



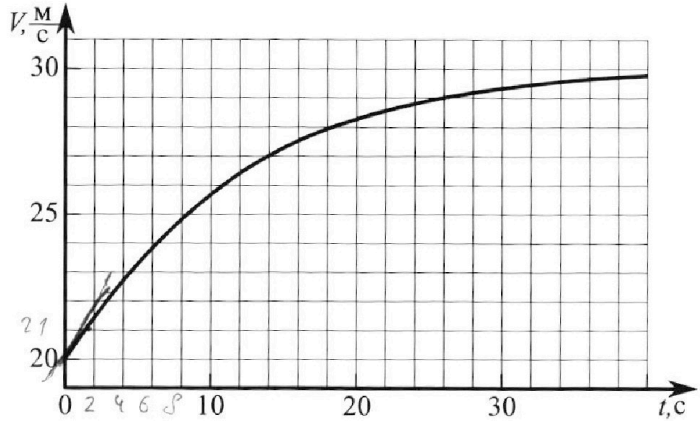
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 11-04



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

1. Мотоциклист массой (вместе с мотоциклом)  $m = 240$  кг движется с постоянной скоростью и затем разгоняется на прямолинейном горизонтальном участке дороги так, что мощность, передаваемая от двигателя на ведущее колесо, остается постоянной. График зависимости скорости от времени при разгоне показан на рисунке. В конце разгона сила сопротивления движению равна  $F_k = 200$  Н.



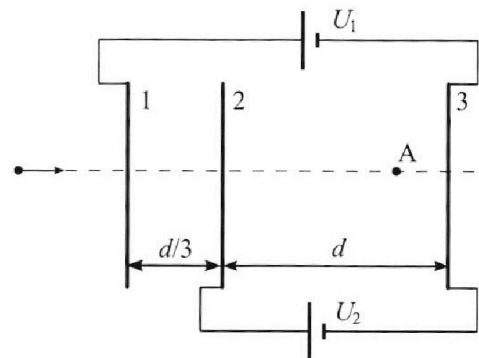
- 1) Используя график, найти ускорение мотоцикла в начале разгона.
  - 2) Найти силу сопротивления движению  $F_0$  в начале разгона.
  - 3) Какая часть мощности, передаваемой на ведущее колесо, идет на преодоление силы сопротивления движению в начале разгона?
- Требуемая точность численного ответа на 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  $3V/8$ . Затем цилиндр медленно нагрели до  $T = 4T_0/3 = 373$  К. Установившийся объём его верхней части стал равен  $V/8$ .

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  $k \approx 0,6 \cdot 10^{-3}$  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  $d/3$  (см. рис.). Размеры сеток значительно больше  $d$ . Изначально сетки не заряжены. К сеткам подсоединили источники с напряжением  $U_1 = 5U$  и  $U_2 = U$ . 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 2 и 3.
- 2) Найти разность  $K_3 - K_2$ , где  $K_2$  и  $K_3$  — кинетические энергии частицы при пролете сеток 2 и 3.
- 3) Найти скорость частицы в точке А на расстоянии  $3d/4$  от сетки 2.

Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

Вариант 11-04

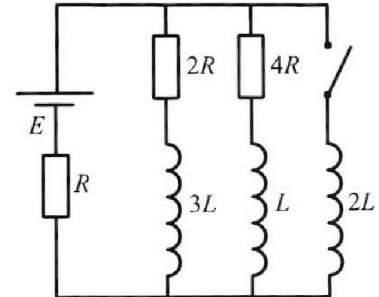
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.



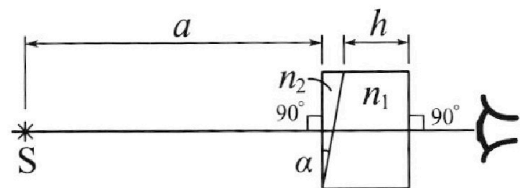
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 1) Найти ток  $I_{20}$  через резистор с сопротивлением  $4R$  при разомкнутом ключе.
- 2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивностью  $2L$  сразу после замыкания ключа.
- 3) Какой заряд протечет через резистор с сопротивлением  $4R$  при замкнутом ключе?

