



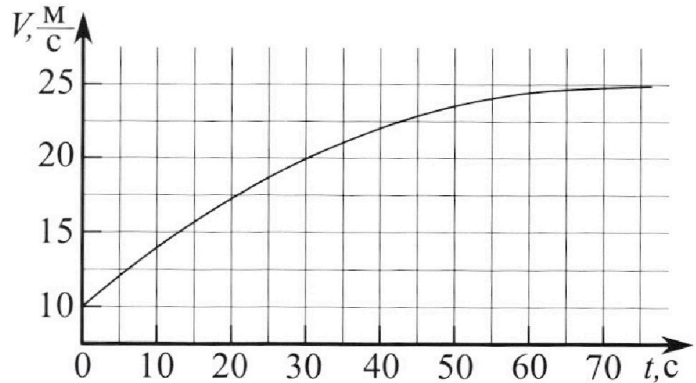
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## 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  $V_1$ ?

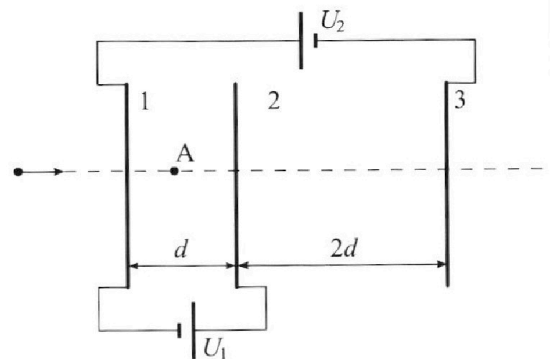
Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

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 A на расстоянии  $d/3$  от сетки 1.

Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

Вариант 11-01

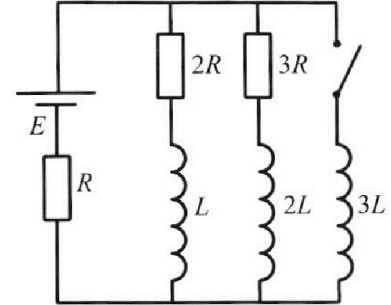
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.



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.

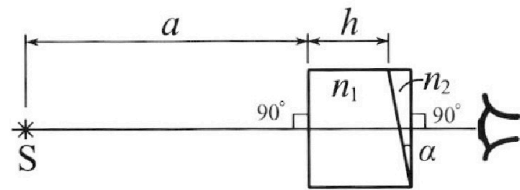


рис.). Угол  $\alpha = 0,1$  рад можно считать малым, толщина  $h = 9$  см. Толщина призмы с показателем преломления  $n_2$  на прямой «источник – глаз» намного меньше  $h$ . Отражения в системе не учитывать.

- 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.

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)  $a = \frac{dv}{dt}$  тангенс касательной графика  $v(t)$

Найдём  $a$  когда  $v = v_1 = 20 \frac{м}{с}$  ( $a_1$ )

$$a_1 \approx = \frac{5}{20} = 0,25 \frac{м}{с^2} \quad \text{Ответ на первый вопрос.}$$

2) 2 ЗН

$a_m = F_T - kv$  где  $F_T$  - сила тяги,  $k$  - коэффициент

силе сопротивления  $F_{соп} = kv$ ,  $a$  и  $v$  ускорение

и скорость в этот момент времени.

Из графика видно, в конце разгона автомобиль  
движется без ускорения значит

$$0 = F_k - kv_k \quad 2 \text{ ЗН} \quad v_k - \text{конечная скорость,}$$

из графика видно что  $v_k = 25 \frac{м}{с}$

$$F_k = kv_k \quad k = \frac{F_k}{v_k} = \frac{500 \text{ Н}}{25 \frac{м}{с}} = 20 \frac{\text{Н} \cdot \text{с}}{\text{м}}$$

Затем 2 ЗН когда  $v = v_1 = 20 \frac{м}{с}$

$$a_1 m = F_1 - kv_1 \quad F_1 = a_1 m + kv_1 = a_1 m + \frac{v_1 \cdot F_k}{v_k} =$$

$$F_1 = 950 \text{ Н} \quad \text{Ответ на второй вопрос.}$$

$$3) P = F_T \cdot v \quad P_1 = F_1 \cdot v_1 = 19000 \text{ Вт} \quad \text{Ответ на 3}$$

