

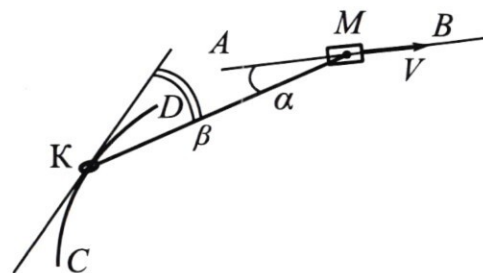
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Вариант 11-03

Класс 11

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

1. Муфту М двигают со скоростью $V = 34$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,3$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 0,53$ м. Кольцо и муфта связаны легкой нитью длиной $l = 5R/4$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент нить составляет угол α ($\cos \alpha = 15/17$) с направлением движения муфты и угол β ($\cos \beta = 3/5$) с направлением движения кольца.



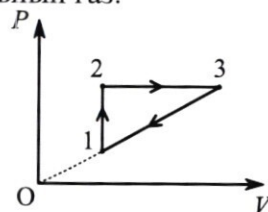
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения нити в этот момент.

2. Тепловая машина работает по циклу, состоящему из изохоры, изобары и участка прямо пропорциональной зависимости давления P от объема V (см. рис.). Рабочее вещество – одноатомный идеальный газ.

1) Найти отношение молярных теплоемкостей на тех участках цикла, где происходило повышение температуры газа.

2) Найти в изобарном процессе отношение изменения внутренней энергии газа к работе газа.

3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.



3. Обкладки конденсатора – круглые металлические сетки, радиус обкладок намного больше расстояния d между обкладками. Из точки, находящейся между обкладками на оси симметрии на расстоянии $0,3d$ от отрицательно заряженной обкладки стартует с нулевой начальной скоростью отрицательно заряженная частица и вылетает из конденсатора перпендикулярно обкладкам со

скоростью V_1 . Удельный заряд частицы $\frac{|q|}{m} = \gamma$.

1) Через какое время T частица будет находиться на одинаковых расстояниях от обкладок?

2) Найдите величину Q заряда обкладок конденсатора.

3) С какой скоростью V_2 будет двигаться частица на бесконечно большом расстоянии от конденсатора?

При движении частицы электрическое поле, созданное зарядами конденсатора, считать неизменным, а электрическое поле внутри конденсатора вблизи оси симметрии считать однородным.

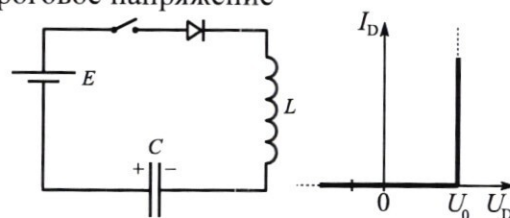
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 6$ В, конденсатор емкостью $C = 40$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 2$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,1$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение

диода $U_0 = 1$ В. Ключ замыкают.

1) Найти скорость возрастания тока сразу после замыкания ключа.

2) Найти максимальный ток после замыкания ключа.

3) Найти установившееся напряжение U_2 на конденсаторе после замыкания ключа.

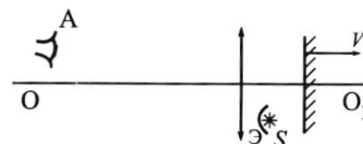


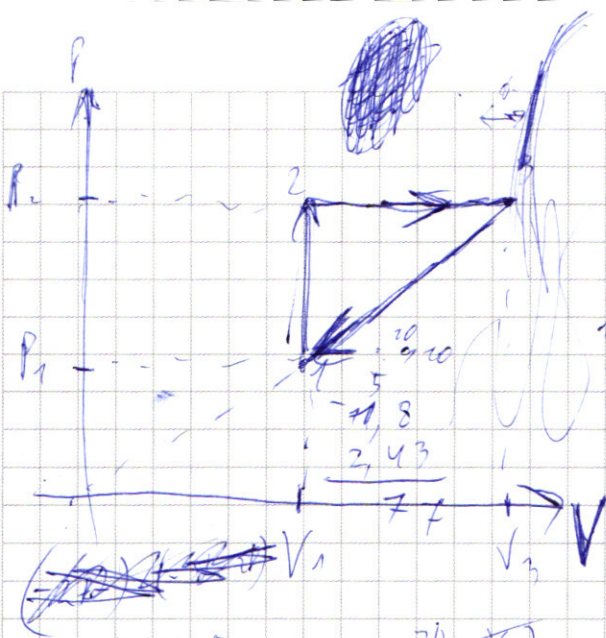
5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник S находится на расстоянии $3F/4$ от оси OO_1 и на расстоянии плоскости $F/4$ от линзы. Линза и источник неподвижны, а зеркало движется со скоростью V вдоль оси OO_1 . В некоторый момент зеркало оказалось на расстоянии $3F/4$ от линзы.

1) На каком расстоянии от плоскости линзы наблюдатель А сможет увидеть в этот момент изображение источника в системе?

2) Под каким углом α к оси OO_1 движется изображение в этот момент? (Найти значение любой тригонометрической функции угла.)

