



Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 11-01

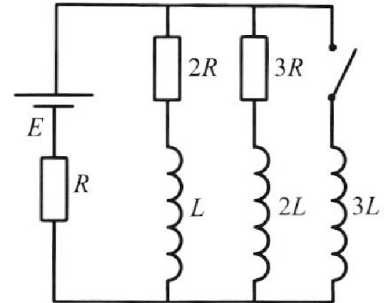
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 1) Найти ток I_0 через резистор с сопротивлением $2R$ при разомкнутом ключе.
- 2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивностью $3L$ сразу после замыкания ключа.
- 3) Какой заряд протечет через резистор с сопротивлением $2R$ при замкнутом ключе?

Ответы давать с числовыми коэффициентами в виде обыкновенных дробей.



5. Оптическая система состоит из двух призм с показателями преломления n_1 и n_2 и находится в воздухе с показателем преломления $n_v = 1,0$. Точечный источник света S расположен на расстоянии $a = 194$ см от системы и рассматривается наблюдателем так, что источник и глаз наблюдателя находятся на прямой, перпендикулярной наружным поверхностям призм (см. рис.). Угол $\alpha = 0,1$ рад можно считать малым, толщина $h = 9$ см. Толщина призмы с показателем преломления n_2 на прямой «источник – глаз» намного меньше h . Отражения в системе не учитывать.

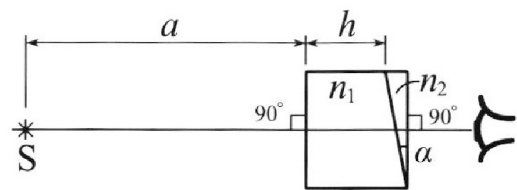


рис.). Угол $\alpha = 0,1$ рад можно считать малым, толщина $h = 9$ см. Толщина призмы с показателем преломления n_2 на прямой «источник – глаз» намного меньше h . Отражения в системе не учитывать.

- 1) Считая $n_1 = n_v = 1,0$, $n_2 = 1,7$, найдите на какой угол отклонится системой луч, идущий от источника перпендикулярно левой грани системы.
- 2) Считая $n_1 = n_v = 1,0$, $n_2 = 1,7$, найдите расстояние между источником и его изображением, которое будет видеть наблюдатель.
- 3) Считая $n_1 = 1,5$, $n_2 = 1,7$, найдите на каком расстоянии от источника будет его изображение, которое увидит наблюдатель.



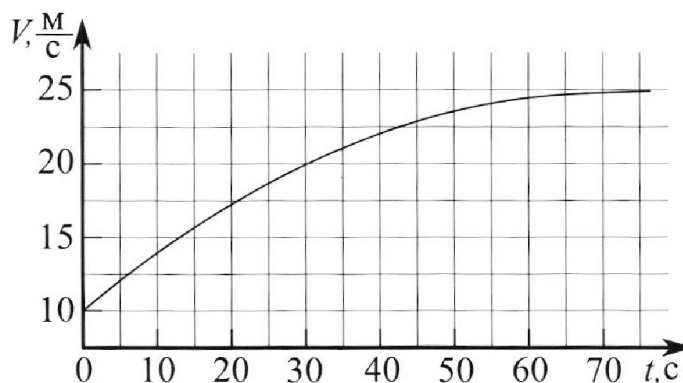
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 11-01

Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.



1. Автомобиль массой $m = 1800$ кг движется с постоянной скоростью и затем разгоняется на прямолинейном горизонтальном участке дороги. График зависимости скорости от времени при разгоне показан на рисунке. В конце разгона сила тяги двигателя равна $F_k = 500$ Н. Считать, что при разгоне сила сопротивления движению пропорциональна скорости.



- Используя график, найти ускорение автомобиля при скорости $V_1 = 20$ м/с.
- Найти силу тяги F_1 при скорости V_1 .
- Какая мощность P_1 передается от двигателя на ведущие колеса при скорости V_1 ?

