

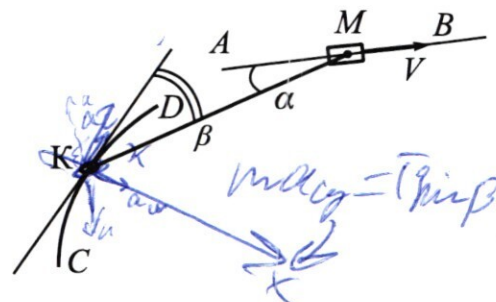
Олимпиада «Физтех» по физике, ф

Класс 11

Вариант 11-01

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

1. Муфту М двигают со скоростью $V = 68$ см/с по горизонтальной направляющей АВ (см. рис.). Кольцо К массой $m = 0,1$ кг может двигаться без трения по проволоке CD в виде дуги окружности радиусом $R = 1,9$ м. Кольцо и муфта связаны легкой нитью длиной $l = 5R/3$. Система находится в одной горизонтальной плоскости. В некоторый момент нить составляет угол α ($\cos \alpha = 15/17$) с направлением движения муфты и угол β ($\cos \beta = 4/5$) с направлением движения кольца.



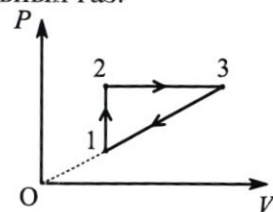
- 1) Найти скорость кольца в этот момент.
- 2) Найти скорость кольца относительно муфты в этот момент.
- 3) Найти силу натяжения нити в этот момент.

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 количества теплоты, полученной газом, к работе газа.

3) Найти предельно возможное максимальное значение КПД такого цикла.



3. Обкладки конденсатора – круглые металлические сетки площадью S , расстояние между обкладками d ($d \ll \sqrt{S}$). Из точки, находящейся между обкладками на оси симметрии на расстоянии $0,25d$ от положительно заряженной обкладки, стартует с нулевой начальной скоростью положительно заряженная частица и через время T вылетает из конденсатора перпендикулярно обкладкам. Удельный заряд частицы

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

1) Найдите скорость V_1 частицы при вылете из конденсатора.

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.

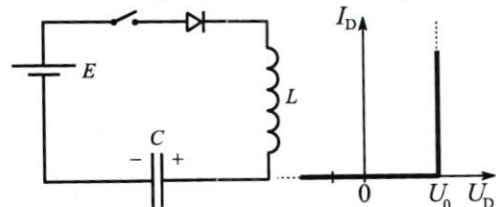
4. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут, ЭДС идеального источника $E = 9$ В, конденсатор емкостью $C = 40$ мкФ заряжен до напряжения $U_1 = 5$ В, индуктивность идеальной катушки $L = 0,1$ Гн. Вольтамперная характеристика диода дана на рисунке, пороговое напряжение диода $U_0 = 1$ 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.

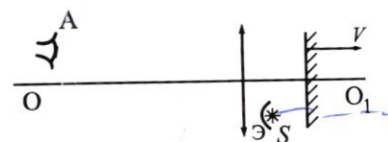


5. Оптическая система состоит из тонкой линзы с фокусным расстоянием F , плоского зеркала и небольшого экрана Э, расположенного так, что свет от источника S может попасть на линзу только после отражения от зеркала (см. рис.). Зеркало расположено перпендикулярно главной оптической оси OO_1 линзы. Источник S находится на расстоянии $3F/4$ от оси OO_1 и на расстоянии $F/2$ от плоскости линзы. Линза и источник неподвижны, а зеркало движется со скоростью V вдоль оси OO_1 . В некоторый момент зеркало оказалось на расстоянии F от линзы.

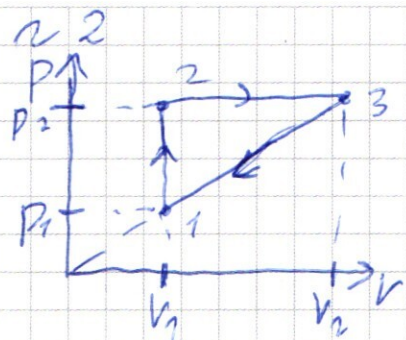
1) На каком расстоянии от плоскости линзы наблюдатель А сможет увидеть в этот момент изображение источника в системе?

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



1) температура газа
увеличивается на участках
1-2 и 2-3, т.к.
 $T_1 = \frac{P_1 V_1}{\nu R}$, $T_2 = \frac{P_2 V_1}{\nu R}$, $T_3 = \frac{P_2 V_2}{\nu R}$
(Закон Менделеева-Клапейрона
для точек 1, 2 и 3)

$P_1 < P_2$, $V_1 < V_2$, т.о. получим, что
 $T_1 < T_2 < T_3$, т.е. на участках 1-2 и 2-3
газ нагревается, а на участке 3-1
охлаждается.

Процесс 1-2 - изохора $\Rightarrow C_{12} = C_V = \frac{5}{2} R$

Процесс 2-3 - изобара $\Rightarrow C_{23} = C_P = \frac{7}{2} R$ т.к. газ
одноатомный.

т.о. получим, что $\frac{C_{23}}{C_{12}} = \frac{C_P}{C_V} = \frac{7}{5}$ - ответ
на первый вопрос.

2) $\frac{Q_{23}}{A_{23}} = ?$ $Q_{23} = C_P V (T_3 - T_2) = \frac{7}{2} (P_2 V_2 - P_2 V_1)$

$$A_{23} = P_2 (V_2 - V_1)$$

$$\text{т.о. } \frac{Q_{23}}{A_{23}} = \frac{\frac{7}{2} P_2 (V_2 - V_1)}{P_2 (V_2 - V_1)} = \frac{7}{2}$$

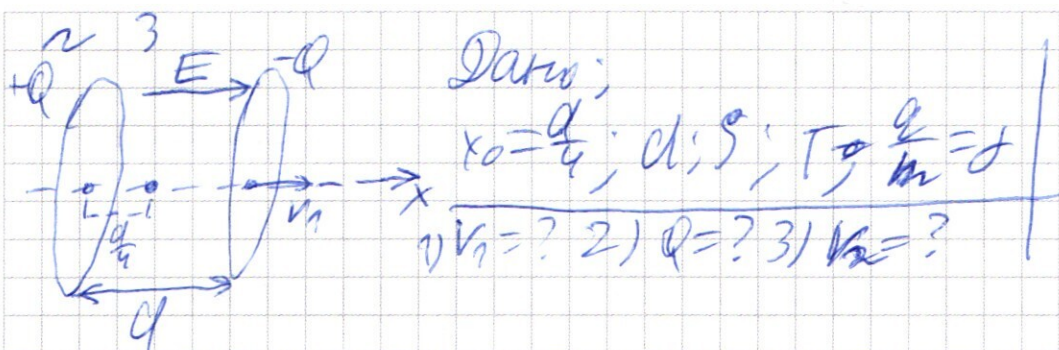
3) $\eta = \frac{A}{Q_+}$; A - работа ~~по~~ цикл 1-2-3, т.к.
цикл в P-V коор.