3) Найти скорость изображения в этот момент.





$$C_{12} = \frac{C_{21}}{1.5}$$

$$Q_{12} = \frac{3}{2} \gamma R (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} \gamma R (T_2 - T_1)$$

$$\times (P_2 V_2 - P_1 V_1) = (P_2 - P_1) V_1$$

$$C_{12} = \frac{Q_{12}}{\gamma (T_2 - T_1)} = \frac{3}{2} \gamma R (T_2 - T_1) \times \frac{1}{\gamma (T_2 - T_1)} = \frac{3}{2} \gamma R$$

$$P_1 V_1 = \gamma R T_1$$

$$P_2 V_2 = \gamma R T_2$$

$$P_2 V_3 = \gamma R T_3$$

$$\frac{\frac{3}{2} \gamma R \Delta T}{P_2 (V_3 - V_1)} = \frac{\frac{3}{2} \gamma R \Delta T}{P_2 (V_3 - V_1)}$$

$$k = \frac{1}{\gamma \frac{P_2 (V_3 - V_1)}{P_1 V_1}} = \frac{1}{\gamma \frac{P_2 (V_3 - V_1)}{P_1 V_1}}$$

$$A = (P_2 - P_1) (V_3 - V_1) = 2 \frac{P_1 V_1}{\gamma} = 2 \frac{P_1 V_1}{\gamma}$$

$$\eta = \frac{A}{Q_+} = 100\% = \frac{P_1 V_1}{P_2 (V_3 - V_1)}$$

$$\frac{V_1}{P_1} = \frac{V_3}{P_2}$$

$$P_1 V_1 = P_2 V_3$$

$$E \cdot \int \frac{1}{\sin(\frac{\pi}{2} + \beta)} = \frac{CU^2}{\sin(\frac{\pi}{2} + \beta)} = \frac{CU^2}{\cos \beta}$$

$$Q = EU$$

$$Q_0 = CU \Rightarrow \frac{Q_0}{C} = U$$

$$3 \cdot 8 \cdot 4 \cdot 40 = 3 \cdot 49 \cdot 32$$

$$E_{\text{об}} = \frac{1}{2} \frac{Q_0^2}{C} = \frac{1}{2} \frac{(3 \cdot 8 \cdot 4 \cdot 40)^2}{C}$$

$$E_{\text{об}} = \frac{1}{2} \frac{(3 \cdot 8 \cdot 4 \cdot 40)^2}{C}$$

$$E_{\text{об}} = \frac{1}{2} \frac{(3 \cdot 8 \cdot 4 \cdot 40)^2}{C} = \frac{1}{2} \frac{(3 \cdot 8 \cdot 4 \cdot 40)^2}{C}$$

$$E_{\text{об}} = \frac{1}{2} \frac{(3 \cdot 8 \cdot 4 \cdot 40)^2}{C} = \frac{1}{2} \frac{(3 \cdot 8 \cdot 4 \cdot 40)^2}{C}$$

$$E_{\text{об}} = \frac{1}{2} \frac{(3 \cdot 8 \cdot 4 \cdot 40)^2}{C} = \frac{1}{2} \frac{(3 \cdot 8 \cdot 4 \cdot 40)^2}{C}$$

$$E_{\text{об}} = \frac{1}{2} \frac{(3 \cdot 8 \cdot 4 \cdot 40)^2}{C} = \frac{1}{2} \frac{(3 \cdot 8 \cdot 4 \cdot 40)^2}{C}$$

$$E_{\text{об}} = \frac{1}{2} \frac{(3 \cdot 8 \cdot 4 \cdot 40)^2}{C} = \frac{1}{2} \frac{(3 \cdot 8 \cdot 4 \cdot 40)^2}{C}$$

$$E_{\text{об}} = \frac{1}{2} \frac{(3 \cdot 8 \cdot 4 \cdot 40)^2}{C} = \frac{1}{2} \frac{(3 \cdot 8 \cdot 4 \cdot 40)^2}{C}$$

E. f

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Handwritten calculations and diagrams on grid paper:

Top left: $E \cdot I \cdot dt = \frac{c \cdot I^2}{2} - \frac{(c \cdot I^2 + S \cdot I \cdot dt)^2}{2} \cdot \frac{1}{I^2}$

Top right: $\frac{1}{2} = 32$, $\frac{1}{2} = 7$, $\frac{1}{2} = 2$, $\frac{1}{2} = 4$, $\frac{1}{2} = 8$, $\frac{1}{2} = 16$, $\frac{1}{2} = 32$

Diagram 1: Vector diagram showing $\vec{J}$ and $\vec{J}'$ with angle β . $J \cdot \cos \alpha = J' \cdot \cos \beta \Rightarrow J' = \frac{J \cdot \cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{40 \cdot \frac{4}{5}}{\frac{3}{5}} = \frac{160}{3} \frac{C}{C}$

Diagram 2: Vector diagram showing $\vec{J}$ and $\vec{J}'$ with angle β . $J_{\text{sum}} = J' \sin \beta + J \sin \alpha$

Diagram 3: Vector diagram showing $\vec{J}$ and $\vec{J}'$ with angle β . $\sin \beta = \sqrt{1 - \cos^2 \beta} = \sqrt{1 - \frac{9}{25}} = \frac{4}{5}$

Diagram 4: Vector diagram showing $\vec{J}$ and $\vec{J}'$ with angle β . $\sin \alpha = \sqrt{1 - \frac{16}{25}} = \frac{3}{5}$

Diagram 5: Vector diagram showing $\vec{J}$ and $\vec{J}'$ with angle β . $J_{\text{sum}} = \frac{J' \sin \beta + J \sin \alpha}{17} = \frac{77}{17} = \frac{8}{17}$

Diagram 6: Vector diagram showing $\vec{J}$ and $\vec{J}'$ with angle β . $\frac{J_{\text{sum}}}{L} = a_4$

Diagram 7: Vector diagram showing $\vec{J}$ and $\vec{J}'$ with angle β . $\alpha \cdot T = J_1$

Diagram 8: Vector diagram showing $\vec{J}$ and $\vec{J}'$ with angle β . $\frac{E \cdot |q|}{m} \cdot T = J_1 \Rightarrow T = \frac{J_1 \cdot m}{E \cdot |q|} = \frac{J_1}{\gamma E}$

Diagram 9: Vector diagram showing $\vec{J}$ and $\vec{J}'$ with angle β . $\frac{a T^2}{2} = 0.7 d$