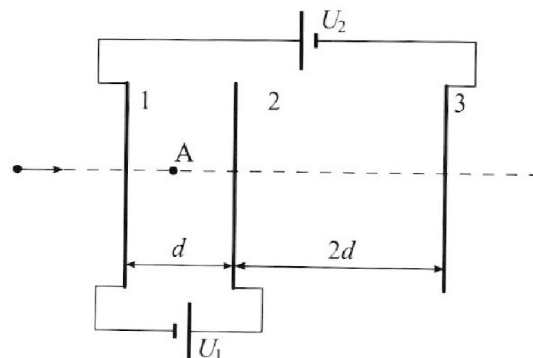
Требуемая точность числового ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объемом V разделён тонким невесомым теплопроводящим герметичным поршнем (диск соосный с сосудом) на две равные части. Поршень может перемещаться без трения. В верхней части цилиндра находится углекислый газ, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный момент система находилась в равновесии при комнатной температуре T_0 . При этом жидкость занимала объём $V/4$. Затем цилиндр медленно нагрели до $T = 5T_0/4 = 373$ К. Установившийся объём его верхней части стал равен $V/5$.

По закону Генри, при заданной температуре количество $\Delta\nu$ растворённого газа в объёме жидкости w пропорционально парциальному давлению p газа: $\Delta\nu = kpw$. Объём жидкости при этом практически неизменен. Для углекислого газа константа Генри для данной комнатной температуры $k \approx (1/3) \cdot 10^{-3}$ моль/(м³·Па). При конечной температуре T углекислый газ в воде практически не растворяется. Можно принять, что $RT \approx 3 \cdot 10^3$ Дж/моль, где R - универсальная газовая постоянная. Давлением водяных паров при комнатной температуре и изменением объёма жидкости в процессе нагревания пренебречь. Все газы считать идеальными.

- Найти отношение количеств вещества в газообразном состоянии в верхней и нижней частях до нагревания.
- Определите начальное давление в сосуде P_0 . Ответ выразить через $P_{\text{атм}}$ (нормальное атмосферное давление) с числовым коэффициентом в виде обыкновенной дроби.

3. Три проводящие плоские мелкие сетки находятся друг напротив друга на расстояниях d и $2d$ (см. рис.). Размеры сеток значительно больше d . Изначально сетки не заряжены. К сеткам подсоединили источники с напряжением $U_1 = U$ и $U_2 = 4U$. Частица массой m и зарядом $q > 0$ движется по направлению к сеткам и перпендикулярно сеткам, имея скорость V_0 на расстоянии от сеток, намного большем их размеров. Частица пролетает через сетки, не отклоняясь от прямолинейной траектории. Заряд q намного меньше модуля зарядов сеток.



- Найти модуль ускорения частицы в области между сетками 1 и 2.
- Найти разность $K_1 - K_2$, где K_1 и K_2 — кинетические энергии частицы при пролете сеток 1 и 2.
- Найти скорость частицы в точке A на расстоянии $d/3$ от сетки 1.

1	2	3	4	5	6	7
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

- 1) Проведём касательную к графику $v(T)$ в точке v_1 . Коэффициент наклона этой касательной будет являться ускорением в этой точке.

$$a_1 = \frac{2,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{10 \text{ с}} = 0,25 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

- 2) По второму закону Ньютона:
- $0x: F_T - F_c = ma$, где F_T - сила тяги, F_c - сила сопр.
- $F_c = k \cdot v$, т.к. $F_c \sim v$.
- В конечный момент, когда скорость установилась, $F_T = F_c$.
- Конечная скорость (v_c) = 25 м/с. $F_c = 500 \text{ Н}$

$$500 \text{ Н} = 25 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot k \Rightarrow k = 20 \frac{\text{Н} \cdot \text{с}}{\text{м}}$$

$$\text{Для } v_1: F_1 - k \cdot v_1 = m a_1 \Rightarrow F_1 = k v_1 + m a_1$$

$$F_1 = 20 \cdot 20 + 1800 \cdot 0,25 = 400 + 450 = 850 \text{ Н}$$

$$3) P_1 = F_1 \cdot v_1 = 850 \cdot 20 = 17 \text{ кВт}$$

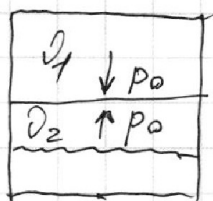
$$\text{Ответ: } a_1 = 0,25 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}; F_1 = 850 \text{ Н}; P_1 = 17 \text{ кВт}$$