Ответы давать с числовыми коэффициентами в виде обыкновенных дробей.



5. Оптическая система состоит из двух призм с показателями преломления  $n_1$  и  $n_2$  и находится в воздухе с показателем преломления  $n_v = 1,0$ . Точечный источник света  $S$  расположен на расстоянии  $a = 100$  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.



(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  $n_1 = n_v = 1,0$ ,  $n_2 = 1,7$ , найдите на какой угол отклонится системой луч, идущий от источника перпендикулярно левой грани системы.
- 2) Считая  $n_1 = n_v = 1,0$ ,  $n_2 = 1,7$ , найдите расстояние между источником и его изображением, которое будет видеть наблюдатель.
- 3) Считая  $n_1 = 1,4$ ,  $n_2 = 1,7$ , 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
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input 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!

### Чистовик

$$a = \frac{dV}{dt} \rightarrow a = \tau_{\text{ж}} \text{ касательной в точке.}$$

1) Гредочик в моменте сравнительно прямой  $\rightarrow$  можем взять  $a = \frac{dV}{dt}$

$$= \frac{75 \text{ м}}{2 \text{ с}^2} = 3 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

2) обратим внимание на то что в конце гредочка  $a \rightarrow 0$

$$\rightarrow F_{\text{мотора}} = F_{\text{сопротивл}} \text{ при } \tau \rightarrow 0$$

$F_{\text{мотора}} = 200 \text{ Н.}$

2 закон Ньютона для  $\tau = 0$ : где  $m$  - масса Методика и человека)

$$ma = F_{\text{мотора}} - F_{\text{сопротивл}}(0)$$

$$F_0 = F_{\text{мотора}} - ma \cdot 0$$

$$F_0 = 200 - 200 \cdot 3 = 20 \text{ Н.}$$

$$3) \begin{aligned} M_{\text{мотора}} &= F_{\text{мотора}} \cdot U_0 \\ N_{\text{сопротивл}} &= F_0 \cdot U_0 \end{aligned} \rightarrow \eta = \frac{N_{\text{сопрот}}}{N_{\text{мотора}}} = \frac{F_0}{F_{\text{мотора}}} = \frac{1}{10}$$

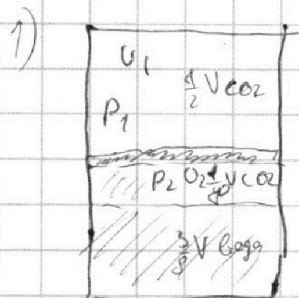
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



числовик

$$T_0 = \frac{3}{4} \cdot 373 \text{ K} = 279,75 = \frac{3}{4} T$$

$$\begin{array}{r} 373 \cdot 4 \\ 36 \overline{) 1492} \\ \underline{108} \\ 412 \\ \underline{360} \\ 52 \end{array}$$

$U_1$  - кон-во молей  $\text{CO}_2$  сверху

$U_2$  - кон-во молей  $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

$$\frac{373}{3} = 124,33$$

$$279,6 \approx 6^\circ \text{C} \rightarrow$$

$P_{\text{вода}} = 0$   
 $P_{\text{паров вода}} = 0$

$\rightarrow P_1 = P_2$       $P_1 = \frac{U_1 R T_0}{\frac{1}{2} V}$

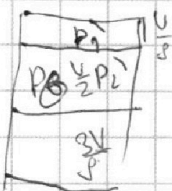
$\rightarrow \frac{U_1}{U_2} = 4$  - ге не треба.

$P_2 = \frac{U_2 R T_0}{\frac{1}{2} V}$       $U_1 \frac{R T_0}{\frac{1}{2} V} = U_2 \frac{R T_0}{\frac{1}{2} V}$

$P_2 = \frac{8 U_2 R T_0}{V}$       $2 U_1 = 8 U_2$   
 $U_1 = 4 U_2$

2) г.к  $T = 373 \text{ K} \rightarrow$  можно принять давление паров вода =  $P_0$ .

