



Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 09-02

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

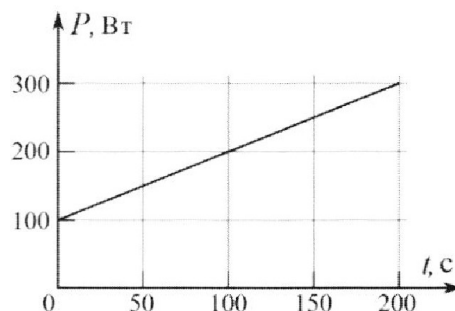


4. Воду объемом $V = 1$ л нагревают на электроплитке. Начальная температура воды $\tilde{t}_0 = 16^\circ\text{C}$. Сопротивление спирали электроплитки $R = 25$ Ом, напряжение источника $U = 100$ В. Зависимость мощности P тепловых потерь от времени t представлена на графике (см. рис.).

1) Найдите мощность P_H нагревателя.

2) Найдите температуру $\tilde{t}_1$ воды через $T = 180$ с после начала нагревания.

Плотность воды $\rho = 1000\text{кг/м}^3$, удельная теплоемкость воды $c = 4200$ Дж/(кг·°C).

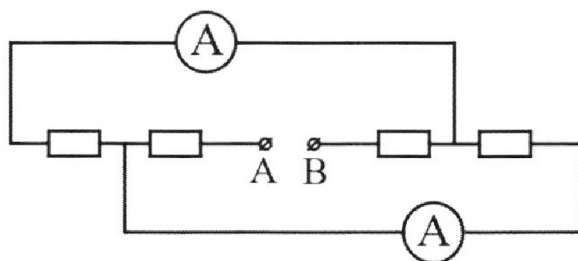


5. В электрической цепи, схема которой представлена на рисунке, четыре резистора, у двух из которых сопротивление по 30 Ом, у двух других сопротивление по 60 Ом. Сопротивление амперметров пренебрежимо мало.

После подключения к клеммам А и В источника постоянного напряжения показания амперметров оказались различными. Большее показание $I_1 = 2$ А.

1) Найдите показание I_2 второго амперметра.

2) Какую мощность P развивают силы в источнике?





Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

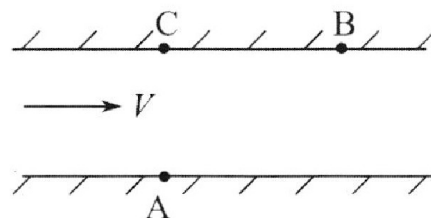
Вариант 09-02

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



1. Пловец трижды переплывает реку. Движение пловца прямолинейное. Скорость пловца в подвижной системе отсчета, связанной с водой, во всех заплывах одинакова по модулю.

В двух первых заплывах А – точка старта, В – точка финиша (см. рис., V – неизвестная скорость течения реки). Ширина реки $AC = d = 50$ м, снос, т.е. расстояние, на которое пловец смещается вдоль реки к моменту достижения противоположного берега, $CB = L = 120$ м.



Продолжительность первого заплыва $T_1 = 100$ с, продолжительность второго заплыва $T_2 = 240$ с.

- 1) Найдите скорости V_1 и V_2 пловца в лабораторной системе отсчета в первом и втором заплывах.
- 2) Найдите скорость V течения реки.

В третьем заплыве пловец стартует из точки А и движется так, что снос наименьший.

- 3) На каком расстоянии S от точки В выше по течению финиширует пловец в третьем заплыве?

2. Футболист на тренировке наносит удары по мячу, лежащему на горизонтальной площадке и направляет мяч к вертикальной стенке. После абсолютно упругого соударения со стенкой на высоте $h = 5,4$ м мяч падает на площадку. Расстояние от точки старта до стенки в 3 раза больше расстояния от стенки до точки падения мяча на площадку.

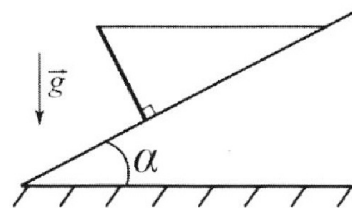
- 1) Найдите наибольшую высоту H , на которой мяч находится в полете.
- 2) Через какое время t_1 после соударения со стенкой мяч упадет на поле?