1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



1)



По закону Менделеева-Клапейрона:

$$pV = \mathcal{V}RT \Rightarrow$$

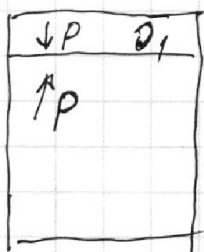
$$p_0 \cdot \frac{V}{2} = \mathcal{V}_1 RT$$

$$p_0 \cdot \left(\frac{V}{2} - \frac{V}{4} \right) = p_0 \left(\frac{V}{2} - \frac{V}{4} \right) = p_0 \cdot \frac{V}{4} = \mathcal{V}_2 RT$$

$$\frac{\mathcal{V}_1}{\mathcal{V}_2} = 2$$

2) По закону Паскаля: ~~суммарное~~ суммарное давление газов равно сумме их парциальных давлений.

При $T = 373K = 100^\circ C$ давление паров воды будет равно $p_{\text{атм}}$.



$$\mathcal{V}_1 RT_0 = p_0 \cdot \frac{V}{2}$$

$$\mathcal{V}_1 RT = \cancel{p_0} \cdot \frac{V}{5} \cdot p$$

$$\frac{T}{T_0} = \frac{2p}{5p_0} \Rightarrow p = p_0 \cdot \frac{5}{2} \cdot \frac{T}{T_0} = \frac{25}{8} p_0$$

$p = p_{\text{атм}} + p_1$, где p_1 - парциальное давление угл. газа в нижней половине.

$$p_1 \cdot \left(\frac{4}{5}V - \frac{V}{4} \right) = \frac{11}{20} p_1 V = (\mathcal{V}_2 + \Delta \mathcal{V}) RT$$

$$\Delta \mathcal{V} = k \cdot p_0 \cdot \frac{V}{4} = \mathcal{V}_2 RT_0 \cdot k$$

$$\frac{11}{20} p_1 V = \mathcal{V}_2 RT (1 + k RT_0)$$

$$\frac{1}{4} p_0 V = \mathcal{V}_2 RT_0$$

$$\left. \begin{array}{l} \frac{11}{20} p_1 V = \mathcal{V}_2 RT (1 + k RT_0) \\ \frac{1}{4} p_0 V = \mathcal{V}_2 RT_0 \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{11}{5} \cdot \frac{p_1}{p_0} = \frac{5}{4} (1 + k RT_0) = \frac{5}{4} \cdot \left(1 + k RT \cdot \frac{4}{5} \right) = \frac{9}{4}$$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐



Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

$$\frac{p_1}{p_0} = \frac{45}{44} \Rightarrow p_{\text{АТМ}} + \frac{45}{44} p_0 = \frac{25}{8} p_0$$

$$p_{\text{АТМ}} = \frac{25 \cdot 11 - 45 \cdot 2}{88} p_0 = \frac{275 - 90}{88} p_0 = \frac{185}{88} p_0$$

$$p_0 = \frac{88}{185} p_{\text{АТМ}}$$

Ответ: $\frac{v_1}{v_2} = 2$; $p_0 = \frac{88}{185} p_{\text{АТМ}}$

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

1) П.к. ^{ω3} сетки мелкие и их размеры $\gg d$,
то мы можем считать пластины 1-2 и 2-3 —
плоскими конденсаторами.

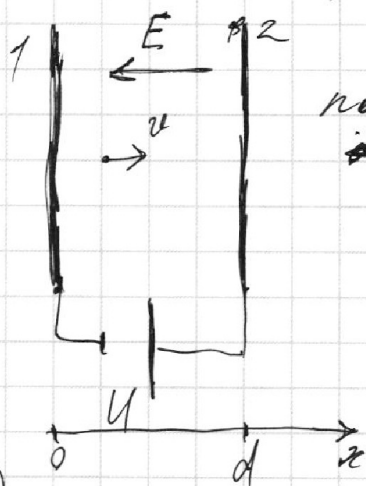
П.к. напряжение между пластинами 2 и 1 =
 U , то напряженность электрического поля внутри
конденсатора $= \frac{U}{d} = E$ и равна const в любой
точке конденсатора.

$$F_e = E \cdot q = \frac{U \cdot q}{d}$$

По 2-му закону Ньютона: $|F| = m|a|$
 $|F_e| = m|a| = \left| \frac{Uq}{d} \right| \Rightarrow |a| = \frac{Uq}{m \cdot d}$

2) По закону сохранения энергии:

$K_1 = K_2 + A$, где A — работа силы Кулона (F_k).