$P_0$  - парнасое среднее



$P_1' = P_0 + P_2'$

$P_1' = \frac{U_1 R T}{\frac{1}{2} V}$

$P_2' = \frac{U_2' \cdot R T}{V} \cdot 2$

$\Delta U_{\text{паров вода}} = k \cdot \frac{3}{8} V \cdot \frac{U_2 R T_0}{V} \cdot \delta$

~~AD паров вода~~ ~~кон-во молей~~

носе паров вода паров вода все раз  
 $U_2$  вода возигет  $\rightarrow$

$U_2' = U_2 + \Delta U_1 = U_2 + 3 k U_2 R T_0$

$U_2' = U_2 + 3 \cdot \frac{3}{4} \cdot k R T U_2$

$k = 0,6 \cdot 10^{-3}$       $R T = 3 \cdot 10^3$  | не ушев у м.  
 $k R T = \frac{18}{10}$

$U_2' = U_2 + \frac{9}{4} \cdot \frac{18}{10} \cdot U_2 = \frac{81}{20} U_2$

$\frac{4 U_2 R T}{V} \cdot \delta = P_0 + \frac{101 \cdot R T}{20 V} \cdot 2 \cdot U_2$

$\left( \frac{320 - 101}{10} \right) \frac{U_2 R T}{V} = P_0$

$U_2 = \frac{P_0 \cdot V \cdot 10}{R T \cdot 219} \rightarrow P_2 = \frac{8 U_2 R T_0}{V} = \frac{8 \cdot 3 U_2 R T}{V}$

$P_2 = \frac{P_0 \cdot V \cdot 10 \cdot R \cdot T \cdot 6}{V \cdot R \cdot T \cdot 219} = \frac{60 P_0}{219}$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

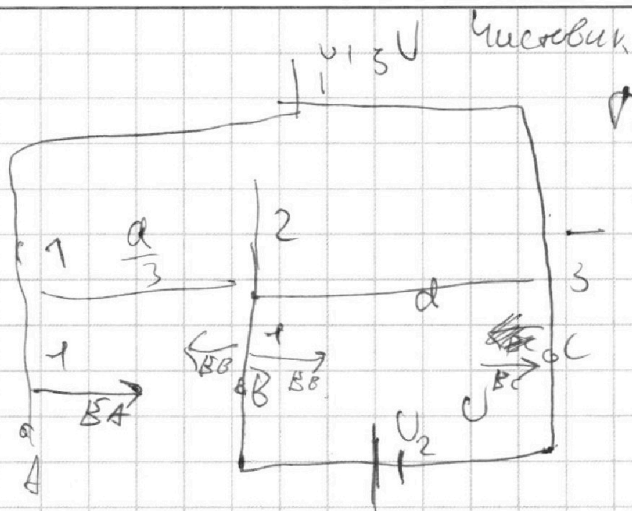
1   
  2   
  3   
  4   
  5   
  6   
  7



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



1



т.к.  $U_1$  сетка 10

сетка 1 имеет заряд  $q$   
напряженность в пространстве между 2 и 3

~~$EB - EC = EC - EB = (EB - EC) \cdot d = U$~~

~~$EA - EB = 4U = (EA - EB) \cdot d$~~

~~по закону сохранения в области 2, 3 с/м~~

~~$m \cdot d = (EB + EC) \cdot d$~~

~~самая первая закончилась по этой дороге~~

~~$m \cdot d = \frac{U}{a} \cdot q$~~

~~$a = \frac{U \cdot q}{d \cdot m}$~~

2)  $K_3 - K_2 : K_2 = K_3 - A$  по перемещению заряда

$A = U_2 \cdot q$   $U_2$  разность потенциалов между 2, 3 электр. массами.

