

Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 11-01

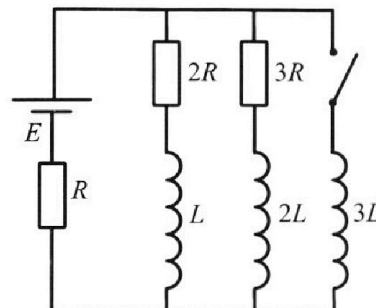
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



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 $n_b = 1,0$. 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.

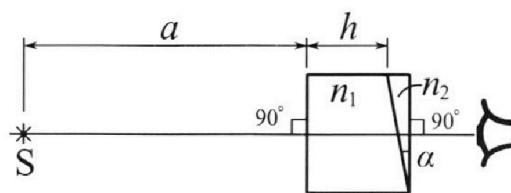


рис.). Угол $\alpha = 0,1$ рад можно считать малым, толщина $h = 9$ см. Толщина призмы с показателем преломления n_2 на прямой «источник – глаз» намного меньше h . Отражения в системе не учитывать.

- 1) Считая $n_1 = n_b = 1,0$, $n_2 = 1,7$, 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 $n_1 = 1,5$, $n_2 = 1,7$, найдите на каком расстоянии от источника будет его изображение, которое увидит наблюдатель.



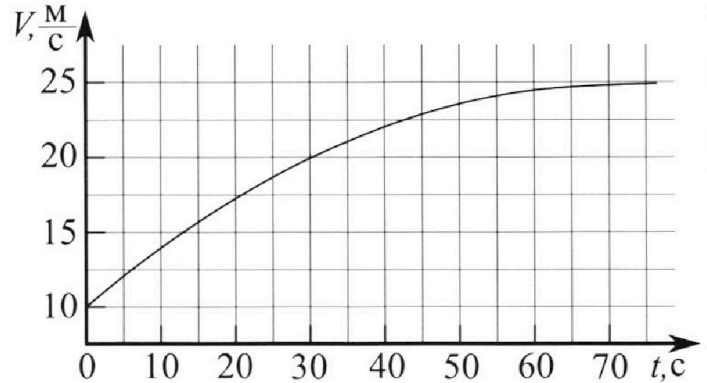
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

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.



1) Используя график, найти ускорение автомобиля при скорости $V_1 = 20$ м/с.

2) Найти силу тяги F_1 при скорости V_1 .

3) Какая мощность P_1 передается от двигателя на ведущие колеса при скорости V_1 ?

Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

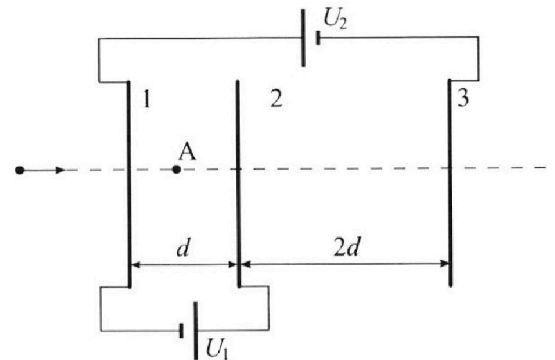
2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объемом V разделён тонким невесомым теплопроводящим герметичным поршнем (диск соосный с сосудом) на две равные части. Поршень может перемещаться без трения. В верхней части цилиндра находится углекислый газ, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный 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 Δv растворённого газа в объёме жидкости w пропорционально парциальному давлению p газа: $\Delta v = kpw$. 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.

1) Найти отношение количеств вещества в газообразном состоянии в верхней и нижней частях до нагревания.

2) 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.



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 A на расстоянии $d/3$ от сетки 1.

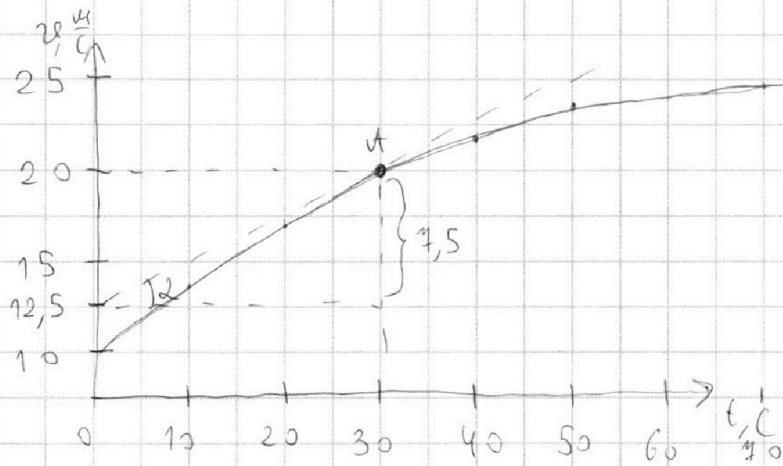
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



Известно: $m = 1800 \text{ кг};$
 $F_k = 500 \text{ Н};$
 $v_{11} = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

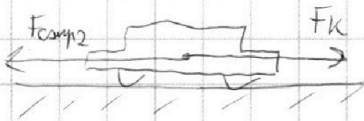
- 1) $a(v_{11}) - ?$
- 2) $F_T(v_{11}) - ?$
- 3) $P_1(v_{11}) - ?$

