

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

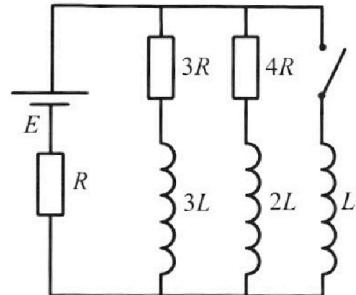
Вариант 11-03

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

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

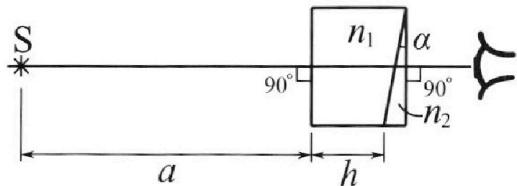
- 1) Найти ток I_{10} через резистор с сопротивлением $3R$ при разомкнутом ключе.
- 2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивностью L сразу после замыкания ключа.
- 3) Какой заряд протечет через резистор с сопротивлением $3R$ при замкнутом ключе?

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 $n_b = 1,0$. Точечный источник света S расположен на расстоянии $a = 90$ 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 $h = 14$ см. Толщина призмы с показателем преломления n_2 на прямой «источник – глаз» намного меньше h . Отражения в системе не учитывать.

- 1) Считая $n_1 = n_b = 1,0$, $n_2 = 1,7$, найдите на какой угол отклонится системой луч, идущий от источника перпендикулярно левой грани системы.
- 2) Считая $n_1 = n_b = 1,0$, $n_2 = 1,7$, найдите расстояние между источником и его изображением, которое будет видеть наблюдатель.
- 3) Считая $n_1 = 1,4$, $n_2 = 1,7$, найдите на каком расстоянии от источника будет его изображение, которое увидит наблюдатель.





Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 11-03

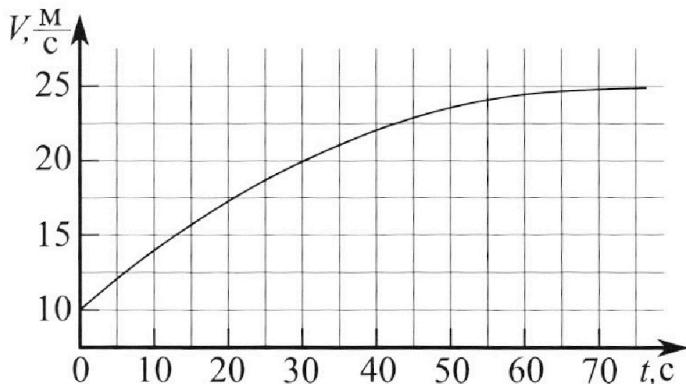


Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

1. Автомобиль массой $m = 1500$ 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 $F_k = 600$ Н. Считать, что при разгоне сила сопротивления движению пропорциональна скорости.

- 1) Используя график, найти ускорение автомобиля в начале разгона.
- 2) Найти силу тяги F_0 в начале разгона.
- 3) Какая мощность P_0 передается от двигателя на ведущие колеса в начале разгона?

Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

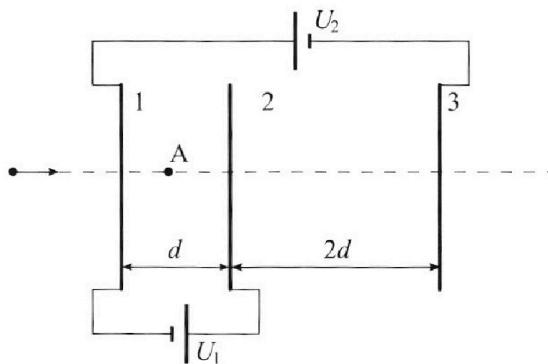


2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объёмом V разделён тонким невесомым теплопроводящим герметичным поршнем (диск соосный с сосудом) на две равные части. Поршень может перемещаться без трения. В верхней части цилиндра находится гелий, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный момент система находилась в равновесии при давлении $P_0 = P_{\text{АТМ}}/2$ ($P_{\text{АТМ}}$ – нормальное атмосферное давление) и при комнатной температуре T_0 . При этом жидкость занимала объём $V/4$. Затем цилиндр медленно нагрели до $T = 373$ К. Установившийся объём его верхней части стал равен $V/5$.

По закону Генри, при заданной температуре количество Δv растворённого газа в объёме жидкости и пропорционально парциальному давлению p газа: $\Delta v = k p v$. Объём жидкости при этом практически неизменен. Для углекислого газа константа Генри для данной комнатной температуры $k \approx 0,5 \cdot 10^{-3}$ 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.

- 1) Найти отношение количеств вещества в газообразном состоянии в верхней и нижней частях до нагревания.
- 2) Определите отношение конечной и начальной температур в сосуде T/T_0 .

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 $U_2 = 3U$. 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.



- 1) Найти модуль ускорения частицы в области между сетками 1 и 2.
- 2) Найти разность $K_1 - K_2$, где K_1 и K_2 – кинетические энергии частицы при пролете сеток 1 и 2.
- 3) Найти скорость частицы в точке А на расстоянии $d/4$ от сетки 1.