$A = \frac{1}{2} (V_2 - V_1) (P_2 - P_1)$, т.к. 1-3 - прямая линия,

TO $p_1 = \alpha V_1$, $p_2 = \alpha V_2$, T. e. $A = \frac{1}{2} \alpha (V_2 - V_1)^2$
 $Q_+ = Q_{12} + Q_{23} = C_V V (T_2 - T_1) + C_P V (T_3 - T_2) =$
 $= \frac{3}{2} V R (T_2 - T_1) + \frac{5}{2} V R (T_3 - T_2) =$
 $= \frac{5}{2} V R T_3 - V R T_2 - \frac{3}{2} V R T_1 = \frac{1}{2} (5 p_2 V_2 - 2 p_2 V_1 - 3 p_1 V_1) =$
 $= \frac{1}{2} (5 \alpha V_2^2 - 2 \alpha V_1 V_2 - 3 \alpha V_1^2)$
 $\eta = \frac{A}{Q_+} = \frac{\frac{1}{2} \alpha (V_2 - V_1)^2}{\frac{1}{2} \alpha (5 V_2^2 - 2 V_1 V_2 - 3 V_1^2)} = \frac{V_1^2 (\frac{V_2}{V_1} - 1)^2}{V_1^2 (5 (\frac{V_2}{V_1})^2 - 2 \frac{V_2}{V_1} - 3)}$
 $= \frac{(\frac{V_2}{V_1} - 1)^2}{5 (\frac{V_2}{V_1} - 1) (\frac{V_2}{V_1} + \frac{3}{5})} = \frac{(\frac{V_2}{V_1} - 1)}{5 \frac{V_2}{V_1} + 3}$, введём замену
 $\frac{V_2}{V_1} = x$, тогда $\eta(x) = \frac{x-1}{5x+3} = \frac{1}{5} (1 - \frac{4}{5x+3})$
 максимальное значение η достигается
 при минимальном значении $\frac{4}{5x+3}$, в
 предельно возможном случае при $x \rightarrow \infty$
 $\frac{4}{5x+3} \rightarrow 0$, т. е. $\eta = \frac{1}{5}$ - максимальное
 значение КПД.

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Дано;

$$x_0 = \frac{d}{4}; d; \sigma; T; \frac{q}{m} = j$$

$$1) v_1 = ? \quad 2) Q = ? \quad 3) v_2 = ?$$

Поле в конденсаторе направлено от положительно заряженной обкладки к отрицательно заряженной обкладке.

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} = \frac{Q}{S\epsilon_0}; \sigma - \text{поверхностный заряд обкладки } \sigma = \frac{Q}{S}$$

~~Направление осей x и y по оси симметрии~~

Направим ось x вдоль оси симметрии, сонаправленно с полем, ~~тогда~~ выдвигая в центр ~~левой~~ левой пластины.

$qE = ma$ — 2 з.м. для частицы на ось x

$$a = \frac{qE}{m} = jE = \frac{q\sigma}{S\epsilon_0}$$

$s = \frac{aT^2}{2}$, s — путь, который прошла частица

вдоль ОХ, т.к. $v_0 = 0$, то $s = \frac{aT^2}{2}$, $s = d - \frac{d}{4} = \frac{3d}{4}$

~~тогда можно выразить Q~~

$$\frac{3}{4}d = \frac{q\sigma}{S\epsilon_0} \cdot \frac{T^2}{2}; Q = \frac{3dS\epsilon_0}{2jT^2} - \text{заряд конденсатора,}$$

$$\text{тогда } E = \frac{3d}{2jT^2}, a = \frac{3d}{2T^2}$$

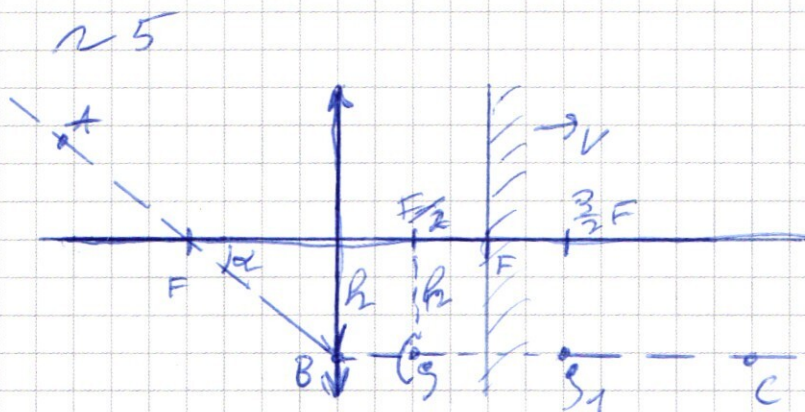
$V_1 = \alpha T$, т.к. $V_0 = 0$ и частица движется вправо

$$V_1 = \frac{3\alpha}{2T^2} \cdot T = \frac{3\alpha}{2T}$$

~~После того как~~ частица вылетит из конденсатора, она будет лететь в вакууме, ~~итак же~~ ~~как~~ в ком. $E_{\text{внеш.}} = 0$, т.к. вне конденсатора поля нет, значит на частицу не будут действовать никакие силы, значит у неё не будет ускорения и её скорость не изменится, т.е. $V = \text{const}$, $V = V_1$, т.е. $V_2 = V_1 = \frac{3\alpha}{2T}$.