1) Касательная к точке А (см. график) переклещена ось v_1 при $v_1 \approx 12,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. Из графика определяем: $\tan \alpha = \frac{7,5}{12,5}$

$$a(v_{11}) = \tan \alpha = \frac{7,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{12,5 \text{ с}} = \frac{15 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}{25 \text{ с}^2} = \frac{3 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}{5 \text{ с}^2} = 0,6 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

2) при $v_2 = 25 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ движение установившееся, т.е. $a(v_2) = 0$

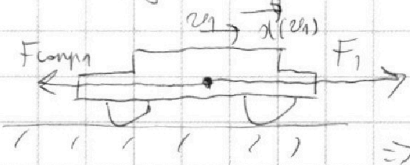
1. \bar{v} 2 3. \bar{F} :



$$F_{\text{comp}2} = F_k; \quad F_{\text{comp}2} = K v_2, \text{ где } K - \text{коэффициент сопротивления среды}$$

$$\Rightarrow K = \frac{F_k}{v_2}$$

Теперь изобразим движение при $v_1 = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$:



1. \bar{v} 2 3. \bar{F} : $F_T - F_{\text{comp}1} = m \cdot a(v_{11}) \Rightarrow$

$$\Rightarrow F_T = K v_1 + m a(v_{11}) = \frac{F_k}{v_2} \cdot v_1 + m a_1(v_{11})$$

$$F_T = \frac{500}{25} \cdot 20 + 1800 \cdot 0,6 = 400 + 1080 = 1480 \text{ Н}$$

3) \bar{v} \bar{P} определяем: $P_1 = F_T \cdot v_1 = 1480 \text{ Н} \cdot 20 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 29600 \text{ Вт}$

Ответ: 1) $a(v_{11}) = 0,6 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

2) $F_T = 1480 \text{ Н}$

3) $P_1 = 29600 \text{ Вт}$

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!



$\frac{1}{2} \bar{V}; \bar{v}_1; T_0; p_0$ из условия: (\bar{V}) ; $T = \frac{5}{4} T_0 = 373 \text{ K}$;
 $\Delta \bar{v} = k p_0 w$; $k = \frac{1}{3} \cdot 10^{-3} \frac{\text{мкс}}{\text{м}^3 \cdot \text{Па}}$;
 $R T = 3 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}}$

$\frac{1}{4} \bar{V}; T_0; p_0; v_0$ 1) $d = \frac{v_1}{v_2}$ - ?
2) p_0 - ?

$\frac{\bar{V}}{5}; \bar{v}_1; T; p$ 1) для нижней части:
 $v_2 = v_0 + \Delta v$; где Δv - изменение скорости газа; v_0 - скорость газа; \bar{v}_1 - средняя скорость.

в уравнении $\Delta v = k \cdot p_0 \cdot \frac{1}{4} \bar{V}$ - коэффициент изменения скорости газа на всем протяжении

то уравнение Менделеева - Клапейрона:

$$\begin{cases} p_0 \frac{1}{2} \bar{V} = \bar{v}_1 R T_0 \\ p_0 \cdot \frac{1}{4} \bar{V} = v_0 R T_0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \bar{v}_1 = \frac{p_0 \bar{V}}{2 R T_0} \\ v_0 = \frac{p_0 \bar{V}}{4 R T_0} \end{cases}$$

Отсюда: $d = \frac{\bar{v}_1}{v_2} = \frac{\frac{p_0 \bar{V}}{2 R T_0}}{\frac{p_0 \bar{V}}{4 R T_0} + k p_0 \frac{1}{4} \bar{V}} = \frac{1}{\frac{2 R T_0}{4 R T_0} + \frac{k \cdot 2 R T_0}{4}} = \frac{1}{\frac{1}{2} + \frac{k \cdot 2 R T_0}{4}}$

м.к. $R T = 3 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}} \Rightarrow \frac{5}{4} R T_0 = 3 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}} \Rightarrow R T_0 = \frac{12}{5} \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}}$

Определим значение d : $d = \frac{1}{\frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{8} \cdot 10^{-3} \cdot \frac{12}{5} \cdot 10^3} = \frac{1}{\frac{1}{2} + \frac{1}{5}} = \frac{10}{9}$

2) Если газ не расширяется и газ не расширяется, газ - насыщенный, давление насыщенного пара при $T = 373 \text{ K}$: $p_{\text{нп}} = p_{\text{атм}}$
 2. Обратим, замкнутый газ и не расширяется:

$$\bar{V}_2 = \bar{V} \cdot \frac{11}{5} \cdot \frac{1}{4} \bar{V} = \frac{11}{20} \bar{V}$$

3. Газовое давление снизу: $p = p_2 + p_{\text{атм}}$ где p_2 - давление газа.
 4. Давление сверху и снизу: $p_{\text{ср}} = p_{\text{атм}}$ из 2, 3, 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
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input 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!



