Часть 1

Олимпиада: **Физика, 11 класс (1 часть)**

Шифр: **21200959**

ID профиля: **379655**

Вариант 6

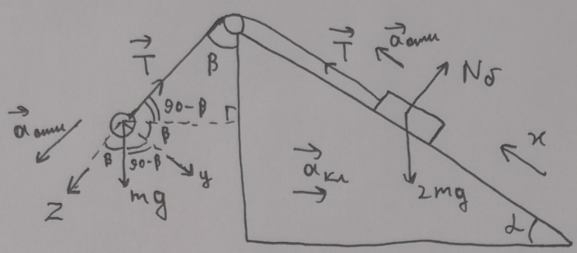
Чистовик

Дано:
$\cos\alpha = \frac{4}{5}$
$\cos\beta = \frac{12}{13}$
$m;\ 2m$

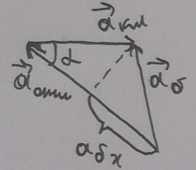
$a_{кл} = ?$
$a_{отн} = ?$
$t = ?$

$$\cos\alpha = \frac{4}{5} \Rightarrow \sin\alpha = \sqrt{1-\cos^2\alpha} = \frac{3}{5}$$

$$\cos\beta = \frac{12}{13} \Rightarrow \sin\beta = \sqrt{1-\cos^2\beta} = \frac{5}{13}$$



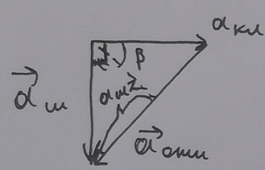
Запишем закон сложения ускорений для бруска
$\vec{a}_б$ – ускорение бруска отн-но земли
$\vec{a}_{отн}$ – ускорение бруска отн-но клина
$\vec{a}_{кл}$ – ускорение ПСО



2 ЗН для бруска
$$\vec{N}_б + 2m\vec{g} + \vec{T} = 2m\vec{a}_б$$
в проекции на Ox
$$T - 2mg\cdot\sin\alpha = 2ma_{бx} \quad (1)$$

$$a_{бx} = a_{отн} - a_{кл}\cdot\cos\alpha$$

Запишем закон сложения ускорений для шарика
$\vec{a}_ш$ – ускорение шарика отн-но земли
$\vec{a}_{отн}$ – ускорение обусл. непрослабеванием нити отн-но клина
$\vec{a}_{кл}$ – ускорение ПСО



2 ЗН для шарика
$$\vec{T} + m\vec{g} = m\vec{a}_ш$$
Oy:
$$mg\cdot\sin\beta = ma_{кл}\cdot\cos\beta$$
$$a_{кл} = \frac{g\cdot\sin\beta}{\cos\beta} = \frac{10\cdot\frac{5}{13}}{\frac{12}{13}} = \frac{10\cdot5}{12} = \frac{25}{6}\,\frac{м}{с^2}$$

$$a_{шz} = a_{отн} - a_{кл}\cdot\sin\beta$$

Oz:
$$mg\cdot\cos\beta - T = ma_{шz} \quad (2)$$

Чистовик

Сложим 1 и 2 уравнения

$$mg\cdot\cos\beta - 2mg\cdot\sin\alpha = 2m(a_{отн} - a_{кл}\cdot\cos\alpha) + m(a_{отн} - a_{кл}\cdot\sin\beta)$$

$$g\cdot(\cos\beta - 2\sin\alpha) = 3a_{отн} - a_{кл}\cdot(2\cdot\cos\alpha + \sin\beta)$$

$$a_{отн} = \frac{g\cdot(\cos\beta - 2\cdot\sin\alpha) + a_{кл}\cdot(2\cdot\cos\alpha + \sin\beta)}{3} =$$

$$= \frac{10\cdot\left(\frac{12}{13} - \frac{6}{5}\right) + \frac{25}{6}\cdot\left(\frac{8}{5} + \frac{5}{13}\right)}{3} = \frac{10\left(\frac{60-78}{65}\right) + \frac{25}{6}\cdot\left(\frac{104+25}{65}\right)}{3} =$$

$$= \frac{-\frac{18\cdot 10}{65} + \frac{25}{6}\cdot\frac{129}{65}}{3} = \frac{\frac{43\cdot 25}{2\cdot 65} - \frac{20\cdot 18}{2\cdot 65}}{3} = \frac{1075-360}{6\cdot 65} =$$

$$= \frac{715}{6\cdot 65} = \frac{11}{6}\ \frac{м}{с^2}$$

Ответ: $a_{кл} = \frac{25}{6}\ \frac{м}{с^2}$; $a_{отн} = \frac{11}{6}\ \frac{м}{с^2}$