Ответ: 1) $V_1 = \frac{3\alpha}{2T}$; 2) $Q = \frac{3d^2 \epsilon_0}{2T^2}$; 3) $V_2 = \frac{3\alpha}{2T}$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

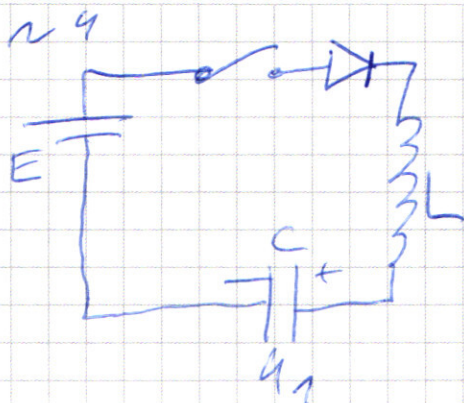


1) S_1 - изображение S в зеркале, оно будет источником для линзы. S_1 находится на расстоянии $d = \frac{3}{2}F$ от линзы, по формуле тонкой линзы: $\frac{1}{f} = \frac{1}{d} + \frac{1}{s}$

$\frac{1}{f} = \frac{1}{\frac{3}{2}F} + \frac{1}{s} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{2}{3F} + \frac{1}{s} \Rightarrow \frac{1}{s} = \frac{1}{f} - \frac{2}{3F} = \frac{3F - 2f}{3Ff} = \frac{3F - 2F}{3Ff} = \frac{1}{3F}$ - на таком расстоянии слева от линзы будет находиться изображение источника S в системе.

2) Изобр. S в зеркале фиксируется по прямой BC , значит изобр. S_1 в линзе фиксируется по AB , значит $\angle(AB, OC) = \alpha$, значит $\tan \alpha = \frac{h}{F} = \frac{3F}{4F} = \frac{3}{4}$;

3) Из CO зеркала S фиксируется влево со скор. V $\Rightarrow S_1$ движ. вправо с $V \Rightarrow$ CO линзы S_1 движ. вправо с $2V$. Т.к. заданная малая величина $\Gamma = \frac{s}{u} = \frac{3F}{\frac{3}{2}F} = 2 \Rightarrow \beta = \Gamma^2 = 4$ - предельное увеличение, т.е. $V_1 = \beta V = 8V$



Дано:

$$E = 90; U_1 = 50; U_0 = 10$$

$$C = 40 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}; L = 0,1 \text{ Гн}$$

$$1) \dot{I}_0 = ? 2) I_m = ? 3) U_2 = ?$$

1) При замыкании ключа на конденсаторе устанавливается напряжение $U_0 = 10$.

В начальный момент времени $U_{C0} = U_1$, тогда по формуле Кирхгофа: $E + \mathcal{E}_i - U_{C0} = U_0$

~~$\mathcal{E}_i$ — ЭДС самоиндукции~~ $\mathcal{E}_i$ — напряжение на катушке

$$\mathcal{E}_{i0} = U_0 + U_{C0} - E = U_0 + U_1 - E = (1 + 5 - 9) \text{ В} = -3 \text{ В}$$

$$\mathcal{E}_i = -L \dot{I}; \dot{I}_0 = -\frac{\mathcal{E}_{i0}}{L} = -\frac{-3 \text{ В}}{0,1 \text{ Гн}} = 30 \frac{\text{В}}{\text{Гн}}$$

2) В момент времени ток в цепи

максимален $\mathcal{E}_i = 0$, т.к. $\mathcal{E}_i \sim -\dot{I}$, значит верно равенство $E = U_C + U_0$; $U_C = 80$ — напряжение на конденсаторе, но теперь на левой

обкладке будет положительный заряд $q_1 = CU_1$,

$q_0 = -CU_1$ — заряд на левой обкладке в ~~нач.~~ нач.

момент времени. По ЗС $\mathcal{E} = E_{k0} + A_{\text{кон}} = E_{k1} + E_{k1}$

$$\frac{CU_1^2}{2} + E(U_1 - U_0) = \frac{LI_m^2}{2} + \frac{CU_0^2}{2}$$

$$I_m^2 = \frac{C}{L} (U_1^2 + E(U_1 + U_0) - U_0^2)$$

$$I_m = \sqrt{\frac{40 \cdot 10^{-6}}{0,1} \cdot (25 + 9 \cdot 13 - 64)} = 2 \cdot 10^{-3} \sqrt{78} \text{ А} \approx 0,018 \text{ А}$$

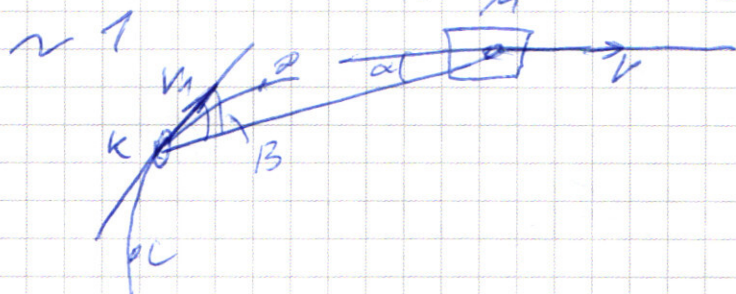
3) Для н. к. конденсатора U_2 — напряжение на конденсаторе, когда конденсатор закрыт. При зарядке конденсатора, когда $U_1 = U_2$, это произойдет сразу после замыкания (продолжение в самом конце)

~ 5 (преимущественно)

$V_r = 8V$ — такая скорость вдоль OO_1 формирует. θ в шестене, т.к. $\operatorname{tg} \alpha = \frac{3}{4} \Rightarrow V_0 = 6V$

Вертикал. составляющая скорости $v_{\text{гор.}} \Rightarrow$
 $\Rightarrow v_{\text{гор.}} = \sqrt{v_r^2 + v_\theta^2} = \sqrt{640^2 + 360^2} = 720$

Ombeni: 1) $3F$; 2) $\alpha = \frac{3}{4}$; 3) $10V$.