Diagram 10: Vector diagram showing $\vec{J}$ and $\vec{J}'$ with angle β . $T^2 = 1.4 \cdot d \cdot \frac{m}{E \cdot |q|} = \frac{1.4 \cdot d \cdot m}{E \cdot \gamma}$

Diagram 11: Vector diagram showing $\vec{J}$ and $\vec{J}'$ with angle β . $T = \sqrt{\frac{1.4 d}{E \gamma}} = \frac{J_1}{\gamma E}$

Diagram 12: Vector diagram showing $\vec{J}$ and $\vec{J}'$ with angle β . $T = \frac{J_1 \cdot \gamma \cdot 1.4 d}{\gamma \cdot J_1^2} = \frac{1.4 d}{J_1}$

Diagram 13: Vector diagram showing $\vec{J}$ and $\vec{J}'$ with angle β . $E = \int k \frac{dq}{R^2}$

Diagram 14: Vector diagram showing $\vec{J}$ and $\vec{J}'$ with angle β . $E = \frac{6}{2 \epsilon \epsilon_0}$

Diagram 15: Vector diagram showing $\vec{J}$ and $\vec{J}'$ with angle β . $L = \frac{6}{6602 \cdot 60}$

Diagram 16: Vector diagram showing $\vec{J}$ and $\vec{J}'$ with angle β . $\frac{d}{s} = \frac{J_1}{\gamma \cdot 1.4 Q}$

Diagram 17: Vector diagram showing $\vec{J}$ and $\vec{J}'$ with angle β . $E = \frac{Q}{\epsilon \epsilon_0 \cdot S}$

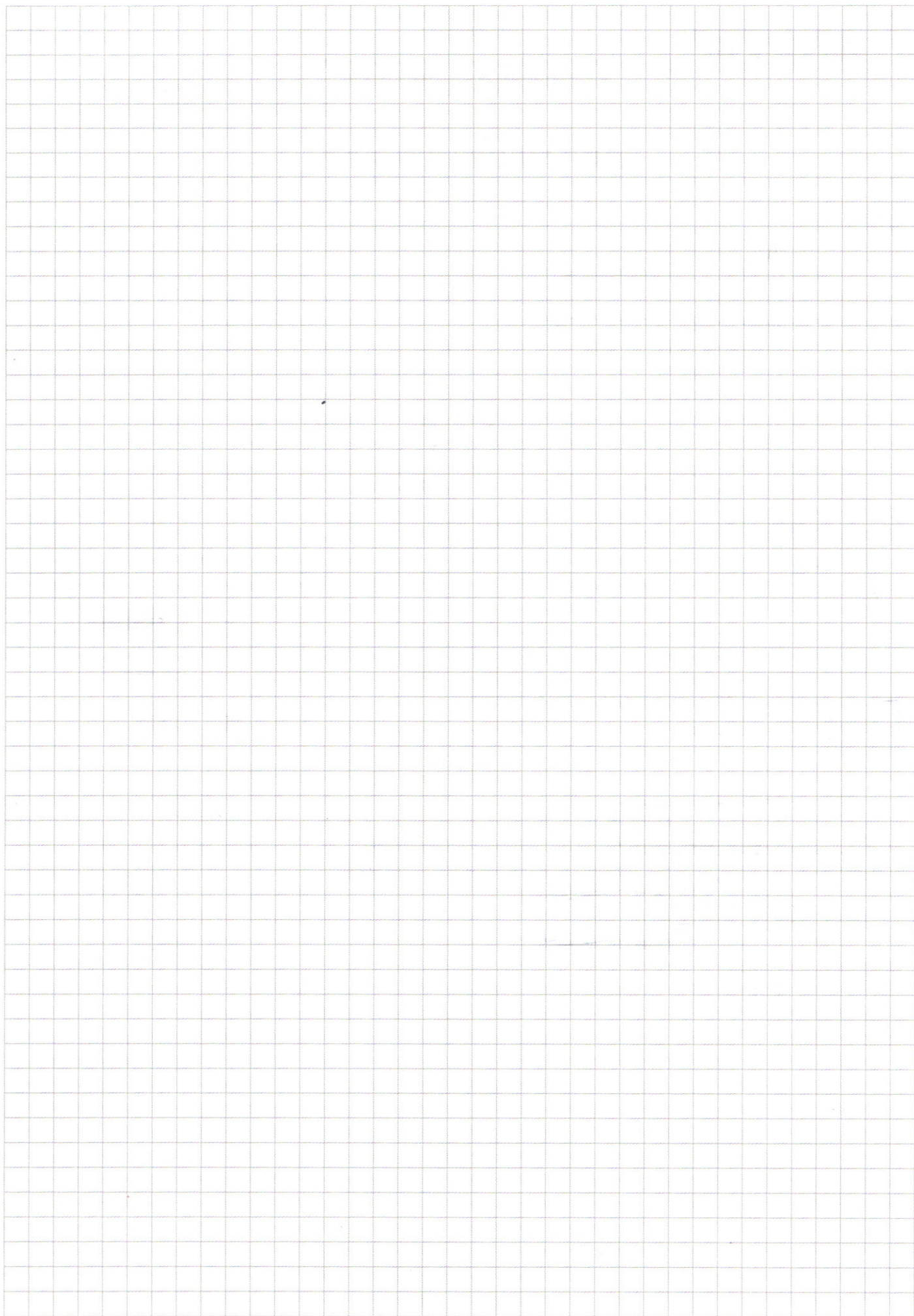
Diagram 18: Vector diagram showing $\vec{J}$ and $\vec{J}'$ with angle β . $\frac{J_1}{\gamma \cdot 1.4 d} = \frac{Q}{\epsilon \epsilon_0 \cdot S}$