Допустим, что в момент соударения мяча со стенкой на высоте h , стенка движется навстречу мячу. Расстояние между точками падения мяча на поле в случаях: стенка покоится, стенка движется, $d = 1,8$ м.

- 3) Найдите скорость U стенки в момент соударения.

Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха пренебрежимо мало. Соударения мяча со стенкой абсолютно упругие. Траектории мяча лежат в вертикальной плоскости перпендикулярной стенке.

3. Однородный стержень удерживается на шероховатой наклонной плоскости горизонтальной нитью, прикрепленной к стержню в его наивысшей точке. Сила натяжения нити $T = 17,3$ Н. Угол между стержнем и плоскостью прямой. Наклонная плоскость образует с горизонтальной плоскостью угол $\alpha = 30^\circ$.



- 1) Найдите массу m стержня.
- 2) Найдите силу $F_{тр}$ трения, действующую на стержень.
- 3) При каких значениях коэффициента μ трения скольжения стержень будет находиться в покое? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

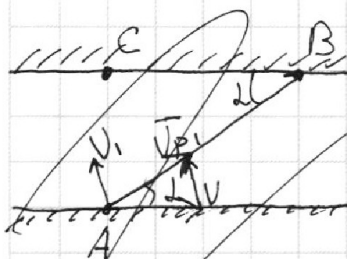
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

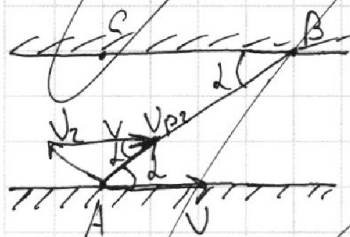
1	2	3	4	5	6	7
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

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

МФТИ



- в первом замысле.



- во втором замысле результирующая скорость увеличилась.

У первого векторного Δ:

$$U_1^2 = U^2 + V^2 - 2UV \cos \alpha$$

У второго:

$$U_2^2 = U^2 + V^2 - 2UV \cos \alpha$$

$$U_{p1} = \frac{\sqrt{50^2 + 120^2}}{T_1} = \frac{130}{T_1}$$

$$U_{p2} = \frac{\sqrt{50^2 + 120^2}}{T_2} = \frac{130}{T_2}$$

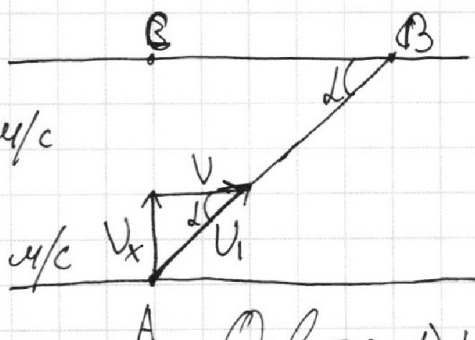
$$\cos \alpha = \frac{130}{120} = \frac{13}{12}$$

$$U_{p1}/U_{p2} = 2,4$$

В первом

$$V_1 = \frac{\sqrt{120^2 + 50^2}}{T_1} = \frac{130}{100} = 1,3 \text{ м/с}$$

$$V_2 = \frac{\sqrt{120^2 + 50^2}}{T_2} = \frac{130}{240} = \frac{13}{24} \text{ м/с}$$



Ответ: 1) $V_1 = 1,3 \text{ м/с}$

2) $V_2 = \frac{13}{24} \text{ м/с}$

$$V_x^2 = V^2 + U_1^2 - 2VU_1 \cos \alpha$$

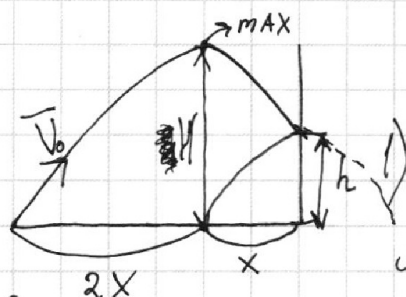
$$V_x^2 = V^2 + U_2^2 + 2VU_2 \cos \alpha$$

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



Решение:

Т.к. удар абсолютно упругий в момент удара со стеной

вектор горизонтальной проекции скорости поменяет направление на противоположное. Возьмем за ед. отрезок X , тогда до удара летит отрезок $3X$, после X . В силу симметрии параболы максимум находится на расстоянии $2X$. Модуль горизонтальной составляющей не меняется.

