

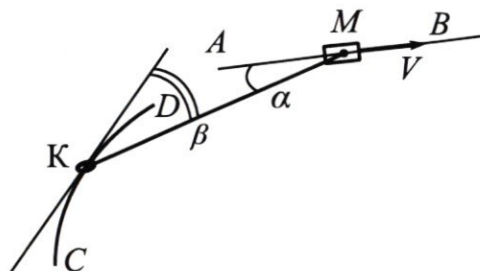
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-04

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

1. Муфту М двигают со скоростью $V = 2$ м/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,4$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,9$ м. Кольцо и муфта связаны легким тросом длиной $l = 17R/15$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент трос составляет угол α ($\cos \alpha = 4/5$) с направлением движения муфты и угол β ($\cos \beta = 8/17$) с направлением движения кольца.



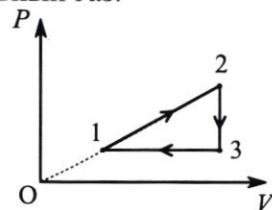
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения троса в этот момент.

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 понижение температуры газа.

2) Найти для процесса 1-2 отношение изменения внутренней энергии газа к работе газа.

3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.



3. Обкладки конденсатора – квадратные металлические сетки, сторона квадрата во много раз больше расстояния d между обкладками. Напряжение на конденсаторе U . Отрицательно заряженная частица движется на большом расстоянии к конденсатору по оси симметрии, перпендикулярно обкладкам, влетает в него со скоростью V_1 и останавливается на расстоянии $0,2d$ от отрицательно заряженной обкладки.

1) Найдите удельный заряд частицы $\gamma = \frac{|q|}{m}$.

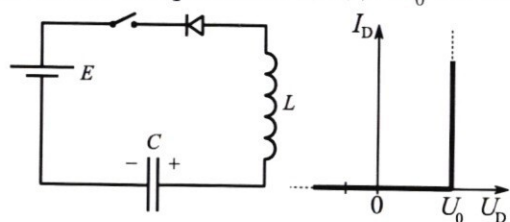
2) Через какое время T после влета в конденсатор частица вылетит из него?

3) Найдите скорость V_0 частицы 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 $C = 10$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 9$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,4$ 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 $8F/15$ от оси OO_1 и на расстоянии $3F/5$ от плоскости линзы. Линза и источник неподвижны, а зеркало движется со скоростью V вдоль оси OO_1 . В некоторый момент зеркало оказалось на расстоянии $6F/5$ 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.



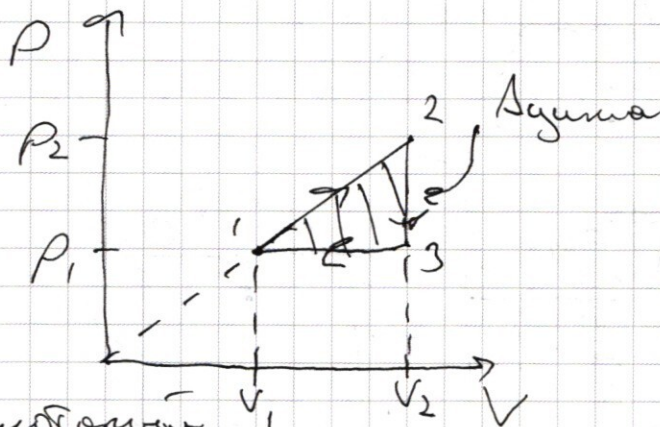
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача №2:

Дано:

- 1) C_1 - ?
- 2) $\frac{\Delta U_{12}}{A_{12}}$ - ?
- 3) $\eta_{\max}$ - ?

Решение:



$P_1 = 2V_1$, где α - постоянный коэффициент $\Rightarrow P_2 = 2V_2$;

Процесс 2-3 - изохорический $\Rightarrow \frac{P_2}{P_3} = \frac{T_2}{T_3}$;

Процесс 3-1 - изобарический $\Rightarrow \frac{V_2}{V_1} = \frac{T_3}{T_1}$;

1) Поскольку μ и P и V в процессе 1-2
возрастают, то μ и T тоже возрастали;

$P_2 > P_3 = P_1 \Rightarrow T_2 > T_3 \Rightarrow$ в процессе 2-3
произошло понижение температуры, а
также в процессе 3-1, т.к. $V_3 > V_1$.