Diagram 19: Vector diagram showing $\vec{J}$ and $\vec{J}'$ with angle β . $E = \frac{Q}{\epsilon \epsilon_0 \cdot S}$

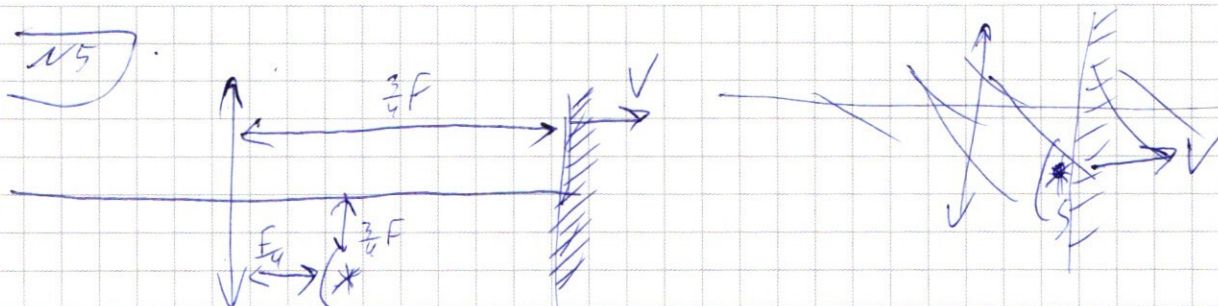
Diagram 20: Vector diagram showing $\vec{J}$ and $\vec{J}'$ with angle β . $\frac{dI}{dt} = \frac{E_i}{L}$

Diagram 21: Vector diagram showing $\vec{J}$ and $\vec{J}'$ with angle β . $\frac{20}{9700} = \frac{20 \cdot d}{C}$

Diagram 22: Vector diagram showing $\vec{J}$ and $\vec{J}'$ with angle β . $10(70 + 74 \cdot 25 + 4 = 46 \cdot 49 + 14) =$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



у-ые точки линзы: $\frac{1}{F} = \frac{1}{p} + \frac{1}{d}$, где F - фокусное расстояние;
 f - расстояние до изображения; d - расстояние до предмета.

Расстояние от изображения до зеркала в этот момент $= \frac{3F}{4} - \frac{F}{4} =$
 $= \frac{F}{2} \Rightarrow$ линзовый экран находится на расстоянии $\frac{3F}{4} + \frac{F}{2} =$

$= \frac{5}{4} F$ от зеркала. $f = \left(\frac{1}{F} - \frac{1}{d} \right)^{-1} = \left(\frac{1}{F} - \frac{4}{5F} \right)^{-1} = \boxed{5F}$

$\Gamma = \frac{f}{d} = \frac{5F}{\frac{5}{4}F} = 4 \Rightarrow V_x$ (изображения) $= V \cdot \Gamma = 4 \cdot V$;

$V_y = V \cdot \Gamma^2 = 16V \Rightarrow \tan \alpha = \frac{16V}{4V} = 4 \Rightarrow$

$\alpha = \arctan(4)$;

$V_{\text{из}} = \sqrt{V_y^2 + V_x^2} = \sqrt{(16V)^2 + (4V)^2} = \sqrt{272V^2}$

$= V \cdot \sqrt{272} = \boxed{V \cdot \sqrt{272}}$

Ответ: ☐

ИЧ) Дано:

$$E = 6 \text{ В};$$

$$C = 40 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$$

$$U_0 = 2 \text{ В}$$

$$L = 0,1 \text{ Гн}$$

$$U_0 = 1 \text{ В}$$

$$\left(\frac{dI}{dt}\right)_{\text{max}} - ?$$

$$I_{\text{max}} - ?$$

$$U_2 - ?$$

$$\varepsilon_i = \frac{d\varphi}{dt}$$

Решение:

В начальный момент

времени на в катушке

ток (и Э.И. индуктивно не было; катушка создаст магнитное поле (мгновенно, фактически замкнется); на конденсаторе

напряжение U_0 .

Тогда по II правилу Кирхгофа:

$$E - U_0 - \varepsilon_i + U_1 = 0$$

(сумма потенциалов напряжений =

$$\varepsilon_i = E - U_0 + U_1$$

= сумме падений напряжений)

(можно уже уже при записи II закона Кирхгофа).

$$d\varphi = d(L \cdot I) ; L = \text{const} \Rightarrow d\varphi = L \cdot dI \Rightarrow$$

$$\Rightarrow L \cdot \frac{dI}{dt} = E - U_0 + U_1 \Rightarrow \frac{dI}{dt} = \frac{E - U_0 + U_1}{L} = \frac{6 \text{ В} - 1 \text{ В} + 2 \text{ В}}{0,1 \text{ Гн}} = 70 \frac{\text{А}}{\text{с}}$$

(в начальный момент времени).

Ток максимален, когда ^{середина} изменение тока = 0 $\Rightarrow \varepsilon_i = 0 \Rightarrow$

$$\Rightarrow E - U_0 + U_k = 0 \Rightarrow U_k = U_0 - E = 1 \text{ В} - 6 \text{ В} = -5 \text{ В} \Rightarrow \text{конденсатор}$$

набавил подзарядку. ~~необходимо~~

$$q_1 = CU_1 ; q_k = -CU_k ; \Delta Q = QU_1 - QU_k \quad (\text{изменение заряда}$$

конденсатора) З.С.Э.:

$$E \cdot \Delta Q = \frac{CU_k^2}{2} - \frac{CU_1^2}{2} + \frac{LI_{\text{max}}^2}{2} \Rightarrow \frac{LI_{\text{max}}^2}{2} = E \cdot C(U_1 + |U_k|) - \frac{CU_k^2}{2} + \frac{CU_1^2}{2} \Rightarrow$$

