



# Олимпиада «Физтех» по физике,

февраль 2025



## Вариант 09-01

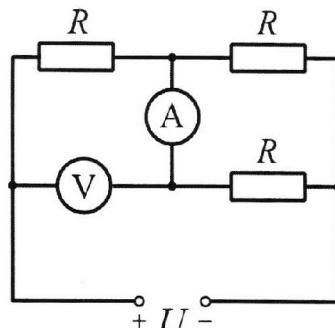
*В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.*

4. В электрической цепи (см. схему на рис.) сопротивления трех резисторов одинаковы и равны  $R = 100 \text{ Ом}$ . Цепь подключена к источнику постоянного напряжения  $U = 30 \text{ В}$ . Сопротивление амперметра пренебрежимо мало по сравнению с  $R$ , сопротивление вольтметра очень велико по сравнению с  $R$ .

1 Найдите силу  $I$  тока, текущего через источник.

2 Найдите показание  $U_B$  вольтметра.

3 Какая мощность  $P$  рассеивается в цепи?



5. В калориметр, содержащий воду при температуре  $t_1 = 10 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , помещают лед. Масса льда равна массе воды. После установления теплового равновесия отношение массы льда к массе воды  $n = 9/7$ . Пусть  $m_0 = 8m \Rightarrow m_f \rightarrow \text{лед} = m = \frac{1}{8}m_0$ .

1. Найдите долю  $\delta$  массы воды, превратившейся в лед.

2. Найдите начальную температуру  $t_2$  льда.

В теплообмене участвуют только лед и вода. Удельная теплоёмкость льда  $c_{\text{л}} = 2,1 \cdot 10^3 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot { }^{\circ}\text{C})$ , удельная теплоёмкость воды  $c_{\text{в}} = 4,2 \cdot 10^3 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot { }^{\circ}\text{C})$ , удельная теплота плавления льда  $\lambda = 3,36 \cdot 10^5 \text{ Дж}/\text{кг}$ , температура плавления льда  $t_0 = 0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ .



# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 09-01



*В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.*

1. Шайба массой  $m=0,2$  кг движется поступательно по гладкой горизонтальной плоскости. Скорость шайбы изменяется со временем по закону  $\vec{V}(t) = \vec{V}_0 \left(1 - \frac{t}{T}\right)$ , здесь  $\vec{V}_0$  – вектор начальной скорости, модуль начальной скорости  $V_0 = 4$  м/с, постоянная  $T = 2$  с.

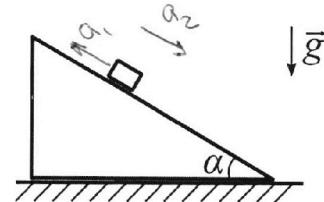
1. Найдите путь  $S$ , пройденный шайбой за время от  $t = 0$  до  $t = 4T$ .
2. Найдите модуль  $F$  горизонтальной силы, действующей на шайбу.
3. Найдите работу  $A$  силы  $F$  за время от  $t = 0$  до  $t = T$ .

2. Футболист наносит удар по мячу, лежащему на горизонтальной площадке. Через  $T = 4$  с мяч падает на площадку. Известно, что отношение максимальной и минимальной скоростей мяча в процессе полета  $\frac{V_{MAX}}{V_{MIN}} = n = 2$ . Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. Силу сопротивления воздуха считайте пренебрежимо малой.

1. Найдите максимальную высоту  $H$  полета.
2. Найдите горизонтальную дальность  $S$  полета.
3. Найдите радиус  $R$  кривизны начального участка траектории.