Условие

4. В баллоне Менделеева - Клайперов:

$$\begin{cases} \text{гид. газ} \\ \text{сверхгид.} \end{cases} \begin{cases} p_1 \cdot \frac{1}{5} \bar{V} = \nu_1 R T \\ p_2 \cdot \frac{11}{20} \bar{V} = \nu_2 R T \end{cases} \rightarrow \frac{p_1}{p_2} \cdot \frac{\bar{V}}{5} \cdot \frac{20}{11 \bar{V}} = \frac{\nu_1}{\nu_2} = 2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{p_1}{p_2} = \frac{11}{4} \cdot 2 \Rightarrow p_2 + p_{\text{атм}} = \frac{11}{4} p_2 \Rightarrow$$
$$\Rightarrow p_2 = \frac{p_{\text{атм}}}{\frac{11}{4} \cdot 2 - 1} = \frac{p_{\text{атм}}}{\frac{10 \cdot 105}{4} - 1} = \frac{18}{37} p_{\text{атм}}$$

5. Баллон по условиям Менделеева - Клайперов гид. газ сверхгид.:

$$\begin{cases} \frac{1}{5} p_0 \bar{V} = \nu_1 R \cdot \frac{5}{4} T_0 \\ \frac{1}{2} p_0 \bar{V} = \nu_1 R T_0 \end{cases}$$

$$\frac{2p}{5 p_0} = \frac{5}{4} \Rightarrow p = \frac{25}{8} p_0 \Rightarrow p_{\text{атм}} \cdot \left(\frac{18}{37} + 1 \right) = \frac{25}{8} p_0 \Rightarrow$$
$$\Rightarrow p_0 = \frac{8}{25} \cdot \frac{55^{11}}{37} \cdot p_{\text{атм}} = \frac{88}{185} p_{\text{атм}}$$

Ответы: 1) $2 = \frac{10}{9}$
2) $p_0 = \frac{88}{185} p_{\text{атм}}$

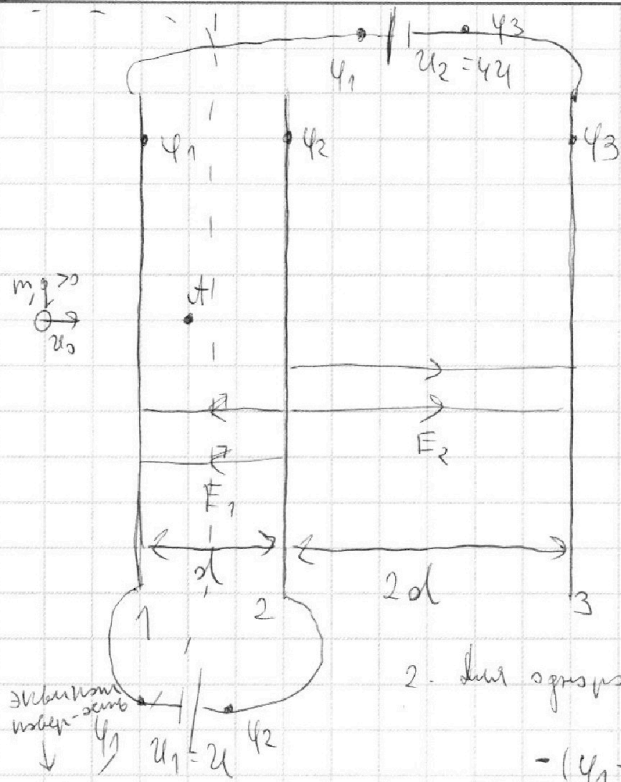
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



Известно: q ; m ; d ; U ; ϵ_0

1) $d_{1-2} - ?$

2) $K_1 - K_2 - ?$

3) $v \left(\frac{dU}{dt} \right) - ?$

1) 1. Для максимум:

$$\begin{cases} \phi_3 - \phi_1 = -U_2 = -U \\ \phi_1 - \phi_2 = -U_1 = -U \end{cases}$$

2. Для однородного поля в центре m -й пластинки

$$-(\phi_1 - \phi_2) = E_1 \cdot d \Rightarrow E_1 = \frac{-(\phi_1 - \phi_2)}{d} = \frac{U}{d}$$

3. $\sqrt{2} \cdot 3 \cdot U$: $m \cdot d_{1-2} = q \cdot E_1 = \frac{qU}{d} \Rightarrow d_{1-2} = \frac{qU}{m \cdot d}$

2) $\sqrt{2}$ Зависит от изм. мин. энергии:

$$A_{F_{эл}} = K_2 - K_1 \Rightarrow K_1 - K_2 = -A_{F_{эл}}$$

$$\bullet A_{F_{эл}} = -F_{эл} \cdot d = -q E_1 \cdot d = -q U \Rightarrow$$

$$\Rightarrow K_1 - K_2 = -(-q U) = q \cdot U$$

3) $m \cdot U$. Если пластинки не бесконечны, поле на бесконечности не равно нулю. Интегрируем по поверхности m -й бесконечной пластины и получим m -у максимум 1 и 2 : (теор. Гаусса)

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!

