



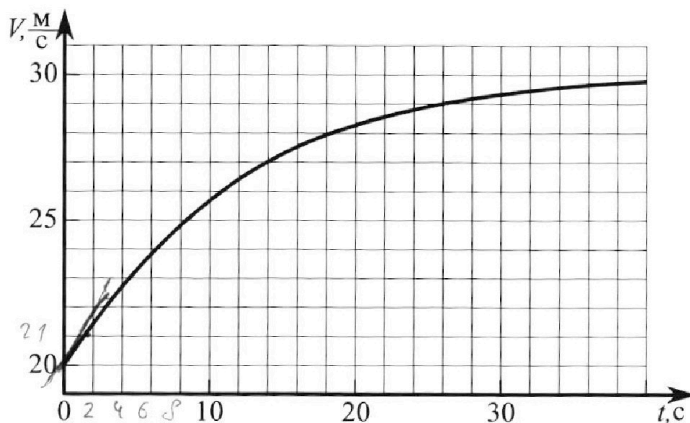
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## 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.



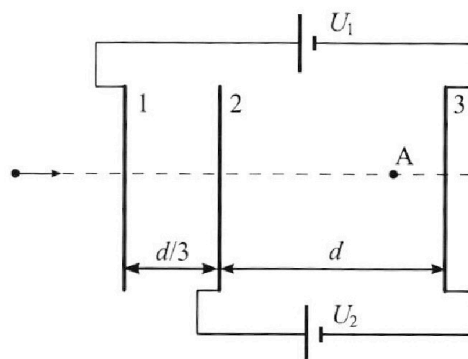
- 1) Используя график, найти ускорение мотоцикла в начале разгона.
  - 2) Найти силу сопротивления движению  $F_0$  в начале разгона.
  - 3) Какая часть мощности, передаваемой на ведущее колесо, идет на преодоление силы сопротивления движению в начале разгона?
- Требуемая точность численного ответа на 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  $\Delta n$  растворённого газа в объёме жидкости  $w$  пропорционально парциальному давлению  $p$  газа:  $\Delta n = kpw$ . 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 A на расстоянии  $3d/4$  от сетки 2.

Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

Вариант 11-04

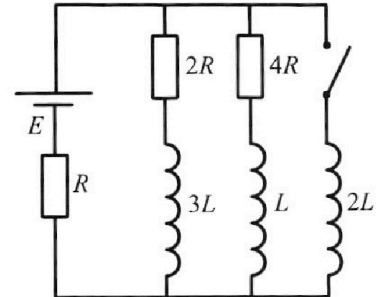
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.



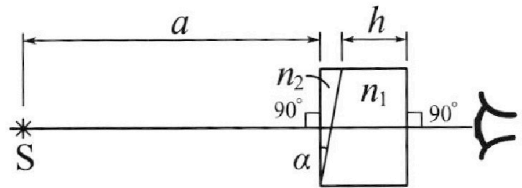
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 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.



- 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"/> |

МФТИ

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

Чистовик

$$a = \frac{dV}{dt}$$

$\rightarrow a = \tau g$  касательной в точке.

1) График в начале сравнительно прямой  $\rightarrow$  можем взять  $a = \frac{\Delta V}{\Delta t}$

$$= \frac{75 \text{ м}}{\frac{1}{2} \text{ с}} = 3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

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

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

$F_{\text{мотора}} = 200 \text{ Н}$

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

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

$$F_0 = F_{\text{мотора}} - ma$$

$$F_0 = 200 - 240 \cdot 3 = 20 \text{ Н}$$

3)  $N_{\text{мотора}} = F_{\text{мотора}} \cdot v_0$   
 $N_{\text{сопротивл}} = F_0 \cdot v_0 \rightarrow \eta = \frac{N_{\text{сопр}}}{N_{\text{мотора}}} = \frac{F_0}{F_{\text{мотора}}} = \frac{1}{10}$



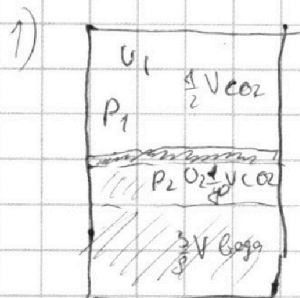
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

|                          |                                     |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1                        | 2                                   | 3                        | 4                        | 5                        | 6                        | 7                        |
| <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!