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

- | | | | | | | |
|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 7 |
|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|

МФТИ



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

N 1

Ход:

Решение:

$$m = 1500 \text{ кг}$$

$$F_k = 600 \text{ Н}$$

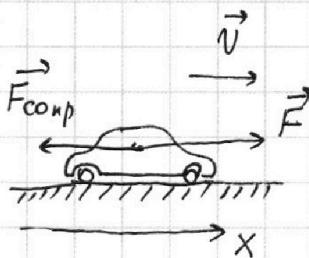
Найти:

II Закон Ньютона:

$$ma = \vec{F} + \vec{F}_{\text{сопр}}, \quad \vec{F}_{\text{сопр}} = -k\vec{v}$$

$$X: ma_x = F - kV \quad (1)$$

\vec{F} -сила тяги



k -коэффициент пропорциональности силы сопротивления движению

1) a_0

2) F_0

3) P_0

$$a = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta V}{\Delta t} \quad . \text{ Из графика: в первые 5 секунд скорость машины растёт равномерно (с некоторой точностью) } \Rightarrow$$

$$\Rightarrow a_0 = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{12,5 \cdot 10^{-3} \text{ м/с}}{5 \text{ с}} = \frac{2,5 \cdot 10^{-3} \text{ м/с}^2}{5 \text{ с}} = 0,5 \text{ м/с}^2$$

$$(1) \text{ при } t=0: ma_0 = F_0 - k \cdot V_0 \quad (2)$$

V_0 -исходная скорость

Рассмотрим конец района: $V = \text{const} \Rightarrow a = 0 \Rightarrow \text{из (1)} F_k = k \cdot V_k$

$$k = \frac{F_k}{V_k} = \frac{600 \text{ Н}}{25 \text{ м/с}} = 24 \frac{\text{Н}}{\text{м/с}}$$

$$\text{из (2): } F_0 = ma_0 + k \cdot V_0 = 1500 \text{ кг} \cdot 0,5 \text{ м/с}^2 + 24 \frac{\text{Н}}{\text{м/с}} \cdot 10^{-3} \text{ м/с} = \\ = 750 \text{ Н} + 240 \text{ Н} = 990 \text{ Н}$$

$$P_0 = F_0 \cdot V_0 = 990 \text{ Н} \cdot 10^{-3} \text{ м/с} = 990 \text{ Вт} = 9,9 \text{ кВт}$$

$$\text{Ответ: 1) } a_0 = 0,5 \text{ м/с}^2$$

$$2) F_0 = 990 \text{ Н}$$

$$3) P_0 = 9,9 \text{ кВт}$$

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!

N2

го наряда

Дано:

Решение:

$$P_0 = \frac{P_{\text{атм}}}{2}$$

$$V_{\text{нн}} = \frac{V}{4}$$

$$T = 373 \text{ K}$$

$$V_I = \frac{V}{5}$$

$$RT = 3 \cdot 10^3 \text{ Дж}$$

$$k = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ моль/(Дж} \cdot \text{К)}$$

Найти:

$$1) D_1 : D_2$$

$$2) T : T_0$$

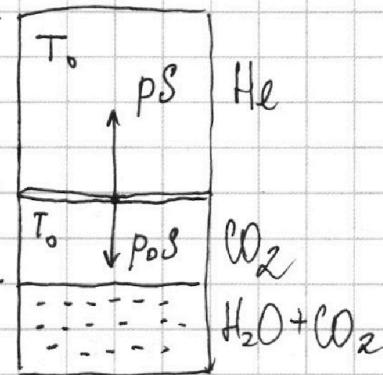
$$\text{He: } P_0 \cdot \frac{V}{2} = D_1 RT_0 \Rightarrow P_0 = \frac{2D_1 T_0}{V}$$

$$\text{CO}_2: P \cdot \frac{V}{4} = D_2 RT_0$$

наличие в равновесии
парциальное давление

$$\Rightarrow P = P_0$$

$$\left[\frac{D_1}{D_2} = \frac{D_1 RT_0}{D_2 RT_0} = \frac{P_0 \frac{V}{2}}{P_0 \frac{V}{4}} = 2 \right] \Rightarrow D_2 = \frac{D_1}{2}; D_2 = \frac{P_0 V}{4RT_0}$$



при этом в балле растворяется $\Delta D = k P_0 \cdot \frac{V}{4} \text{ CO}_2$

Рассчитать систему после наряда:

$$V(\text{CO}_2) = V - \frac{V}{5} - \frac{V}{4} = \frac{11V}{20}$$

парциальное давление в равновесии \Rightarrow
 \Rightarrow давления He и CO2 равны P'

$$\text{He: } P' \cdot \frac{V}{5} = D_1 RT \Rightarrow P' = \frac{5D_1 RT}{V} = \frac{5T}{2T_0} P_0$$

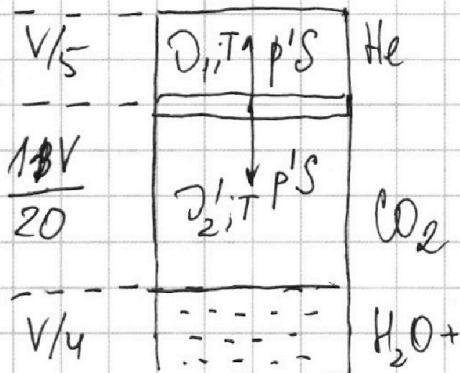
$$\text{CO}_2: P' \cdot \frac{11V}{20} = D_2 (D_2 + \Delta D) RT (2)$$

$$\Delta D_2 = k P' \cdot \frac{V}{4} \Rightarrow \Delta D_2 = k \cdot \frac{5T}{2T_0} \cdot \frac{V}{4} = \frac{5}{8} k T P_0 > \Delta D \Rightarrow D_2' < D_2$$

