

Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

Вариант 11-01

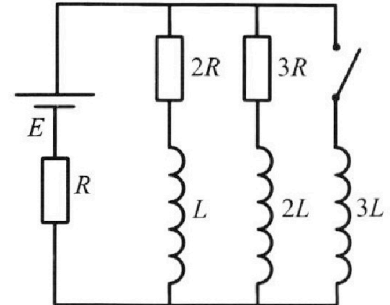
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.



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.

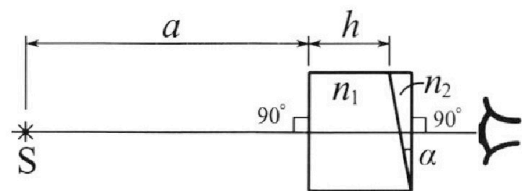


рис.). Угол  $\alpha = 0,1$  рад можно считать малым, толщина  $h = 9$  см. Толщина призмы с показателем преломления  $n_2$  на прямой «источник – глаз» намного меньше  $h$ . Отражения в системе не учитывать.

- 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.



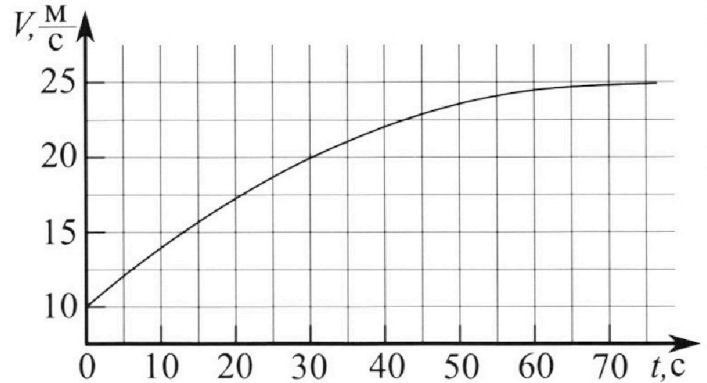
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## 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%.

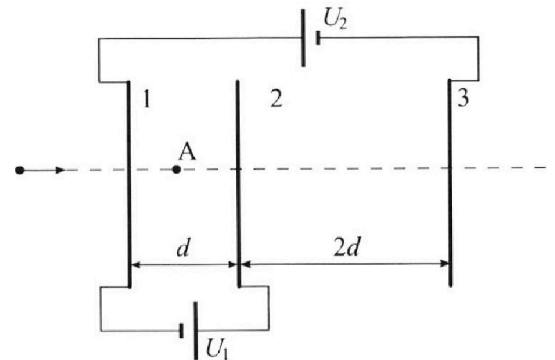
2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объемом  $V$  разделён тонким невесомым теплопроводящим герметичным поршнем (диск соосный с сосудом) на две равные части. Поршень может перемещаться без трения. В верхней части цилиндра находится углекислый газ, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный 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  $\Delta v$  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/(м<sup>3</sup>·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 А на расстоянии  $d/3$  от сетки 1.

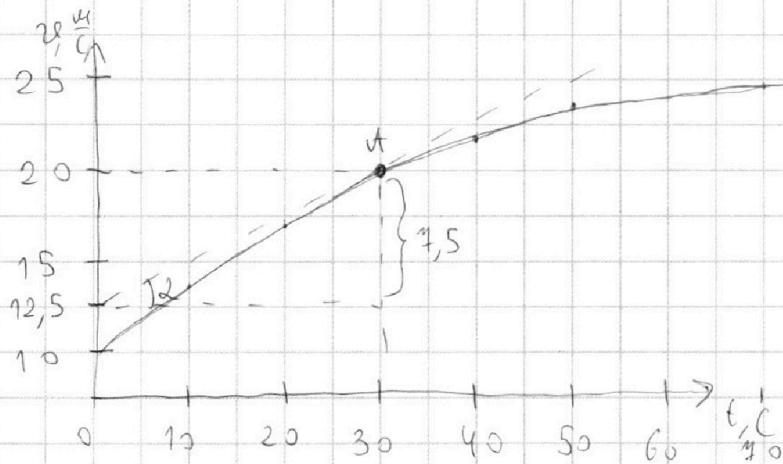
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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

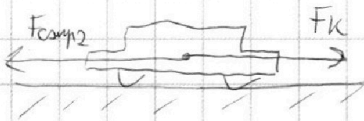
- 1)  $a(v_{11})$  - ?
- 2)  $F_T(v_{11})$  - ?
- 3)  $P_1(v_{11})$  - ?