$Q_{23} = \nu C_1 \Delta T_1 = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_1 \Rightarrow C_1 = \frac{3}{2} R$ ($A_{23} = 0$);

$Q_{31} = \nu C_2 \Delta T_2 = \frac{5}{2} \nu R \Delta T_2 \Rightarrow C_2 = \frac{5}{2} R$ ($A_{31} = \nu R \Delta T_2$).

$\Rightarrow \frac{C_1}{C_2} = \frac{3}{5}$;

2) $A_{12} = \frac{1}{2} (P_1 + P_2) (V_2 - V_1)$ - площадь под
графиком $\Rightarrow A_{12} = 0,5 \alpha (V_2^2 - V_1^2) = 0,5 (P_2 V_2 -$
 $- P_1 V_1) = 0,5 \nu R (T_2 - T_1)$;

$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) \Rightarrow \frac{\Delta U_{12}}{A_{12}} = \frac{\frac{3}{2}}{\frac{1}{2}} = 3$;

3) $A_{\text{ц}} = A_{12} + A_{31} = \frac{1}{2} (V_2 - V_1) (P_2 - P_1) = \frac{\alpha}{2} (V_2 - V_1)^2$;

$Q_1 = Q_2$, м.к. в остальных процессах температура постоянна $\Rightarrow Q_{12} = 4 Q_{12} = 2L(V_2^2 - V_1^2)$

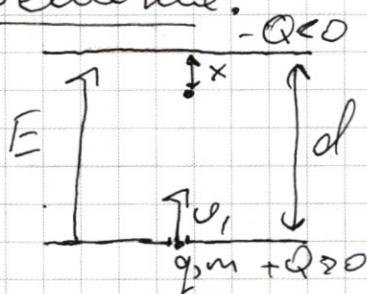
$$\eta = \frac{Q_2}{Q_1} = \frac{0,5 L(V_2 - V_1)^2}{2L(V_2 - V_1)(V_2 + V_1)} = \frac{1}{4} \cdot \frac{V_2 - V_1}{V_2 + V_1} = \frac{V_2 - V_1}{4(V_2 + V_1)}$$

Выражение η будет тогда, когда $V_1 = 0 \Rightarrow \eta_{\max} = 0,25$.

Ответ: 1) $\frac{3}{5}$; 2) 3; 3) 25%.

③ Дано:
 $d, U, x = 0,2d$;
 $V_1, q < 0$.

Решение:



Перемещая заряды с одной пластины на другую по направлению напряженности $\Rightarrow Q_m + Q$ и $-Q < 0$;

$$U = E \cdot d \Rightarrow E = \frac{U}{d};$$

1) При движении в электрическое поле у заряда сила и кинетическая энергия изменяются, а в момент движения - минимальная $\Rightarrow$ по 3СЭ:

$$\frac{mv^2}{2} = |q| \varphi, = |q| E \cdot 0,8d = \frac{4}{5} U |q| \Rightarrow \gamma = \frac{|q|}{m} = \frac{5U}{8U};$$

2) На протяжении T у заряда сила ускорения равна $a = E/q \Rightarrow a = E \gamma$;

$$T = \tau_1 + \tau_2 \cdot \frac{a \tau_2^2}{2}; \quad 0,8d = \frac{a \tau_2^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \tau_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,8d}{a}}; \quad \tau_1 = \tau_2 = \frac{2}{5} \cdot \frac{d}{U};$$

$$T = \frac{16d}{5U};$$

3) Перемещая $\tau_1 = \tau_2$, а $a = c \alpha \tau^2 \Rightarrow$ величина внешнего с магн. поля не меняется, с которой влетает в поле конденсатора.

$\Rightarrow U_0 = U$, поскольку все конденсатора или на заряду q не будет.