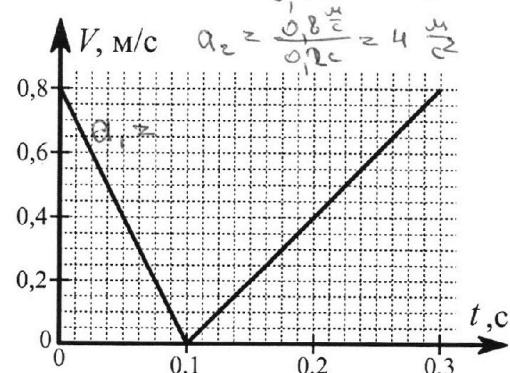
3. На шероховатой горизонтальной плоскости стоит клин. Шайбу кладут на шероховатую наклонную плоскость клина и сообщают шайбе начальную скорость. Шайба движется по покоящемуся клину. Часть зависимости модуля скорости шайбы от времени представлена на графике к задаче. Поступательное движение шайбы до и после остановки происходит по одной и той же прямой. Масса шайбы  $m = 0,2$  кг, масса клина  $2m$ . Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

1. Найдите  $\sin \alpha$ , здесь  $\alpha$  – угол, который наклонная плоскость клина образует с горизонтом.
2. Найдите модуль  $F_{TP}$  наибольшей силы трения, с которой горизонтальная плоскость действует на клин в процессе движения шайбы по клину при  $0 < t < 0,3$  с.
3. При каких значениях коэффициента  $\mu$  трения скольжения клина по горизонтальной плоскости клин будет находиться в покое при  $0 < t < 0,3$  с?



$$\alpha_1 = \frac{0,8 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{0,1 \text{с}} = 8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$\alpha_2 = \frac{0,8 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{0,2 \text{с}} = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$





На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи **отдельно**.

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

СТРАНИЦА  
1 из 1

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач **нумеруются отдельно**. Порча QR-кода недопустима!

N 1

$$\vec{v} = \vec{v}_0 \left(1 - \frac{t}{T}\right) \Rightarrow \text{Прямая, на которой лежат вектора}$$

$\vec{v}$  и  $\vec{v}_0$  — линейные зависимости от  $t$ ,  
т.к. вектор умножается на коэф.  
(могут отличаться направления)

Заметим, что т.к.  $t$  делится на постоянный  
коэф  $T$ , тело движется равноускоренно и  
ускорение направлено против её начальной скорости.

Найдём  $a$ . Т.к.  $a = \text{const}$ , рассмотреть можно  
любую ситуацию. Например  $t = T = 2\text{s}$

$$\Rightarrow v = v_0 \left(1 - 1\right) = 0$$

За  $2\text{s}$  тело изменило скорость на  $v_0 - 0 = 25 \frac{\text{м}}{\text{s}}$

$$\Rightarrow a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = 2 \frac{\text{м}}{\text{s}^2}$$

①  $S = S_1 + S_2$  т.к. нужно найти Путь

$$\xleftarrow{S_1} \xrightarrow{S_2} S_1 = \frac{2 \frac{\text{м}}{\text{s}^2} \cdot (2)^2}{2} = 4\text{м} \quad (\text{к моменту } t = T)$$

$$\Rightarrow \text{Еще проойдёт } 3T = 6\text{s} \quad S_2 = \frac{2 \frac{\text{м}}{\text{s}^2} \cdot (6)^2}{2} = 36\text{м}$$

$$S = 4\text{м} + 36\text{м} = 40\text{м}$$

② По 2 закону Ньютона: (т.к. плоскость гладкая,  $F_{\text{fr}} = 0$ )

$$F = ma \quad F = 0,2 \text{ кг} \cdot 2 \frac{\text{м}}{\text{s}^2} = 0,4\text{Н}$$

$$③ A = F \cdot S_1 = 0,4\text{Н} \cdot 4\text{м} = 1,6 \text{Дж}$$

Ответ:  $40\text{м}; 0,4\text{Н}; 1,6 \text{Дж}$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.








СТРАНИЦА  
1 из 1

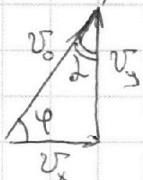
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по **каждой из задач** нумеруются **отдельно**. Порча QR-кода недопустима!