П.к. $\vec{F}_e$ сонаправлена с $\vec{E}$, ~~так~~
потому что $q > 0$, то A сила будет
 $\neq 0$.

$$K_1 - K_2 = -A$$

$$A = - \int_0^d F_k dx = -F_k \cdot d = -\frac{Uq}{d} \cdot d = -Uq \Rightarrow$$

$$K_1 - K_2 = -(-Uq) = Uq$$

3)

$$K_1 = K - A'$$

$$A' = -F_k \cdot \frac{d}{3} = -\frac{Uq}{3} \Rightarrow K = K_1 - \frac{Uq}{3} = \frac{mv^2}{2}$$

$$K_1 = \frac{mv_0^2}{2}$$

$$v^2 = v_0^2 - \frac{2}{3} \cdot \frac{Uq}{m}$$

$$\left. \begin{array}{l} K = K_1 - \frac{Uq}{3} = \frac{mv^2}{2} \\ v^2 = v_0^2 - \frac{2}{3} \cdot \frac{Uq}{m} \end{array} \right\} \text{ Ответ: } \frac{Uq}{md}; Uq; \sqrt{v_0^2 - \frac{2}{3} \cdot \frac{Uq}{m}}$$

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

1) При разомкнутом ключе в системе уже установившийся режим $\Rightarrow$ все токи постоянны.

П.р. напряжение на катушке ~~$\neq 0$~~ $= L \cdot \frac{dI}{dt}$,
то напряжение на них $= 0$ в установившемся режиме.

Получается параллельное соединение $2R$ и $3R$ мы можем заменить на $\frac{6}{5}R$.

$$I(R + \frac{6}{5}R) = E$$

$$I = \frac{5}{11} \cdot \frac{E}{R}$$

$$I_{10} \cdot 2R = E - I \cdot R = \frac{6}{11} \cdot \frac{E}{R} \Rightarrow I_{10} = \frac{3}{11} \cdot \frac{E}{R}$$

2) В момент, когда мы замыкаем ключ напряжение на катушке $3L$ станет таким же, как на резисторе $2R \Rightarrow$

$$3L \cdot \frac{dI}{dt} = \frac{6}{11} E \Rightarrow \frac{dI}{dt} = \frac{2}{11} \cdot \frac{E}{L}$$

3) П.р. $3L$ и $2R$ ~~соединены~~ $3L$ и $2R$ параллельны, то и напряжение на них одинаково. $\Rightarrow$
 $3L \frac{dI}{dt} = 2R I_2 + L \frac{dI_2}{dt} \quad | \cdot dt$

$$I_2 = \frac{dq_2}{dt} \Rightarrow 3L dI = L dI_2 + 2R dq_2$$

Всё кон. Когда ~~система~~ режим снова установится, через резисторы $2R$ и $3R$, а также через катушки L и $3L$ ток не будет, а будет протекать через $3L$, будучи при этом неизменным и равным $\frac{E}{R}$.



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

~~$3 \frac{E}{R}$~~ $3L \left(\frac{E}{R} - 0 \right) = 2R q_2 + L (0 - I_{10}) \Rightarrow$

$$\frac{3LE}{R} + \frac{3EL}{11} = 2R q_2$$

$$q_2 = \frac{36}{11} \cdot \frac{LE}{R} : 2R = \frac{18}{11} \cdot \frac{EL}{R^2}$$

Ответ: $I_{10} = \frac{3}{11} \cdot \frac{E}{R}$; $\frac{dI}{dt} = \frac{2}{11} \cdot \frac{E}{L}$; $q_2 = \frac{18}{11} \cdot \frac{EL}{R^2}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



55

1)

По закону преломления:

$$\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{n_2}{n_1}, \text{ где } \alpha_1 - \text{угол}$$

падения, α_2 - угол преломления,

а n_1 и n_2 - показатели преломления сред.