1) V_1 - скорость камня направлена по кас. к сф., т.к. в данный момент времени нить натянута и $v = \text{const}$, то радиусы V_1 и $V_{га}$ к м должны быть равны, т.е.

$$V_1 \cos \beta = V \cos \alpha; V_1 = V \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} = 68 \cdot \frac{15 \cdot 5}{17 \cdot 4} = \underline{75 \frac{\text{cm}}{\text{s}}}$$

2) ВСО мурты:  кабыл алынат

Скорость $V_{отк.}$, $f = \alpha + \beta$, т.к. внеш., масса

по тл. косинусов $V_{0TH} = \sqrt{V^2 + V_n^2 - 2V_n V \cos(\alpha + \beta)}$

$$\cos(A+B) = \cos A \cos B - \sin A \sin B = \frac{15}{17} \cdot \frac{4}{5} - \frac{8}{17} \cdot \frac{3}{5} = \frac{36}{17 \cdot 5}$$

$$V_{\text{eff}} = \sqrt{68^2 + 75^2 - 2 \cdot 75 \cdot 68 \cdot \frac{36}{1705}} = \sqrt{68^2 + 75^2 - 2 \cdot 75 \cdot 68 \cdot \frac{36}{1705}}$$

$$= \sqrt{4^2 \cdot 17^2 + 5^2 \cdot 15^2 - 2 \cdot 15 \cdot 4 \cdot 36} = \sqrt{2890.16 + 15(375 - 8.76)} =$$

$$= \sqrt{4824 + 1305} = \sqrt{5929} \approx \sqrt{59 \cdot 100} = \underline{10\sqrt{59} \frac{\text{cm}}{\text{s}}}$$

3)  23 m/s $\theta = 30^\circ$ $R = 1 \text{ m}$ $m = 0.1 \text{ kg}$ $T = ?$

$$T = \frac{m v^2}{R \sin \theta} = \frac{0.1 \cdot 23^2}{1 \cdot \sin 30^\circ} = 104.2 \text{ N}$$

$$T = \frac{\cancel{R} \cdot \cancel{m} \cdot v^2}{R \cdot m \cdot \beta} = \frac{0.75 \cdot 0.1 \cdot 10^4 \cdot 9^{2.5}}{190 \cdot \frac{3}{5} \cdot 190 \cdot 3} = \frac{3055}{90} \cdot 10^{-4} = \frac{3}{4} \cdot 0.625 \cdot 10^{-4} \approx 0.000468 \text{ H}$$

$$\approx \frac{3.055}{90} \cdot 10^{-4} = \frac{3}{4} \cdot 0.625 \cdot 10^{-4} \approx 0.000468 \text{ H}$$

Answers: 1) $45 \frac{\text{cm}}{\text{c}}$; 2) $10\sqrt{5} \frac{\text{cm}}{\text{c}}$; 3) $0,0368 \text{ M}$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

~ 4 (продолжение)

3) В уст. режиме диод закрыт и ток в цепи не идет, т.е. $E_{кат} = 0$, ток же $I = 0 = C \frac{dU}{dt}$, т.е. $\dot{U}_i = 0$

Пусть заряд на левой обкладке в установившемся $q_2 = Q_2$, тогда по теореме ЗСЭ: $E_{кат0} + A_0 = E_{кат1}$

$$\frac{m_1^2}{2} + E(q_2 - q_0) = \frac{m_2^2}{2}$$

$$m_1^2 + 2EC(U_2 + U_1) = m_2^2$$

$$U_2^2 - 2 \cdot 9U_2 - 1805 - 25 = 0$$

$$U_2^2 - 18U_2 - 175 = 0$$

$$U_2 = \frac{9 \pm 44}{1}; U_2 = \begin{bmatrix} 23 \\ -58 \end{bmatrix}$$

- отрицательный
молоток в вакууме,

т.е. $U_2 = 23$

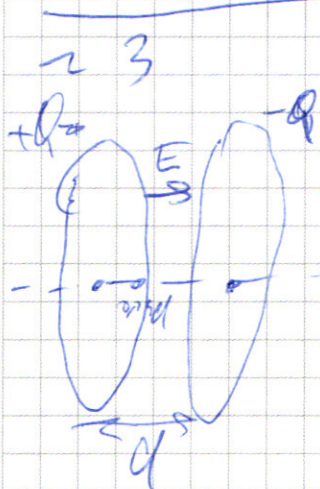
Ответ: 1) $30 \frac{B}{Гц}$; 2) 18 мА ; 3) 23 В .

(изложите ЗСЭ такого катодного
кривого

$$\begin{array}{r|l} x-7 & 5x+3 \\ \hline x+\frac{3}{5} & 1 \\ \hline & -\frac{8}{5} \end{array}$$

$$\eta = \frac{1}{5} - \frac{8}{5(5x+3)} \approx 20\% \pm ?$$

$$\frac{1}{5} \left(1 - \frac{8}{5x+3} \right)$$



$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} = \frac{Q}{S \epsilon_0} \quad F = \frac{dQ}{dx}$$

$$Q = \frac{q}{m} E$$

$$\frac{qT^2}{2} = \frac{3}{4} d$$

$$j E \cdot T^2 = \frac{3}{2} d \quad j \frac{Q}{S \epsilon_0} T^2 = \frac{3}{2} d$$

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{2^2}; \quad \epsilon_0 = \frac{k_1^2}{m^2 \cdot n}$$

$$Q = \frac{3d S \epsilon_0}{2j T^2}$$

$$m^2 \cdot \frac{k_1^2}{4^2 \cdot n}$$

$$\frac{k_1}{k_2} \cdot c^2$$

$$\Rightarrow E = \frac{3}{2} \frac{d S \epsilon_0}{j T^2 m} = \frac{3d}{8j T^2}$$

$$\frac{m \cdot k_1}{k_2} \cdot c^2 = k_1$$

$$V_1 = aT = jET = j \frac{Q}{S \epsilon_0} T = jT \cdot \frac{3d S \epsilon_0}{S \epsilon_0 \cdot 2j T^2} = \frac{3d}{2T}$$

$$q \cdot \varphi = \frac{mv^2}{2}; \quad V^2 = 2 \frac{q}{m} \varphi = 2 \frac{3d^2 \cdot j}{4j T^2} = \frac{3d^2}{4T^2}$$

$$\varphi = E \cdot \frac{d}{4} = \frac{3d \cdot d}{2j T^2 \cdot 4} = \frac{3d^2}{8j T^2}$$