1) Касательная к точке А (см. график) переклещена ось Оу 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.  $a(v_2) = 0$

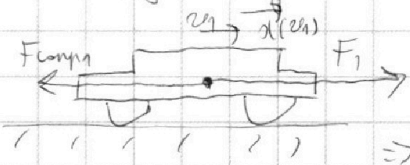
1.  $\bar{v}$  2 3.  $\bar{F}$ :



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

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

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



1.  $\bar{v}$  2 3.  $\bar{F}$ :  $F_1 - F_{\text{comp}1} = m \cdot a(v_1) \Rightarrow$

$$\Rightarrow F_1 = K v_1 + m a(v_1) = \frac{F_k}{v_2} \cdot v_1 + m a_1(v_1)$$

$$F_1 = \frac{500}{25} \cdot 20 + 1800 \cdot 0,6 = 400 + 1080 = 1480 \text{ Н}$$

3)  $\bar{v}$   $\Rightarrow$  определяем:  $P_1 = F_1 \cdot v_1 = 1480 \text{ Н} \cdot 20 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 29600 \text{ Вт}$

Ответ: 1)  $a(v_1) = 0,6 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

2)  $F_1 = 1480 \text{ Н}$

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

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

$\frac{\bar{V}}{5}; \bar{v}_1; T; p$  1) для нижней части:  
 $v_2 = v_0 + \Delta \bar{v}$ ; где  $\Delta \bar{v}$  - изменение  $v$  при  $v_0$  в воде;  $v_0$  - абсолютный  $v$  при  $v_0$ .  
в при этом  $\Delta \bar{v} = k \cdot p_0 \cdot \frac{1}{4} \bar{V}$  - изменение  $v$  при  $v_0$  на  $\frac{1}{4} \bar{V}$  при  $p_0$ .

то уравнение Менделеева - Клапейрона:  

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

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

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

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

2) Если вода испарилась в водный исп. пар - насыщенным, давление насыщенного пара при  $T = 373 \text{ K}$ :  $p_{\text{нп}} = p_{\text{атм}}$   
 2. Обратно, замкнутый газ и испарил воду:  $\bar{V}_2 = \bar{V} - \frac{11}{5} \bar{V} - \frac{11}{4} \bar{V} = \frac{11}{20} \bar{V}$

3. Также давление смеси:  $p = p_2 + p_{\text{атм}}$  где  $p_2$  - давление  $v$  при  $v_0$ .  
 4. Давление сверху и снизу:  $p_{\text{ср}} = p_{\text{атм}} + p_2$  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:

$$\begin{cases} \text{гид. раз.} \\ \text{сверху} \end{cases} \left\{ \begin{array}{l} p_1 \cdot \frac{1}{5} \bar{V} = \nu_1 R T \\ p_2 \cdot \frac{11}{20} \bar{V} = \nu_2 R T \end{array} \right. \rightarrow \frac{p_1}{p_2} \cdot \frac{\bar{V}}{5} \cdot \frac{20}{11 \bar{V}} = \frac{\nu_1}{\nu_2} = 2 \Rightarrow$$

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

5. В баллоне Менделеева - Клайперов задана сверху:

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

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

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

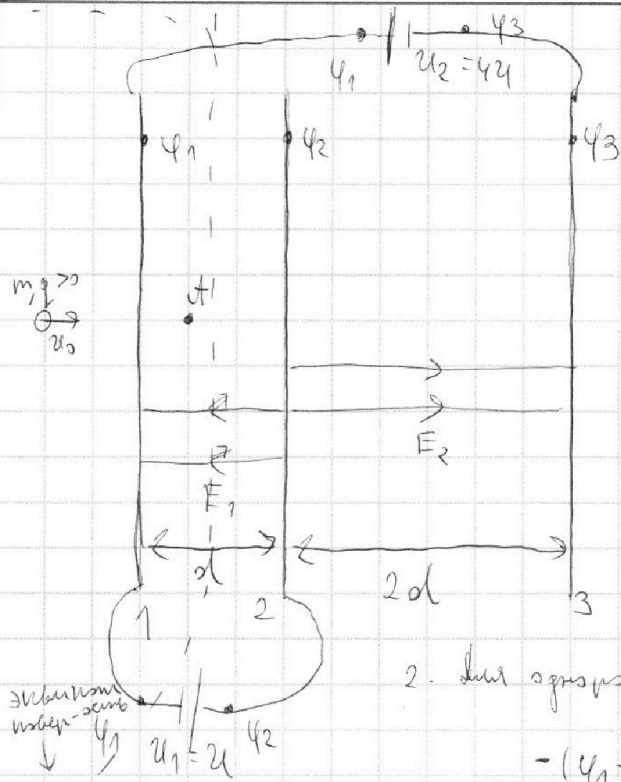
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

**МФТИ**

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



Известно:  $q$ ;  $m$ ;  $U$ ;  $U_0$

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

2)  $K_1 - K_2 - ?$

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

1) 1. Для максим:

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

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

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

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

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

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

3)  $m$  и  $U_0$  не являются параметрами, так как  $U_0$  не является параметром. Изменения энергии зависят от  $m$ -й пластинки и расстояния  $U$  и  $U_0$ : (изм. энергии)

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:

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

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

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

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

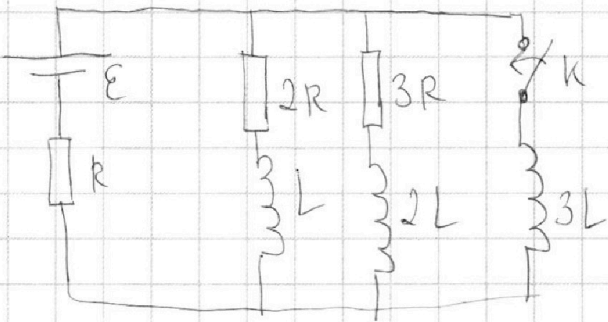
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1   
  2   
  3   
  4   
  5   
  6   
  7

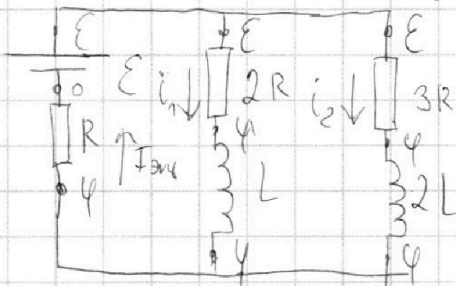
МФТИ

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:  $U_L = 0$   
 $U_{2L} = 0$

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 напряжений (закон Ома)

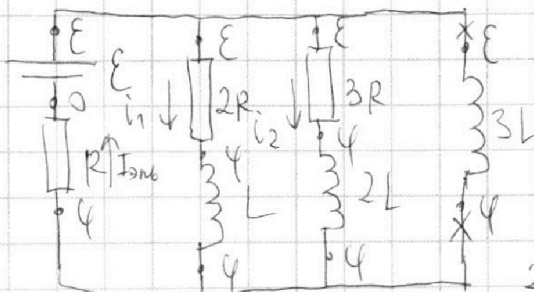
4. По закону Кирхгофа:

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

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

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**

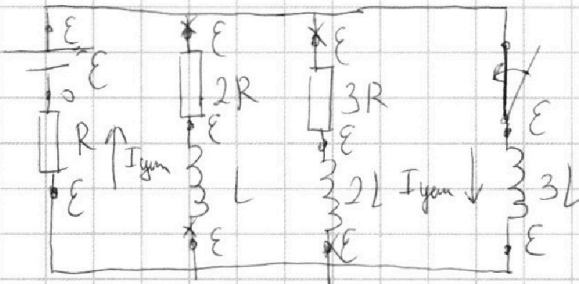
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