температура не изменилась

$$D_2' = D_2 - \frac{k P_0 V}{4} \left(\frac{5T}{2T_0} - 1 \right) \Rightarrow D_2' = 0,5 D_1 - \frac{k P_0 V}{4} (2,5x - 1)$$

при температуре T CO2 не растворяется в балле \Rightarrow концентрация CO2 увеличивается на ΔD после наряда



$$\frac{V}{4} = \frac{13V}{20}$$

$$\frac{T}{T_0} = x \Rightarrow P' = 2,5 x P_0$$

$$D_2 - D_2' = \Delta D_2 - \Delta D_1$$

$$D_2 - D_2' = \frac{5}{8} k T P_0 + \frac{1}{4} k P_0 V$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



- | | | | | | | |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

МФТИ

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

$$T_0 = \frac{p_0 V}{2D_1 R} ; T = \frac{kp_0' V}{20(D_2 + Q)R} = \frac{11 \cdot 2,5 \times V p_0}{20(D_2 + \frac{1}{4} k p_0 V)}$$

N2 (недописание)

$$(2): 2,5 \times p_0 \cdot \frac{11V}{20} = \left(D_2 + \frac{k p_0 V}{4} \right) RT \quad | : p_0 V$$

$$2,5 \times \frac{11}{20} = \left(\frac{1}{4RT_0} + \frac{k}{4} \right) RT$$

$$X \neq 2,5 \times \frac{11}{20} = \frac{T}{4T_0} + \frac{kRT}{4} = \frac{X}{4} + \frac{kRT}{4}$$

$$\frac{11}{8} X = \frac{1^2}{4} X + \frac{kRT}{4}$$

$$\frac{9}{8} X = \frac{kRT}{4} \Rightarrow X = \frac{2}{9} kRT = \frac{2}{9} \cdot 0,5 \cdot 10^3 \frac{\text{моль}}{\text{м}^3 \cdot \text{Н} \cdot \text{К}} \cdot 3 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}} = 0,222 \frac{1}{3}$$

$$\text{Ответ: 1) } \frac{D_1}{D_2} = 2$$

$$2) \frac{T}{T_0} = \frac{1}{3}$$

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!

N3

Дано:

$d; 2d$

$U_1 = U$

$U_2 = 3U$

$m; q; \varphi > 0$

V_0

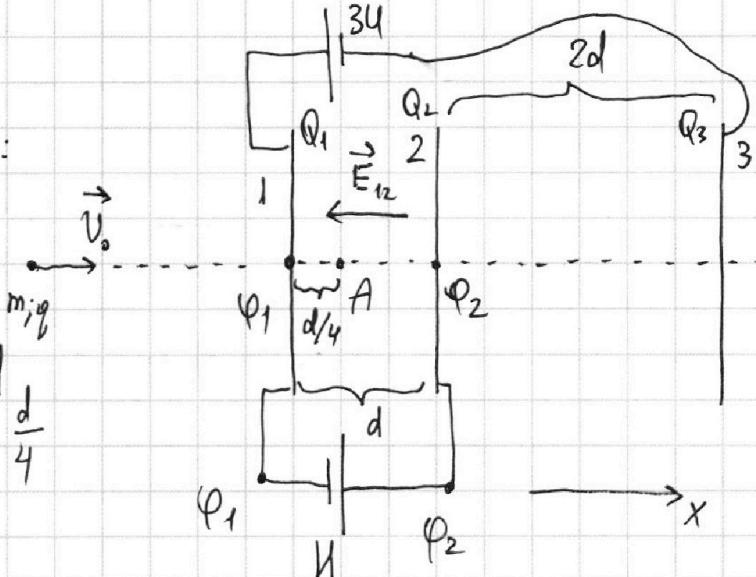
Найти:

1) a_{12}

2) $K_1 - K_2$

3) V_A

Решение:



$$1) 3CZ: Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0 \Rightarrow \text{none free vector нет} \Rightarrow K_1 = \frac{mV_0^2}{d^2}$$

для приведенного поля

$$2) \text{Метод потенциалов: } \varphi_2 - \varphi_1 = U$$

$$E_{12x} = \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{x_1 - x_2} = -\frac{U}{d} \Rightarrow E_{12} = \frac{U}{d}$$

$$3) \text{Рассмотрим движение частицы: II ЗН: } m\ddot{a} = q\vec{E}_{12}$$

$$x_2 \neq x_1 \quad m\ddot{a} = q \cdot \frac{U}{d} \Rightarrow \boxed{a_{12} = \frac{qU}{md}}$$

4) Тройное изменение кинетической энергии частицы при движении

$$\text{от 1 к 2: } K_2 - K_1 = A_{31} = qE_{12x}(x_2 - x_1) \Rightarrow K_2 - K_1 = -\frac{qU}{d} \cdot d$$

$$K_2 - K_1 = -qU \Rightarrow \boxed{K_1 - K_2 = qU}$$

5) Тройное изменение кинетической энергии частицы при движении от

$$1 \text{ к } A: \quad K_A - K_1 = A_{31} = qE_{12x}(x_A - x_1) = -\frac{qU}{d} \cdot \frac{d}{4} = -\frac{qU}{4}$$

$$\frac{mV_0^2}{8}$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

МФТИ.