~~$K_3 - K_2 = K_3 - K_2 + A = A = q \cdot U$~~

2 закон Ньютона для тел между 2 и 3:

~~$(2+3) : EA + EB + EC = \frac{U_2}{a}$~~

~~$(1-2) : EA - EB + EC = \frac{U_1 - U_2}{a}$~~

$m \cdot a = (EA + EB - EC) \cdot q = \frac{U_2}{a} \cdot q$

$a = \frac{U_2 \cdot q}{d \cdot m} = \frac{U \cdot q}{d \cdot m}$

2)  $K_3 - K_2 = 4e \cdot q = A = \frac{U}{2} \cdot q = U \cdot q$



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"/>



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

3)  $\frac{mv_2^2}{2} = \frac{mv_1^2}{2} - \frac{1}{4} q \cdot U_2$   $\frac{v_2}{a}$  Чистовик

$v_2^2 = v_1^2 - \frac{1}{2} q \cdot U_2$  (1-2)

$v_2 = \sqrt{v_1^2 - \frac{1}{2} q \cdot U_2}$  и найти

Время в точке А =  $\frac{mv_0^2}{2} - U_1 q + (U_1 - U_2) q + \frac{3}{4} U_2 \cdot q$

$\frac{mv^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2} - \frac{1}{4} U_2 q$

$v = \sqrt{v_0^2 - \frac{1}{2} \frac{U_2 q}{m}}$

$e_1 - e_2 = U_1 - U_2$   
 $e_1 - e_3 = U_1$   
 $e_2 - e_3 = U_2$

- Ответ:
- 1:  $|a| = \frac{U_1 q}{am}$
  - 2:  $|k_3 - k_2| = U_2 q$
  - 3:  $v = \sqrt{v_0^2 - \frac{1}{2} \frac{U_2 q}{m}}$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7



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



Числовые

МЧ.

1) до замыкания в сеть не идет

$$U_L = 0 \rightarrow$$

Закон Кирхгофа

$$\mathcal{E} = I_1 R + (I_1 - I_{20}) \cdot 2R$$

$$\mathcal{E} = I_1 R + (I_{20}) \cdot 4R$$

$$I_{20} \cdot 4R = (I_1 - I_{20}) \cdot 2R$$

$$6I_{20}R = 2I_1 R$$

$$I_{20} = \frac{1}{3} I_1 \quad I_1 - I_{20} = \frac{2}{3} I_1$$

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_1 R + \frac{4}{3} I_1 R \quad I_1 = \frac{\mathcal{E} \cdot 3}{7R} \rightarrow I_{20} = \frac{\mathcal{E}}{7R}$$

2) ток к таку в  $\tau=0$  не помещаемся. Но и напряжение между точками помещаться не успевает

$$\rightarrow U_{2L} = 4R I_{20} = \frac{4\mathcal{E}}{7R}$$

$$2L \frac{dI'}{dt} = \frac{4\mathcal{E}}{7R} \quad I' = \frac{2\mathcal{E}}{7RL} \quad 2L \left( \frac{dI'}{dt} \right)$$

$$3) \quad 3L \frac{dI'}{dt} + 2R I_1 = L \frac{dI_2}{dt} + 4R I_2 = \frac{2\mathcal{E}}{7R} \left( \frac{dI'}{dt} \right)$$

$$\mathcal{E} = (3\mathcal{E} \frac{dI'}{dt} + 2R) R + L \frac{dI'}{dt} + 4R I_2$$

Ответ:

$$1) I_{20} = \frac{\mathcal{E}}{7R}$$

$$2) I' = \frac{2\mathcal{E}}{7RL}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1   
  2   
  3   
  4   
  5   
  6   
  7



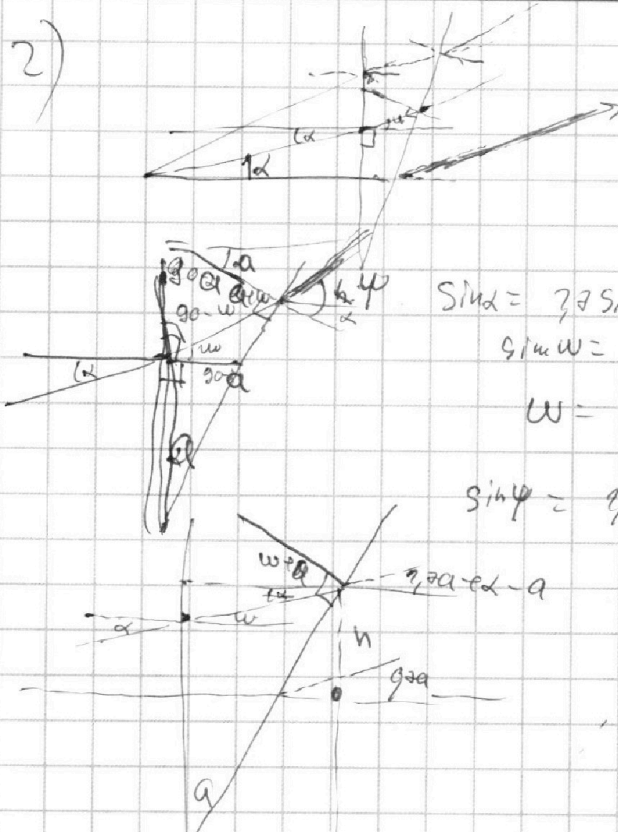
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