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 времени  $t = t_{\text{зам}}$ :



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:

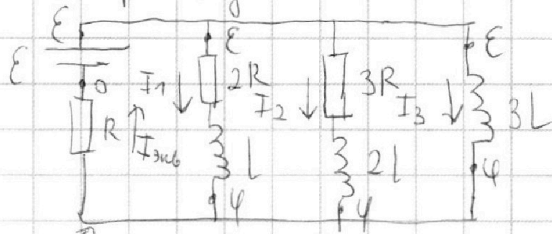
$$W(t_{\text{зам}}) = \frac{3L I_{\text{зам}}^2}{2}; \text{ где } I_{\text{зам}} = \frac{E}{R} \Rightarrow$$

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

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

Ответ: 1)  $I_{10} = \frac{3E}{11R}$

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

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

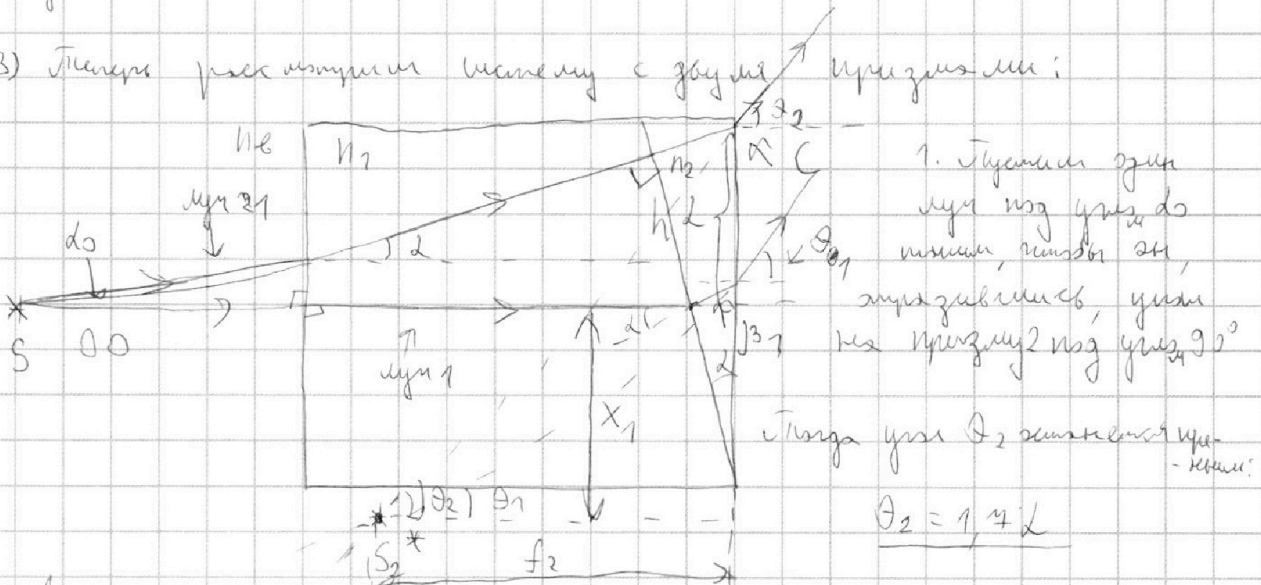
МФТИ

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 волна падает на границу призмы ABC:



1. Плоская световая волна падает на границу призмы ABC, преломляется, проходит через призму, преломляется на границе AC под углом  $\theta_2$  к нормали.