вопрос

Ответы 1)  $0,25 \frac{м}{с^2}$  2) 950 Н 3) 19000 Вт

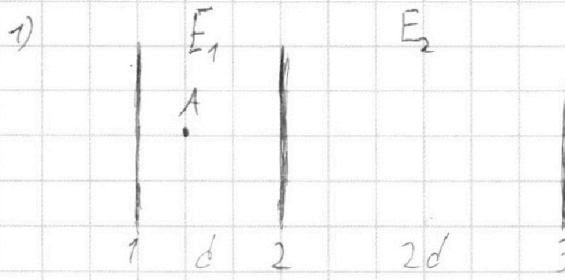
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



$E_1$  - напряжённость между сетками 1 и 2.  
 $E_2$  - напряжённость между сетками 2 и 3.

$U_1 = E_1 d$      $a_1 = \frac{E_1 q}{m}$      $a_1$  - ускорение частицы между сетками 1 и 2

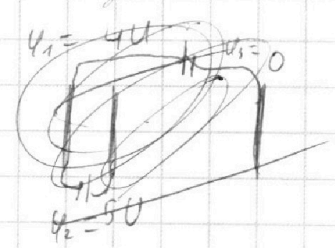
$a_1 = \frac{U_1 q}{d m} = \frac{U q}{d m}$     Ответ на 1 вопрос.

2)  $K_1 + \varphi_1 q = K_2 + \varphi_2 q$      $\varphi q$  - потенциальная энергия,  $\varphi_1$  - потенциал сетки 1,  $\varphi_2$  - потенциал сетки 2.

$K_1 - K_2 = \varphi_2 q - \varphi_1 q = q(\varphi_2 - \varphi_1) = qU_1 = qU$   
 $K_1 - K_2 = Uq = Uq$     Ответ на 2 вопрос.

3)  $\frac{v_0^2 m}{2} = \frac{v_A^2 m}{2} + \varphi_1 q - \varphi_A q$      $v_A$  - скорость частицы в точке A.  
 $\varphi_A$  - потенциал в точке A.

$\varphi_A = \varphi_1 + E_1 \cdot \frac{d}{3} = \varphi_1 + \frac{U_1}{3} = \varphi_1 + \frac{U}{3}$



~~$\varphi_1 = 4U$~~ ,     ~~$\varphi_2 = 5U$~~   
 $v_A = -\sqrt{v_0^2 - \frac{2qU}{3m}}$     Ответ: на 3 вопрос.

Ответы: 1)  $\frac{Uq}{dm}$     2)  $Uq$     3)  $-\sqrt{v_0^2 - \frac{2qU}{3m}}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<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!

1) Т.к. поршень находится в равновесии, давление  
воздуха будет равно,

$$p_0 \cdot 0,5 V = \nu_1 R T_0 \quad p_0 \cdot 0,25 V = \nu_2 R T_0$$

$$\frac{\nu_2}{\nu_1} = 0,5$$

$\nu_1$  - кол-во вещества в верхней части

$\nu_2$  - кол-во вещества в нижней части  
в начале.

0,5 моль на первый вопрос. ✓ молье.

$$2) p_1 \cdot 0,2 V = \nu_1 R T, \quad p_2 \cdot 0,55 V = (\nu_2 + \Delta \nu) R T$$

Второе состояние.  $p_{\text{пара}} = p_{\text{атм}}$  т.к.  $T = 100^\circ \text{C}$ .

$$\Delta \nu = \kappa p_2 w = \kappa p_2 \cdot 0,25 V$$

$p_1$  - давление газа в верхней части  $p_2$  - парциальное  
давление газа в нижней части.

$$\text{Т.к. поршень в равновесии} \quad p_2 + p_A = p_1 \quad (1)$$

выразим  $p_1, p_2$  и  $\nu_1$  и подставим в (1)

$$\frac{10 \nu_2 R T}{V} = \frac{\nu_2 R T}{(0,55 V + \kappa \cdot 0,25 V \cdot R T)} + p_{\text{атм}}$$

$$\text{Отсюда } \nu_2 = \frac{5 \cdot p_A \cdot V}{R T}$$

$$\nu_2 = \frac{8 \cdot p_A \cdot V}{70 \cdot R T}$$

Ответ на 2 вопрос  
↓

$$p_0 = \frac{\nu_2 R T_0}{0,25 V} = \frac{8 \cdot p_A \cdot V \cdot R \cdot T}{70 \cdot R \cdot T \cdot 0,25 \cdot V} = \frac{32}{70} p_A = \frac{16}{35} p_A \quad \text{Ответ}$$

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 type="checkbox"/>	<input checked="" 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!