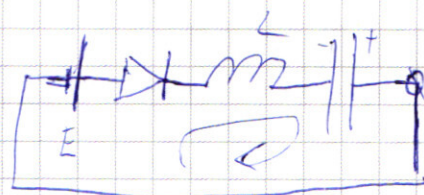
$$\Rightarrow I_{\text{max}} = \sqrt{\frac{2E \cdot C(U_1 + |U_k|) - CU_k^2 + CU_1^2}{L}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 6 \text{ В} \cdot 40 \cdot 10^{-6} \text{ Ф} (2 \text{ В} + 5 \text{ В}) - 40 \cdot 10^{-6} \text{ Ф} \cdot 25}{0,1 \text{ Гн}}}$$

$$\sqrt{\frac{40 \cdot 67}{0,1}} = 10^{-3} \cdot \sqrt{2680} \approx \frac{51,8 \text{ А}}{1000} = 0,0518 \text{ А}$$

$$\sqrt{\frac{40 \cdot 67}{0,1}} = 10^{-3} \cdot 26 \cdot \sqrt{63} \text{ А} \approx \frac{26 \cdot 8 \text{ А}}{1000} = 0,208 \text{ А}$$

В установившемся режиме $E = 0$, $I = 0$; $\Rightarrow$ напряжение на

$$\text{оберн: } \frac{dI}{dt} = 70 \frac{\text{А}}{\text{с}} ; I_{\text{max}} = 0,16 \text{ А}.$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$0,7d = \frac{\epsilon \cdot T^2}{\gamma} = \frac{V_1 \gamma \cdot T^2}{\gamma \cdot 2 \cdot \gamma} \Rightarrow \boxed{T = \frac{1,4d}{V_1}}$$

$$2) E = 2 \cdot E' = 2 \cdot \frac{\sigma}{\epsilon \epsilon_0 \cdot 2}$$

(объемы одинаковы)
 E' - напряженность поля,
создаваемая одной обкладкой.

$$\epsilon = 7 \text{ (вакуум)}; \quad \sigma = \frac{Q}{S} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow E = \frac{Q}{S \cdot \epsilon_0} \Rightarrow Q = E \cdot \epsilon_0 \cdot S = \frac{V_1 \gamma}{T} \cdot \epsilon \cdot \epsilon_0 = \frac{V_1 \gamma \cdot \epsilon \cdot \epsilon_0 \cdot V_1}{1,4d} =$$

$$= \frac{5 \cdot V_1^2 \gamma \cdot \epsilon \cdot \epsilon_0}{7 \cdot d}$$

(ϵ_0 - const; ϵ - диэлектрическая проницаемость)

$$3) \text{ Ответ: } T = \frac{1,4d}{V_1}; \quad Q = \frac{5 V_1^2 \gamma \epsilon \epsilon_0}{7 \cdot d}$$

при $z \rightarrow 0$, $\eta = \frac{1}{5} \cdot 100\% = 20\%$

~~при увеличении z , η (или $\eta(z)$) $\rightarrow 2$ и $z^2 - 2z < 0 \Rightarrow$~~

~~$\Rightarrow$ значение уменьшается ($z \in (0, 1)$, и т. $P_1 < P_2$; $V_1 < V_3$)~~

возьмем производную, приравняем к 0:

$$\frac{(z-2)(5-3z^2-2z) + (1+3z+2z^2)(1-2z+z^2)}{(5-3z^2-2z)^2} = 0$$

$$5z - 3z^3 - 2z^2 - 70 + 6z^2 + 4z + 3z - 6z^2 + 3z^3 + 2 - 4z + z^2 = 0$$

$$8z - 8 = 0$$

$z = 1$ - точка максимума функции $\eta(z)$. Проверим, что

$$\eta(0) > \eta(0,9) \quad \left(\frac{1}{5} \cdot 100\% > \frac{1-1,8+0,81}{5-3 \cdot 0,81-2 \cdot 0,9} \cdot 100\% = \frac{0,01}{5-1,8-1,8} \cdot 100\% = \right.$$

$$\left. = \frac{0,01}{0,4} \cdot 100\% = \frac{1}{47} \cdot 100\% \right)$$

$$(z \rightarrow 0 \Rightarrow P_1 \rightarrow 0, V_1 \rightarrow 0)$$

при $z \rightarrow 1$, $\eta(z)$ максимальна $\Rightarrow \eta_{\max}$ при z на самом деле "даётся" $z = 1 \Rightarrow \eta_{\max} = \eta(0) = 20\%$

Ответ: $\frac{C_{g21}}{C_{g22}} = 0,6$; $\frac{A_{U32}}{A_{32}} = \frac{3}{2} = 1,5$; $\eta_{\max} = 20\%$.

Дано: Решение:

$$q < 0;$$

$$\frac{|q|}{m} = \gamma$$

$$d; S$$

$$V_1$$

$$T = ?$$

$$Q = ?$$

$$V_2 = ?$$

Шарик заряжен отрицательно $\Rightarrow$

$\Rightarrow$ перемещаясь, как вылетает, он будет

увеличивать скорость равномерно (или с ускорением?)