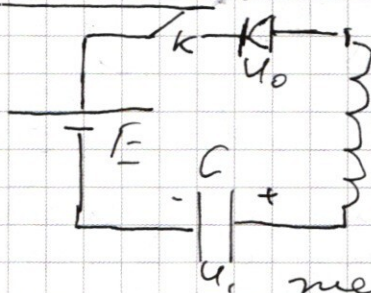
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Answers: 1) $\frac{50d^2}{300}$; 2) $\frac{16d}{500}$; 3) U_1 .

⑧ Задача №4:

Para:
 $E \approx 6 \text{ B.}$
 $U \approx 9 \text{ B.}$
 $U' \approx 1 \text{ B.}$
 $C \approx 10 \cdot 10^{-6} \text{ F.}$
 $L \approx 0,4 \text{ H.}$

Решение:



1) Постепенно в цепи
присутствуют не
идеальные диоды,
которые присутствуют
время диодов соедине-
ния проводов напря-
я на то в по-
ем $I_0 \approx 0$ пока нет,
раем пока диод
0 2) $\dot{I}_0 \approx \frac{dI_0}{dt} \approx 0.4/\text{с}$.

1) $\dot{I}_0$ - ?

2) $I_{\max} - ?$

3) $U_2 - ?$

2) Ток максимален, когда, когда его производная по времени равна 0 $\Rightarrow E_{\text{инд}} = 0$.

$$\Rightarrow U_c = E + U_0$$

По ЗСЗ: $\Delta_{\text{уст}} = \Delta W_1(Q_{20})$;

$$A_{\text{avg}, 2} = \frac{1}{2} (-u_1 + u_2) = -CE(u_1 - u_2)$$

$$\Delta W_{12} = \frac{L_1^2 \max}{2} + \frac{u_c^2}{2} - \frac{u_1^2}{2} = -CFE(u_1 - u_c)$$

$$L I^2_{\max} = C(u, -u_c)(u, +u_c - 2E) = C(u, -E - u_0).$$

$$\cdot (\underbrace{U_1, -\bar{I} + U_0}_{\text{LHS}}) \geq \underbrace{C(\hat{U}_1, -\bar{I})^2 - U_0^2}_{\text{RHS}}$$

$$I_{\max} = \sqrt{\frac{2}{L((U_1 - E)^2 - U_0^2)}} = 10 \sqrt{2} \cdot 10^{-3} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ A}$$

3) В установленном решении пока в учет не берется $\rightarrow$ по ЗСД:

$$\Delta W_2 = \Delta u_{\sigma 2} ; \Delta u_{\sigma 2} = E(-u_2 C + u_1) \cdot$$

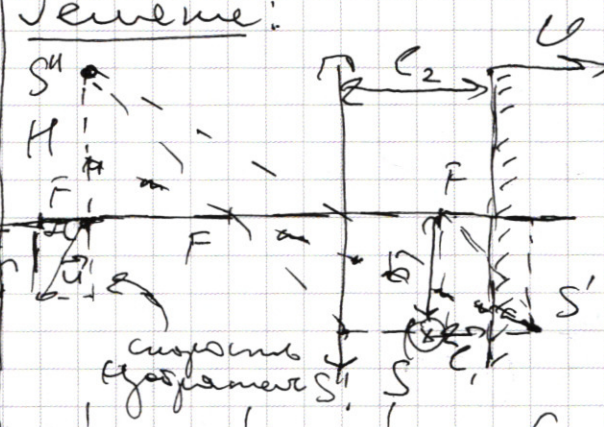
$$dW_L = \frac{1}{2}(U_2^2 - U_1^2) \quad \text{erg}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2}(u_2^2 - u_1^2) = -E_C(u_1 - u_2) \Rightarrow u_1 + u_2 \leq 2E_C$$

$$\Rightarrow u_2 = 2\bar{1} - u_1 = 12 - 9 = 3 \text{ B.}$$

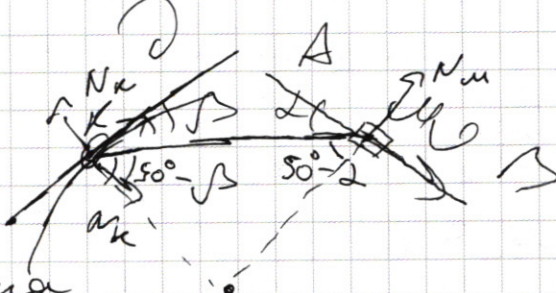
Ответы: 1) 0; 2) $2 \cdot 10^{-2} \text{ A}$; 3) 3 В.