3) В каком направлении составили ток будет  
течь через катушку  $3L$ . Т.к. напряже-  
ние на ней будет равно 0.

$$I_1 \cdot 2R + L \cdot \frac{\Delta I_1}{\Delta t} = 3L \cdot \frac{\Delta I_2}{\Delta t}$$

$I_1$  - ток через катушку  $L$

гальванически на  $\Delta t$

$I_2$  - ток через катушку  $3L$

$$\Delta I_1 \cdot 2R + L \cdot \Delta I_1 = 3L \cdot \Delta I_2$$

Представим от момента когда замкнется цепь,  
до момента когда ток начнет течь в устано-  
вившемся состоянии.

$$I_1 \cdot 2R + L(0 - I_{1,0}) = 3L \cdot (I_2 - I_{3L}) \quad I_2 - \text{ток в устано-}$$

вившемся состоянии.

$I_{3L} = 0$  т.к. ток в катушке  
не меняется.

$$I_1 = \frac{E}{R}$$

$$Q = \left( \frac{3L \cdot E}{R} + \frac{L \cdot 3E}{11R} - \frac{2E \cdot 3L}{11L} \right) \cdot \frac{1}{2R}$$

$$Q = \frac{36LE}{22R^2} - \frac{18LE}{11R^2}$$

Ответ на 3 вопрос.

Ответы 1)  $\frac{3E}{11R}$  2)  $\frac{2E}{11L}$  3)  $\frac{11LE}{11R^2}$

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

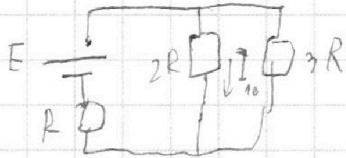
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

1) В установившемся режиме напряжение на катушках равно 0.



$$I_{\text{max}} = \frac{E}{R_{\text{max}}}$$

$I_{\text{max}}$  - ток через источник

$R_{\text{max}}$  - наибольшая сумма сопротивлений цепи

$$E = I_{\text{max}} \cdot R + I_{\text{max}} \cdot \frac{2R \cdot 3R}{2R + 3R} = \frac{11}{5} I_{\text{max}} R$$

$$I_{\text{max}} = \frac{5E}{11R}$$

сезуемости,  $I_{20}$  - ток через  $3R$ .  
 $I_{10} \cdot 2R = I_{20} \cdot 3R$  т.к. параллельно

$$I_{20} = I_{\text{max}} - I_{10}$$

$$I_{10} \cdot 2R = (I_{\text{max}} - I_{10}) \cdot 3R$$

$$I_{10} = \frac{3I_{\text{max}}}{5} = \frac{3E}{11R} \quad \text{Ответ на 1 вопрос}$$

2) Ток на катушке мгновенно не меняется.

Значит после замыкания ключа через резистор

$$R \text{ будет течь ток } I_{\text{max}} = \frac{5E}{11R}$$

$$E = U_{3L} + I_{\text{max}} R \quad U_{3L} = E - \frac{5E}{11} = \frac{6E}{11}$$

$$U_{3L} = 3L \cdot \dot{I}_{3L}$$

$$\dot{I}_{3L} = \frac{U_{3L}}{3L} = \frac{2E}{11L} \quad \text{Ответ на 2 вопрос.}$$

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 type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" 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!

продолжение.  $b_2$  расстояние от призмы до изображения

$$\frac{L_2}{\beta_2} = \frac{n_1}{n_6} \quad \text{аксиомы}$$

$$\beta_2 = \frac{n_6 L_2}{n_1}$$

$$\frac{\beta_2}{\varphi_2} = \frac{n_2}{n_1} \quad \varphi_2 = \frac{n_1 \beta_2}{n_2} = \frac{n_6 L_2}{n_2}$$

$$1 - n \cdot \beta_2 = b_2 \varphi_2, \quad l = a L_2$$

$n \beta_2$  очень мало, упрощает расстояние

Будет почти так же  $L = 548,1$  Ответ №3





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

Отметьте крестиком номер задачи,

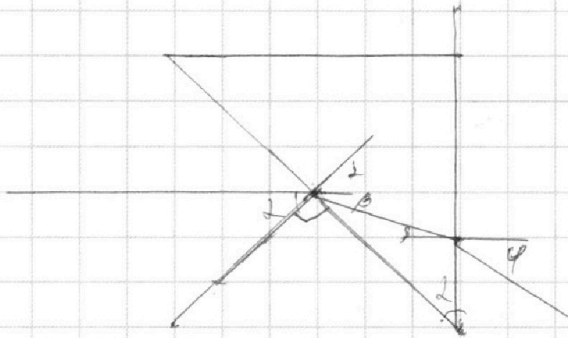
решение которой представлено на странице:

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



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

1) луч  $n_1 = n_2$  луч не преломляется.



$$\frac{\sin \alpha}{\sin(\alpha - \beta)} = \frac{n_2}{n_1}$$

$$\frac{\sin \beta}{\sin \varphi} = \frac{n_1}{n_2}$$

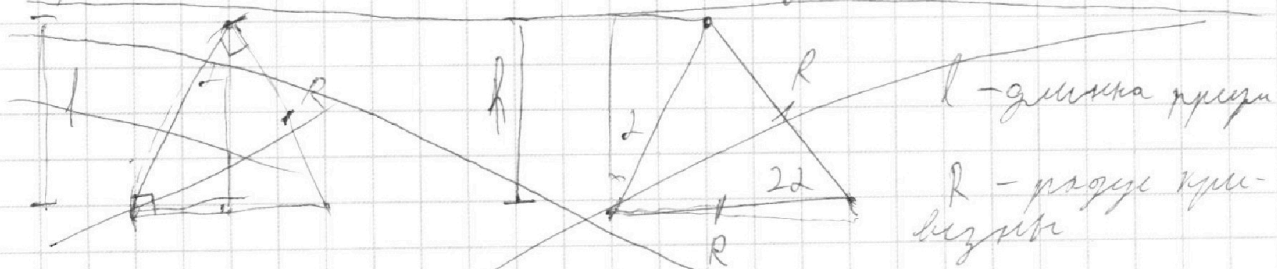
т.к. все углы малы

$$\frac{\alpha}{\alpha - \beta} = \frac{n_2}{n_1}, \quad \frac{\beta}{\varphi} = \frac{n_1}{n_2}$$

$$\varphi = \frac{n_2 \beta}{n_1} = \frac{(-n_1 \alpha + 2n_2) n_2}{n_2} = 2(-n_1 + n_2) = 2(n_2 - n_1)$$

$$\varphi = 2(n_2 - n_1) = 0,07 \quad \text{Ответ на 1 вопрос}$$

2) такую маленькую призму можно ~~еще~~ представить как линзу.



$$R \cdot \sin 2\alpha = R \cdot 2\alpha = l \quad R = \frac{l}{2\alpha}$$

$$D = (n_2 - n_1) \left( \frac{2\alpha}{l} - \frac{1}{R} \right) = (n_2 - n_1) \frac{2\alpha}{l}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1   
  2   
  3   
  4   
  5   
  6   
  7

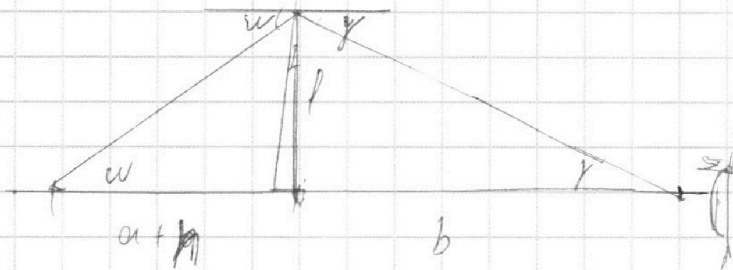


Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



$$D = \frac{1}{a+h} + \frac{1}{b}$$

~~$a+h$  расстояние до призмы~~  
 $b$  расстояние до



$h$  - расстояние от призмы до центра дна.