Упрощение

2. и 3. СЭ:

$$\frac{mv_0^2}{2} + q \cdot \varphi_{\text{сеп}} = \frac{mv^2}{2} + q \cdot \varphi_{\text{т}}$$

3. Потенциалы электродов относительно земли:

$$\left\{ \begin{array}{l} \varphi_{\text{сеп}} - \varphi_1 = E_1 \cdot \frac{1}{2} d \Rightarrow \varphi_{\text{сеп}} - \varphi_1 = \frac{1}{2} U \\ \varphi_{\text{т}} - \varphi_1 = E_2 \cdot \frac{1}{3} d \Rightarrow \varphi_{\text{т}} - \varphi_1 = \frac{1}{3} U \end{array} \right\} \Rightarrow \varphi_{\text{сеп}} - \varphi_{\text{т}} = \frac{1}{6} U$$

4. Угловая скорость, найдем:

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2} + q \cdot (\varphi_{\text{сеп}} - \varphi_{\text{т}}) = \frac{mv_0^2}{2} + \frac{1}{6} q U$$

Отсюда найдем:

$$v^2 = v_0^2 + \frac{2 q U}{3 m} \Rightarrow v = \sqrt{v_0^2 + \frac{2 q U}{3 m}}$$

Далее: 1) $d_{1-2} = \frac{q U}{m \omega^2}$

$$2) K_1 - K_2 = q U$$

$$3) v = \sqrt{v_0^2 + \frac{2 q U}{3 m}}$$

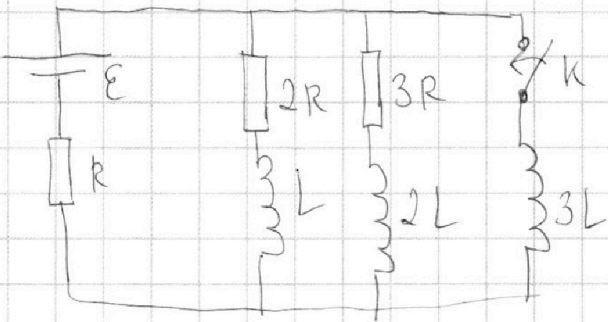
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!

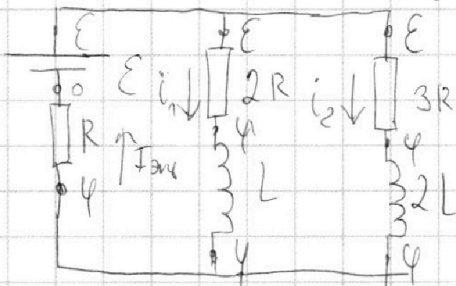


1) $I_{10} - ?$

2) $I_{3L}^?(0) - ?$

3) $P_{2R} - ?$

1) Рассмотрим цепь до замыкания ключа ($t < 0$):



1. Решим уравнения: $\mathcal{U}_L = 0$
 $\mathcal{U}_{2L} = 0$

2. По 3(3): $I_{\text{общ}} = i_1 + i_2$

3. По закону Ома:

$I_{\text{общ}} = \frac{\varphi}{R}$, $i_1 = \frac{E - \varphi}{2R}$, $i_2 = \frac{E - \varphi}{3R}$

↑
 Установившееся значение напряжения (закон Ома)

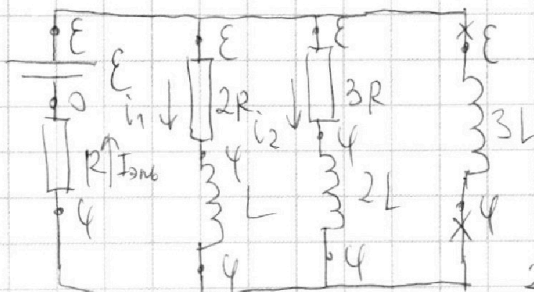
4. По закону Кирхгофа:

$$\frac{\varphi}{R} = \frac{E - \varphi}{2R} + \frac{E - \varphi}{3R} \quad | \cdot 6R \rightarrow 6\varphi = 3E - 3\varphi + 2E - 2\varphi$$

$$11\varphi = 5E \Rightarrow \varphi = \frac{5}{11} E$$

5. $I_{10} = i_1 = \frac{E - \varphi}{2R} = \frac{E - \frac{5}{11} E}{2R} = \frac{3E}{11R}$

2) Рассмотрим цепь сразу после замыкания ключа ($t = 0$):



1. Так в цепи катушки не изменяются

Значит: $i_1 = I_{10} = \frac{3E}{11R}$; $i_2 = \frac{E - \varphi}{3R} = \frac{2E}{11R} \Rightarrow$

$\Rightarrow \varphi = \frac{5}{11} E$

2. Для катушки 3L:

$E - \varphi = 3L \cdot I_{3L}^?(0) \Rightarrow I_{3L}^?(0) = \frac{E - \varphi}{3L} = \frac{E - \frac{5}{11} E}{3L} = \frac{2E}{11L}$

↑
 Установившееся значение

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

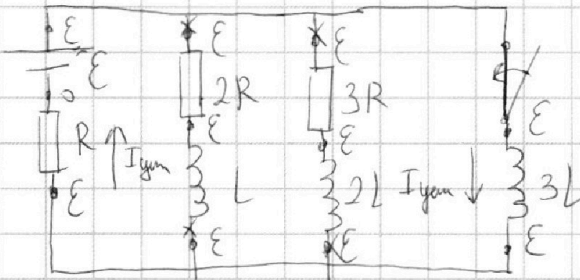
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

Энергия

3. Энергия в цепи в этот момент:

$$W(t) = \frac{L i_1^2}{2} + \frac{2L i_2^2}{2} = \frac{L}{2} \cdot \frac{9E^2}{121R^2} + \frac{2L}{2} \cdot \frac{4E^2}{121R^2} = \frac{17LE^2}{242R^2}$$