~~Чистовик~~ Черновик

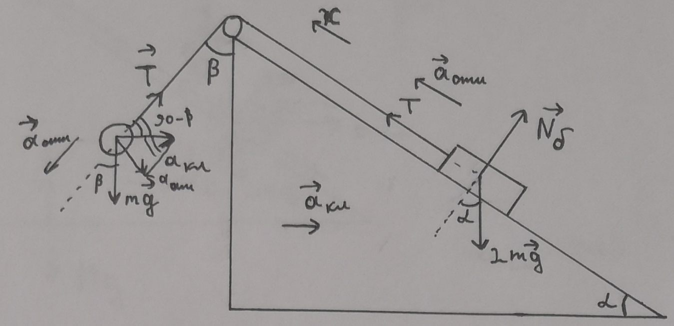
№ 1

Дано:
$\cos\alpha = \frac{4}{5}$
$\cos\beta = \frac{12}{13}$
$m; 2m$

$\cos\alpha = \frac{4}{5} \Rightarrow \sin\alpha = \sqrt{1-\cos^2\alpha} = \sqrt{1-\frac{16}{25}} = \frac{3}{5}$

$78 - 60 = 18$

$\frac{169-144}{169} = \frac{5}{13}$



Запишем закон сложения ускорений для бруска

$\vec{a}_б$ - ускорение бруска отн-но земли

$\vec{a}_{отн}$ - ускорение бруска отн-но клина

$\vec{a}_{кл}$ - ускорение ПСО

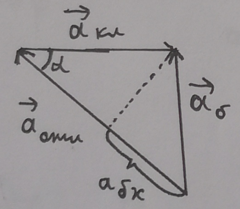
$\vec{a}_б = \vec{a}_{отн} + \vec{a}_{кл}$

2 ЗН для бруска

$\vec{N}_б + 2m\vec{g} + \vec{T} = 2m\vec{a}_б$

в проекции на ох

$T - 2mg\cdot\sin\alpha = 2m\,a_{бx}$ (1)



$a_{бx} = a_{отн} - a_{кл}\cdot\cos\alpha$

Из-за нерастягиваемости нити ускорение шарика равно $a_{отн}$

2 ЗН для шарика

$T - mg\cdot\cos\beta = -m a_{отн}$ (2)

Вычтем 2 уравнение из 1

$mg\cdot\cos\beta - 2mg\cdot\sin\alpha = m a_{отн} + 2m a_{бx}$

$\cancel{m}g(\cos\beta - 2\cdot\sin\alpha) = \cancel{m}(a_{отн} + 2a_{отн} - 2a_{кл}\cdot\cos\alpha)$

$g\cdot\left(\frac{12}{13} - \frac{6}{5}\right) = 3a_{отн} - \frac{8}{5}a_{кл}$

$8a_{кл} - 15a_{отн} = \frac{18}{13}g$

Черновик

$a_{бx} = a_{отн} - a_{кл}\cdot\cos\alpha$

$a_{бy} = a_{кл}\cdot\sin\alpha$

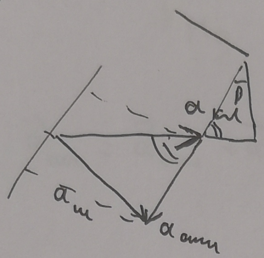
~~аб~~

$\cancel{a_{отн}^2 + a_{кл}^2 - 2a_{отн}\cdot a_{кл}\cdot\cos\alpha = a_{кл}^2\cdot\sin^2\alpha} + a_{отн}^2 - 2a_{отн}a_{кл}\cdot\cos\alpha$

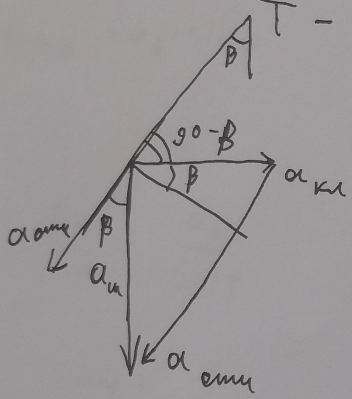
$+ a_{кл}\cdot\cos^2\alpha$

$2a_{отн} - 2a_{кл}\cdot\cos\alpha + a_{отн} - a_{кл}\cdot\sin\beta$

$- a_{кл}(2 - \cos\alpha + \sin\beta)$



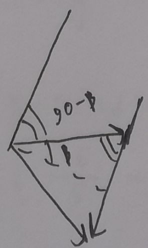
$T - mg\cdot\cos\beta = m\cdot(a_{кл}\cdot\sin\beta - a_{отн})$