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

$$\frac{mV_A^2}{2} - \frac{mV_0^2}{2} = -\frac{qU}{4} \Rightarrow V_A = \sqrt{V_0^2 - \frac{qU}{2m}}$$

Ответ: 1) $a_{12} = \frac{q \cdot U}{m d}$ 2) $K_1 - K_2 = q \cdot U$

3) $V_A = \sqrt{V_0^2 - \frac{qU}{2m}}$

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!

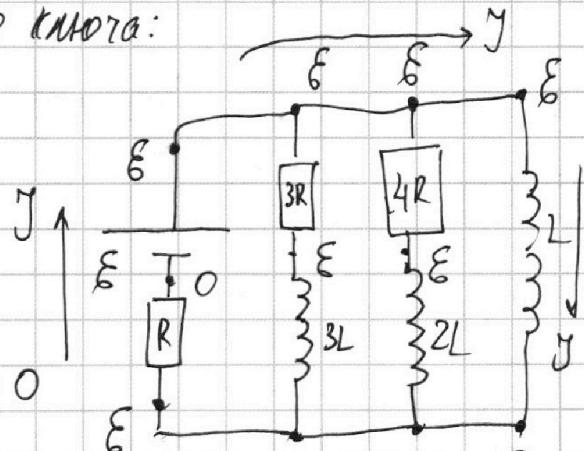
3. Рассмотрим у/c после замыкания ключа:

$$U_1 = U_{2L} = U_{3L} = 0$$

Метод потенциалов:

$$U_R = \mathcal{E} \Rightarrow Y = \frac{\mathcal{E}}{R} = Y_{RK}$$

$$Y_{3LK} = Y_{2LK} = 0 \text{ т.к. } U_{3R} = U_{4R} = \mathcal{E} - \mathcal{E} = 0$$



4. Рассмотрим переходный процесс после
замыкания K:

$$\varphi_B - \varphi_A = U_{3R} + U_{3L}$$

$$\varphi_B - \varphi_A = U_L$$

~~$$Y_{3LK} = Y_{3L} \cdot 3R + 3L \cdot \frac{dY_{3L}}{dt} = L \cdot \frac{dY_L}{dt}$$~~

$$Y_{3L} = \varphi_{3R}$$

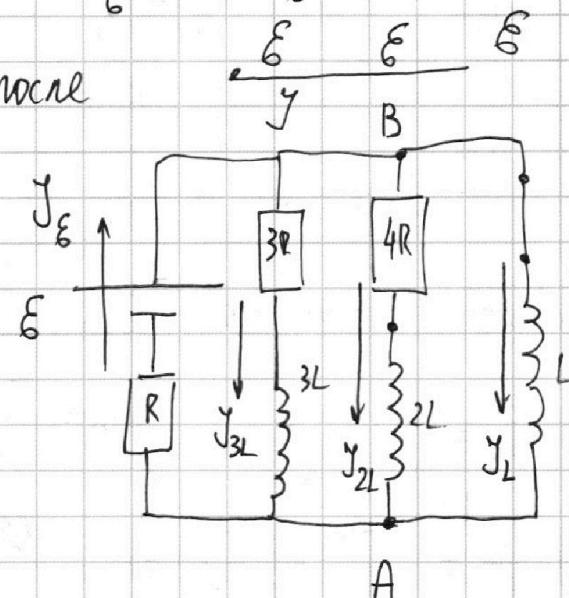
$$\frac{d\varphi_{3R}}{dt} \cdot 3L + 3L \cdot \frac{dY_{3L}}{dt} = L \cdot \frac{dY_L}{dt}$$

$$\int_0^{\varphi_{3R}} 3R \cdot d\varphi_{3R} + \int_0^{Y_{3LK}} 3L \cdot dY_{3L} = \int_0^{Y_L} L \cdot dY_L \Rightarrow 3R \cdot \varphi_{3R} + 3L \left(0 - \frac{4\mathcal{E}}{19R} \right) = L \cdot \left(\frac{\mathcal{E}}{R} - 0 \right)$$

$$3R \varphi_{3R} = \frac{L\mathcal{E}}{R} \left(1 + \frac{12}{19} \right) = \frac{23L\mathcal{E}}{19R} \cdot \frac{31L\mathcal{E}}{19R}$$

$$\boxed{\varphi_{3R} = \frac{31L\mathcal{E}}{57R^2}}$$

Решение:
 1) $Y_{10} = \frac{4\mathcal{E}}{19R}$
 2) $Y_L' = \frac{12\mathcal{E}}{19L}$
 3) $\varphi_{3R} = \frac{31L\mathcal{E}}{57R^2}$



A



- 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!