3) Если резисторы \Rightarrow если цепь размыкается, рассмотрим цепь в момент замыкания (t = t_{зам}):



1. В момент замыкания $\Rightarrow U_L = 0$
 $U_{2L} = 0$
 $U_{3L} = 0$

2. Ток на резисторах 2R и 3R - тем, который в цепи:

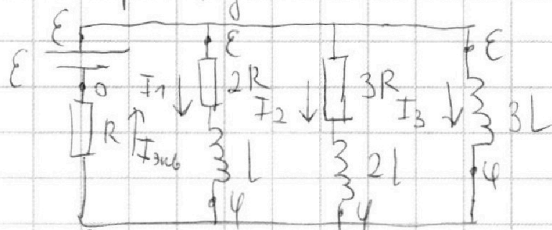
$$W(t_{\text{зам}}) = \frac{3L I_{\text{зам}}^2}{2}; \text{ где } I_{\text{зам}} = \frac{E}{R} \Rightarrow$$

Менее чем

$$\Rightarrow W(t_{\text{зам}}) = \frac{3L}{2} \cdot \frac{E^2}{R^2} = \frac{3LE^2}{2R}$$

4) В промежуток времени:

1. Вспомогательная:



$$E - U = I_1 \cdot 2R + L \frac{dI_1}{dt} = 3L \frac{dI_3}{dt} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 2I_1 R + L \frac{dI_1}{dt} = 3L \frac{dI_3}{dt} \quad (*)$$

$$\Rightarrow 2 \int I_1 dt R = 3L dI_3 - L dI_1 \quad (**)$$

Менее чем

Тогда при t = 0, получим:

$$2 \int_{2R} R = 3L \cdot (I_{\text{зам}} - 0) - L \cdot (0 - I_1) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \int_{2R} R = 3L \cdot \frac{E}{R} + L \cdot \frac{3E}{11R} \Rightarrow \int_{2R} R = \frac{18LE}{11R}$$

Ответ: 1) $I_{10} = \frac{3E}{11R}$

2) $I'_{3L}(0) = \frac{2E}{11L}$

3) $\int_{2R} R = \frac{18LE}{11R}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

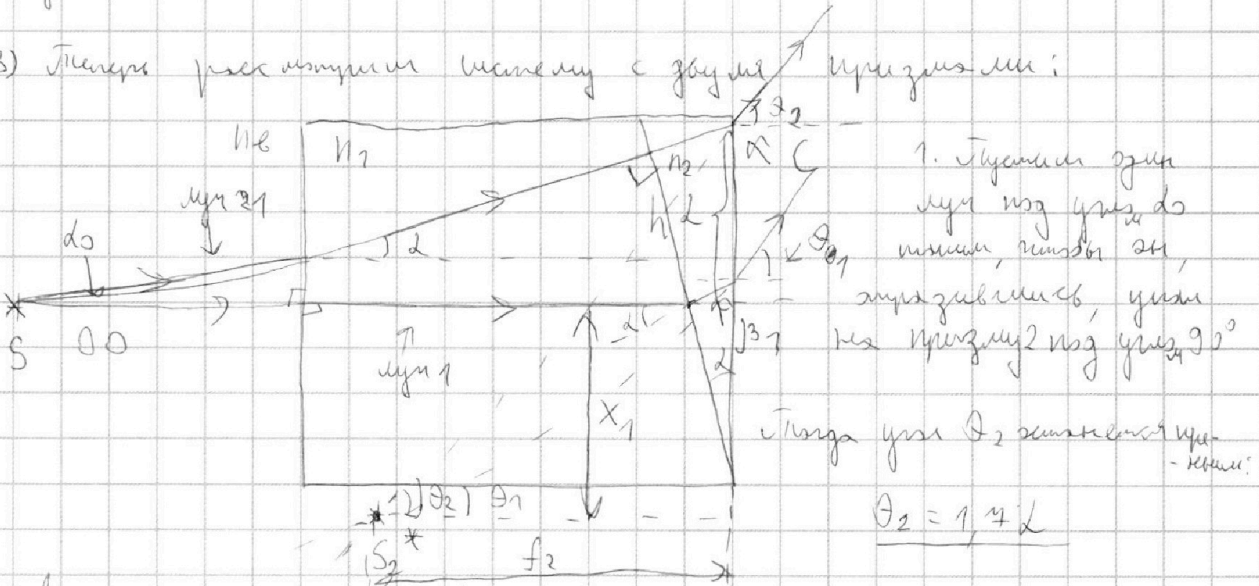


Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



Условие:

3) Плоская световая пучок падает на границу призмы ABC:



1. Плоская световая пучок падает на границу призмы ABC, преломляется, проходит через призму, преломляется, выходя из призмы под углом β_2 . Тогда угол θ_2 равен θ_1 - криво!

$$\theta_2 = 1,4 \text{ д}$$

2. для угла 1: $n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta_1 \Rightarrow \beta_1 = \frac{n_1}{n_2} \alpha$;

$$n_2 \sin \beta_1 = n_1 \sin \theta_1 \Rightarrow \theta_1 = n_2 \beta_1 = n_1 \alpha = 1,5 \alpha$$

3. высота (касательная к гипотенузе от O);

$$b_2 = h \operatorname{tg} \alpha = \underline{h \alpha}$$

4. расстояние от вершины:

$$\begin{cases} x_1 = f_2 \operatorname{tg} \theta_1 \\ (x_1 + h) = f_2 \operatorname{tg} \theta_2 \end{cases}$$