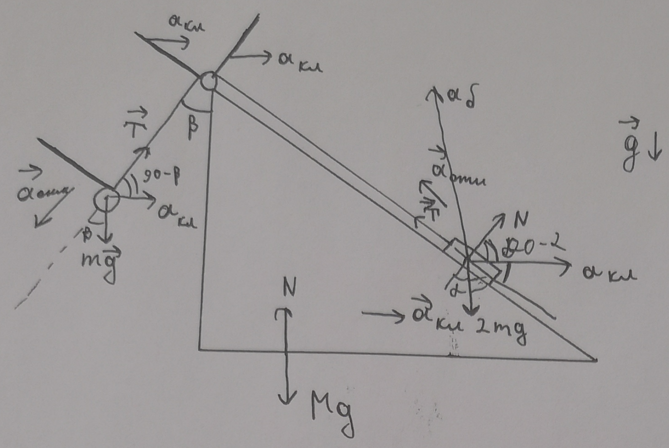
mg

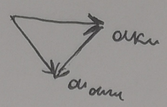
$A_\Sigma = Q_\Sigma$

$A_{12} + A_{21} = Q_{12}$



Черновик





$\vec{g}\downarrow$

$a_{кл}\cdot\cos\alpha = a_б\cdot\cos(90-\beta)$

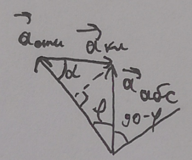
$\vec{a}_{абс} = \vec{a}_{отн} + \vec{a}_{кл}$

из-за нерастяжимости

$a_{кл}\cdot\cancel{\sin\alpha} = a_б\cdot\sin\varphi$

$T - mg\cdot\cos\beta = m a_{отн}$

$T - 2mg\cdot\sin\alpha = 2m a_{абс\,ox}$



$a_{кл}\cdot\sin\alpha = a_б\cdot\sin\varphi$

$a_{абс}^2 = a_{отн}^2 + a_{кл}^2 - 2a_{отн}\cdot a_{кл}\cdot\cos\alpha$

$a_{абс\,x} = a_{отн} - a_{кл}\cdot\cos\alpha$

$\frac{a_б}{\sin\alpha} = \frac{a_{кл}}{\sin\varphi}$

$T - mg\cdot\cos\beta = m a_{отн}$

$\sin\varphi =$

$T - 2mg\cdot\sin\alpha = 2m\cdot(a_{отн} - a_{кл}\cdot\cos\alpha)$

$2mg\cdot\sin\alpha - mg\cdot\cos\beta = -m a_{отн} - 2m a_{от} + 2m a_{кл}\cdot\cos\alpha$

$mg\left(\frac{6}{5} - \frac{12}{13}\right) = 2\cdot m\cdot a_{кл}\cdot\cos\alpha - 3m a_{отн}$

$g\cdot\frac{78-60}{65}$

$g\cdot\frac{18}{65} = \frac{8}{5}\cdot a_{кл} - 3a_{отн}$

$8a_{кл} - 15a_{отн} = \frac{18}{13}g$

Часть 2

Олимпиада: **Физика, 11 класс (2 часть)**

Шифр: **21200959**

ID профиля: **379655**

Вариант 6

Чистовик

№3

Дано:

$E=\mathcal{E}$

$C_1=C$

$C_2=3C$

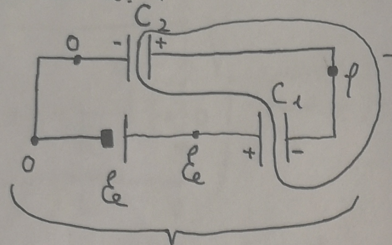
$I'_L=?$

$Q=?$

$u_R=?$

Решение

Рассмотрим цепь до замыкания ключа в установившемся режиме. (непосредственно перед размыканием). Ток через конденсаторы не течет