2)

Числовик

Маленькие углы  $\alpha$  и  $\omega$



$$\sin \alpha = 1,7 \sin \omega$$

$$\sin \omega = \frac{\sin \alpha}{1,7} \quad \text{гмб}$$

$$\omega = \frac{\alpha}{1,7}$$

$$\sin \psi = 1,7 \sin(\alpha + \omega) \quad \psi = 1,7(\alpha + \omega) = 1,7 \alpha$$

$$\operatorname{tg} \alpha \cdot a = h$$

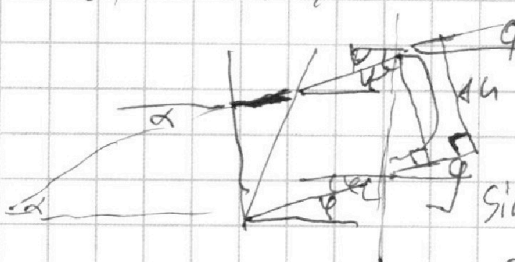
$$\left( \operatorname{tg}(\alpha + \omega) - \operatorname{tg}(\alpha) \right) S = h$$

$$\operatorname{tg} \alpha \cdot a = \operatorname{tg} \alpha \cdot S$$

$a = S$  - расстояние от вершины до центра  
 $S$  - расстояние от вершины до центра

$\Rightarrow$  при  $S = a \rightarrow$  расстояние  $\approx 0$ .

3)  $h_1 = 1,4$      $h_2 = 1,7$



$$\varphi = \frac{1,7}{1,4} \alpha - \alpha$$

$$\psi = \frac{1,7}{1,4} \alpha + \frac{1,7}{1,4} \alpha - \alpha$$

$$\sin \angle \varphi = 1,4 \sin \psi = \frac{3}{10} \alpha + 1,7 \alpha$$

$$\sin \angle \varphi = \frac{5}{10} \alpha$$

$$\Delta h = \operatorname{tg} \alpha \cdot A$$

$$S = \frac{A}{1,7}$$



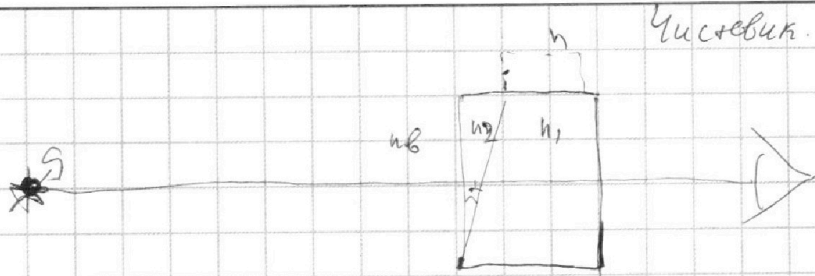
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

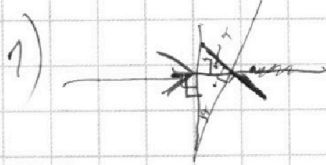
1   
  2   
  3   
  4   
  5   
  6   
  7



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

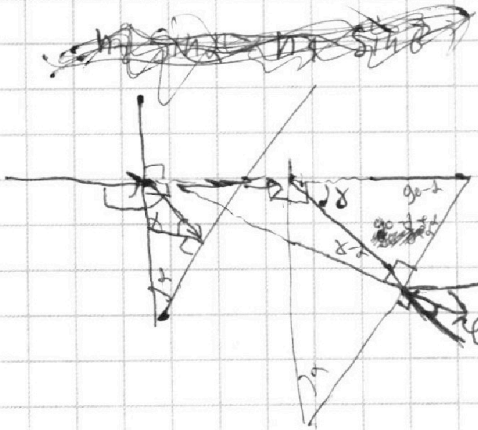


Числовик.