N4

Дано:

$E; R; L$

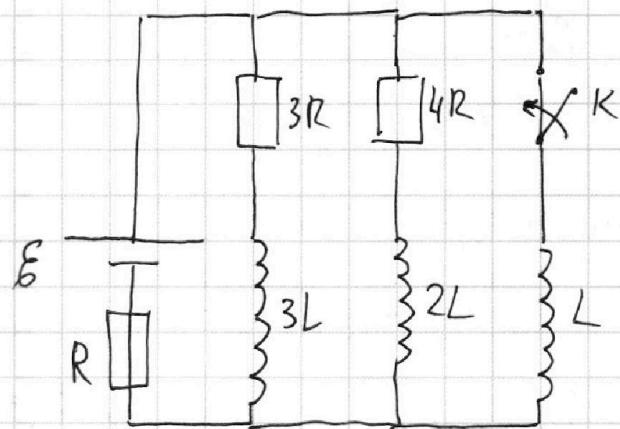
Найти:

1) \mathcal{Y}_{10}

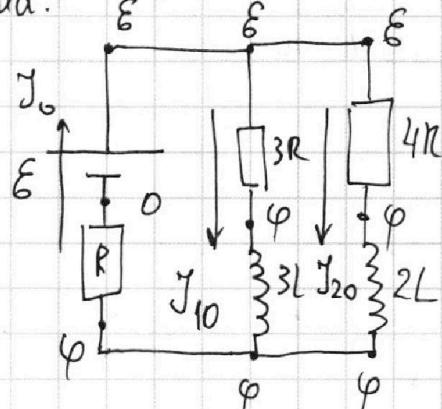
2) \mathcal{Y}_L^1 : КЗ замкнули

3) φ_{3R}

Решение:



1. До замыкания к ветви $y/c \Rightarrow U_{3L} = U_{2L} = 0$: катушка L отключена:



$$\text{ЗСЗ: } \mathcal{Y}_0 = \mathcal{Y}_{10} + \mathcal{Y}_{20} \quad (1)$$

$$\text{Метод потенциалов: } \mathcal{Y}_{10} = \frac{E - \varphi}{3R}$$

$$\mathcal{Y}_0 = \frac{\varphi}{R}$$

$$\mathcal{Y}_{20} = \frac{E - \varphi}{4R}$$

$$(1): \frac{\varphi}{R} = \frac{E - \varphi}{3R} + \frac{E - \varphi}{4R} \Rightarrow 12\varphi = 4E - 4\varphi + 3E - 3\varphi$$

$$19\varphi = 7E \Rightarrow \varphi = \frac{7}{19}E$$

$$\left[\mathcal{Y}_{10} = \frac{E - \frac{7}{19}E}{3R} = \frac{\frac{12}{19}E}{3R} = \frac{4E}{19R} \right]$$

2. Рассл. момент замыкания K:

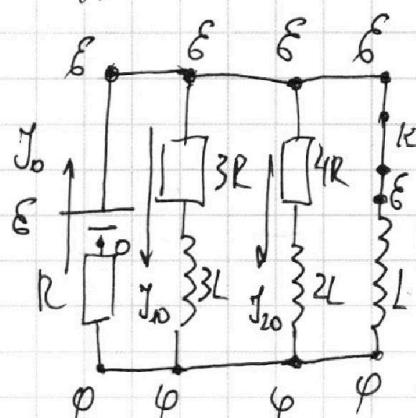
токи через катушки стеком не изменятся \Rightarrow

$$\mathcal{Y}_{L(0)} = 0$$

$\Rightarrow \mathcal{Y}_0$ стеком не изм., $\mathcal{Y}_0 = \frac{12}{19}E \Rightarrow$

$\Rightarrow \varphi$ стеком не изм. $\Rightarrow U_L = E - \varphi = \frac{12}{19}E; U_L = L\mathcal{Y}_L^1 \Rightarrow$

$$\Rightarrow \boxed{\mathcal{Y}_L^1 = \frac{12E}{19L}}$$



- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input checked="" type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 7 |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|

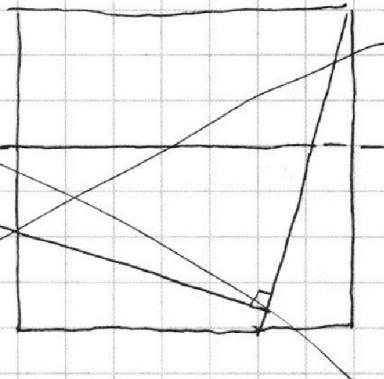


Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

$$2. n_1 = n_2 = 1;$$

Рассмотрим луч 2 от S , падающий на левую границу
 $n_2 \perp$: ~~и~~ после
преломления по закону
Снелльса он преломится на

$$\theta = n_2 \alpha = n_2 \angle$$



S' - минимальное изображение S , образованное пересечением преломленных
лучей лучей 1 и 2

$$d = \frac{x}{\tan \varphi} = \frac{x}{\varphi}$$

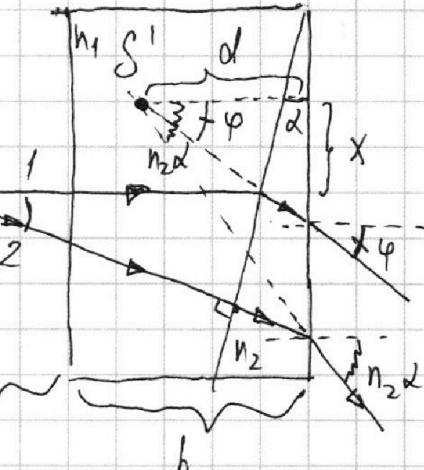
$$d = \frac{x + (a+h) \tan \alpha}{\tan(n_2 \alpha)} = \frac{x + (a+h) \alpha}{n_2 \alpha}$$