$\theta_2 = 1,4 \text{ л}$

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

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

3. Высота C находится на расстоянии  $d_0$  от O;

$h = d_0 \tan \alpha = \underline{h}$

4. Высота от вершины C:

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

Выразив  $x_1$  из уравнения:

$f_2 (\theta_2 - \theta_1) = h \Rightarrow f_2 = \frac{h}{\theta_2 - \theta_1} = 5h = 45 \text{ см}$

Путь луча  $x_1$ :  $x_1 = f_2 \cdot \theta_1 = 5h \cdot 1,5 \alpha = 7,5 h \alpha = 6,75 \text{ см}$

Путь луча  $f_2$ :  $f_2 = \sqrt{f_2^2 + x_1^2} = \sqrt{45^2 + 6,75^2}$

Ответ: 1)  $\theta = 0,24 \text{ рад}$

2)  $\theta_1 = 14,21 \text{ см}$

3)  $f_2 = \sqrt{45^2 + 6,75^2}$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

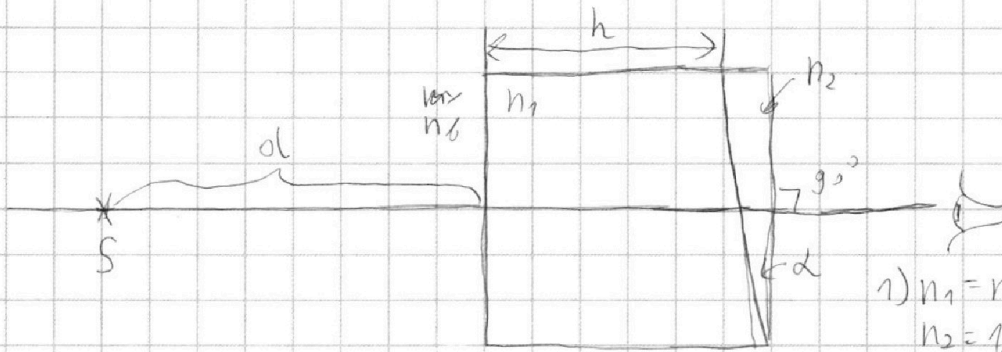
1  2  3  4  5  6  7



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



$d_1 = 184 \text{ см}$   
 $h = 9 \text{ см}$   
 $d = 91 \text{ см}$

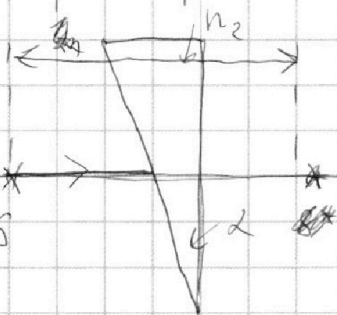


1)  $n_1 = n_2 = 1$ ;  
 $n_2 = 1,7$   
 $d_1 = ?$

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:



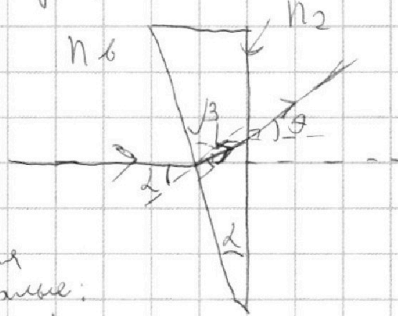
1. Луч, идущий перпендикулярно поверхности левой грани - это луч, направленный симметрично оси:

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 углов:  $d_2 = d - \beta = d \cdot (1 - \frac{1}{1,7})$

По 3 закону Снеллиуса:

$$n_2 \sin d_2 = n_1 \sin \beta, \text{ или } \beta = n_2 \cdot d_2 = d \cdot (n_2 - 1) = 0,7d = 63,7 \text{ см}$$

2) Угол падения  $d_2$  на поверхности  $d$ , масса не рассматривается: (в след. варианте)