$$V = \frac{\sqrt{3}}{2} \frac{d}{T}$$

$$1 - \frac{8}{5x+3}$$

$$\left(\frac{8}{5x+3} \right)' = \frac{8}{2(x)} = \frac{4}{x}$$

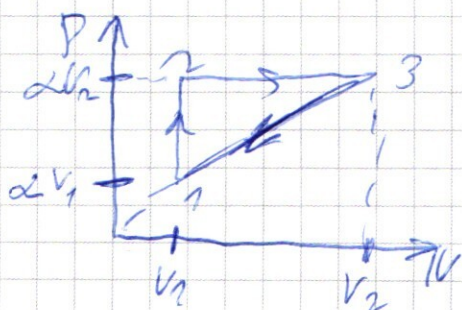
$$= \left(\frac{8}{5x+3} \right)' = - \frac{1 \cdot 8 \cdot (5x+3)^{-1}}{2(5x+3)^{\frac{3}{2}}} = - \frac{4 \cdot 5}{2 \cdot (5x+3)^{\frac{3}{2}}}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{Q_-}{Q_+} = \frac{4V_2}{5V_2 + 3V_1} ; \quad 5V_2^2 - 3V_1^2 - 2V_1V_2 = \cancel{V(V_1)} \quad \cancel{V_2}$$

$$\frac{4(v_2 - v_1)}{4v_1 \left(5\left(\frac{v_2}{v_1}\right)^2 - 2\frac{v_2}{v_1} - 3 \right)} =$$

$$= \frac{4(\frac{\sqrt{2}}{\sqrt{2}} - 1)}{5(\frac{\sqrt{2}}{\sqrt{2}})^2 - 2\frac{\sqrt{2}}{\sqrt{2}} - 3} = \frac{4(\frac{1}{5} - 1)}{\frac{1}{5} - \frac{2}{5} - 3} = \frac{4 \cdot \frac{4}{5}}{\frac{1}{5} - \frac{2}{5} - 3} = \frac{16}{\frac{1}{5} - \frac{2}{5} - 3}$$



$$p_1 = \alpha k_1, \quad p_2 = \alpha k_2$$

$$A = \frac{1}{2} (2k_2 - \alpha k_1) (k_2 - \alpha k_1) =$$

$$= \frac{1}{2} \alpha (k_2 - k_1)^2$$

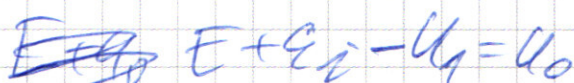
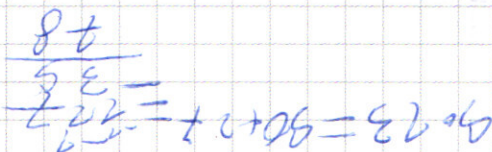
$$Q_+ = \frac{3}{2} V R (T_2 - T_1) + \frac{5}{2} V R (T_3 - T_2) =$$

$$= \frac{5}{2} V R T_3 - V R T_2 - \frac{3}{2} V R T_1 = \frac{5}{2} \alpha V_2^2 - \alpha V_1 V_2 - \frac{3}{2} \alpha V_1^2$$

$$\eta = \frac{\frac{5}{2} \alpha (V_2^2 - 2V_1 V_2 - 3V_1^2)}{\frac{5}{2} \alpha (V_2^2 - 2V_1 V_2 - 3V_1^2) - \frac{V_1^2 (V_2 - V_1)^2}{V_1^2 (5 \frac{V_2^2}{V_1^2} - 2 \frac{V_2 V_1}{V_1} - 3 \frac{V_1^2}{V_1})}} =$$

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

54-55-56



$$-L \dot{I} = u_i, \quad \dot{I} = -\frac{u_i}{L} = \frac{3}{0,1} = 30 \frac{V}{s}$$

$$\frac{CU_0^2}{2} + E_Q = \frac{L I_m^2}{2} + \frac{CU_0^2}{2}$$

$$9 \times 13 = 117 - 32 = 85$$

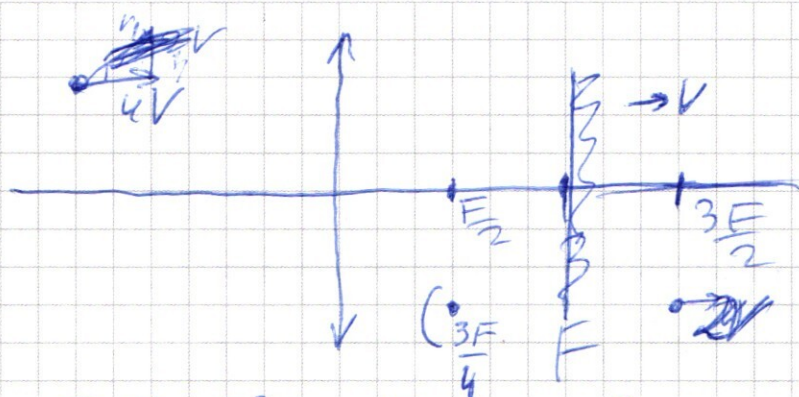
$$I_m^2 = \frac{C}{L} u_1^2 + \frac{C}{L} E(u_0 + u_1) - \frac{C}{L} u_0^2 =$$

$$= \frac{C}{L} (25 + 9 \cdot 13 - 64) = 85 \frac{C}{L}$$

5.17

$$y_2 = 80$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

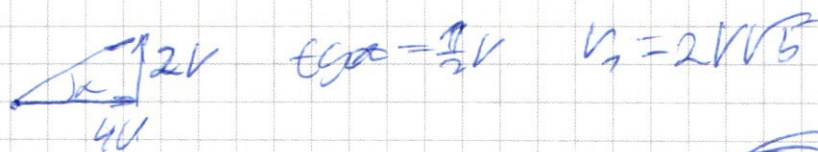


$$\frac{1}{F} = \frac{1}{\alpha} + \frac{1}{f}$$

$$f = \frac{F\alpha}{\alpha - F} = \frac{F - \frac{3}{2}F}{\frac{3F}{2} - F} = 3F$$