$$\frac{x}{\varphi} = \frac{x + (a+h) \alpha}{n_2 \alpha} \Rightarrow \frac{x n_2 \alpha}{\varphi} = x + (a+h) \alpha$$

$$x \left(\frac{n_2 \alpha}{\varphi} - 1 \right) = (a+h) \alpha \Rightarrow x = \frac{a+h}{\frac{n_2 \alpha}{\varphi} - 1} \cdot \alpha \cdot \varphi = \frac{90+14}{1,7 \cdot 0,11 - 0,07} \cdot 0,11 \cdot 0,07 =$$

$$= \frac{104}{0,11} \cdot 0,11 \cdot 0,07 = 7,28 \text{ см} \Rightarrow d = \frac{x}{\varphi} = \frac{7,28}{\varphi} = 104 \text{ см} \Rightarrow$$

$$S' \text{ каг } S \Rightarrow \Delta = x = 7,28 \text{ см.}$$



ОБЛТ: 1) $\varphi = 0,07 \text{ rad}$

2) $\Delta = 7,28 \text{ см}$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input checked="" type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 7 |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|

МФТИ

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

N5

Дано:

$$n_8 = 1$$

$$a = 90 \text{ см}$$

$$\alpha = 0,1 \text{ rad}$$

$$h = 14 \text{ см}$$

Найти:

$$1) \varphi: n_1 = 1 \\ n_2 = 1,7$$

$$2) \Delta: n_1 = 1 \\ n_2 = 1,7$$

3) $\Delta: n_1 = 1,4$ разделяет α на β и γ

$n_2 = 1,7$ Рассмотрим преломление луча
на границе n_1 и n_2

$$\text{Закон Снеллиуса: } n_1 \alpha = n_2 \beta \Rightarrow \beta = \frac{n_1 \alpha}{n_2} \quad (\alpha \text{ и } \beta \text{- малые})$$

Рассмотрим преломление луча на границе n_2 и n_8 :

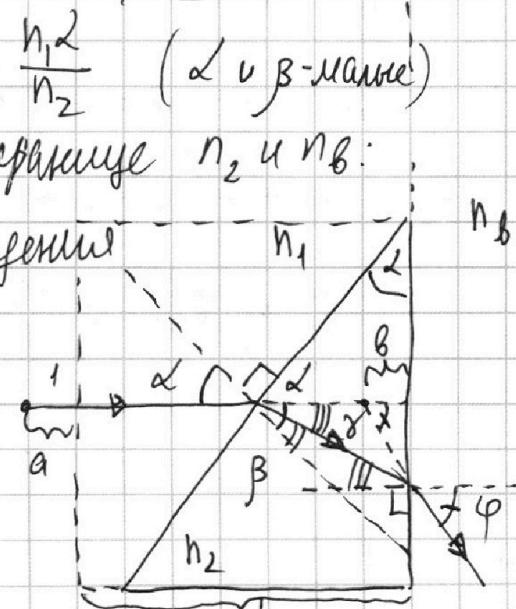
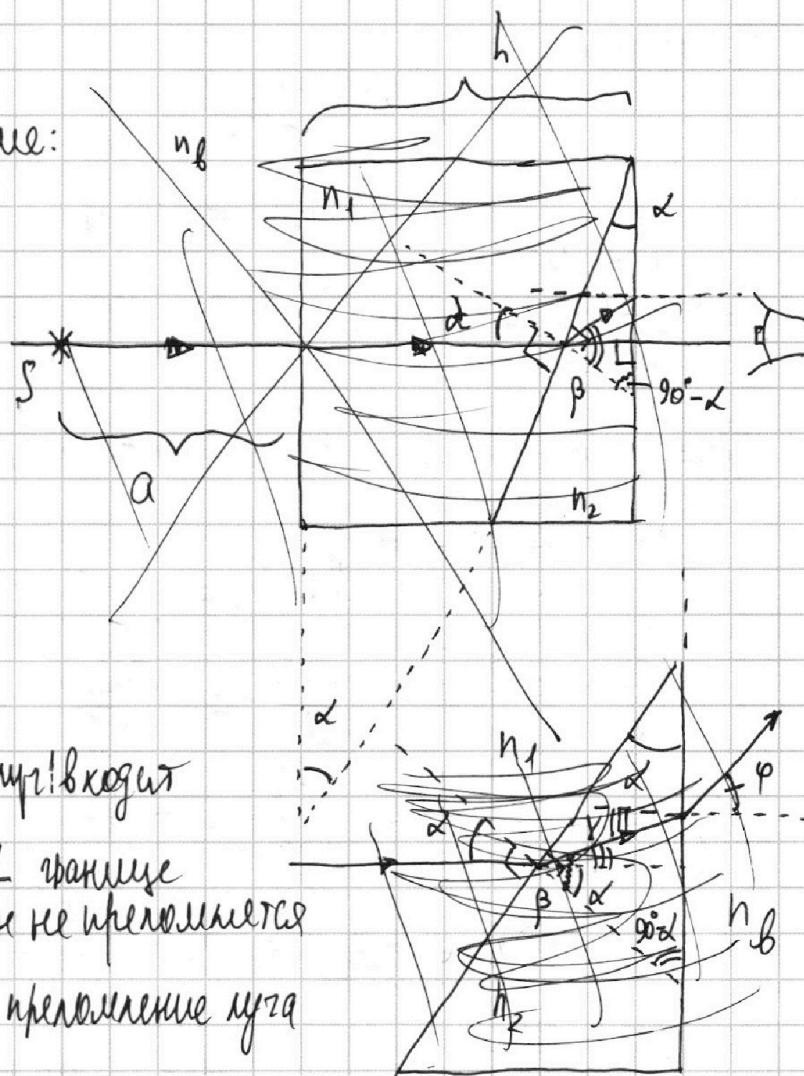
$$\gamma = -\beta + \alpha = \left(-\frac{n_1}{n_2} + 1 \right) \alpha - \text{ угол падения}$$