р.к.  $n_1 = n_2 \rightarrow$  лучи переходят около середин предела не дугет.

р.к. луч идет от предела из воздуха в стекло к краю не дугет.



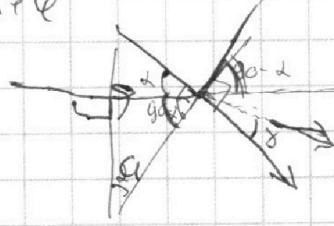
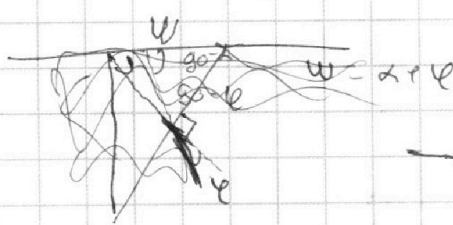
$$n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta$$

$$\sin \alpha = 1,7 \sin \beta$$

$$\sin \beta = \frac{1}{1,7} \sin \alpha$$

$$\sin \beta = \frac{1}{1,7} \cdot \sqrt{0,99} = 0,1 \cdot \sqrt{\frac{1,99}{2,89}}$$

$$\sin \beta = 1 - 0,01 \cdot \sqrt{\frac{1,99}{2,89}} = 1 - 0,03$$



1) угол отклонения =  $|\alpha - \beta|$

$$1,7 \sin \alpha = 1,7 \sin \beta$$

$$\sin \alpha = 1,7 \sin \beta$$

1) угол отклонения =  $|\arcsin(0,17) - 0,1|$   
 если 0,17 - малый угол, то угол отклонения  $\approx 0,07$  рад.

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

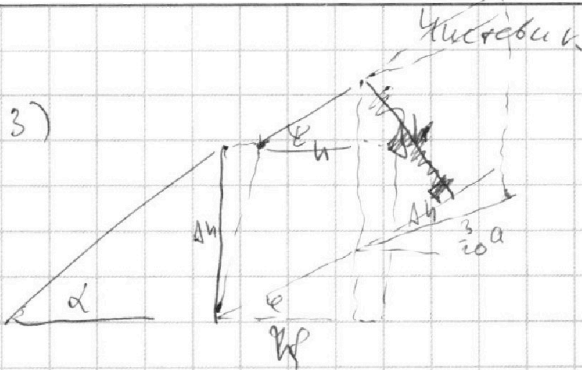
1  2  3  4  5  6  7



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



3)



$$\Delta h = \Delta h - \text{tg } \epsilon \cdot 24 + \text{tg } \epsilon \cdot 24$$

$$\Delta h = 24 \cdot \frac{3}{24} \cdot 9 + 24 \cdot \frac{3}{24} \cdot 9 + \frac{17}{24} \Delta h$$

$$= 4 \Delta h + \frac{17}{24} \Delta h \quad \Delta - \text{мил.}$$

$\text{tg } \epsilon = 9$  *т.к. угол малее*

$$\Delta h = \text{tg } \alpha \cdot A = 100 \alpha + \frac{17}{24} \Delta h$$

$$\Delta h = \text{tg } 9 \cdot S - \text{tg } 9 S = 17 \alpha \cdot S$$

$$17 \alpha S = 100 \alpha + \frac{17}{24} \Delta h$$

$\text{tg } 9 S$  — расстояние от прямой поверхности до издремания.

$$S = \frac{1000}{17} + \frac{10}{24}$$

$$\begin{array}{r} 1000 / 17 \\ 85 \quad 150,9... \\ 150 \\ -134 \\ \hline 160 \end{array}$$