Задача №5:

Дано:	Решение:
$F_1 = \frac{8}{15} F$ $C_1 = \frac{3}{5} F$ $C_2 = \frac{6F}{5}$	 1) Рассчитаем отрезок l_2 от зеркала до точки C2, где $l_2 = l_1 + d$ $d = \frac{3}{5} F + \frac{6}{5} F = \frac{9}{5} F$ $F = d + f \Rightarrow f = \frac{dF}{d-F} = \frac{\frac{9}{5} F}{\frac{9}{5} - 1} = \frac{9}{4} F$ 2) Определим отрезок l_2 от зеркала до точки C2, где $l_2 = l_1 + d$ $d = \frac{3}{5} F + \frac{6}{5} F = \frac{9}{5} F$ $F = d + f \Rightarrow d = \arctan \frac{3}{15}$ 3) S' движется относительно зеркала со скоростью $2V \Rightarrow$ $\Rightarrow$ Рассмотрим S' движущееся вдоль ОО, то $U_{00} = 2V^2$ $U_{00} = 2V \cdot \frac{F^2}{(d-F)^2} = U \cos \alpha \Rightarrow U = \frac{2V}{\cos \alpha} \cdot \frac{1}{2} F^2$ $= \frac{25}{16} \cdot 2V \cdot \sqrt{1 + \frac{1}{9}} = \frac{25}{8} V \cdot \sqrt{1 + \frac{1}{225}} = \frac{15}{8} \cdot \frac{25}{8} V$ $= \frac{35}{24} V$

Ответы: 1) $\frac{9}{4} F$; 2) $d = \arctan \frac{3}{15}$; 3) $\frac{35}{24} V$.

Задача №1

Дано:	Решение:
$V = 2 \text{ м/с}$ $m = 0,4 \text{ кг}$ $R = 1,5 \text{ м}$ $\rho = 1,2 \text{ кг/м}^3$ $\alpha = \arccos 0,8$ $\beta = \arccos \frac{2}{17}$	 1) Скорость V на протяжении всего движения направлена по

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

касательной к $CD \Rightarrow$ Радиусом β к
траектории;

Точка O - это мгновенный центр вращения для колеса и муфта.

Тогда: V - касательная к окружности с центром O и радиусом OM , а V_k (скорость колеса) - касательная к окружности с радиусом OK .

$\Rightarrow \frac{V}{OK} = \frac{OM}{OK} \Rightarrow \frac{V}{OK} = \frac{R_{\text{кол}}}{R_{\text{кол}}} \cdot \frac{\omega \beta}{\cos \beta}$ ($R_{\text{кол}} = R_{\text{кол}}$ в $OMOK$, проведенная к MK)

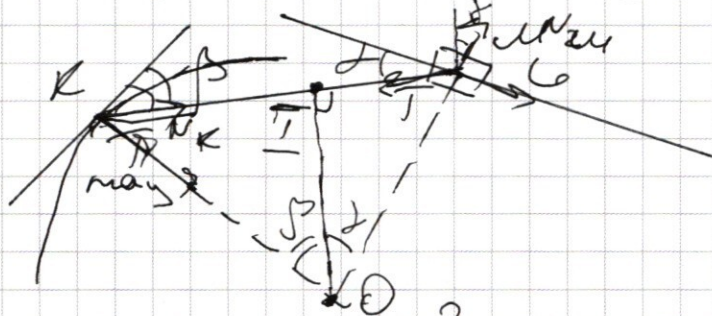
$$\Rightarrow V \cos \alpha = V_k \cos \beta \Rightarrow V_k = \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} V = \frac{\frac{4}{5}}{\frac{3}{5}} \cdot 2 = \frac{16}{5} \text{ м/с};$$