используем x_1 , получим:

$$f_2 (\theta_2 - \theta_1) = h \alpha \Rightarrow \left(f_2 = \frac{h \alpha}{0,2 \alpha} = 5 h = 45 \text{ см} \right)$$

Получим расстояние x_1 : $(x_1 = f_2 \cdot \theta_1 = 5 h \cdot 1,5 \alpha = 7,5 h \alpha = 6,75 \text{ см})$

Получим расстояние: $(f_{02} = \sqrt{f_2^2 + x_1^2} = \sqrt{45^2 + 6,75^2})$

- Ответ: 1) $\theta = 0,24 \text{ рад}$
 2) $\theta_{01} = 14,21 \text{ см}$
 3) $f_{02} = \sqrt{45^2 + 6,75^2}$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

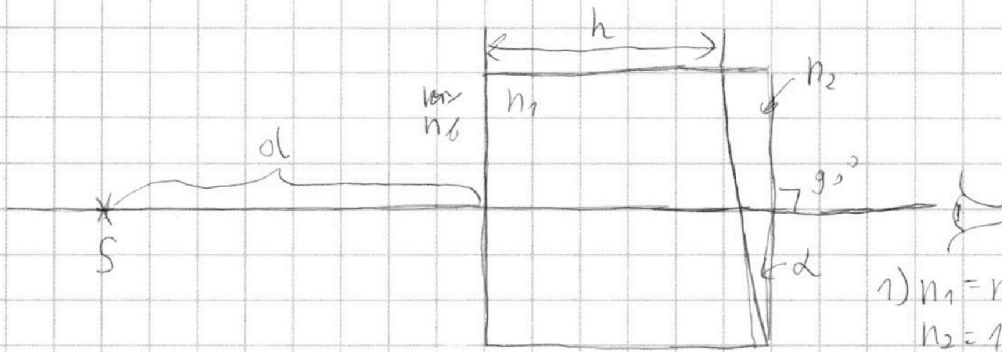
1 2 3 4 5 6 7



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

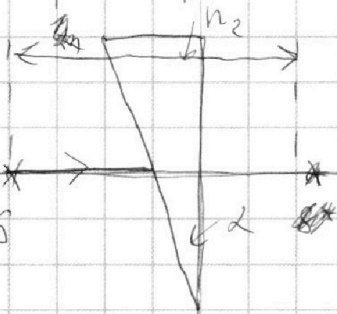


$d_1 = 189 \text{ см}$
 $h = 9 \text{ см}$
 $d = 91 \text{ см}$



- 1) $n_1 = n_2 = 1$;
 $n_2 = 1,7$
 $d_1 = ?$
- 2) $n_1 = n_2 = 1$;
 $n_2 = 1,7$; $d_1 = ?$
- 3) $n_1 = 1,5$; $n_2 = 1,7$
 $d_2 = ?$

1) Угол падения $n_1 = n_2$ - перпендикуляр поверхности
 масса не рассматривается:



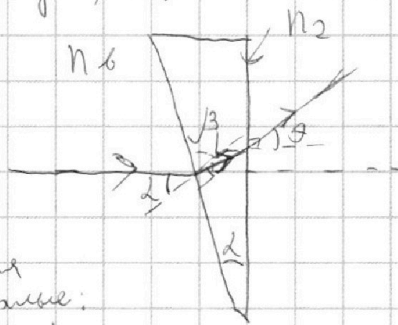
1. Луч, излученный перпендикулярно поверхности левой грани - это луч, направленный вертикально вниз:

2. По закону Снеллиуса:

$$n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \sin \beta = \frac{1}{n_2} \sin \alpha, \text{ или, учитывая, что } \alpha = 90^\circ:$$

$$\beta = \frac{1}{n_2} \alpha = \frac{d}{1,7}$$



Найти угол падения d_2 из соотношения подобия: $d_2 = d - \beta = d \cdot (1 - \frac{1}{1,7})$

По 3 закону Снеллиуса:

$$n_2 \sin d_2 = n_1 \sin \theta, \text{ или } \theta = n_2 \cdot d_2 = d \cdot (n_2 - 1) = 9,72 = 9,72 \text{ см}$$

2) Угол падения d_2 на поверхность d , масса не рассматривается перпендикулярно поверхности (в след. направлении)

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

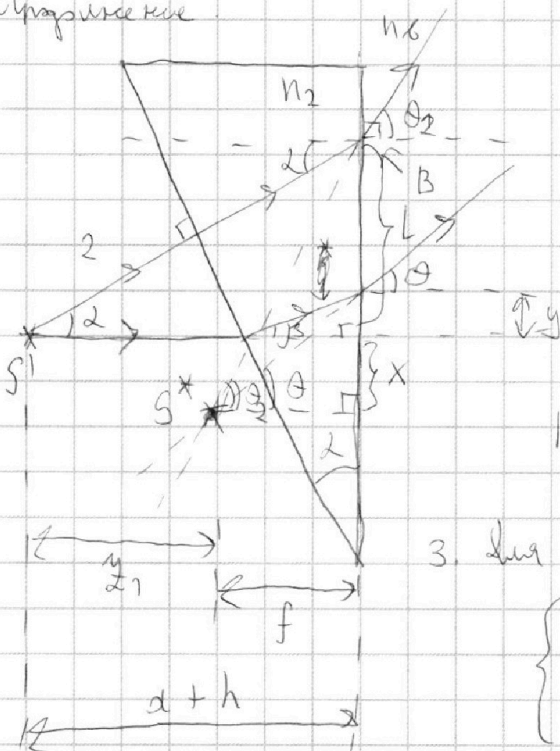
1 2 3 4 5 6 7



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



Иллюстрация



1. Угол падения равен углу отражения,
луч 2 не преломляется.