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

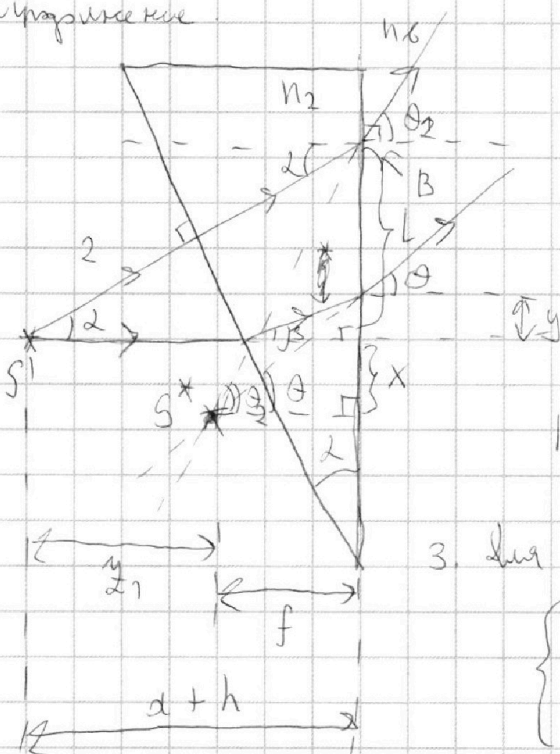
1  2  3  4  5  6  7



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 точки С законимусь:

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

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

$\Rightarrow$  Ч: минимум (прям. лучи лучей)

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

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

3. для прямоуугольного треугольника:

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

Убавившись от x, получим:  $f \cdot 1,7 \alpha = f \cdot 0,7 \alpha + (d+h) \alpha \quad | : \alpha \Rightarrow$   
 $\Rightarrow f = (d+h) \Rightarrow z_1 = (d+h) - f = (d+h) - (d+h) = 0 -$

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

4. т.к. B - наименьший и поэтому минимальный путь, для минимума величина y, (ан. расстояние)  $[y \rightarrow 0]$

5. Тогда расстояние от M до N  $\frac{y}{z_1} = x$ ; где  $x = f \tan \theta \Rightarrow$

$$\Rightarrow \left( \frac{y}{z_1} = f \tan \theta = (d+h) \cdot 0,7 \alpha \right)$$

$$\frac{y}{z_1} = \frac{7}{100} \cdot (134 + 3) = 14,21 \text{ см}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

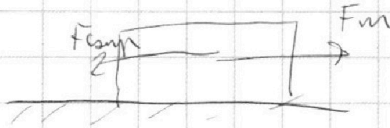
- 1  2  3  4  5  6  7

**МФТИ**

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

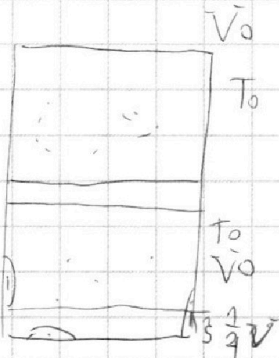


$$C_1 = \frac{3 \epsilon}{11R} ; C_2 = \frac{2 \epsilon}{11R}$$



$$F_{max} = k \cdot 2l$$

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



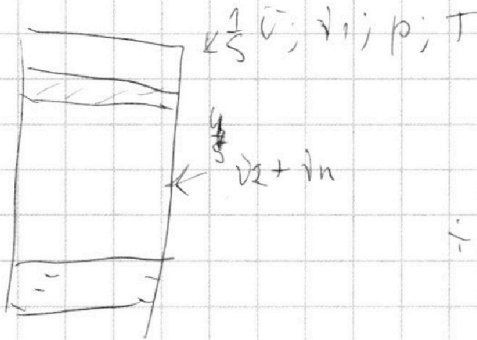
$$\Delta T = k p w \quad 45^2 + 6,75^2$$

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

$$12025$$

$$\frac{49^2}{45}$$

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



$$p_{atm} \cdot \frac{11}{20} V = \gamma R T \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \gamma h = \frac{p_{atm} \cdot \frac{11}{20} V}{RT}$$

$$p_1 \cdot \frac{1}{5} V = \gamma_1 R T$$

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

$$p_2 \cdot \frac{11}{20} V = \gamma_2 R T$$

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

$$\frac{p_1}{p_2} \cdot \frac{1}{5} \cdot \frac{20}{11} \cdot \frac{V_1}{V_2}$$

$$\Rightarrow \left[ p_1 = \frac{11}{4} \Delta \cdot p_2 \right] \quad f_2 = \frac{h \Delta}{p_{atm}}$$

$$p_2 + p_{atm} = \frac{11}{4} \Delta p_2 \Rightarrow p_2 = \frac{45 \text{ cm}}{1 - \frac{11}{4} \Delta}$$