$$2) V_k = \vec{V} + \vec{V}_{\text{отн}};$$

Зная что $V \cos \alpha = V_k \cos \beta \Rightarrow \beta$ проекция на MK , $V_{\text{отн}} \cos \alpha \Rightarrow \beta$ проекция на тангенциальную к MK :

$$V_{\text{отн}} = V \sin \alpha - V \sin \alpha = \frac{16}{5} - V \cos \alpha \tan \beta - V \sin \alpha = \frac{16}{5} - 2 \cdot \frac{4}{5} = \frac{6}{5} = 3 - \frac{6}{5} = \frac{9}{5} \text{ м/с};$$

3)



Второй закон Ньютона для точки M :

$$N_M = T \sin \alpha$$

Для точки K :

$$\frac{m V_k^2}{R} = N_K + T \sin \beta$$

Запишем правило моментов для точки O на MK :

$$N_M \cos \alpha \cdot OI \tan \alpha = OI \tan \beta \cdot (N_K + \frac{m V_k^2}{R}).$$

$$N_{\mu} \sin^2 \alpha = (N_{\mu} + \frac{m v_k^2}{R}) \sin \beta$$

$$T \sin^2 \alpha = \frac{2m}{R} v_k^2 \sin \beta + T \sin^2 \beta$$

$$T = \frac{2m v_k^2 \sin \beta}{R(\sin^2 \alpha + \sin^2 \beta)} \approx 4 \text{ Н}$$

Ответ: 1) $\frac{17}{5} \text{ м/с}$; 2) $\frac{9}{5} \text{ м/с}$; 3) 4 Н.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

⑤ F_5

$$\alpha \tau^2 - 20, \tau, + 1,6 d \tau^0$$

$$\tau_{1,2} = \sqrt{\frac{2}{5} \cdot \frac{d}{\alpha} \cdot \frac{50^2}{4}} = \sqrt{\frac{2}{5} \cdot \frac{d}{\alpha} \cdot \frac{50^2}{4}}$$

$$\frac{50^2}{4} - 20, \tau, + 1,6 d \tau^0$$

$$\frac{50^2}{4} - \frac{16}{5} 0, \tau, +$$

$$\frac{5}{8} d (0, \tau^2 - 2 \cdot \frac{8}{5} 0, d \tau, + \frac{8}{5} \cdot \frac{16}{5} d^2) = 0$$

$$0, \tau, = \frac{8}{5} d$$

$$(3 \cdot 17)^2 + 3^2 \cdot 5^4$$

$$= 9 \cdot (289 + 625) = 9 \cdot 914 = 8226$$

$$\frac{U_k}{U_0} = \frac{R_k}{R_{\text{вн}}} =$$

$$U_{\text{сн}} = \frac{6}{5} \text{ и } U_{\text{н}} =$$

$$N_2$$

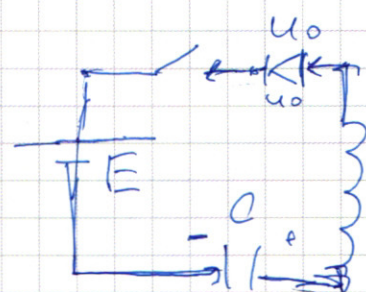
$$\sin \beta \left(\frac{2m\omega^2}{R} - T \sin \beta \right)$$

9

$U_1 = 9 \text{ В};$
 $E = 6 \text{ В};$
 $L = 5 \text{ Гн};$
 $C = 10^{-5} \text{ Ф};$

$U_0 = 1 \text{ В};$

- 1) $I_0 = ?$
- 2) $I_{\text{max}} = ?$
- 3) $U_2 = ?$



2) $U_0 + E = U_C$
 $\Rightarrow U_C = 0 \Rightarrow I = 0$
 $\Rightarrow I = I_{\text{max}}$
 $\frac{L I_{\text{max}}^2}{2} + \frac{C U_C^2}{2} = \frac{C U_1^2}{2}$