N2

$$\vec{V}_o = \vec{V}_x + \vec{V}_y$$

$$V_x = \text{const}$$

$$H = \frac{g(\frac{t}{2})^2}{2} = \frac{10 \cdot 2^2}{8} = 20 \text{ м}$$



Из закона изменения энергии:

Максимальная скорость была в начальной и конечной точке; минимальная – в самой высокой

$$\Rightarrow \frac{V_o}{V_x} = 2 \quad \text{также} \quad \frac{V_x}{V_o} = \frac{1}{2} = \sin \alpha \Rightarrow \alpha = 30^\circ$$

$$\Rightarrow \cos \alpha = \frac{\sqrt{3}}{2} \Rightarrow V_y = V_o \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = \sqrt{3} V_x$$

$$\text{Найдём } V_y \quad V_y = g \frac{t}{2} = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\Rightarrow V_x = \frac{V_y}{\sqrt{3}} = \frac{20 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{\sqrt{3}} \Rightarrow V_x = \frac{20 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{\sqrt{3}} = \frac{40 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{\sqrt{3}}$$

$$V_x = \text{const} \Rightarrow S = V_x \cdot 4c = \frac{80}{\sqrt{3}} \text{ м}$$

$$\text{также } \sqrt{3} \approx 1,73 \quad S = \frac{80}{1,73} \text{ м} = 46,24 \text{ м}$$

Найдём R по формулам  $a_y = \frac{V_o^2}{R}$

$a_y$  – проекция  $\vec{g}$  на ось, перпендикулярную  $\vec{V}$

$$\Rightarrow a_y = g \cdot \sin 30^\circ = \frac{1}{2} g = 5 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$V_o = 2V_x = \frac{S}{4c^2} = \frac{46,24 \text{ м}}{4 \cdot 2^2} = 23,12 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\Rightarrow R = \frac{23,12^2}{5} = \frac{40 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}{5} = \frac{1600}{15} = \frac{320}{3} \text{ м} = 106,6 \text{ м} \approx 107 \text{ м}$$

Ответ:  $H = 20 \text{ м}$ ;  $S = 46,24 \text{ м}$ ;  $R = 107 \text{ м}$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

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

СТРАНИЦА  
1 из 2

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

N3

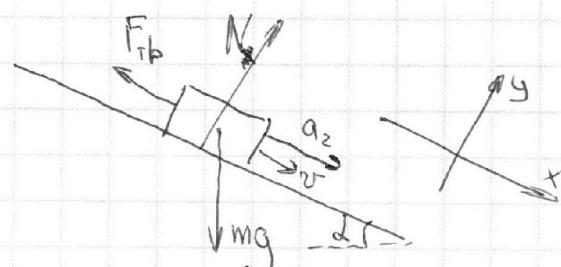
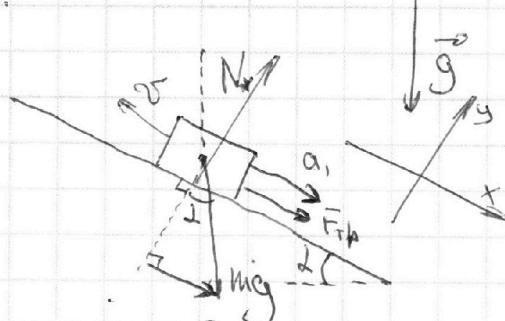
Шайба двигалась по одной прямой  $\Rightarrow$  Клин ее двигался относительно поверхности

Из графика видим, что  $a_1 = 8 \frac{m}{s^2}$ ;  $a_2 = 4 \frac{m}{s^2}$

Неравные ускорения из-за того, что сила трения меняет направление (изначально шайба ехала вверх)

Силы на груз

1.



Запишем 2 закона Ньютона: (на ось x)

$$mg \sin \alpha + F_{tr} = ma_1,$$

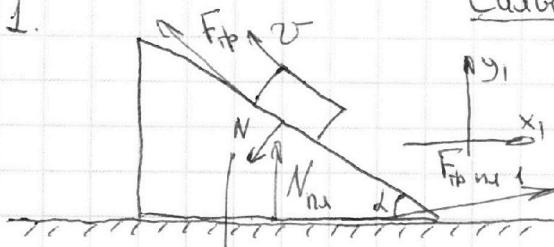
$$mg \sin \alpha - F_{tr} = ma_2,$$

Вычтем уравнения друг из друга  $\Rightarrow 2F_{tr} = m(a_1 - a_2)$

$$2F_{tr} = 0,2 \cdot 2 \cdot 4 \frac{m}{s^2} = 0,8 \text{ H} \Rightarrow F_{tr} = 0,4 \text{ H}$$

$$\Rightarrow mg \sin \alpha = F_{tr} + ma_2 \quad \sin \alpha = \frac{0,4 \text{ H} + 0,2 \cdot 4 \frac{m}{s^2} \cdot 2}{0,2 \cdot 10 \text{ H}} = \frac{1,2}{2} = 0,6$$

1.