жесткой обкладки. Поле однородное $E = (0, \text{const})$

$$\Rightarrow F = E \cdot |q| = \text{const} \quad (\text{сила действующая на шарик}).$$

$V_0 = 0$; шарик тем, что симметричен $\Rightarrow$ его движение - прямолинейное;

шарик движется вдоль оси симметрии.

$$1) F = E \cdot |q|; \quad V_2 F = ma; \quad V_1 = T \cdot a; \quad 0,7d = \frac{aT^2}{2}$$

$$a = \frac{E \cdot |q|}{m} = \frac{E}{\gamma}; \quad V_2 = T \cdot \frac{E}{\gamma} \text{ или } \Rightarrow E = \frac{V_1 \cdot \gamma}{T}$$

E - напряженность поля внутри конденсатора

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$Q_+ = \frac{3}{2} V_1 P_2 - 3 V_1 P_1 + \frac{5}{2} P_2 V_3 - \frac{5}{2} P_2 V_1 = \frac{5}{2} P_2 V_3 - \frac{3}{2} P_1 V_1 - P_2 V_1$$

$$A = \frac{V_3 P_2 - V_3 P_1^2 + P_2 V_1 + P_1 V_1}{-1}$$

$$\eta = \left(\frac{5 P_2 V_3 - 3 P_1 V_1 - 2 P_2 V_1}{V_3 P_2 - 2 V_1 P_1^2 + P_1 V_1} \right) \cdot 100\% = \frac{5 - 3 \frac{P_1 V_1}{P_2 V_3} - 2 \frac{V_1}{V_3}}{1 - 2 \frac{V_1}{V_3} + \frac{P_1 V_1}{P_2 V_3}} \cdot 100\% =$$

$$= \frac{5 - 3d^2 - 2d}{1 - 2d + d^2} \cdot 100\% = \frac{5 - 3d^2 - 2d}{(d-1)^2} \cdot 100\%$$

Исследуем функцию $\eta(d)$.

$$\eta = \frac{f(d)}{g(d)} \cdot 100\%$$

$$\eta' = 100\% \cdot \frac{f'(d)g(d) - g'(d)f(d)}{(g(d))^2}$$

$$f(d) = 5 - 3d^2 - 2d \Rightarrow f'(d) = -3d - 2$$

$$g(d) = 1 - 2d + d^2 \Rightarrow g'(d) = 2 - 2d$$

$$\eta' = \frac{(-3d-2)(1-2d+d^2) - (2-2d)(5-3d^2-2d)}{(1-2d+d^2)^2} \cdot 100\% = 0$$

Заметим, что $(d-1)^2 \geq 0$ всегда; $5 - 3d^2 - 2d$ — парабола с ветвями вниз; $\Rightarrow \eta' = 0$ — точка максимума.

$$(3d+2)(1-2d+d^2) + (d-2)(5-3d^2-2d) = 0$$

$$3d - 6d^2 + 2d^3 + 2 - 4d + d^2 + 5d - 3d^3 - 2d^2 - 10 + 6d^2 + 4d = 0$$

$$8d + 8 = 0$$

$d = -1$ — точка максимума $\Rightarrow \eta_{\max}$, при $P_1 = P_2, V_1 = V_3$.

$$\eta = \frac{V_1 P_2 - V_3 P_1 - P_2 V_1 + P_1 V_1}{5 P_2 V_3 - 3 P_1 V_1 - 2 P_2 V_1} \cdot 100\%$$

$$\eta = \frac{1 - 2 \frac{P_1}{P_2} + \frac{P_1 V_1}{P_2 V_3}}{5 - 3 \frac{P_1 V_1}{P_2 V_3} - 2 \frac{V_1}{V_3}} \cdot 100\% = \frac{1 - 2d + d^2}{5 - 3d^2 - 2d} \cdot 100\%$$

$$T_1 = \frac{P_1 V_1}{\nu R}; T_2 = \frac{P_2 V_2}{\nu R}; T_3 = \frac{P_2 V_3}{\nu R}; \Delta T_{12} > 0 (P_2 > P_1, V = \text{const})$$

$$\Delta T_{23} > 0 (V_3 > V_2, P = \text{const})$$

$$\Delta T_{13} < 0 (P_1 < P_2, V_1 < V_3)$$

$$1.1) Q_{12} = C_{12} \Delta T_{12} \Rightarrow C_{12} = \frac{Q_{12}}{\Delta T_{12}} \quad \left(\frac{C_{12}}{C_{32}} = ? \right)$$

$$Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12} = \Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R \cdot (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} \cdot \nu R \cdot \left(\frac{P_2 V_2}{\nu R} - \frac{P_1 V_1}{\nu R} \right) =$$

(V = const)

по 1-му закону сохранения энергии

$$= \frac{3}{2} V_1 (P_2 - P_1) \Rightarrow C_{12} = \frac{\frac{3}{2} V_1 (P_2 - P_1)}{\frac{P_2 V_2}{\nu R} - \frac{P_1 V_1}{\nu R}} = \frac{\frac{3}{2} V_1 (P_2 - P_1)}{V_1 (P_2 - P_1)} \cdot \nu R = \frac{3}{2} \nu R$$

$$C_{12} = \frac{C_{12}}{\nu} = \frac{\frac{3}{2} \nu R}{\nu} = \left[\frac{3}{2} R \right]$$

$$1.2) Q_{32} = \Delta U_{32} + A_{32} = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2) + P_2 (V_3 - V_2) = \frac{3}{2} \nu R \cdot$$

$$\times \left(\frac{P_2 V_3}{\nu R} - \frac{P_1 V_1}{\nu R} \right) + P_2 (V_3 - V_1) = \frac{3}{2} P_2 (V_3 - V_1) + P_2 (V_3 - V_1) = \frac{5}{2} P_2 (V_3 - V_1)$$

$$C_{32} = \frac{Q_{32}}{\Delta T_{32}} = \frac{\frac{5}{2} P_2 (V_3 - V_1)}{\frac{P_2 V_3}{\nu R} - \frac{P_1 V_1}{\nu R}} = \frac{\frac{5}{2} \nu R \cdot \frac{P_2 (V_3 - V_1)}{P_2 (V_3 - V_1)}}{\frac{P_2 (V_3 - V_1)}{\nu R}} = \frac{5}{2} \nu R$$

$$C_{p32} = \frac{C_{32}}{\nu} = \frac{\frac{5}{2} \nu R}{\nu} = \frac{5}{2} R$$

$$\frac{C_{p12}}{C_{p32}} = \frac{\frac{3}{2} R}{\frac{5}{2} R} = \frac{3}{5} = 0.6$$