$+E(-U_2 - (-U_1)) = L I_{\text{max}}^2$
 $2 E (U_1 - U_2) = L I_{\text{max}}^2$
 $I_{\text{max}} = \sqrt{\frac{2 E (U_1 - U_2)}{L}}$

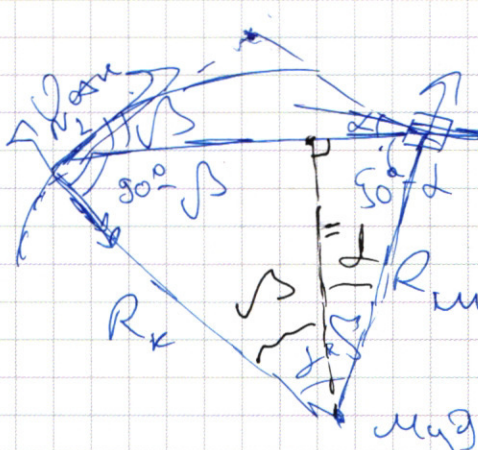
$I_{\text{max}} = \sqrt{\frac{2 E (U_1 - E - U_0) (U_1 - U_0 - E + E)}{L}}$
 $= \sqrt{\frac{C}{L} \cdot (9 - 7) (9 - 7 + 1)} = \frac{10^{-5}}{5} \cdot 8 \cdot 10^{-3} \text{ А} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ А}$

3) $I = 0 \Rightarrow E + U_0 + U_2 = U_C$
 $\frac{C U_2^2}{2} - \frac{C U_1^2}{2} = E (-U_2 + U_1)$
 $\Rightarrow (U_1^2 - U_2^2) = E (U_1 - U_2)$
 $\Rightarrow (U_1 + U_2) = E$
 $\frac{L I_{\text{max}}^2}{2} + \frac{C U_C^2}{2} - \frac{C U_1^2}{2} = -E (U_2 - U_1)$

$L I_{\text{max}}^2 = C (U_1^2 - U_0^2 - E (U_1 - U_0)) = C (U_1 - U_0) (U_1 + U_0 - E)$
 $= C (U_1 - U_0 - E) (U_1 + U_0 - E) \Rightarrow 10 \sqrt{2} \cdot 10^{-3} \text{ А} = \sqrt{2} \cdot 10^{-2} \text{ А}$

3) $\frac{C U_2^2}{2} - \frac{C U_1^2}{2} = -E (U_1 - U_2) = E (U_2 - U_1)$
 $U_2 + U_1 = 2E \Rightarrow U_2 = 2E - U_1 = 6 - 9 = -3 \text{ В}$

8



$T_{\text{ср}} = \frac{m v^2}{R_m}$
 $\frac{R}{R_k} = \frac{R}{R_m \cos \beta}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1) $\cos \beta = \frac{v_x}{v}$
 $\beta = \arccos \frac{v_x}{v}$
 $\beta = \arccos \frac{17}{15}$

2) $v_x = v \cos \beta$
 $v_x = \frac{17}{15} \cdot 15 = 17 \text{ м/с}$

3) $v_y = v \sin \beta$
 $v_y = \frac{17}{15} \cdot 15 = 17 \text{ м/с}$

4) $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{17^2 + 17^2} = 17\sqrt{2} \text{ м/с}$