Тогда $4X = V_{0x} \cdot T$, где T - время всего полета.

Найдем за какое время летит пролетает расстояние X , пусть это время τ $X = V_{0x} \cdot \tau \Rightarrow \tau = \frac{T}{4}$.

На максимальной высоте H летит по времени 2τ . А спускается с высоты h за τ .

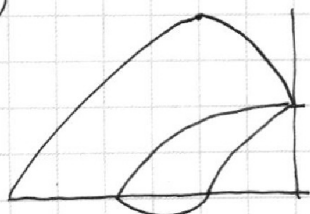
$$H = \frac{4g\tau^2}{2} = 2g\tau^2, \text{ а } h = \frac{g\tau^2}{2} \Rightarrow \tau^2 = \frac{2h}{g} \quad H = \frac{2g \cdot 2h}{g}$$

$$\boxed{H=4h} \quad H = 4 \cdot 5,4 = 21,6 \text{ м.} \quad 1) H = 21,6 \text{ м}$$

$$2) \tau_1 = \tau \quad \tau = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{10,8}{10}} = \sqrt{1,08} \approx 1 \text{ с.} \quad 2) \tau_1 = \sqrt{1,08} \approx 1 \text{ с}$$

3) Как известно в момент соударения со стеной и горизонтальной составляющей скорости прибавляется 2 переносных скорости (скорости стены). Тогда:

$$(V_{0x} + 2u) \tau_1 - V_{0x} \tau_1 = d \Leftrightarrow \cancel{V_{0x} \tau_1} + 2u \tau_1 - \cancel{V_{0x} \tau_1} = d$$





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!

$$2U t_1 = d \Rightarrow U = \frac{d}{2t_1} = \frac{1,8}{2} \approx 0,9 \text{ м/с}$$

$$3) U = 0,9 \text{ м/с}$$

$$\text{Ответ: } 1) H = 2,6 \text{ м } 2) t_1 \approx 1 \text{ с } 3) U = 0,9 \text{ м/с}$$

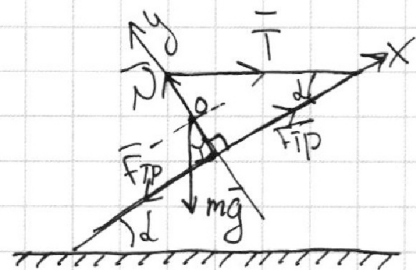
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



Решение:

1) Оба треугольника на рисунке подобны. углы равны как накрест лежащие.

Рассмотрим стержень как рычаг, т.к. он однородный с о.ц.м. в середине, чтобы не происходило вращения сила $F_{тр}$ должна быть направлена вдоль плоскости вверх. Рассмотрим моменты силы mg относительно точки О-ц.м.

$T \cos \alpha = F_{тр} \Rightarrow F_{тр} = \frac{17,3\sqrt{3}}{2} \text{ Н}$; чтобы система была в равновесии эти 2 силы должны быть уравновешены. Они могут быть уравновешены только ~~они~~ проекцией силы mg , а именно $mg \sin \alpha$, то есть: $mg \sin \alpha = 2T \cos \alpha$

$$m = \frac{2T \cos \alpha}{g \sin \alpha} = \frac{2 \cdot 17,3 \cdot \sqrt{3}}{g} = 3,46\sqrt{3} \text{ кг}$$

$$F_{тр} = \mu N, N = mg \cos \alpha + T \sin \alpha$$

$$\mu (mg \cos \alpha + T \sin \alpha) = \frac{17,3\sqrt{3}}{2}$$

$$2\mu \left(\frac{34,6 \cdot 3}{2} + \frac{17,3}{2} \right) = 17,3\sqrt{3}$$

$$121,1 \mu = 17,3\sqrt{3} \Rightarrow \mu = \frac{17,3\sqrt{3}}{121,1}$$

Ответ: 1) $m = 3,46\sqrt{3} \text{ кг}$; 2) $F_{тр} = \frac{17,3\sqrt{3}}{2}$; 3) $\mu = \frac{17,3\sqrt{3}}{121,1}$

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐



№4

$$V = 1 \text{ л}; \rho = 1000 \text{ кг/м}^3; R = 25; U = 100 \text{ В} \quad \tilde{t} = 16^\circ$$

Решение:

найдем массу воды $m = V \cdot \rho = 1 \text{ кг}$.