Закон Снеллиуса: $n_2 \gamma = n_8 \varphi$

$$\varphi = \frac{n_2 \gamma}{n_8} = \frac{n_2 \left(1 - \frac{n_1}{n_2} \right)}{n_8} \alpha = \frac{n_2 - n_1}{n_8} \alpha =$$

$$= \frac{1,7 - 1}{1} \alpha = 0,7 \alpha = 0,07 \text{ rad.}$$

Решение:



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

- | | | | | | | |
|--------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

МФТИ



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

N3

дано:

$d; 2d$

Решение:

$$\frac{p_0 V}{2} = 2.5 p_0 \chi \frac{V}{4}$$

$$U_1 = U$$

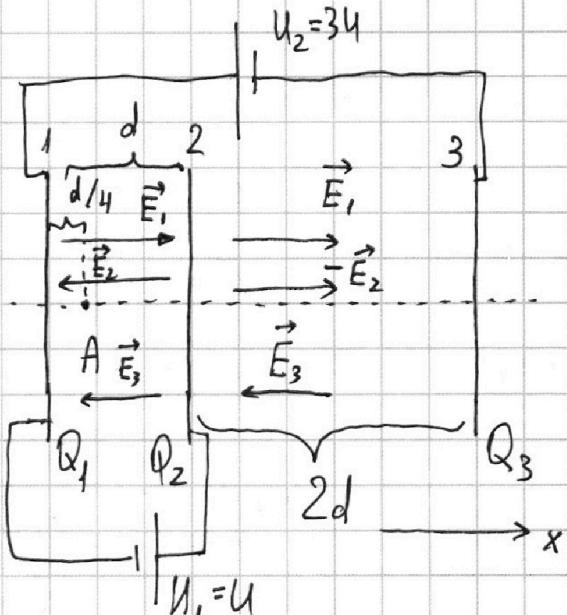
$$U_2 = 3U$$

$$U_0 \\ m; \varphi; \varphi > 0$$

найти:

$$m; \varphi \quad \vec{V}_0$$

S-направление стока



$$1) A_{12}$$

Q_1, Q_2, Q_3 - заряды на пластинках 1, 2, 3 соответственно

$$2) K_1 - K_2$$

$$3C3: Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0 \quad (1)$$

поскольку $Q_1, Q_2, Q_3 > 0$

$$3) V_A$$

$$E_{1x} = \frac{Q_1}{2S\epsilon_0}; E_{2x} = \frac{-Q_2}{2S\epsilon_0}; E_{3x} = \frac{-Q_3}{2S\epsilon_0}$$

\vec{E}_{12} - результатирующее поле

142

$$\vec{E}_{12} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 \quad x: E_{12x} = \frac{Q_1 - Q_2 - Q_3}{2S\epsilon_0}$$

$$\varphi_2 - \varphi_1 = -E_{12x}(x_2 - x_1) \Rightarrow U = -\frac{Q_1 - Q_2 - Q_3}{2S\epsilon_0} d = \varphi_2 - \varphi_1 \quad (2)$$

$$\vec{E}_{23} = \vec{E}_2 - \vec{E}_3 \Rightarrow E_{23x} = \frac{Q_1 + Q_2 - Q_3}{2S\epsilon_0}$$

$$\varphi_3 - \varphi_2 = -E_{23x}(x_3 - x_2) \Rightarrow \varphi_3 - \varphi_2 = -\frac{Q_1 + Q_2 - Q_3}{2S\epsilon_0} \cdot 2d \quad (3)$$

$$\text{сложив (2) и (3): } \varphi_3 - \varphi_1 = -\frac{Q_1 - Q_2 - Q_3}{2S\epsilon_0} d - \frac{Q_1 + Q_2 - Q_3}{2S\epsilon_0} \cdot 2d$$

$$\varphi_3 - \varphi_1 = \frac{-3Q_1 + Q_2 - 3Q_3}{2S\epsilon_0} d = -3U \Rightarrow 3U = \frac{3Q_1 - Q_2 + 3Q_3}{2S\epsilon_0} d \quad (4)$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



- 1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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

N5

2.