Силы на клин



$F_{tr \text{ на 1}}$  - со стороны поверхности

$N_{\text{на 2}}$  - сила нормали реакции со стороны поверхности.

На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



- |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 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"/> |

СТРАНИЦА  
2 из 2

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

Запишем 2 закон Ньютона на груз на ось y  
(ось y с верхних рисунков)

$$N - mg \cos \alpha = 0 \Rightarrow N \text{ не зависит от горизонт. движ}$$

$$N = mg \cos \alpha = mg \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = 0,2 \cdot 10 \cdot \sqrt{0,64} = 2 \cdot 0,8 = 1,6 \text{ H}$$

Теперь запишем 2 закон Ньютона для клина на ось x:

$$\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = 0,8$$

$$2. N \sin \alpha - F_{\text{тр}} \cos \alpha - F_{\text{тр}} \mu \sin \alpha = 0$$

$$1. F_{\text{тр}} \cos \alpha + N \sin \alpha - F_{\text{тр}} \mu \sin \alpha = 0 \quad (\text{аклина } \mu = 0, \text{ т.к. груз движется по одноб. прямой})$$

$$F_{\text{тр}} \mu \sin \alpha = 0,4 \cdot 0,8 + 1,6 \cdot 0,6$$

$$F_{\text{тр}} \mu \sin \alpha = 1,6 \cdot 0,6 - 0,4 \cdot 0,8$$

$$\underline{F_{\text{тр}} \mu \sin \alpha = 1,28 \text{ H}}$$

$$F_{\text{тр}} \mu \sin \alpha = 0,64$$

— наибольшая сила трения на клин со стор. поверх

Если  $\mu$  больше, клин будет находиться в покое

найдём  $N_{\text{ну}}$ : т.к.  $F_{\text{тр}} \mu \sin \alpha > F_{\text{тр}} \mu \sin \alpha$ , будем рассматривать первый случай. (груз едет вверх)

Запишем 2 закон Ньютона на ось y,  $F_{\text{тр}} \sin \alpha + N_{\text{ну}} = mg + N \cos \alpha$

$$(\text{для клина}) N_{\text{ну}} = 2mg + N \cos \alpha - F_{\text{тр}} \sin \alpha$$

$$N_{\text{ну}} = 0,4 \cdot 10 + 1,6 \cdot 0,8 - 0,4 \cdot 0,6 = 4 + 1,28 - 0,24 = 5,04 \text{ H}$$

Чтобы  $\mu \rightarrow \min$  должно выполняться  $F_{\text{тр}} \mu \sin \alpha = \mu N_{\text{ну}}$

$$\Rightarrow \mu = \frac{1,28 \text{ H}}{5,04 \text{ H}} = 2,56 \Rightarrow \mu \in [2,56; +\infty)$$

Ответ:  $\sin \alpha = 0,6$ ;  $F_{\text{тр}} \mu \sin \alpha = 1,28 \text{ H}$ ;  $\mu \in [2,56; +\infty)$