$$F = 3, \Gamma = 2, \Gamma^2 = 4, h_1 = \frac{3}{2}F$$

$$\tan \alpha = \frac{1}{2}, \alpha = 0; u_1 = 4V$$

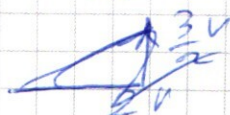


$$F = \frac{f}{\alpha} = \frac{F}{\alpha - F} = \frac{F}{\frac{3}{2}F - F} = 2$$

$$f = \frac{F - 2F}{\frac{3}{2}F - F} = 2; \Gamma = 1, h = \frac{3}{4}F$$

$$C = \frac{F}{2V}$$

$$u_1 = \frac{3F - 2V}{4F} = \frac{3}{2}V$$



$$\tan \alpha = \frac{3}{4}, \sqrt{\frac{9}{16} + 4} = \frac{5}{2}V = \sqrt{80} = 4\sqrt{5}$$

$$\Gamma_0 = 2; \alpha_0 = \frac{3}{2}F$$

$$= \frac{F(\frac{3}{2}F + VC)}{\frac{F}{2} + VC}$$

$$\Delta h = V_{\text{cent}} = \frac{\alpha h}{C} = \frac{\Gamma_0 h_0 - \Gamma_1 h_1}{C} = \frac{3F - 2V}{4F} = \frac{3}{2}V$$

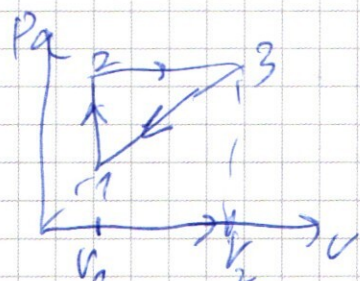
$$d_1 = d_0 + VC$$

$$f_1 = \frac{F(d_0 + VC)}{\alpha_0 + VC - F} =$$

$$= \frac{2F}{F + VC}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$C_v = \frac{3}{2}R$$



$$1) \frac{C_{23}}{C_{12}} = \frac{C_p}{C_v} = \frac{\frac{5}{2}R}{\frac{3}{2}R} = \frac{5}{3}$$

$$1) \frac{C_{23}}{C_{12}} = \frac{C_p}{C_v} = \frac{5}{3}$$

$$2) Q_{23} = C_p V (T_3 - T_2)$$

$$A_{23} = P_2 (V_3 - V_1) = P_2 (V_2 - V_1)$$

$$P_1 = \alpha V_1; P_3 = \alpha V_3 = P_2; V_2 = V_3$$

$$P_2 V_1 = \nu R T_2; \alpha V_1 V_3 = \nu R T_2$$

$$P_2 V_2 = \nu R T_3$$

$$\alpha V_2^2 = \nu R T_3$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_2}{T_3}$$

$$T_3 = \frac{V_2}{V_1} T_2; Q_{23} = C_p \nu T_2 \left(\frac{V_2}{V_1} - 1 \right)$$

$$\frac{\frac{5}{2} \nu R T_2 (V_2 - V_1)}{V_1 \cdot P_2 (V_2 - V_1)} = \frac{5}{2}$$

$$3) \eta = 1 - \frac{Q_-}{Q_+}; Q_- = C_v \nu (T_3 - T_2) = \frac{5}{2} (P_2 V_2 - P_2 V_1)$$

$$Q_+ = C_v \nu (T_2 - T_1) + C_p \nu (T_3 - T_2) =$$

$$= C_v \nu (T_2 - T_1) + C_p \nu T_2 \left(\frac{V_2}{V_1} - 1 \right) =$$

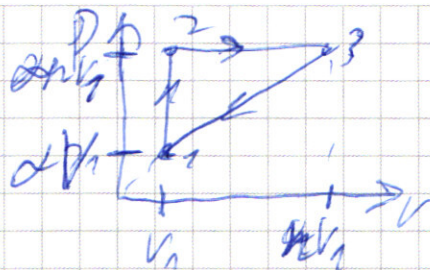
$$= \frac{3}{2} (P_2 V_1 - P_1 V_1) + \frac{5}{2} (P_2 V_2 - P_2 V_1)$$

$$\frac{Q_-}{Q_+} = \frac{\frac{5}{2} P_2 (V_2 - V_1)}{\frac{3}{2} V_1 (P_2 - P_1) + \frac{5}{2} P_2 (V_2 - V_1)} = \frac{5 \times V_2 (V_2 - V_1)}{3 V_1 \times (V_2 - V_1) + 5 V_1 (V_2 - V_1)}$$

$$P_2 = \alpha V_2; P_1 = \alpha V_1$$

$$= \frac{5 V_2}{3 V_1 + 5 V_2}; \eta = 1 - \frac{5 V_2}{3 V_1 + 5 V_2} = \frac{3 V_1}{3 V_1 + 5 V_2} = \frac{3}{3 + 5 \frac{V_2}{V_1}}$$

$$\eta = \frac{A}{Q_+}$$



$$p_1 = \alpha V_1 \quad V_2 = nV_1$$

$$p_2 = \alpha V_2 = \alpha nV_1$$

$$A = \frac{1}{2} p_1 (V_2 - V_1) (p_2 - p_1) = \frac{1}{2} (nV_1 - V_1) (\alpha nV_1 - \alpha V_1) =$$

$$= \frac{1}{2} V_1^2 (n-1) (\alpha n - 1)$$

$$Q_+ = C_V V (T_2 - T_1) + C_P V (T_3 - T_2) = \frac{3}{2} p_2 V_2 - \frac{3}{2} p_1 V_1 +$$

$$+ \frac{5}{2} p_2 V_2 - \frac{5}{2} p_2 V_1 = \frac{5}{2} p_2 V_2 - \frac{3}{2} p_1 V_1 - p_2 V_1 =$$

$$= \frac{5}{2} \alpha n^2 V_1^2 - \frac{3}{2} \alpha V_1^2 - \alpha n V_1^2$$

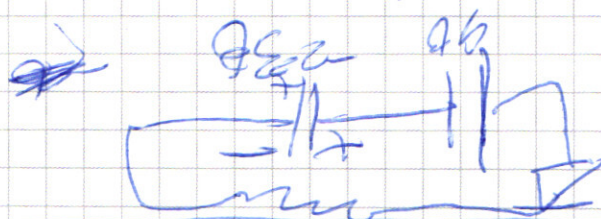
$$\eta = \frac{\frac{1}{2} V_1^2 (n-1) (\alpha n - 1)}{\frac{5}{2} \alpha n^2 V_1^2 - \frac{3}{2} \alpha V_1^2 - \alpha n V_1^2} = \frac{(n-1) (\alpha n - 1)}{5\alpha n^2 - 3\alpha - 2\alpha n} =$$