- изолированная область

метод потенциалов

Предположим заряды конденсаторов распределены так, как показано на рисунке

Напишем ЗСЗ для изолированной области, т.к. изначально цепь была собрана из незаряженных конденсаторов то Σ заряд в изолированной области равен 0 и постоянен

$$0 = C_2(\varphi - 0) - C_1\cdot(\mathcal{E} - \varphi)$$

$$C_2\cdot\varphi = C_1(\mathcal{E}-\varphi)$$

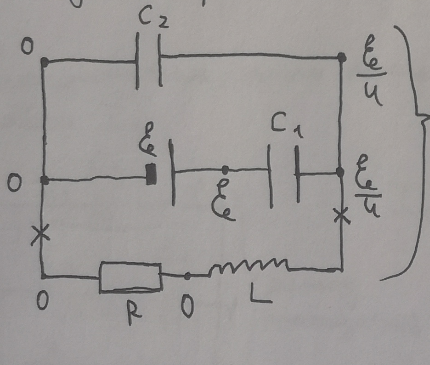
$$3C\cdot\varphi = C\cdot\mathcal{E} - C\varphi$$

$$4C\varphi = C\mathcal{E} \Rightarrow \varphi = \frac{\mathcal{E}}{4}$$

$$U_{c2} = \frac{\mathcal{E}}{4}$$

$$U_{c1} = \frac{3\mathcal{E}}{4}$$

Рассмотрим цепь сразу после замыкания. Напряжение на конденсаторах скачком не изменится и ток через катушку скачком не изменится, а значит ток на катушке равен нулю



метод потенциалов

$$U_L = \frac{\mathcal{E}}{4} - 0$$

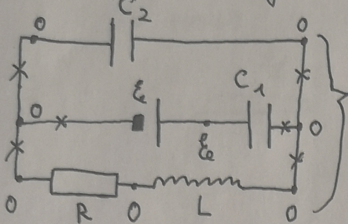
$$U_L = LI'_L \Rightarrow I'_L = \frac{U_L}{L} = \frac{\mathcal{E}}{4L}$$

$$W(0) = \frac{C_1\cdot U_{c1}^2}{2} + \frac{C_2\cdot U_{c2}^2}{2} =$$

$$= \frac{9C\cdot\mathcal{E}^2}{32} + \frac{3C\cdot\mathcal{E}^2}{8} = \frac{21C\mathcal{E}^2}{32}$$

Чистовик

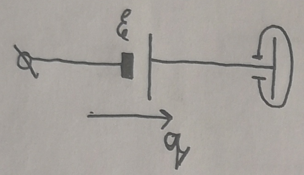
Рассмотрим цепь в установившемся режиме при замкнутом ключе. Ток через конденсаторы не течет, напряжение на катушке равно нулю. Так как тока нет через конденсаторы, то по ЗСЗ тока через катушку тоже нет.



метод потенциалов

$$W(t_{уст}) = \frac{C_1 \cdot \mathcal{E}^2}{2} = \frac{C\mathcal{E}^2}{2}$$

Рассмотрим левую обкладку конденсатора с емкостью C_1



был $+C_1 \cdot \frac{3\mathcal{E}}{4}$ - заряды

стал $+C_1 \cdot \mathcal{E}$

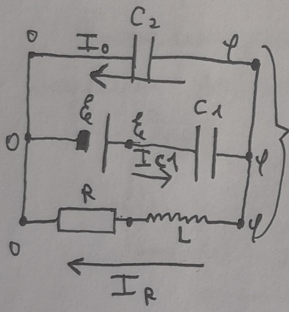
$$q = C_1 \cdot \mathcal{E} - C_1 \cdot \frac{3\mathcal{E}}{4} = \frac{C \cdot \mathcal{E}}{4} \Rightarrow A_б = +\mathcal{E} \cdot q = \frac{C\mathcal{E}^2}{4}$$

$$A_б = \Delta W + Q$$

$$\frac{C\mathcal{E}^2}{4} = \frac{C\mathcal{E}^2}{2} - \frac{21C\mathcal{E}^2}{32} + Q \Rightarrow Q = \frac{21C\mathcal{E}^2}{32} + \frac{C\mathcal{E}^2}{4} - \frac{C\mathcal{E}^2}{2} =$$

$$= \frac{21C\mathcal{E}^2 + 8C\mathcal{E}^2 - 16C\mathcal{E}^2}{32} = \frac{13C\mathcal{E}^2}{32}$$