П.к. $n_1 = n_2$, то мы можем считать их одной средой.

П.к. α - малый, то $\sin \alpha \approx \tan \alpha \approx \alpha$.

$$\frac{\alpha}{\alpha_2} = \frac{n_2}{n_1} = n_2 \quad (\alpha_2 \text{ мы можем считать тоже}$$

малым, потому что он ~~меньше~~ меньше α из-за преломления)

$$\alpha_2 + \beta + 180^\circ - \alpha = 180^\circ \Rightarrow \beta = \alpha - \alpha_2$$

$$\frac{\gamma}{\beta} = \frac{\gamma}{\alpha - \alpha_2} = \frac{n_2}{n_1} = n_2$$

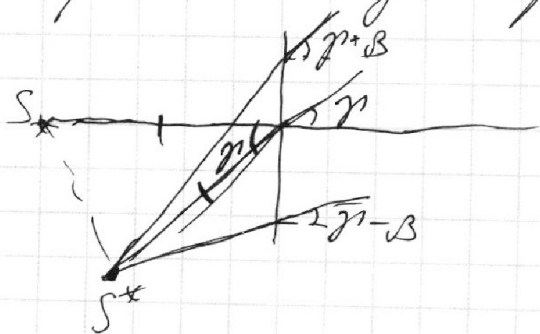
$$\gamma = n_2 \alpha - n_2 \alpha_2 = \alpha (n_2 - 1) = 0,1 \cdot 0,7 = 0,07 \text{ рад.}$$

2) Пусть луч идет под углом β к горизонтали.

$$\text{Тогда выйдет он под углом } \gamma' = n_2 \alpha - n_2 \cdot \frac{\alpha - \beta}{n_2} =$$

$$= (n_2 - 1) \alpha + \beta. \text{ П.к. для наблюдателя лучи}$$

пересекаются за призмой. Поэтому изобра-



жение источника будет находиться на такой же рас-
стоянии от призмы n_2 , что
и источник, но ~~между собой эти лучи формируют угол~~
между собой эти лучи формируют угол γ .

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

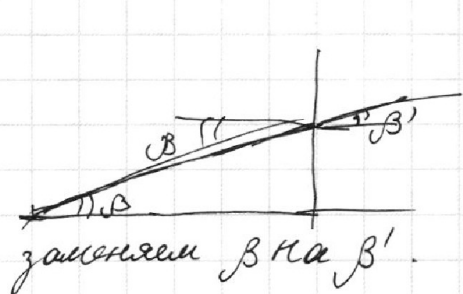
Расстояние от ист. S до призмы $\approx a+h$, т.к.
толщина призмы $\ll$ расстояний до нее.

Центр призмы, источник S и изображение
формируют равнобедренный $\triangle$ с ребром $a+h$. $\Rightarrow$

$$\text{Расстояние между } S \text{ и } S^* = (a+h)\gamma = 203 \cdot 0,07 = 14,21 \text{ см.}$$

3) П.р. теперь $n_1 \neq n_2$, то мы больше не можем ста-
вить их единой средой.

Рассмотрим такой же угол β , что и в пункте
2.



$$\frac{\beta}{\beta'} = \frac{n_1}{n_2} \Rightarrow \beta' = \frac{\beta \cdot n_2}{n_1} = \frac{\beta}{1,5}$$

Теперь в формуле для угла, вышед-
шего из второй призмы, мы

заменяем β на β' .