$$w = \frac{l}{a+h}, \quad y = \frac{l}{b}$$

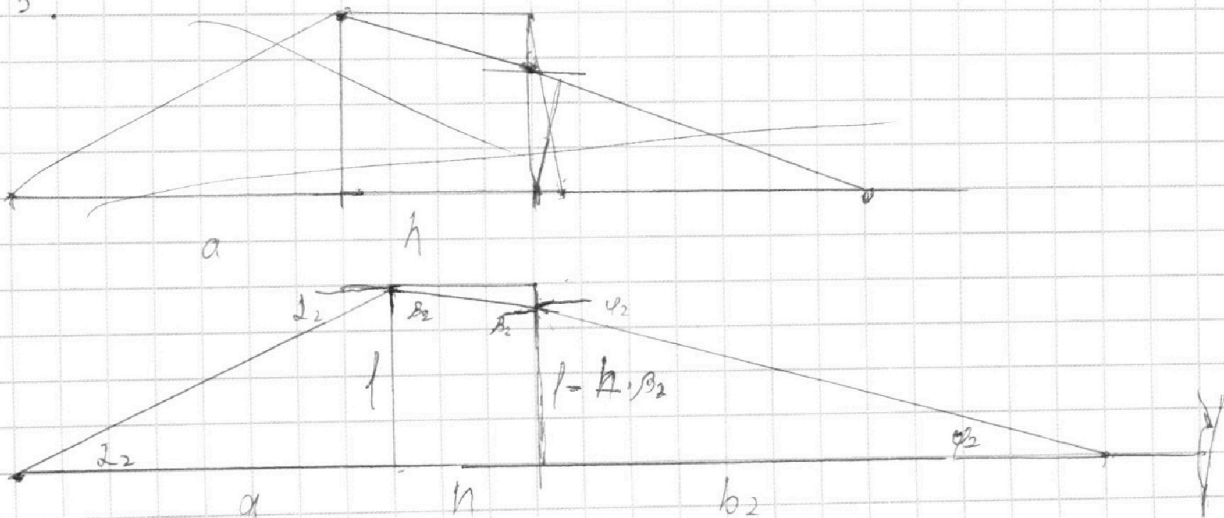
Т.к углы маленькие.

$$\frac{w}{y} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{b}{a+h}$$

$$b = \frac{(a+h) n_2}{n_1} = 345,1 \text{ см}$$

$$L = a+h+b = 548,1 \text{ см} \quad \text{См. в. на 2 в. вып.}$$

3.



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

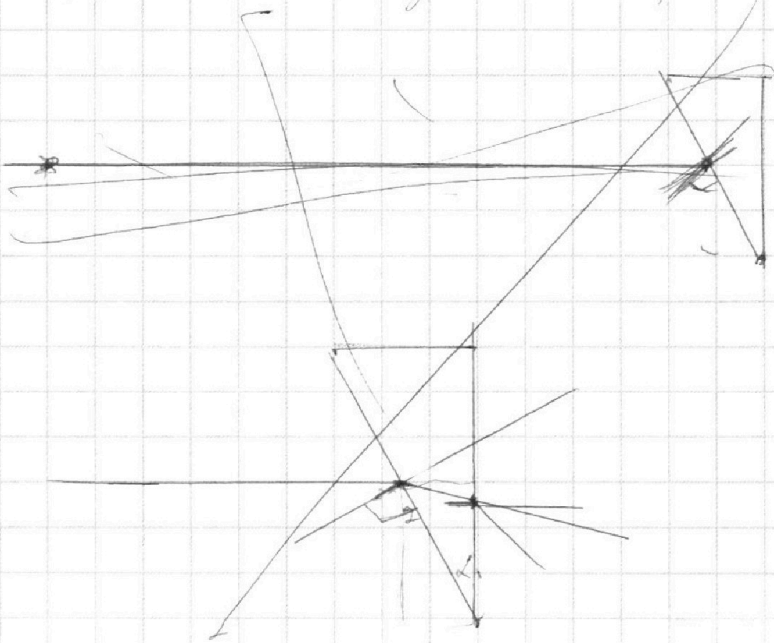
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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!

1) при  $n_2 = n_1$  луч не преломляется.



2003 . 1,7

$$\begin{array}{r} 203 \\ 17 \\ \hline 1421 \\ 203 \\ \hline 3451 \end{array}$$

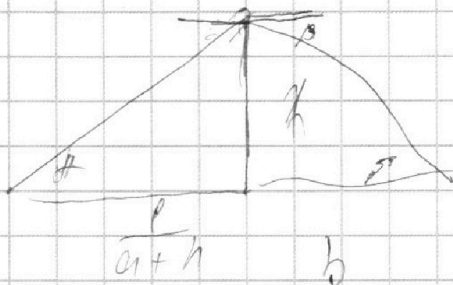
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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



$$\frac{l}{a+h} \quad \frac{b}{l}$$

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!