Рассмотрим цепь когда ток через конденсатор с емкостью C_2 равен I_0



метод потенциалов

$$I_0 = C_2 \cdot U' \Rightarrow I_0 = C_2 \cdot \varphi' \Rightarrow \varphi' = \frac{I_0}{3C}$$

$$I_{C1} = C_1 \cdot (\mathcal{E} - \varphi)' = -C_1 \cdot \varphi' = -C_1 \cdot \frac{I_0}{3C} = -\frac{I_0}{3}$$

ЗСЗ:

$$I_{C1} = I_R + I_0$$

$$I_R = I_{C1} - I_0 = -\frac{4I_0}{3}$$

$$U_R = I_R \cdot R = -\frac{4I_0 R}{3}$$

Знак показывает неверно выбранное направлении тока, но тогда $|U_R| = \frac{4I_0R}{3}$

Ответ: 1) $\frac{\mathcal{E}}{4L}$ 2) $\frac{13C\mathcal{E}^2}{32}$ 3) $\frac{4I_0R}{3}$

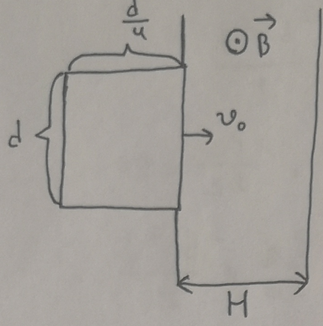
Чистовик
№ 4

Дано:
$b = \frac{d}{4}$
$H = 2d$
$m, d, v_0,$
R, B

$a_0 = ?$
$v_1 = ?$
$v_2 = ?$

Решение:

Рассмотрим въезд рамки в магнитное поле сразу после того, как правая часть рамки попадет в поле

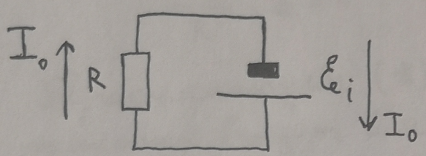


1) По правилу левой руки продольная составляющая $F_Л$, обусловленная движением рамки, действующая на положительные заряды будет действовать вниз.

$\mathcal{E}_i = v_0 \cdot d \cdot B \cdot \sin\alpha$, где $\alpha = (\vec{B}; \vec{v_0}) = 90^\circ$ $\Rightarrow$

$\mathcal{E}_i = v_0 \cdot d \cdot B$

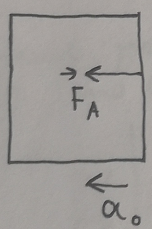
2)



$$I_0 = \frac{\mathcal{E}_i}{R} = \frac{v_0 d B}{R}$$

3) По правилу левой руки сила Ампера будет направлена против скорости и равняться

$F_A = B \cdot I_0 \cdot d \cdot \sin\varphi$, где $\varphi = (\vec{B}; \vec{I}) = 90^\circ \Rightarrow F_A = B \cdot I_0 \cdot d$

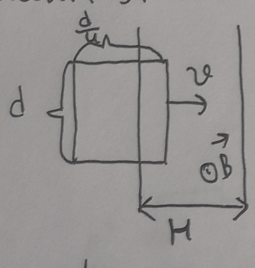


2ЗН для рамки

$F_A = m a_0$

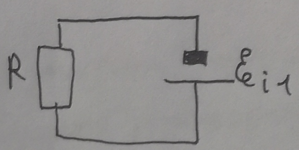
$$a_0 = \frac{F_A}{m} = \frac{B \cdot I_0 \cdot d}{m} = \frac{v_0 \cdot B^2 \cdot d^2}{m \cdot R}$$

Рассмотрим въезд рамки в магнитное поле в произвольный момент. Аналогично первому пункту



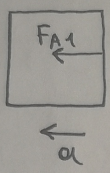
$\mathcal{E}_{i1} = v \cdot d \cdot B$

Аналогично второму пункту



$$I_1 = \frac{\mathcal{E}_{i1}}{R} = \frac{v \cdot dB}{R}$$

Аналогично 3 пункту



$$F_{A1} = B\cdot I_1\cdot d$$

$$F_{A1} = ma$$

$$\Downarrow$$

$$B\cdot I_1\cdot d = ma$$

$$\frac{B^2\cdot d^2}{R}\cdot v = m\cdot a$$

$$v = \frac{\Delta S}{\Delta t}\ ;\ a = -\frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$\frac{B^2\cdot d^2}{R}\cdot\frac{\Delta S}{\Delta t} = -m\cdot\frac{\Delta v}{\Delta t}\ \Big|\cdot\Delta t$$