$$= \frac{(n-1) (\alpha n - 1)}{2(5n^2 - 3 - 2n)} = \frac{(n-1) (\alpha n - 1)}{2 \cdot 5(n-1)(n+\frac{3}{5})} = \frac{\alpha n - 1}{5(n+\frac{3}{5})}$$

$$5n^2 - 2n - 3 = 0$$

$$n = 1; n = \frac{3}{5}$$

$$5x^2 + 2x - 3 = 0$$



$$Q_- = 2R V (T_3 - T_1); Q_+ = \frac{3}{2} V P (T_2 - T_1) + \frac{5}{2} V P (T_3 - T_2) =$$

$$= \frac{3}{2} p_2 V_1 - \frac{3}{2} p_1 V_1 + \frac{5}{2} p_2 V_2 - \frac{5}{2} p_2 V_1 =$$

$$= \frac{5}{2} \frac{1}{2} (5p_2 V_2 - 3p_1 V_1 - p_2 V_1) = \frac{1}{2} (5\alpha V_2^2 - 3\alpha V_1^2 - 2\alpha V_1 V_2)$$

$$p_1 = \alpha V_1, p_2 = \alpha V_2$$

$$Q_- = 2(p_2 V_2 - p_1 V_1) = 2(\alpha V_1 V_2 - \alpha V_1^2) = 2\alpha V_1 (V_2 - V_1)$$

$$\frac{Q_-}{Q_+} = \frac{2\alpha V_1 (V_2 - V_1)}{\frac{1}{2} (5V_2^2 - 3V_1^2 - 2V_1 V_2)} = \frac{4V_1 (V_2 - V_1)}{5V_2^2 - 3V_1^2 - 2V_1 V_2} = \frac{4V_1 (V_2 - V_1)}{5(V_2 - V_1)(V_1 + \frac{3}{5}V_1)} =$$

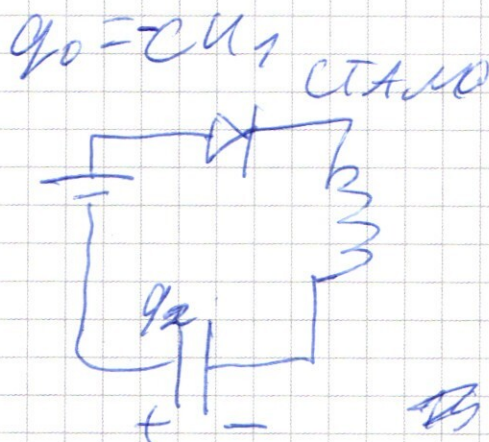
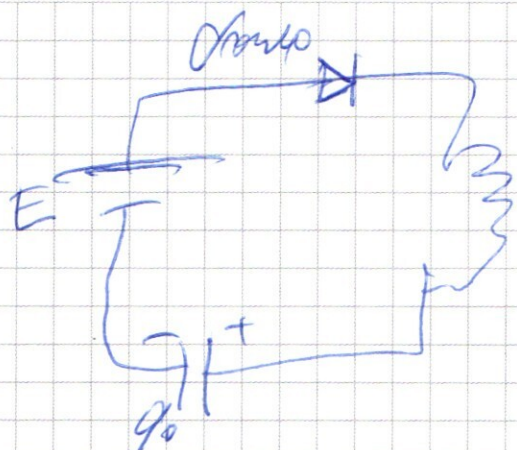
$$5V_2^2 - 3V_1^2 - 2V_1 V_2 = 0$$

$$2V_1 = V_2^2 + 75V_1^2 = 76V_1^2$$

$$V_2 = \frac{V_1 \pm 4V_1}{5} = V_1$$

$$V_2 = -\frac{3}{5}V_1$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\frac{CU_1^2}{2} + \cancel{ECU_2} + E\Delta q = \frac{CU_2^2}{2}$$

$$\frac{CU_1^2}{2} + EC(U_2 + U_1) = \frac{CU_2^2}{2}$$

$$q_2 = CU_2 \quad 8649$$

$$\begin{array}{r} 5 \\ 189 \\ + 10 \\ \hline 1734 \\ 189 \\ \hline 3024 \end{array}$$

$$68 = 4 \cdot 17$$

$$80 = 36$$

$$\begin{array}{r} 68^2 \\ \times 68^2 \\ \hline 544 \\ 408 \\ \hline 4672 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 625 \\ \times 3 \\ \hline 1875 \\ 6250 \\ \hline 6250 \\ - 625 \\ \hline 5625 \\ + 3024 \\ \hline 8649 \end{array}$$

$$68 = 4 \cdot 17$$

$$4^2 \cdot 17^2 + 15^2 \cdot 5^2 - 2 \cdot 15 \cdot 6^2 =$$

$$= 2^4 \cdot 17^2 + 15^2 \cdot 3^2 - 2^5 \cdot 3^2 \cdot 5 = 2^4 (17^2 - 40) + 5^2 \cdot 3^2 =$$

$$= 16 \cdot 189 + 5^2 \cdot 3^2$$

3

$$\frac{U_1^2}{2} + (E + U_0)(q_1 - q_0) = \frac{L I_m^2}{2} + \frac{C U_0^2}{2}$$

$$\frac{C}{L} U_1^2 + (E + U_0) C (U_0 + U_1) = I_m^2 + U_0^2 \frac{C}{L}$$

$$I_m^2 = \frac{C}{L} U_1^2 = \frac{C}{L} (25 + 10 \cdot 13 - 64) =$$

$$= \sqrt{\frac{C}{L} 91} \approx$$

$$\approx 9,5 \cdot 10^{-3}$$

$$\frac{U_1^2}{2} + (E + U_0) C (U_2 + U_1) = \frac{U_2^2}{2}$$

$$U_2^2 - 2(E + U_0) U_2 - 2(E + U_0) U_1 - U_1^2 = 0$$

$$U_2^2 - 2 \cdot 10 U_2 - 125 = 0$$

$$U_2^2 - 20 U_2 - 125 = 0$$

$$D_1 = 100 + 125 = 225$$

$$U_2 = \frac{10 \pm 15}{1} = 25$$

→ min //

$$\frac{3055 \cdot 10^{-4}}{19 \approx 20} = \frac{625}{22} \cdot \frac{4}{15} \cdot \frac{6}{3}$$

$$\frac{20}{25} \cdot \frac{368}{25}$$

480

~~Handwritten scribbles~~

$$(E - U_0) + q_i = U_0$$

$$L \ddot{q} + \frac{q}{C} = 8V$$

$$\ddot{q} + \frac{q}{LC} = 8V$$

$$q = q_0 \cos \omega t \quad \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$$U_C = U_0 \cos \omega t$$

$$I = I_0 \sin \omega t$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Handwritten calculations and circuit diagrams on grid paper.