$\gamma' = (n_2 - 1)\alpha + \beta' \Rightarrow$ Теперь лучи, для наблюдения,
будут собираться на расстоянии l , где

$$l \cdot \beta' = (a+h) \cdot \beta$$

$$l = \frac{\beta}{\beta'} \cdot (a+h) = \frac{n_1}{n_2} (a+h) = n_1 (a+h).$$

Но наклон l отн. $(a+h)$ на такой же угол γ . $\Rightarrow$

По теореме косинусов: расстояние между S и S^*

$$= (a+h) \sqrt{n_1^2 + 1 - 2n_1 \cos \gamma} \approx (n_1 - 1)(a+h) = 0,5 \cdot 203 = 101,5$$

П.с. γ - малый, то $\cos \gamma \rightarrow 1$

Ответ: $0,07$ рад.; $14,21$ см; $101,5$ см

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



Черновик

1) $p \frac{V}{2} = \nu_1 R T_0$
 $\frac{pV}{4} = \nu_2 R T_0$

$\frac{\nu_1}{\nu_2} = 2$

2) $\frac{pV}{2} = \nu_1 R T_0$
 $\frac{pV}{5} = \nu_1 R T$

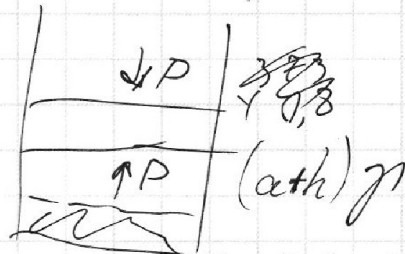
$\frac{25}{8} p_0 = p_{atm} + p_0$

$\frac{4pV}{5} = (\nu_2 + k \frac{V}{4} p_1) R T$
 $\Delta \nu = k \omega (p - p_1)$

$p \cdot \frac{4}{5} V = (\nu_2 + p_0 k \frac{V}{4}) R T$
 $p_0 \cdot \frac{V}{2} = \nu_1 R T_0$

$\frac{5}{2} \cdot \frac{p_1}{p} = \frac{T_0}{T} = \frac{4}{5}$
 $\frac{p_1}{p} = \frac{8}{25}$

$\frac{4}{5} \cdot 383$



$199 + 4 = 203$

$203 \cdot 0,07 = 14,21$

$\sqrt{203}$
 $14,21$

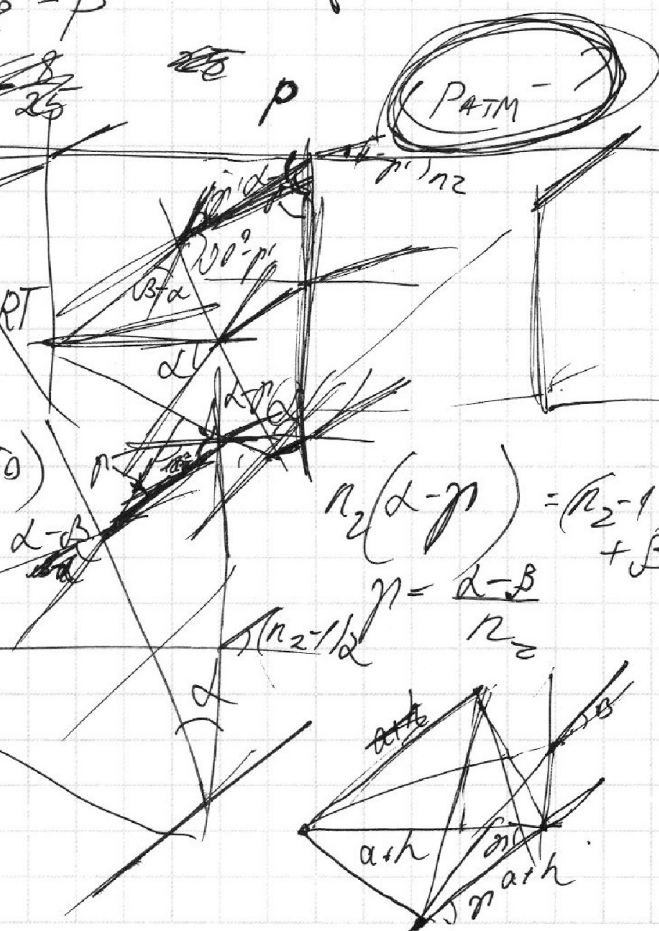
$\frac{p_0 V}{4} = \nu_1 R T_0$

$p \cdot \frac{4}{5} V = \nu_2 (1 + k R T_0) R T$

$1 + \frac{4}{5} = \frac{p_0 \cdot \frac{V}{4}}{\nu_2 R T_0}$

$\frac{p}{p_0} \cdot \frac{16}{5} = \frac{5}{4} (1 + k R T_0)$
 $p = \frac{45}{64} p_0$