$$am = F_T - \mu k$$

$$F_T =$$

$$p_0 = 0,5 \text{ V}$$

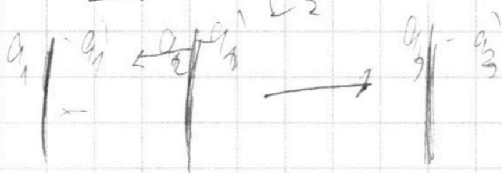
$$450 + 400 = 950$$

$$p_0 =$$

$$10^3 \cdot 10^9 \nu_2 = 3 \cdot 10^3 \nu_2 \quad \text{---} 950 + 2410 \text{ V}$$

$$\frac{E_1}{0,55 + 0,25} \quad E_2 \quad 19000$$

$$\frac{2 \nu_2 R T_0}{V} = \frac{4 \nu_2 R T_0}{V}$$



$$\nu_2 = 0,5 \text{ V}$$

$$\frac{1}{0,8} \quad \frac{70}{8}$$

$$E_1 \cdot d = 2V_1$$

$$U_2 = U_1 + E_2 \cdot 2d$$

$$a = \frac{E_0}{m}$$

$$20 \text{ V}$$

$$10 \frac{70}{1}$$

$$\frac{80}{8} \quad \frac{70}{1}$$

$$E_1 \cdot d$$

$$\frac{5}{20} - \frac{4}{20} \quad \frac{11}{20} \cdot 5$$

$$p_2 = 0,55 \text{ V} + p_2 k \cdot 0,25 \text{ V} \cdot RT =$$

$$U_1 = \varphi_1 - \varphi_2$$

$$\varphi_2$$

$$5,5$$

$$= \nu_2 RT$$

$$U = \varphi_2 - \varphi_1$$

$$4U = U$$

$$0,55$$

$$4U = \varphi_1 - \varphi_3$$

$$\varphi_2 = U + \varphi_1$$

$$U = \varphi_2 - \varphi_1$$

$$4U = \varphi_3 - \varphi_1$$

$$\varphi_3 = 4U + \varphi_1$$

$$4U = U + \varphi_3 - \varphi_2$$

$$4U = U + U_3 - U - \varphi_1$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

- 1  2  3  4  5  6  7

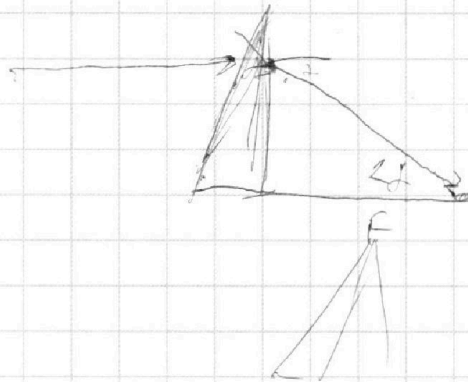
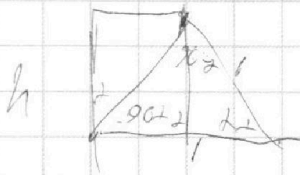


Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

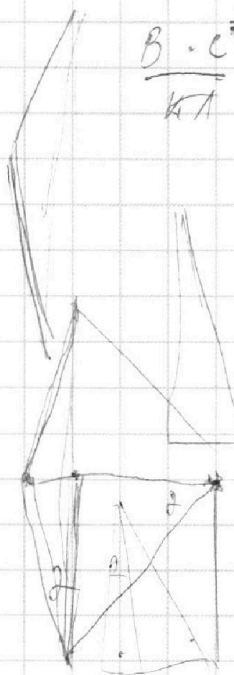


$$I_2 R + I_1 L = I_1 \cdot 3L$$

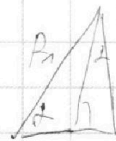
$$dQ_1 \cdot 2R + dI_1 L = dI_2 \cdot 3L$$



$$\frac{h}{2} \cdot \frac{h}{2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{h}{2} \cdot \frac{h}{2}$$



$$\frac{B \cdot c^2}{KA} \cdot \frac{B}{R} = \frac{KA}{c}$$



$$F = \epsilon h + h$$

$$F = \frac{h}{\epsilon c}$$

$$\frac{1}{R} = \frac{h}{R_2} + \frac{h}{R_1}$$

$$R_1 R_2$$

$$(R_2 - R_1) (R_1 + R_2)$$

$$L = \frac{h}{R_2} - \frac{h}{R_1}$$

$$\frac{h}{2} +$$