$$2) \frac{\Delta U_{32}}{A_{32}} = ? \quad (P_2 = P_3 = \text{const})$$

$$\Delta U_{32} = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2) = \frac{3}{2} \nu R \cdot \left(\frac{P_2 V_3}{\nu R} - \frac{P_2 V_2}{\nu R} \right) = \frac{3}{2} P_2 (V_3 - V_2)$$

$$A_{32} = P_2 (V_3 - V_2) \Rightarrow \frac{\Delta U_{32}}{A_{32}} = \frac{\frac{3}{2} P_2 (V_3 - V_2)}{P_2 (V_3 - V_2)} = \frac{3}{2} = 1.5$$

$$3) \eta = \frac{A}{Q_+} \cdot 100\% \quad (\text{предельное})$$

$$A = \frac{P_2 (V_3 - V_1) \cdot (P_2 - P_1)}{2} \quad (\text{мощность внешнего источника энергии})$$

$$Q_+ = Q_{12} + Q_{32} \quad (\text{т.е. } Q_{13} < 0; Q_{13} = Q_-)$$

$$Q_+ = \frac{3}{2} V_1 (P_2 - P_1) + \frac{5}{2} P_2 (V_3 - V_1)$$

$$\text{по условию: } \frac{P_1}{V_1} = \frac{P_2}{V_2} \quad (\text{см. предельное состояние})$$

$$P_1 V_3 = P_2 V_1 \quad \frac{P_1}{P_2} = \frac{V_1}{V_3} = 2 \quad (\text{вследствии обозначения})$$

$$H(0; 1)$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\text{из ①: } N = mg \cdot \cos(2+\beta) + T \cdot \sin \beta - \frac{mV^2}{R}$$

$$\text{Подставив в ②: } T - \sin \beta \cdot \left(mg \cdot \cos(2+\beta) + T \cdot \sin \beta - \frac{mV^2}{R} \right) - mg \cdot \sin \alpha = \frac{mV_{\text{кон}}^2}{e}$$

$$T - mg \cdot \cos(2+\beta) \cdot \sin \beta - T \cdot \sin^2 \beta - \frac{mV^2}{R} \cdot \sin \beta - mg \cdot \sin \alpha = \frac{mV_{\text{кон}}^2}{e}$$

$$T(1 - \sin^2 \beta) = \frac{mV_{\text{кон}}^2}{e} + mg \cdot \cos(2+\beta) \cdot \sin \beta + \frac{mV^2}{R} \cdot \sin \beta + mg \cdot \sin \alpha$$

Подставив все значения:

$$T \cdot \left(1 - \frac{76}{25}\right) = \frac{0,3 \cdot 0,56^2}{5 \cdot 0,53000} + 10 \cdot 0,3 \cdot \frac{73}{72,5} \cdot \frac{4}{5} + \frac{0,3 \cdot (0,5 \frac{m}{e})^2}{0,53 \cdot m} \cdot \frac{4}{5} +$$

$$+ 0,3 \cdot 10 \frac{m}{e} \cdot \frac{8}{72,5}$$

$$T \cdot \frac{9}{25} = \left(\frac{3 \cdot 2^5 \cdot 7^2 \cdot 4}{5 \cdot 53000} + \frac{3 \cdot 73 \cdot 4}{12 \cdot 5^2} + \frac{3 \cdot 5^2 \cdot 4}{530 \cdot 5} + \frac{3 \cdot 8}{17} \right) H =$$

$$= \left(\frac{3 \cdot 2^5 \cdot 7^2}{5^4 \cdot 53} + \frac{3 \cdot 73 \cdot 2^2}{17 \cdot 5^2} + \frac{3 \cdot 2}{53} + \frac{3 \cdot 8}{17} \right) H = \left(\frac{3 \cdot 2^5 \cdot 7^2 + 3 \cdot 2 \cdot 5^4}{53 \cdot 5^4} + \frac{3 \cdot 73 \cdot 2^2 + 3 \cdot 8 \cdot 5^2}{17 \cdot 5^2} \right) \frac{1}{4} =$$

$$= \left(\frac{4704 + 3750}{33125} + \frac{156 + 600}{425} \right) H$$

$$T = \left(\frac{25}{9} \cdot \frac{8454}{33125} + \frac{25 \cdot 756}{9 \cdot 17} \right) H = \left(\frac{84}{17} + \frac{2878}{3 \cdot 7325} \right) H \approx 5,67 H$$

$$= \left(\frac{84 \cdot 5}{85} + \frac{2878 \cdot 2}{3 \cdot 2750} \right) H \approx 5,67 H$$

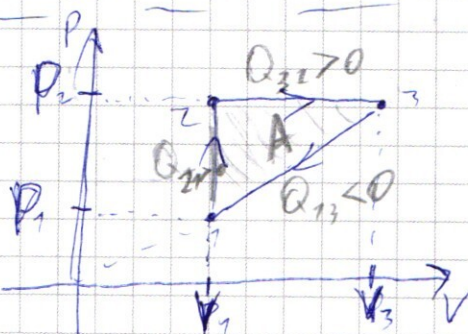
$$\text{Ответ: } V' = 0,5 \frac{m}{e}; V_{\text{кон}} = 0,56 \frac{m}{e}; T \approx 5,67 H$$

12. Дано:

Введены V_1, V_2, P_1, P_2 (как на рисунке).