5) $\beta = \arctan \frac{v_y}{v_x} = \arctan 1 = 45^\circ$

6) $v = 17\sqrt{2} \text{ м/с}$

7) $\beta = 45^\circ$

8) $v = 17\sqrt{2} \text{ м/с}$

9) $\beta = 45^\circ$

10) $v = 17\sqrt{2} \text{ м/с}$

11) $\beta = 45^\circ$

12) $v = 17\sqrt{2} \text{ м/с}$

13) $\beta = 45^\circ$

14) $v = 17\sqrt{2} \text{ м/с}$

15) $\beta = 45^\circ$

16) $v = 17\sqrt{2} \text{ м/с}$

17) $\beta = 45^\circ$

18) $v = 17\sqrt{2} \text{ м/с}$

19) $\beta = 45^\circ$

20) $v = 17\sqrt{2} \text{ м/с}$

21) $\beta = 45^\circ$

22) $v = 17\sqrt{2} \text{ м/с}$

23) $\beta = 45^\circ$

24) $v = 17\sqrt{2} \text{ м/с}$

25) $\beta = 45^\circ$

26) $v = 17\sqrt{2} \text{ м/с}$

27) $\beta = 45^\circ$

28) $v = 17\sqrt{2} \text{ м/с}$

29) $\beta = 45^\circ$

30) $v = 17\sqrt{2} \text{ м/с}$

31) $\beta = 45^\circ$

32) $v = 17\sqrt{2} \text{ м/с}$

33) $\beta = 45^\circ$

34) $v = 17\sqrt{2} \text{ м/с}$

35) $\beta = 45^\circ$

36) $v = 17\sqrt{2} \text{ м/с}$

37) $\beta = 45^\circ$

38) $v = 17\sqrt{2} \text{ м/с}$

39) $\beta = 45^\circ$

40) $v = 17\sqrt{2} \text{ м/с}$

41) $\beta = 45^\circ$

42) $v = 17\sqrt{2} \text{ м/с}$

43) $\beta = 45^\circ$

44) $v = 17\sqrt{2} \text{ м/с}$

45) $\beta = 45^\circ$

46) $v = 17\sqrt{2} \text{ м/с}$

47) $\beta = 45^\circ$

48) $v = 17\sqrt{2} \text{ м/с}$

49) $\beta = 45^\circ$

50) $v = 17\sqrt{2} \text{ м/с}$

51) $\beta = 45^\circ$

52) $v = 17\sqrt{2} \text{ м/с}$

53) $\beta = 45^\circ$

54) $v = 17\sqrt{2} \text{ м/с}$

55) $\beta = 45^\circ$

56) $v = 17\sqrt{2} \text{ м/с}$

57) $\beta = 45^\circ$

58) $v = 17\sqrt{2} \text{ м/с}$

59) $\beta = 45^\circ$

60) $v = 17\sqrt{2} \text{ м/с}$

61) $\beta = 45^\circ$

62) $v = 17\sqrt{2} \text{ м/с}$

63) $\beta = 45^\circ$

64) $v = 17\sqrt{2} \text{ м/с}$

65) $\beta = 45^\circ$

66) $v = 17\sqrt{2} \text{ м/с}$

67) $\beta = 45^\circ$

68) $v = 17\sqrt{2} \text{ м/с}$

69) $\beta = 45^\circ$

70) $v = 17\sqrt{2} \text{ м/с}$

71) $\beta = 45^\circ$

72) $v = 17\sqrt{2} \text{ м/с}$

73) $\beta = 45^\circ$

74) $v = 17\sqrt{2} \text{ м/с}$

75) $\beta = 45^\circ$

76) $v = 17\sqrt{2} \text{ м/с}$

77) $\beta = 45^\circ$

78) $v = 17\sqrt{2} \text{ м/с}$

79) $\beta = 45^\circ$

80) $v = 17\sqrt{2} \text{ м/с}$

81) $\beta = 45^\circ$

82) $v = 17\sqrt{2} \text{ м/с}$

83) $\beta = 45^\circ$

84) $v = 17\sqrt{2} \text{ м/с}$

85) $\beta = 45^\circ$

86) $v = 17\sqrt{2} \text{ м/с}$

87) $\beta = 45^\circ$

88) $v = 17\sqrt{2} \text{ м/с}$

89) $\beta = 45^\circ$

90) $v = 17\sqrt{2} \text{ м/с}$

91) $\beta = 45^\circ$

92) $v = 17\sqrt{2} \text{ м/с}$

93) $\beta = 45^\circ$

94) $v = 17\sqrt{2} \text{ м/с}$

95) $\beta = 45^\circ$

96) $v = 17\sqrt{2} \text{ м/с}$

97) $\beta = 45^\circ$

98) $v = 17\sqrt{2} \text{ м/с}$

99) $\beta = 45^\circ$

100) $v = 17\sqrt{2} \text{ м/с}$

