m + 2m \sqrt{s} = 2m$$



$$\mu m g \cos \alpha - m g \sin \alpha = a m$$

$$\mu g \cos \alpha - g \sin \alpha = a$$

$$V_m \cos \alpha - \sqrt{s} = \rho$$

$$\mu \cos \alpha - \sin \alpha = \frac{a}{g}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3

$$v = v_0 + at$$

$$v = gt = 2w/c$$

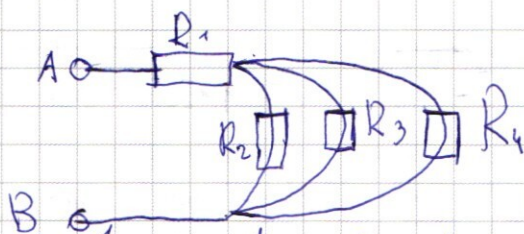
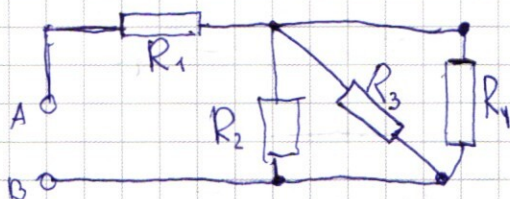
$$v = v_0 - at$$

$$p_{\text{из}} = p_{\text{вн}}$$

$$p_g + p_{\text{из}} = p_{\text{вн}}$$

$$mg + \rho_{\text{из}} V_g = \rho_{\text{вн}} V_g$$

№5

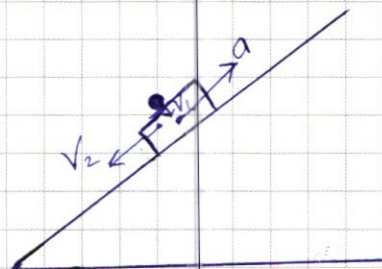


$$\frac{1}{R_{\text{рез}}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}$$

$$\frac{1}{R_{\text{рез}}} = \frac{1}{4r} + \frac{1}{4r} + \frac{1}{r} = \frac{6}{4r}$$

$$R_{\text{рез}} = \frac{4r}{6} = \frac{2}{3}r$$

$$P = I^2 R_{23} = \left(\frac{9}{4}\right) \cdot \frac{2}{3}r$$



$$2) R_{AB} = 2 \frac{2}{3} \cdot 6 = \frac{8}{3} \cdot 6 = 16 \Omega$$

$$I = \frac{U}{R} = \frac{8}{16} = \frac{1}{2} A$$

$$P = I^2 R_{234} = \left(\frac{1}{2}\right)^2 \cdot \frac{2}{3} \cdot 6 = 2 B$$

$$= \frac{3}{8} \cdot 4 = \frac{3}{2} = 1.5 B$$

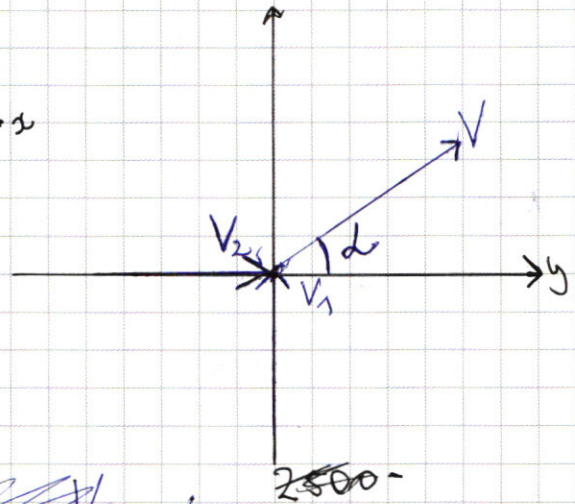
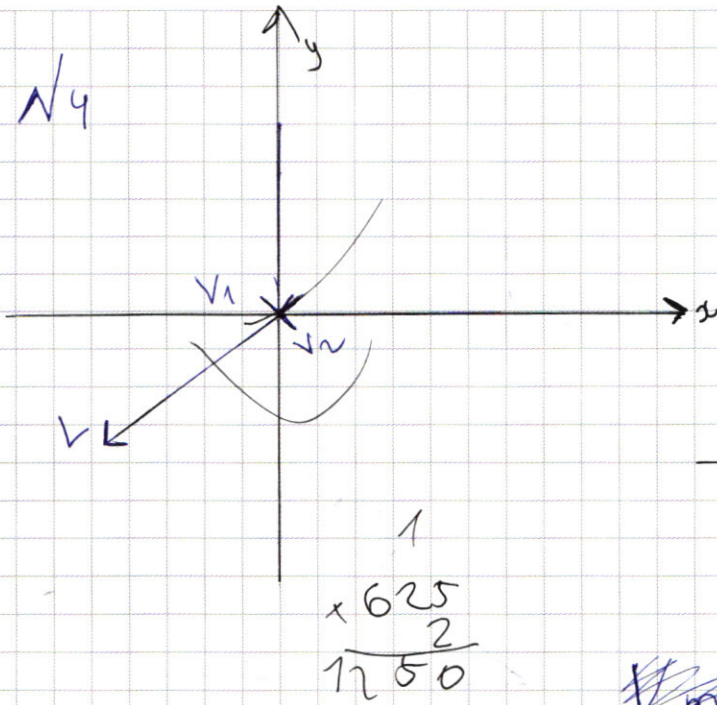
Итого: 2 B,

$$R_{AB} = R_1 + R_{12} = 2 \frac{2}{3}r$$

2) Не сразу можем рассчитать эквивалентную схему.

$$I = \frac{U}{R} = \frac{6}{\frac{8}{3}r} = \frac{18}{8r} = \frac{9}{4r}$$

N_4



$$\begin{aligned} V_2 m &= 2V m \cos \alpha \\ V_1 m &= 2V m \sin \alpha \end{aligned}$$

$$\begin{cases} V_2 = 2V \cos \alpha \\ V_1 = 2V \sin \alpha \end{cases}$$

$$\sin \alpha = \frac{V_1}{2V} \Rightarrow$$

$$\cos \alpha = \sqrt{1 - \left(\frac{V_1}{2V}\right)^2}$$

$$\begin{aligned} 2mV &= mV_1 + mV_2 \\ 2V &= V_1 + V_2 \\ 50 &= 30 + V_2 \\ V_2 &= 20 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_2 &= 2V \sqrt{1 - \left(\frac{V_1}{2V}\right)^2} = \\ &= \sqrt{4V^2 - V_1^2} = \sqrt{4 \cdot 25^2 - 30^2} = \\ &= \sqrt{50^2 - 30^2} = \sqrt{20 \cdot 80} = 40 \text{ m/c.} \end{aligned}$$

$$Q_1 \frac{2mV^2}{2} = \frac{mV_1^2}{2} + \frac{mV_2^2}{2}$$

~~Q2 2m~~

$$\frac{m}{2} (V_1^2 + V_2^2 - V^2)$$

$$\begin{aligned} 2cm \Delta t &= \frac{m}{2} (V_1^2 + V_2^2 - V^2) \\ 4c \Delta t &= V_1^2 + V_2^2 - 2V^2 \end{aligned}$$

$$C = \frac{V_1^2 + V_2^2 - 2V^2}{4 \Delta t}$$