из закона Снеллиуса:

$$n_2 \sin \alpha = n_1 \sin \theta_2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \theta_2 = n_2 \alpha = 1,7 \alpha > \theta = 0,7 \alpha \Rightarrow$$

\Rightarrow Ч: минимум (прям. лучи лучей)

2. точка B находится на
расстоянии $L = (d+h) \tan \alpha =$

$$= (d+h) \alpha - \text{из геометрии}$$

3. для прямоуг. треугольника выносим формулы:

$$\begin{cases} f \tan \theta = x \\ f \tan \theta_2 = x + (d+h) \alpha \end{cases}$$

$$\begin{cases} f \tan \theta = x \\ f \tan \theta_2 = x + (d+h) \alpha \end{cases}$$

Убавив второе от первого, получим: $f \cdot 0,7 \alpha = f \cdot 0,7 \alpha + (d+h) \alpha / \alpha \Rightarrow$
 $\Rightarrow f = (d+h) \Rightarrow y_1 = (d+h) - f = (d+h) - (d+h) = 0 -$

- Условие минимума находится на этом экстр. Уравнение с минимумом
врем.

4. т.к. B - наименьший и поэтому минимальный путь, для
предела берем величину y, (ан. радиус) $[y \rightarrow 0]$

5.

Путь рассчитаем от точки M и N $\frac{y}{2 \alpha} = x$; где $x = f \tan \theta \Rightarrow$

$$\Rightarrow \left(\frac{y}{2 \alpha} = f \tan \theta = (d+h) \cdot 0,7 \alpha \right)$$

$$\frac{y}{2 \alpha} = \frac{7}{100} \cdot (134 + 3) = 14,21 \text{ см}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

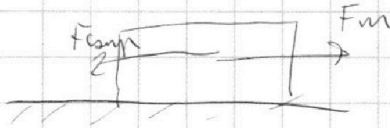
- 1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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

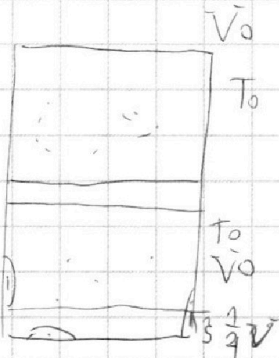


$$C_1 = \frac{3 \epsilon}{11R} ; C_2 = \frac{2 \epsilon}{11R}$$



$$F_{\text{сжм}} = k \cdot 2l$$

$$P_1 = F_1 \cdot 2l_1 \quad \frac{4,5}{12,5} \cdot 12 = \frac{15}{25} = \frac{3}{5} = 0,6 \text{ м}$$



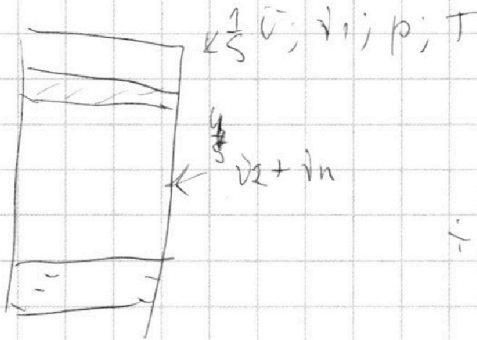
$$\Delta T = k p w \quad 4S^2 + 6,7S^2$$

$$1800 \cdot \frac{6}{10} = 600 + 480 = 1080$$

$$4S \cdot 4S = 1202S$$

$$\frac{4S^2}{4S}$$

$$V - \frac{1}{5} V - \frac{1}{4} V = \frac{11}{20} V$$



$$p_{\text{атм}} \cdot \frac{11}{20} V = \nu_1 R T \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \nu_1 = \frac{p_{\text{атм}} \cdot \frac{11}{20} V}{RT}$$

$$p_1 \cdot \frac{4}{5} V = \nu_1 R T$$

$$f_2 \cdot Q_1 + h \Delta = f_2 Q_2$$

$$f_2 (Q_2 - Q_1) = h \Delta$$

$$p_2 \cdot \frac{11}{20} V = \nu_2 R T$$

$$f_2 = \frac{h \Delta}{p_{\text{атм}}}$$

$$\Rightarrow p_2 = \frac{11}{4} \Delta \cdot p_2$$

$$p_2 + p_{\text{атм}} = \frac{11}{4} \Delta \cdot p_2 \Rightarrow p_2 = \frac{45 \text{ см}}{1 - \frac{11}{4} \Delta}$$