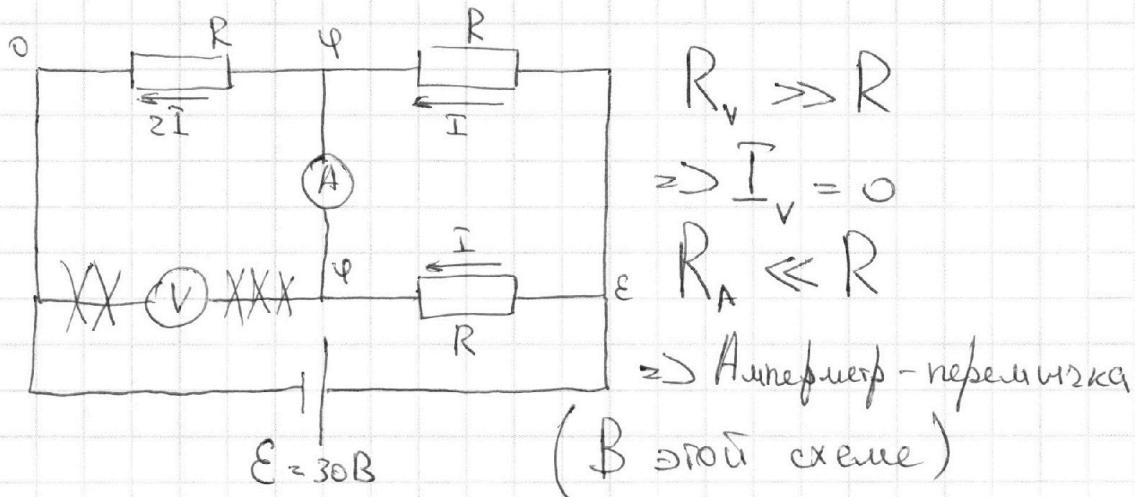
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 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"/> |

СТРАНИЦА  
1 из 1

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

N4



Пуск через нижний резистор течёт ток  $I$

$\Rightarrow$  Через верхний тоже  $I$  (правый верхний)

$\Rightarrow$  По 1 закону Кирхгофа: Через левый верхний течёт ток  $I + I = 2I$  (и через источник)

По 2 закону Кирхгофа:  $2IR + IR = E \Rightarrow 3I \cdot 100\text{m} = 30\text{V}$

$$I = 100\text{mA} \Rightarrow 2I = 200\text{mA} \quad (\text{ток через источник})$$

$$U_v = \varphi = 2IR = 20\text{V}$$

$$P = U_1 I_1 + 2U_2 I_2 = 20\text{V} \cdot \frac{2}{10}\text{A} + 2 \cdot 10\text{V} \cdot \frac{1}{10}\text{A} = 4\text{W} + 2\text{W} = 6\text{W}$$

Ответ:  $200\text{mA}$ ;  $20\text{V}$ ;  $6\text{W}$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

1

2

3

4

5

6

7

СТРАНИЦА  
1 из 1

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по **каждой из задач** **нумеруются отдельно**. Порча QR-кода недопустима!

N5

Пусть начальная масса воды = 8 м

$\Rightarrow$  начальная масса льда =  $m_{\text{в нач}} = 8 \text{ м}$

Пусть  $\Delta m_{\text{воды}}$  превратилось в лёд

$$\Rightarrow \frac{8 \text{ м} + \Delta m}{8 \text{ м} - \Delta m} = \frac{9}{7} \Rightarrow \Delta m = m = \frac{1}{8} m_0$$

$$\delta = \frac{1}{8}$$

Запишем уравнение теплового баланса:

$$8m \cdot c_b \cdot (t_1 - 0) = 8m c_u (0 - t_2) + m \lambda \quad / : c_u$$

$$8 \cdot 2 (t_1 - 0) = 8 (0 - t_2) + \frac{\lambda}{c_u}$$

$$\frac{16}{8 \cdot 2 \cdot 10} = 8 (0 - t_2) + \frac{3,36 \cdot 10^{-2}}{2,1 \cdot 10^3} = \frac{336}{21} + 8 (0 - t_2)$$