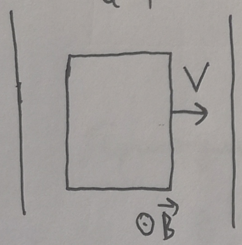
$$\frac{B^2\cdot d^2}{R}\cdot\Delta S = -m\cdot\Delta v\ (*)$$

Просуммируем (*) за время, когда рамка полностью въедет в магнитное поле

$$\frac{B^2\cdot d^2}{R}\cdot\frac{d}{4} = -m\cdot(v_1 - v_0)$$

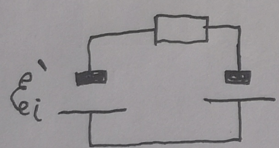
$$\frac{B^2\cdot d^2}{R}\cdot\frac{d}{4} = mv_0 - mv_1 \Rightarrow v_1 = v_0 - \frac{B^2\cdot d^3}{4mR}$$

Рассмотрим рамку находящуюся полностью в поле
Т.к. $H > \frac{d}{4}$, то она полностью въедет в поле.



По правилу левой руки продольная составляющая $F_л$ (в правой стороне рамки) и обусловленная движением рамки будет действовать на положительные заряды вниз
Аналогично и с левой стороной рамки
Их индукционная ЭДС будет равняться

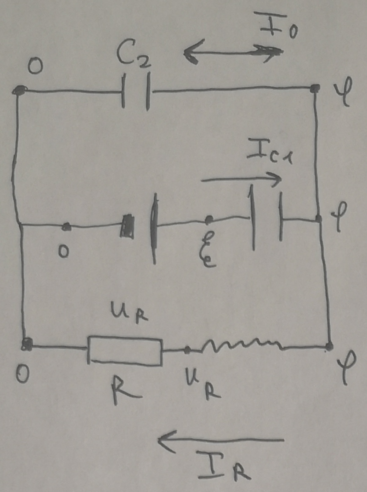
$$\mathcal{E}_i' = V\cdot dB$$



В данной цепи ток течь не будет, а значит не будет действовать $F_A \Rightarrow a = 0 \Rightarrow V = const = v_1$

А значит скорость рамки при выходе правой стороны будет равняться v_1

Черновик



$$I_0 = C_2 u'$$

$$I_0 = C_2 \cdot \varphi' \Rightarrow \varphi' = \frac{I_0}{C_2} = \frac{I_0}{3C}$$

$$I_{C1} = C_1 \cdot (\varepsilon - \varphi)' =$$

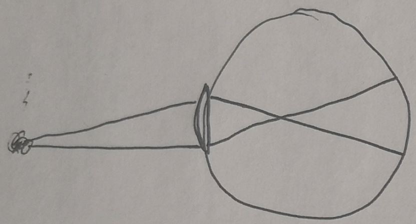
$$= -C_1 \cdot \varphi' = -C_1 \cdot \frac{I_0}{3C} = -\frac{I_0}{3}$$

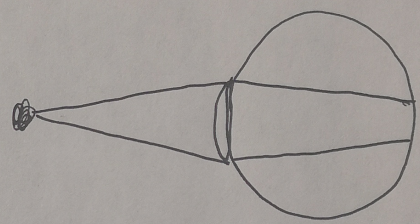
$$I_{C1} = I_R + I_0$$

$$I_R = I_{C1} - I_0$$

близорукий

$$u_R = I_R \cdot R$$





$$\frac{1}{F} = \frac{1}{f_{гл.}} + \frac{1}{d} = const$$

$$\frac{D_{уд}}{D_{бл}} = \frac{7}{3} \Rightarrow \frac{\frac{1}{F_{уд}}}{\frac{1}{F_{бл}}} = \frac{7}{3} \Rightarrow \frac{F_{бл}}{F_{уд}} = \frac{7}{3}$$

$$\frac{1}{F_{уд}} + \frac{1}{F} = \frac{1}{f_{гл}} + \frac{1}{d}$$

$$d \to \infty \Rightarrow \frac{1}{F_{уд}} + \frac{1}{F} = \frac{1}{f_{гл}}$$

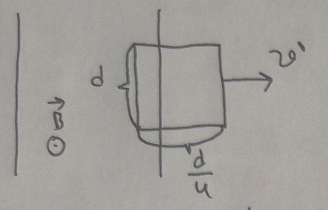
$$\frac{1}{F_{бл}} + \frac{1}{F} = \frac{1}{f_{гл}} + \frac{1}{d}$$