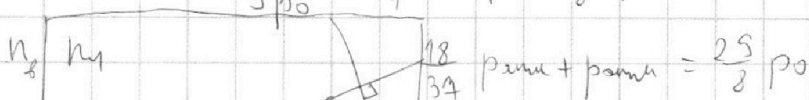
$$\frac{1}{5} p_1 V = \gamma_1 R T_0$$

$$\frac{1}{2} p_2 V = \gamma_2 R T_0$$

$$\frac{2 p_1}{5 p_2} = \frac{5}{4} \Rightarrow p_1 = \frac{25}{8} p_2$$

$$\frac{55}{18} - 1 = \frac{8 \cdot 37}{17}$$

$$\frac{11}{4} \cdot \frac{20}{3} = \frac{55}{18} - 1 = \frac{55-18}{18}$$



$$p_{atm} + p_{atm} = \frac{25}{8} p_2$$

$$p_{atm} \cdot \frac{55}{34} = \frac{25}{8} p_2 \quad p_2 = \frac{55 \cdot 8}{34 \cdot 25} p_{atm}$$

$$34 \cdot 5 = 170$$

$$p_2 = \frac{88}{185} p_{atm}$$

$$\sin \alpha_0 = n_1 \sin \alpha \Rightarrow \alpha_0 = 7,5 \Delta$$

$$2945 \cdot 4 =$$

$$2945 \cdot 3 = \frac{3}{4} \cdot 3 = \frac{27}{4} \text{ cm}$$

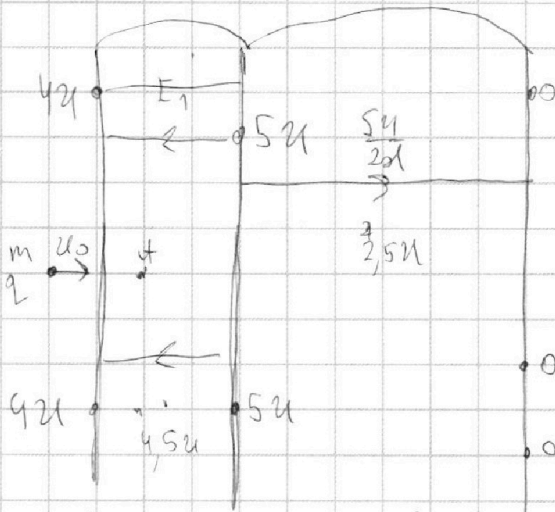
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



$$E = \frac{B}{2\epsilon_0}$$

$$\frac{q}{100} \cdot 203 = \frac{14 \cdot 21}{100} = 14,21 \text{ cm}$$

$$q\Sigma = 0$$

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

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

$$ma = qE_1$$

$$a = \frac{q u}{m d}$$

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

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

$$u_{21} = v_2 - v_1 \rightarrow v_1 - v_2 = q \int E_1 \cdot d$$

$$2 \frac{d}{3} \frac{q u}{m d} = u_0 - u_2 \rightarrow u_2 = u_0 - \frac{2 q u}{3 m}$$

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

$$f \cdot \theta_2 = x$$

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

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

$$f(\theta) = x$$

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

$$u_2 = q \int E$$

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

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

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

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

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

$$2q_2 R = 3L \left( \frac{di_2}{dt} - \frac{1}{3} \frac{di_2}{dt} \right) = L \frac{di_2}{dt} (2 - 1)$$

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

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

$$\frac{m u^2}{2} + \frac{9}{6} q u = \frac{m u^2}{2} + \frac{1}{3} q u$$

$$\frac{m u^2}{2} = \frac{m u^2}{2} + \frac{27-2}{6} q u$$