числовик

$$T_0 = \frac{3}{4} \cdot 373 \text{ K} = 279,6 = \frac{3}{4} T$$

$V_1$  - кон-во молей  $\text{CO}_2$  сверху

$V_2$  - кон-во молей  $\text{CO}_2$  снизу

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

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

$$p_{\text{вода}} = 0$$

$$p_{\text{паров вода}} = 0$$

$$\rightarrow p_1 = p_2 \quad p_1 = \frac{V_1 R T_0}{\frac{1}{2} V}$$

$$p_2 = \frac{V_2 R T_0}{\frac{1}{2} V} \quad \frac{V_1 R T_0}{\frac{1}{2} V} = \frac{V_2 R T_0}{\frac{1}{2} V}$$

$$p_2 = \frac{8 V_1 R T_0}{V}$$

$$2 V_1 = 8 V_2$$

$$V_1 = 4 V_2$$

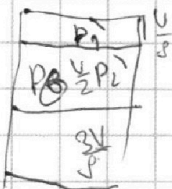
$$\rightarrow \frac{V_1}{V_2} = 4 - \text{го не требуется.}$$

2)

г.к

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

$p_0$  - атмосферное  
можно принять давление паров вода =  $p_0$ .



$$p_1' = p_0 + p_1'$$

$$p_1' = \frac{V_1 R T}{V}$$

$$p_2' = \frac{V_2' \cdot R T}{V}$$

$$\Delta U_{\text{газа}} = k \cdot \frac{3}{2} V \cdot \frac{V_2 R T}{V} \delta$$

~~но не требуется~~  
но не требуется  
из вода вытеснит  $\rightarrow$

$$V_2' = V_2 + \Delta V_1 = V_2 + 3 k V_2 R T$$

$$V_2' = V_2 + 3 \cdot \frac{3}{4} \cdot k R T V_2$$

$$V_2' = V_2 + \frac{9}{4} \cdot \frac{18}{10^5} \cdot V_2 = \frac{81}{10} V_2$$

$$\left[ k = 0,6 \cdot 10^{-3} \quad R T = 3 \cdot 10^3 \right] \text{ по условию.}$$

$$k R T = \frac{18}{10}$$

$$\frac{4 V_2 R T}{V} \cdot \delta = p_0 + \frac{101 \cdot R T}{20 V} \cdot V_2$$

$$\left( \frac{320 - 101}{10} \right) \frac{V_2 R T}{V} = p_0$$

$$p_2 = \frac{p_0 \cdot V \cdot 10 \cdot R T \cdot 6}{V \cdot R T \cdot 219}$$

$$V_2 = \frac{p_0 \cdot V \cdot 10}{R T \cdot 219} \rightarrow p_2 = \frac{8 V_2 R T}{V} = \frac{8 \cdot 3 V_2 R T}{V}$$

$$\frac{60 p_0}{219}$$







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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

|                          |                          |                                     |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1                        | 2                        | 3                                   | 4                        | 5                        | 6                        | 7                        |
| <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!

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

$v_2^2 = v_1^2 - \frac{1}{2} \frac{q}{m} U_2$

$v_2 = \sqrt{v_1^2 - \frac{1}{2} \frac{q}{m} U_2}$

Вектор  $A = \frac{mv_0^2}{2} - U_1 q + (U_1 - U_2) q + \frac{3}{4} U_2 \cdot q$

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

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

Чистовик  
1. К. Т. Изменение энергии  
из галерея 10 разброс  
из  $e_0 = 0$   
удаление галерея до  $e_{s1}$   
и  $e_{s2}$

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

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

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"/> |

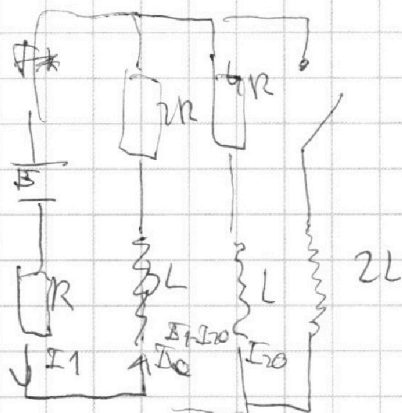
МФТИ

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



Численный

МЧ.