Circuit Diagrams:

- Left diagram: A circuit with a voltage source E , a switch, an inductor L , and a capacitor C . The capacitor is initially charged to U_0 .
- Right diagram: A circuit with a voltage source E , a switch, an inductor L , and a capacitor C . The capacitor is initially charged to U_0 .

Calculations:

Initial conditions: $E = 9$; $U_0 = 1$; $C = 5$

Charge balance: $q_1 = q - q_0 = 15$

Capacitor charges: $q_0 = 3$; $q_1 = 3$

Inductor current: $I_0 = \frac{3}{L}$

Capacitor charges: $q_1 = 8$; $q_0 = 3$

Energy balance: $\frac{C U_0^2}{2} + q(U_0 + U_1) = \frac{L I_m^2}{2} + \frac{C U_1^2}{2}$

Capacitor charges: $q_0 = E U_0$; $q_1 = C U_1$

Charge balance: $q_0 - q_1 + q_0 = C(U_0 + U_1)$

Equation: $\frac{25}{2} C + 13 C = \frac{L I_m^2}{2} + 32 C$

Equation: $(12.5 + 13 - 32) = \frac{L I_m^2}{2}$

Equation: $(12.5 + 13 - 32) = \frac{L I_m^2}{2}$

Equation: $12.5 + 13 = 25.5 = 57.5 = \frac{L I_m^2}{2}$

Equation: $I_m = \sqrt{\frac{2 \cdot 25.5}{L}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 25.5 \cdot 10^{-6}}{10^{-7}}} = \sqrt{25.5 \cdot 4 \cdot 10^{-1}} = 2 \cdot 10^{-2} \sqrt{25.5} \approx 0.28 A$

Capacitor charges: $U_2 = 8.5$

Equation: $\frac{C U_1^2}{2} + q(U_2 - U_0) = \frac{C U_2^2}{2}$

Equation: $C U_1^2 + 2 E U_2 C + 2 E C U_1 = C U_2^2$

Equation: $U_2^2 = 2 E U_2 - 2 E U_1 - U_1^2$

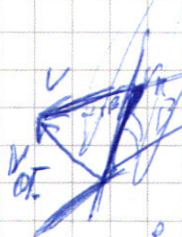
Equation: $U_2^2 - 18 U_2 = 175 = 0$

Equation: $U_2 = 17.5 + 175 = 196$

Equation: $U_2 = \frac{18 \pm 14}{2} = -6.5$

21

$$V \cos \alpha = V_k \cos \beta ; V_k = \frac{V \cos \alpha}{\cos \beta} = \frac{68 \cdot 15.5}{77.4} = 75 \frac{\text{cm}}{\text{c}}$$



$$V_{OT} = \sqrt{V^2 + V_k^2} = 2V_k \cdot \cos(\alpha + \beta)$$

$$\cos(\alpha + \beta) = \cos \alpha \cdot \cos \beta - \sin \alpha \cdot \sin \beta =$$

$$\sin \alpha = \frac{V - 288 - 227}{15.4 - 38} = \frac{8}{17} ; \sin \beta = \frac{3}{5}$$

$$= \frac{15.4 - 38}{17.5} - \frac{36}{85} = \frac{36}{77.5}$$

$$V_{OT} = \sqrt{75^2 + 68^2} = 275.8 \cdot \frac{36}{77.5}$$

$$75 = 9.75 ; 68 = 17.4$$

$$2 \cdot 15.4 \cdot 36$$

$$\sqrt{15^2 \cdot 5^2 + 4^2 \cdot 17^2 - 2 \cdot 15 \cdot 8 \cdot 6}$$

$$15(15 \cdot 25 - 8 \cdot 36) = 15 \cdot 87$$

$$2501705 - 335 \quad 240 + 48 = 88$$

$$-288$$

$$87$$

$$\begin{array}{r} \times 21 \\ 25 \\ \hline 605 \\ 242 \\ \hline 3025 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 336 \\ \times 50 \\ \hline 336 \\ 280 \\ \hline 3136 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 347 \\ \times 57 \\ \hline 399 \\ 285 \\ \hline 3243 \\ + 175 \\ \hline 3364 \end{array}$$

$$169 = 14 - 3/(4 + 3) - 7$$

$$58^2 = 52^2 + 58 + 57$$

$$195$$

$$25 \cdot 15 = 250 + 125 = 375$$

$$mV_1 = qET \quad -288$$

$$V_1 = qET \quad q_0 = \frac{3q}{4} E = \frac{902}{80T^2}$$

$$q q_0 = \frac{mk^2}{2} ; V_2 = \sqrt{\frac{2q}{m} q_0} = \sqrt{2} q_0 = \frac{3q}{2T^2}$$

$$q_0 = E \frac{3d}{4} = \frac{3q^2}{8T^2}$$

$$= \frac{\sqrt{3} q^2}{4 T^2} = \frac{\sqrt{3} q}{2 T}$$

$$\frac{mk^2}{2} + q q_1 = \frac{mk^2}{2}$$

$$\frac{mk^2}{2} + \frac{3md^2}{2T^2} = \frac{mk^2}{2}$$

$$q_1 = Ed = \frac{3q^2}{20T^2}$$

$$\frac{9}{4} \frac{q^2}{T^2} + \frac{3q^2}{T^2} = V_2^2$$

$$V = \frac{q}{T} \sqrt{\frac{3}{4} + 12} = \frac{q\sqrt{21}}{2T}$$