$$\frac{((a+h)\alpha + x)}{n_2\alpha} = \frac{x}{\varphi}$$

$$(a+h)\alpha + x = \frac{x}{\varphi} n_2\alpha$$

$$x \left(\frac{n_2\alpha}{\varphi} - 1 \right) = (a+h)\alpha \Rightarrow x = \frac{a+h}{n_2\alpha - \varphi} \cdot \alpha \varphi = \frac{90+14}{1,7 \cdot 0,1 - 0,07} \cdot 0,1 \cdot 0,07 =$$

$$= \frac{104}{0,1} \cdot 0,1 \cdot 0,07 = 104 \cdot 0,07 = 7,28 \text{ см.}$$

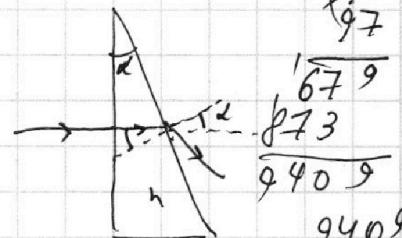
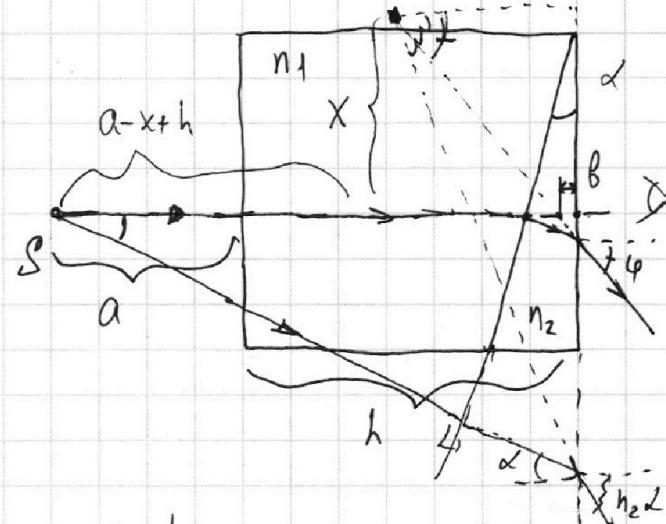
$$a+h-x = 104-7,28 = 96,72 \text{ см}$$

$$d = \sqrt{7,28^2 + 96,72^2} \text{ см} = 97,5 \text{ см}$$

$$\approx \sqrt{7^2 + 97^2} = \sqrt{9458} =$$

$$\begin{array}{r} 67 \\ \times 98 \\ \hline 784 \\ 882 \\ \hline 9604 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 97,5 \\ \times 97,5 \\ \hline \end{array}$$



$$\begin{aligned} n\alpha &= \beta \\ \varphi &= \beta - \alpha = (n-1)\alpha \end{aligned}$$

$$\begin{array}{r} 1679 \\ - 1273 \\ \hline 9409 \\ + 49 \\ \hline 9458 \end{array}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 7 |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|

МФТИ

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

N3 (изображение)

(1), (2), (4):

$$\begin{cases} Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0 \\ Q_3 + Q_2 - Q_1 = \frac{2S\varepsilon_0}{d}U \\ 3Q_1 - Q_2 + 3Q_3 = \frac{6S\varepsilon_0}{d}U \end{cases}$$

$$\begin{cases} Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0 & (I) \\ Q_1 - Q_2 - Q_3 = -\frac{2S\varepsilon_0}{d}U & (II) \\ 3Q_1 - Q_2 + 3Q_3 = \frac{6S\varepsilon_0}{d}U & (III) \end{cases}$$

$$\Delta = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 \\ 3 & -1 & 3 \end{vmatrix} =$$

$$\text{Сложим I и II: } 2Q_1 = -\frac{2S\varepsilon_0}{d}U \Rightarrow Q_1 = -\frac{S\varepsilon_0}{d}U$$

~~Объ~~ Членами (I) и 3 уравнениях вместе (III): $4Q_2 = -\frac{6S\varepsilon_0}{d}U$

$$Q_2 = -\frac{3S\varepsilon_0}{2d}U$$

$$\text{II: } Q_3 = Q_1 - Q_2 + \frac{2S\varepsilon_0}{d}U = \frac{S\varepsilon_0}{d}U + \frac{2S\varepsilon_0}{d}U$$

$$\Theta -\frac{S\varepsilon_0}{d}U + \frac{3S\varepsilon_0}{2d}U + \frac{2S\varepsilon_0}{d}U = \frac{5S\varepsilon_0}{2d}U$$

$$E_{12x} = \frac{Q_1 - Q_2 - Q_3}{2S\varepsilon_0} = \frac{-2S\varepsilon_0}{d - 2S\varepsilon_0}U = -\frac{q}{d}U$$

$$m a_{12x} = q E_{12x} \Rightarrow a_{12x} = \frac{q E_{12x}}{m} = \frac{-q \cdot d}{m} = -\frac{q U}{md}$$

$$a_{12} = \frac{q U}{md}$$

~~мм~~

~~об~~ $a_{12} = A_{31,12}$

$$K_2 - K_1 = -\frac{q U}{d} \cdot d = -q U \Rightarrow K_1 - K_2 = q U$$

$$K_A - K_1 = -\frac{q U}{d} \cdot \frac{d}{4} = -\frac{q U}{4} \Rightarrow K_A - \frac{m V_0^2}{2} = -\frac{q U}{4}$$

$$K_A = \frac{m V_A^2}{2} = \frac{m V_0^2}{2} - \frac{q U}{4} \Rightarrow V_A = \sqrt{V_0^2 - \frac{q U}{2m}}$$