$$160 = 8 (0 - t_2) + 16 \quad / \cdot \frac{1}{8}$$

$$20 = 2 - t_2 \Rightarrow t_2 = 2 - 20$$

$$t_2 = -18^\circ\text{C}$$

Ответ:  $\delta = \frac{1}{8}$ ;  $t_2 = -18^\circ\text{C}$



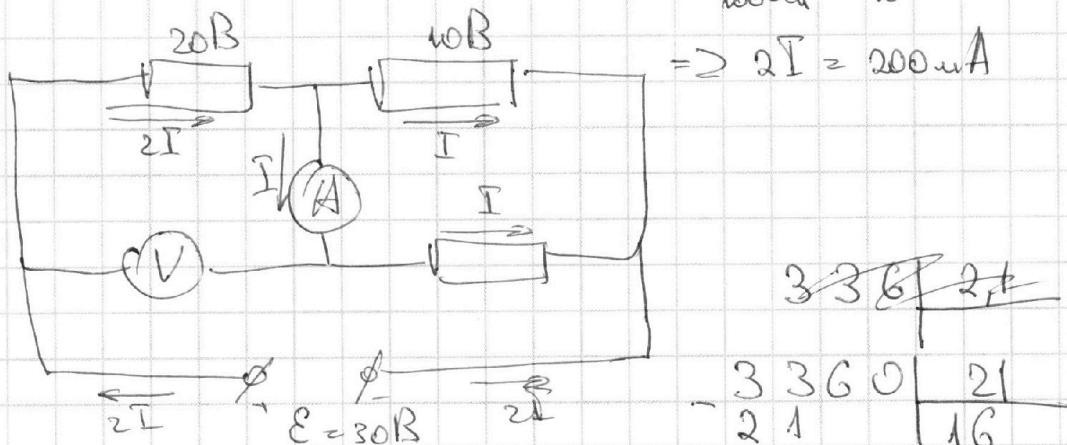
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

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

СТРАНИЦА  
ИЗ

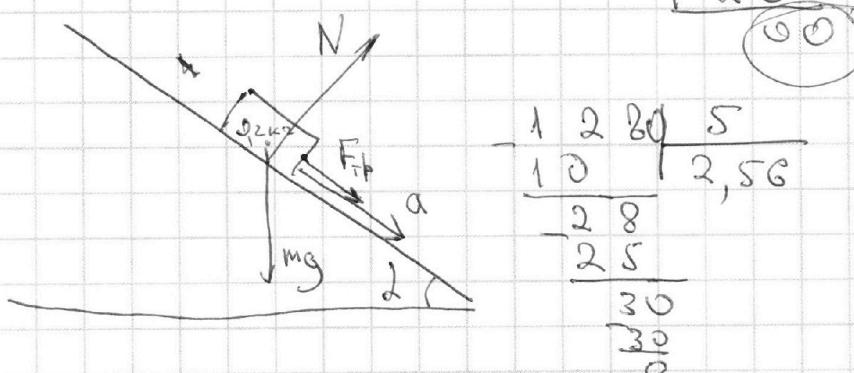
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по **каждой из задач** **нумеруются отдельно**. Порча QR-кода недопустима!

$$\begin{array}{r}
 \times 18 \\
 18 \\
 \hline
 144 + 119 \\
 \hline
 263
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{r}
 \times 17 \\
 17 \\
 \hline
 119 + 173 \\
 \hline
 519
 \end{array}
 \quad
 \Rightarrow \sqrt{3} = 1,73
 \quad
 \begin{array}{r}
 \times 16 \\
 16 \\
 \hline
 128
 \end{array}
 \\
 \begin{array}{r}
 18 + 17 + 1211 \\
 \hline
 324 289 173
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{r}
 \times 173 \\
 173 \\
 \hline
 865
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{r}
 \times 173 \\
 173 \\
 \hline
 682
 \end{array}
 \\
 \begin{array}{r}
 - 8000 | 173 \\
 - 692 \\
 \hline
 1080
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{r}
 1038 \\
 + 173 \\
 \hline
 346
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{r}
 \times 173 \\
 173 \\
 \hline
 346
 \end{array}
 \\
 \begin{array}{r}
 - 1038 \\
 - 420 \\
 \hline
 740
 \end{array}
 \quad
 0,32 + 0,96 = 1,28
 \quad
 0,96 - 0,32 = 0,64
 \\
 \begin{array}{r}
 I = \frac{10B}{1000m} = \frac{1}{10} A = 100 \mu A
 \end{array}$$



336 | 21

$$\begin{array}{r}
 - 3360 | 21 \\
 - 21 \\
 \hline
 126 \\
 - 126 \\
 \hline
 0
 \end{array}$$





На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

1

2

3

4

5

6

7

СТРАНИЦА  
\_ ИЗ \_

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. **Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно.** Порча QR-кода недопустима!



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

1

2

3

4

5

6

7

СТРАНИЦА  
\_ ИЗ \_

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по **каждой из задач** нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

1

2

3

4

5

6

7

СТРАНИЦА  
\_ ИЗ \_

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. **Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно.** Порча QR-кода недопустима!