$\Delta S$  между издреманием и столешкой =

$$= 120 - \frac{1000}{17} - \frac{10}{24} \approx 60,5$$

Ответ: 1:  $0,07 \text{ рад}$

2:  $\Delta S = 0$

3:  $\Delta S \approx 60,5 \text{ см.}$

$$\frac{10,24}{9}$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1

2

3

4

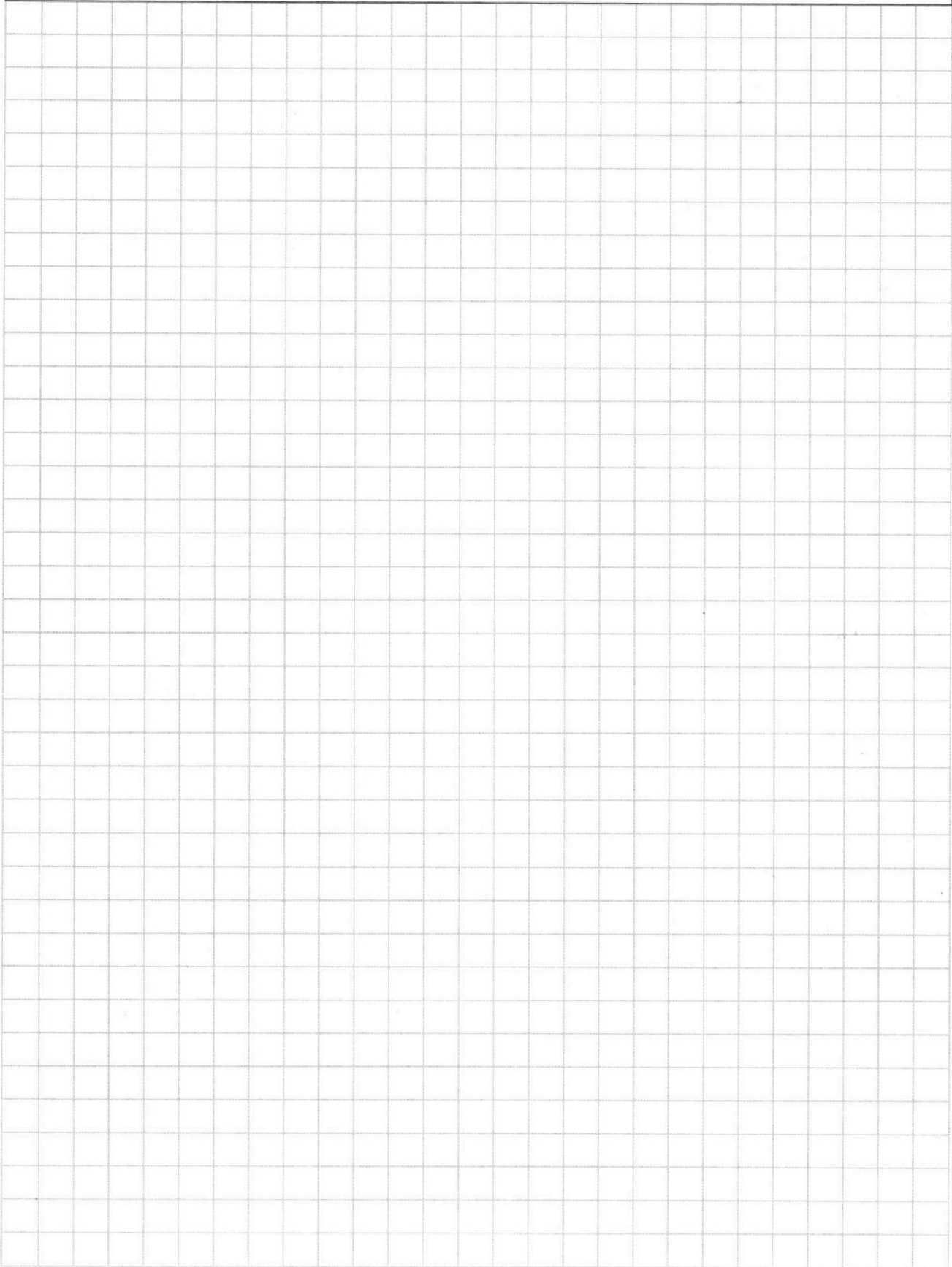
5

6

7

 МФТИ

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





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"/>



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