1) до замыкания в цепи нет тока

$$U_L = 0 \rightarrow$$

Закон Кирхгофа:

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

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

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

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

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

$$E = E_1 R + \frac{4}{3} I_1 R \quad I_1 = \frac{E \cdot 3}{7R} \rightarrow I_{20} = \frac{E}{7R}$$

2) ток в катушке в  $t=0$  не меняется, то и напряжение между точками не успевает

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

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

$$3) \quad 3L \frac{dI_1}{dt} + 2R I_1 = L \frac{dI_2}{dt} + 4R I_2 = 2L \frac{dI'}{dt} + 4R I'$$

$$E = (3E I_1 + 2R) R + L \frac{dI_1}{dt} + 4R I_2$$

Ответ:

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

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



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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

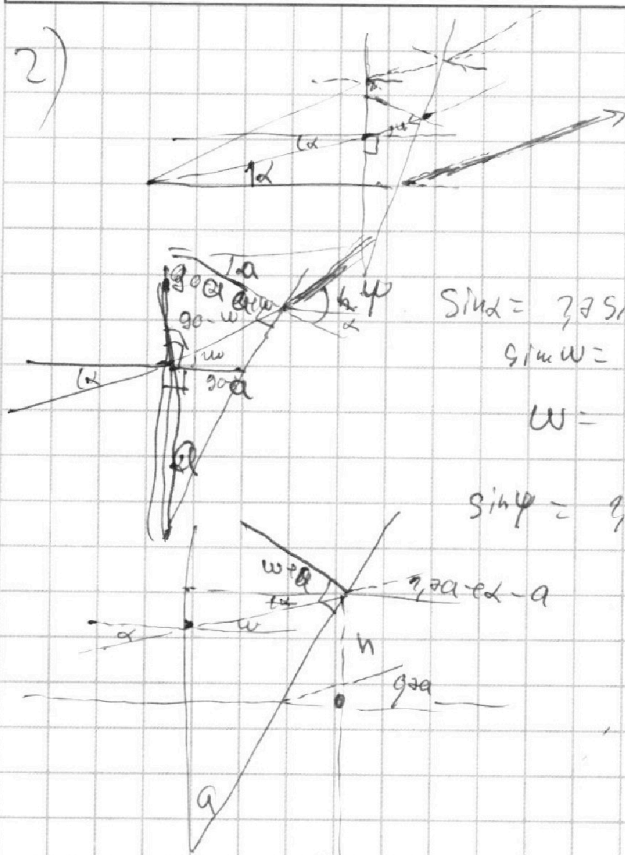
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



2)

Числовик

Маленький угол  $\alpha$  и  $\omega$



$$\sin \alpha = 1.7 \sin \omega$$

$$\sin \omega = \frac{\sin \alpha}{1.7}$$

$$\omega = \frac{\alpha}{1.7}$$

$$\sin \psi = 1.7 \sin(\alpha + \omega) \quad \psi = 1.7(\alpha + \omega) = 1.7\alpha + \alpha$$

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

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

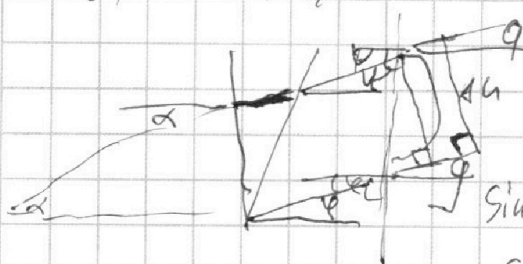
$$\operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} \psi$$

$a = S \operatorname{tg} \alpha$  расстояние от основания до вершины

$S$  - расстояние от основания до места где  $h$ .

$\Rightarrow$  из  $S = a \Rightarrow$  расстояние  $\approx 0$ .