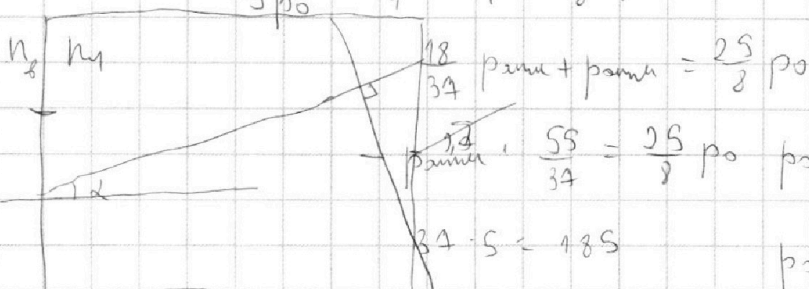
$$\frac{1}{5} p_1 V = \nu_1 R T_0$$

$$\frac{1}{2} p_0 V = \nu_1 R T_0$$

$$\frac{2 p_1}{5 p_0} = \frac{5}{4} \Rightarrow p_1 = \frac{25}{8} p_0$$

$$\frac{55}{18} - 1 = \frac{37}{18}$$

$$\frac{11}{4} \cdot \frac{205}{3} = \frac{55}{18} - 1 = \frac{55-18}{18}$$



$$p_{\text{атм}} + p_{\text{атм}} = \frac{25}{8} p_0$$

$$p_{\text{атм}} \cdot \frac{55}{34} = \frac{25}{8} p_0 \Rightarrow p_0 = \frac{55 \cdot 8}{34 \cdot 25} p_{\text{атм}}$$

$$34 \cdot 5 = 170$$

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

$$\frac{18}{34} + 1 = \frac{50}{17}$$

$$\sin \alpha_0 = n_1 \sin \alpha \Rightarrow \alpha_0 = 7,5 \text{ д.}$$

$$9,45 \cdot 4 =$$

$$9,45 \cdot 3 = \frac{3}{4} \cdot 3 = \frac{27}{4} \text{ см.}$$

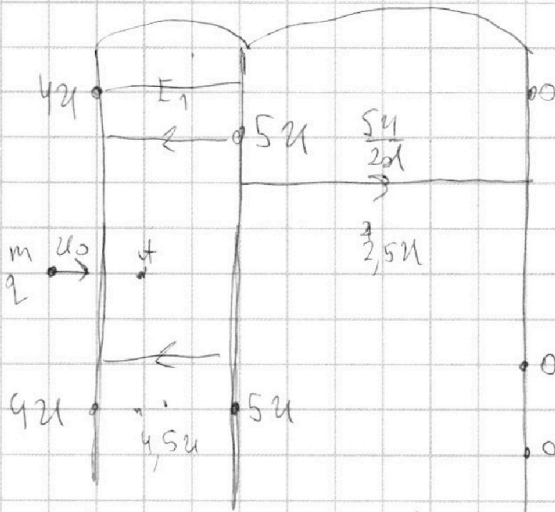
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



$$E = \frac{U}{2l_0}$$

$$\frac{q}{100} \cdot 200 = \frac{14 \cdot 21}{100} = 14,21 \text{ cm}$$

$$q \Sigma = 0$$

$$5U - 4U = dE \Rightarrow E_1 = \frac{U}{d}$$

$$E_2 = \frac{5U}{2d} = 2,5 \frac{U}{d}$$

$$ma = qE_1$$

$$a = \frac{qU}{md}$$

$$4 \cdot \frac{13}{2} - \frac{15 \cdot 12}{3} = 27 - 60$$

$$4 \frac{1}{3} - \frac{13}{3}$$

$$v_{21} = v_2 - v_1 \rightarrow v_1 - v_2 = q \frac{U}{md} \cdot d$$

$$2 \frac{d}{3} \frac{qU}{md} = v_0 - v_2 \rightarrow v_2 = v_0 - \frac{2qU}{3m}$$

$$d = h_2 d - \theta_2 = 1,7d$$

$$f \cdot \theta_2 = x$$

$$f \cdot f \cdot \theta = x + (x+h) \cdot d$$

$$f \theta = f(\theta_2) + (x+h)d$$

$$f(\theta) = x$$

$$f(\theta_1) = (x+h)d + x$$

$$v \delta = q \Sigma \cdot E$$

$$\frac{1480}{20} + \frac{148}{2} = 296,00$$

$$qE = W_2 - W_1 + Q$$

$$i_2 R + L \frac{di_1}{dt} = i_2 3R + 2L \frac{di_2}{dt} \cdot dt$$

$$2q_2 R + L \frac{di_1}{dt} = 3L \frac{di_2}{dt}$$

$$2q_2 R + L \frac{di_1}{dt} = 3L \frac{di_2}{dt}$$

$$2q_2 R + L \frac{di_1}{dt} = 3q_2 R + 2L \frac{di_2}{dt}$$

$$2q_2 R = 3L \left(\frac{di_2}{dt} - \frac{di_1}{dt} \right) = 3L \frac{di_2}{dt} - 3L \frac{di_1}{dt}$$

$$\frac{d \cdot 13}{2} - \frac{d \cdot 12}{3} = \frac{d}{6}$$

$$\frac{mv^2}{2} + \frac{q^2 U^2}{2} = \frac{mv^2}{2} + \frac{1}{3} q U$$

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{mv^2}{2} + \left(\frac{9}{2} - \frac{1}{3} \right) q U$$

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{mv^2}{2} + \frac{27-2}{6} q U$$