$$\frac{1}{F_{уд}} - \frac{1}{F_{бл}} = -\frac{1}{d}$$

$$\frac{1}{d} =$$

Чистовик

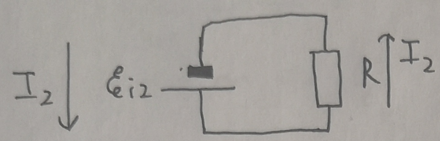
Рассмотрим выезд рамки из магнитного поля в произвольный момент



Аналогично первому пункту

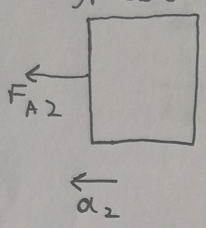
$$\mathcal{E}_{i2} = v' d B$$

Аналогично 2 пункту



$$I_2 = \frac{\mathcal{E}_{i2}}{R} = \frac{v' d B}{R}$$

Аналогично 3 пункту



$$F_{A2} = B \cdot I_2 \cdot d$$

$$F_{A2} = m a_2$$

$$B I_2 \cdot d = m a_2$$

$$\frac{B^2 \cdot d^2}{R} \cdot v' = m a_2$$

$$a_2 = -\frac{\Delta v}{\Delta t}; \quad v = \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

$$\frac{B^2 \cdot d^2}{R} \cdot \frac{\Delta S}{\Delta t} = -m \cdot \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad | \cdot \Delta t$$

$$\frac{B^2 d^2}{R} \cdot \Delta S = -m \Delta v \quad (**)$$

Просуммируем $(**)$ за время выезда рамки из поля

$$\frac{B^2 \cdot d^2}{R} \cdot \frac{d}{4} = -m \cdot (v_2 - v_1)$$

$$\frac{B^2 d^3}{4R} = m v_1 - m v_2$$

$$v_2 = v_1 - \frac{B^2 d^3}{4mR}$$

$$v_2 = v_0 - \frac{B^2 d^3}{2mR}$$

Ответ: 1) $\frac{v_0 B^2 \cdot d^2}{mR}$ 2) $v_0 - \frac{B^2 \cdot d^3}{4mR}$ 3) $v_0 - \frac{B^2 d^3}{2mR}$

Чистовик.

№ 5

Дано:
$d = 25$ см
$\frac{D_{уд}}{D_{бл}} = \frac{7}{3}$

Решение:
Для глаза
$$\frac{1}{F} = \frac{1}{f_{гл}} + \frac{1}{d} = const \qquad D_{бл} < 0$$

$$\frac{D_{уд}}{D_{бл}} = \frac{7}{3} \Rightarrow \frac{\frac{1}{F_{уд}}}{-\frac{1}{F_{бл}}} = \frac{7}{3} \Rightarrow \frac{F_{бл}}{F_{уд}} = \frac{7}{3} \Rightarrow F_{бл} = -\frac{7}{3} F_{уд}$$

$$\frac{1}{F_{уд}} + \frac{1}{F} = \frac{1}{f_{гл}} + \frac{1}{d}$$

$$d \to \infty \Rightarrow \frac{1}{F_{уд}} + \frac{1}{F} = \frac{1}{f_{гл}}$$

$$-\frac{1}{F_{бл}} + \frac{1}{F} = \frac{1}{f_{гл}} + \frac{1}{d}$$

$$\frac{1}{F_{бл}} + \frac{1}{F_{уд}} = -\frac{1}{d}$$

$$\frac{F_{уд} - F_{бл}}{F_{бл} \cdot F_{уд}} = -\frac{1}{d}$$

$$\frac{\frac{10}{3} F_{уд}}{\frac{7}{3} \cdot F_{уд}^2} = \frac{1}{d}$$

$$\frac{7}{\cancel{3}} F_{уд}^2 = \frac{10}{\cancel{3}} \cdot F_{уд} \cdot d$$

$$F_{уд} = \frac{10 d}{7} = \frac{250}{7} \text{ см}$$

$$F_{бл} = \frac{250}{3} \text{ см}$$

$$\frac{1}{F} - \frac{1}{f_{гл}} = -\frac{1}{F_{уд}} = \frac{7}{250 \text{ см}}$$