3)  $h_1 = 1.4$   $h_2 = 1.2$



$$\psi = \frac{1.4}{1.4} \alpha - \alpha$$

$$\psi = \frac{1.2}{1.4} \alpha + \frac{1.4}{1.4} \alpha - \alpha$$

$$\sin \angle \psi = 1.4 \sin \psi = \frac{3}{10} \alpha + 1.2 \alpha$$

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

$$\Delta h = \operatorname{tg} \alpha \cdot A \quad S \cdot \operatorname{tg} 1.2 \alpha = h$$

$$S = \frac{h}{\operatorname{tg} 1.2 \alpha}$$

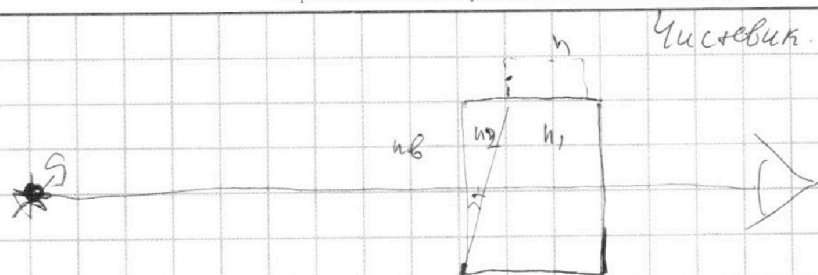
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

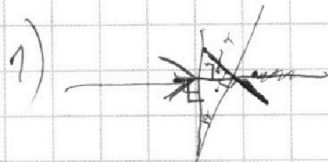
|                          |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 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!



Чистовик.



т.к.  $n_1 = n_2 \rightarrow$  при переходе среды  
среды преломления не будет.

т.к.  $n_1 \neq n_2$  при переходе среды  
из воздуха в  $n_2$  край. не будет.

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

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

$$\cos \alpha = \sqrt{1 - \frac{1}{1,7^2}} = \sqrt{\frac{2,89 - 1}{2,89}} = \sqrt{\frac{1,89}{2,89}} = \sqrt{0,654} = 0,809$$

$$\sin \beta = 0,1 \quad \cos \beta = 0,99$$

$$\sin \varphi = \frac{1}{1,7} \cdot \sqrt{0,99} = 0,1 \cdot \sqrt{\frac{1,89}{2,89}} = 0,1 \cdot \sqrt{0,654} = 0,08$$

$$\sin \varphi = 1 - 0,08 = 0,92 \quad \varphi = 67,3^\circ$$

$$1) \text{ угол отклонения} = |\alpha - \beta|$$

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

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

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

$$1) \text{ угол отклонения} = |\arcsin(0,17) - 0,1|$$

или  $0,17$  - 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:

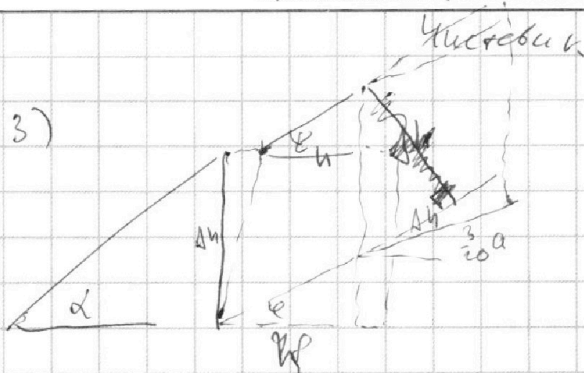
|                          |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1                        | 2                        | 3                        | 4                        | 5                                   | 6                        | 7                        |
| <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!



3)



$$h' = h - \frac{100}{l} \cdot l = h - 100$$

$$h' = 100 - \frac{100}{l} \cdot l = 100 - 100 = 0$$

$$h = \frac{100}{\sin \alpha} = 100 \cdot \frac{1}{\sin \alpha} = 100 \cdot \frac{1}{\frac{1}{2}} = 200$$

$$h = 100 \cdot \frac{1}{\sin \alpha} = 100 \cdot \frac{1}{\frac{1}{2}} = 200$$

$$100 \cdot \frac{1}{\sin \alpha} = 100 \cdot \frac{1}{\frac{1}{2}} = 200$$

$\frac{100}{\sin \alpha}$  — расстояние от вершины поверхности до изобретателя.

$$S = \frac{1000}{17} + \frac{10}{14}$$

$$\begin{array}{r} 1000/17 \\ 85 \overline{) 150} \\ 150 \\ \hline 0 \end{array}$$

$\Delta S$  между изобретателем и столешкой =

$$= 100 - \frac{1000}{17} - \frac{10}{14} \approx 60,5$$

Ответ: 1: 0,07 рад

2:  $\Delta S = 0$

3:  $\Delta S \approx 60,5$  см.