Поскольку (у нас Максвелла-Заремского)

$$P_1 V_1 = P_2 V_2; P_2 V_2 = P_3 V_3; P_2 V_3 = P_3 V_3.$$



$$V_{\text{см}} = \sqrt{V_{\text{см}x}^2 + V_{\text{см}y}^2} = V_{\text{см}y} = V \cdot \sin \alpha + V' \cdot \sin \beta = 0,34 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \frac{3}{17} + 0,5 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \frac{4}{5} = 0,16 \frac{\text{м}}{\text{с}} + 0,4 \frac{\text{м}}{\text{с}} = \boxed{0,56 \frac{\text{м}}{\text{с}}} - \text{тангенс перпендикулярно пути}$$

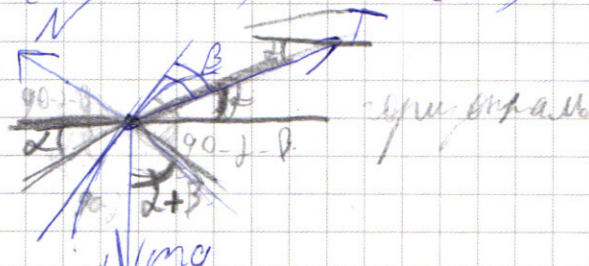
б) Тангенс движения колеса в центре соприкосновения. Исходно инерциальна, т.е. сила инерции не добавляется, действующие силы остаются. На ~~какое~~ ^{какое} колесо действуют: N - реакция опоры (н.к. перпенд. к V направлена перпендикулярно V'); mg - сила тяжести, направлена вертикально вниз (перпендикулярно плоскости С.О.). T - натяжение ^{нити} веревки.

$V_{\text{см}} \perp$ нити $\Rightarrow$ движение колеса в С.О. - движение по окружности (радиус $= l = \frac{5R}{4} = \frac{5 \cdot 0,5 \text{ м}}{4}$)

в) Тангенс силы, действующие на колесо в С.О. Земли. Движение колеса - движение по окружности.

$$\vec{T} + m\vec{g} + \vec{N} = m\vec{a}_\tau$$

на ось, перпендикулярную V : $mg \cos(2+\beta)$



$$mg \cos(2+\beta) + T \cos(90-\beta) - N = ma_\tau$$

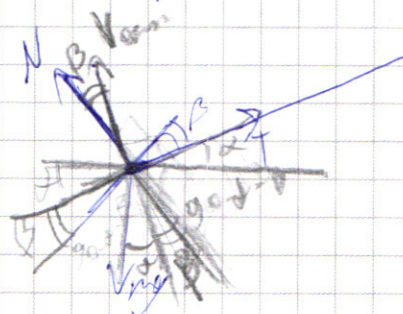
$$a_\tau = \frac{V^2}{R} \Rightarrow \boxed{mg \cos(2+\beta) + T \sin \beta - N = m \frac{V^2}{R}} \quad (1)$$

Переход в С.О. муфты. С.О. инерциальна $\Rightarrow$ силы не меняются. Движение по окружности радиуса $l = \frac{5}{4}R$.

на ось, перпендикулярную $V_{\text{см}}$:

$$\boxed{T - N \sin \beta - mg \sin \alpha = m \frac{V_{\text{см}}^2}{l}} \quad (2)$$

получим систему из 2-х уравнений с двумя неизвестными: T и N .



$$\cos(2+\beta) = \cos 2 \cdot \cos \beta - \sin 2 \cdot \sin \beta = \frac{15}{17} \cdot \frac{3}{5} - \frac{8}{17} \cdot \frac{4}{5} = \frac{15 \cdot 3 - 8 \cdot 4}{17 \cdot 5} = \frac{45 - 32}{17 \cdot 5} = \frac{13}{17 \cdot 5}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1) Дано:
 $V = 0,34 \frac{m}{c}$
 $m = 0,5 \mu$
 $\mu = 0$
 $R = 0,53 \mu$
 $l = \frac{5R}{4}$
 $\cos \alpha = \frac{15}{17}$
 $\cos \beta = \frac{3}{5}$
 $V' = ?$
 $V_{com} = ?$
 $T = ?$

Решение:
 V' - скорость центра
 V_{com} - скорость центра масс
 относительно Луны
 T - радиус орбиты.

Длина орбиты, кинематическая $\Rightarrow$ для всех спутников
 закон сохранения (угловой момент = 0).
 $V \cdot \cos \alpha = V' \cdot \cos \beta$
 $\Rightarrow V' = \frac{V \cdot \cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{0,34 \frac{m}{c} \cdot \frac{15}{17}}{\frac{3}{5}} = \frac{0,25 \cdot 5}{1} \frac{m}{c} = 0,5 \frac{m}{c}$

Угловой момент = переносимый с другой стороны
 центра

$\boxed{0,5 \frac{m}{c}}$

5) Переходим в систему отсчёта Луны. Тогда все события, кроме Луны, ~~тогда~~ ~~тогда~~ получаются относительно неё сдвинутыми, вправо V , и изобавляются ускорением, движению Луны $n.l.$ влево (горизонтально) ($n.k.V$ — горизонтально влево).

$$V_{\text{gesamt}} = V_1 + V_2$$

~~Корпуса~~: Корпусов две × всего штук, две у - перевернуты вверх ногами.

$$a. V \cdot \cos \theta - V \cdot \cos 2 = 0 \Rightarrow V_{\text{center}} = 0$$

$$Oy: V_{amy} = \underbrace{V' \cdot \sin \beta} + \underbrace{V \cdot \sin \alpha}$$

$$\sin \beta = \sqrt{1 - \cos^2 \beta} = \sqrt{1 - \frac{3^2}{5^2}} = \sqrt{1 - \frac{9}{25}} = \sqrt{\frac{16}{25}} = \frac{4}{5}$$

$$\sin \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = \sqrt{1 - \frac{15^2}{17^2}} = \frac{\sqrt{17^2 - 15^2}}{17} = \frac{\sqrt{(17-15)(17+15)}}{17} = \frac{\sqrt{2 \cdot 32}}{17} = \frac{8}{17}$$