$\frac{200 - 45}{64} p_0 = p_{atm}$



$n_2 (\alpha - \gamma) = (n_2 - 1) \alpha + \beta$
 $\gamma = \frac{\alpha - \beta}{n_2}$

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

Черновик

54. 1) $\varepsilon = I \left(R + \frac{6}{5} R \right) = \frac{11}{5} R I$

$I = \frac{5 \cdot \varepsilon}{11 R}$

$\varepsilon - I R = \frac{6}{11} \varepsilon = I_{10} \cdot 2R$ $400 + 10 \cdot 25 =$

$I_{10} = \frac{3}{11} \cdot \frac{\varepsilon}{R}$ $\frac{18}{25}$
 $\frac{36}{50}$
 $\frac{36}{450}$

2) $3 \angle \frac{dI}{dt} = \frac{6}{11} \varepsilon$ $A \cdot Q_m \cdot Q_m$

$\frac{dI}{dt} = \frac{2}{11} \cdot \frac{\varepsilon}{L}$ $L = Q_m \cdot C$
 $E = H \cdot Q_m$

3) $2R dq = \angle dI$

$q = \frac{\angle}{2R} I_{10} = \frac{3}{22} \cdot \frac{\varepsilon \angle}{R}$

51 1) $a = \frac{5 \text{ м/с}^2}{100} = 0,5 \text{ м/с}^2$ $1800 \cdot 0,5 = F_T - 20 \cdot 20$

2) $F_{\text{кр.}} = k v$ $F_k = 500 \text{ Н}$ при $v = 25 \text{ м/с}$

$F_T - F_{\text{кр.}} = m a$

$F_T - k v_1 + m \frac{dv_1}{dt}$

$(a - k) v = m \frac{dv}{dt}$

$\frac{a - k}{m} t = \ln \frac{v}{v_0}$

$e^{\frac{a - k}{m} t} = \frac{v}{v_0}$

$2 = e^{\frac{a - k}{m} \cdot 30}$

$F_k = k \cdot v, m \cdot k \cdot a = 0$

$P_1 = F_1 \cdot v_1 = 20 \cdot 1300 = 26 \text{ кВт}$ $k = 20$

$F_1 = 400 + 200 = 1300 \text{ Н}$ $F_T - 20 v_1 = 1800 \frac{dv}{dt}$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

53 Черновик

U_1
 U_2
 U
 $2C$
 C
 q_1
 q_2
 q_3
 $U_2 - U_1 = U$
 $U_1 - U_3 = 4U$
 $U_2 - U_3 = 5U$

$q_2 = q_1 + C U$
 $U + \frac{2q_1 + C U}{2C} = 4U$
 $3CU = 2q_1 \Rightarrow q_1 = 1.5CU$
 $q_2 = 5.5CU$

$(E_1 - E_2 + E_3) \cdot d = -U$
 $(E_1 + E_2 + E_3) d + (E_1 + E_2 + E_3) \cdot 2d = 4U$
 $E_1 + E_2 + E_3 = \frac{5U}{2d}$
 $E_2 = \frac{U}{d} + E_1 + E_3$
 $\frac{U}{d} + 2(E_1 + E_3) = \frac{5U}{2d}$
 $E_1 + E_3 = \frac{3}{4} \cdot \frac{U}{d}$

$K_1 - K_2 = A = \frac{Uq}{d} \cdot d = Uq$
 $\frac{m v_0^2}{2} = \frac{m v^2}{2} + \frac{Uq}{3}$
 $v = \sqrt{v_0^2 - \frac{2}{3} \frac{Uq}{m}}$

$\frac{q_2 - q_1}{C} = U_1 = U$
 $\frac{q_1 - q_2}{C} + \frac{q_2 + q_3}{2C} = U_2 = 4U$

$F = -\frac{Uq}{d}$
 $d = \frac{|F|}{m} = \frac{Uq}{dm}$