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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1  
☐

2  
☐

3  
☐

4  
☐

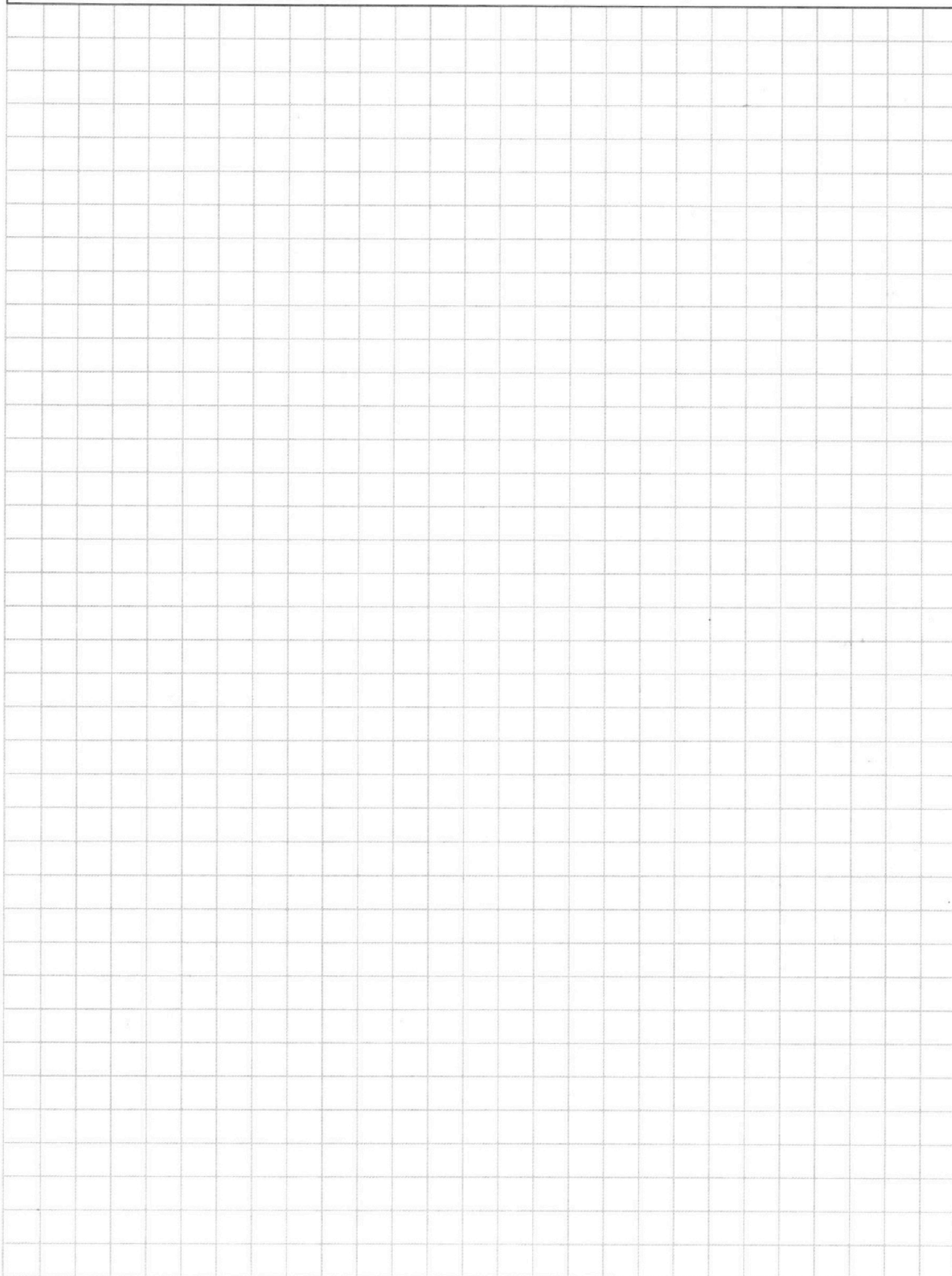
5  
☐

6  
☐

7  
☐

 **МФТИ**

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





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!