1) Найдем мощность нагревателя $P_H = \frac{U^2}{R} = \frac{10000}{25} = 400 \text{ Вт}$

2) Найдем ^{мощность} средних тепловых потерь, для этого зададим ф-ию изменения $P(t)$

Из графика: $P(t) = 100 + t$, в момент времени $t = 0 \text{ с}$ $P_1 = 100 \text{ Вт}$, в момент времени $t = 180 \text{ с}$ $P = 280 \text{ Вт}$. $P_{cp} = \frac{P_1 + P_2}{2} = 190 \text{ Вт}$.

Энергия которая пойдет на нагрев воды это разность мощностей умноженная на время.

$$Q = (P_H - P_{cp}) \cdot T \Leftrightarrow c m \Delta t = (P_H - P_{cp}) \cdot T$$

$$\Delta t = \frac{(P_H - P_{cp}) T}{c m} \Rightarrow \Delta t = \frac{210 \cdot 180}{4200} = \frac{378}{42} = 9^\circ \text{C}$$

Исходная $\tilde{t}_0 = 16^\circ \text{C}$ $\Delta t = (\tilde{t}_1 - \tilde{t}_0) \Rightarrow \tilde{t}_1 = 16 + 9 = 25^\circ \text{C}$

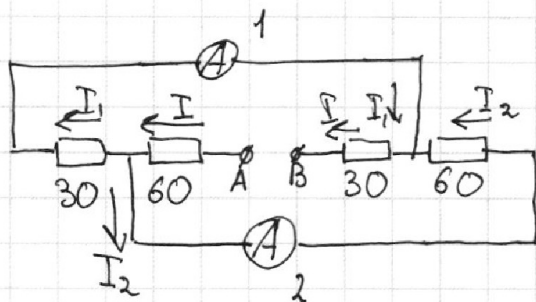
Ответ: 1) $P_H = 400 \text{ Вт}$; 2) $\tilde{t}_1 = 25^\circ \text{C}$.

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!



№5 (1)



Эту схему можно
разбить на два контура

и чтобы были разные
можно выбрать модуль

колебательно резисторов, кроме: слева-направо
30 Ом, 60 Ом, 60 Ом, 30 Ом, и в других случаях
в одном контуре будут слева-направо:
30 Ом, 60 Ом, 60 Ом, 30 Ом и
60 Ом, 30 Ом, 30 Ом, 60 Ом. То есть не симметричные
контуры. Можно выбрать расположение резисторов
как на рисунке. Пусть общий ток в цепи I
по 1 закону Кирхгофа. $I = I_1 + I_2$. Пусть сопротивление
резистора $30 \text{ Ом} = R$, тогда $60 \text{ Ом} = 2R$. $I_1 = 2 \text{ А}$.
По 2 закону Кирхгофа для 2 контуров.

$$U_0 = I_2 R + I_1 R + I_2 R$$

$$U_0 = I_2 R + I_2 2R + I R$$

как видно разность
2 составляющих ур-е,

которые должны быть равны, т.к. $U_0 = \text{const}$.

$$I_1 R = I_2 2R \Rightarrow 2 \text{ А} = 2 I_2 \Rightarrow I_2 = 1 \text{ А}$$

$$1) I_2 = 1 \text{ А} \quad 2) P = UI$$

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!

$I = I_1 + I_2$ по 1 закону Кирхгофа ^{№5(2)}

$I = 1 + 2 = 3 \text{ A}$. Найдём напряжение подставив

Токи в ур-е для любого контура

$U_0 = I_2 R + I_1 R + I R$ - напряжение на элементах

$$AB = 3 \cdot 60 + 30 + 180 = 390 \text{ В} \quad 330 \text{ В} \quad 300 \text{ В}$$

2) Тогда мощность $P_{\text{авт}} = P = UI = 300 \cdot 3 = 900 \text{ Вт}$

Ответ: 1) $I_2 = 1 \text{ A}$ 2) $P = 900 \text{ Вт}$.

$U_0 = 180 + 360 + 90 = 330 \text{ В}$ Тогда мощность

$$P = U_0 I = 330 \cdot 3 = 990 \text{ В}$$

Ответ: 1) $I_2 = 1 \text{ A}$; 2) $P = 990 \text{ В}$



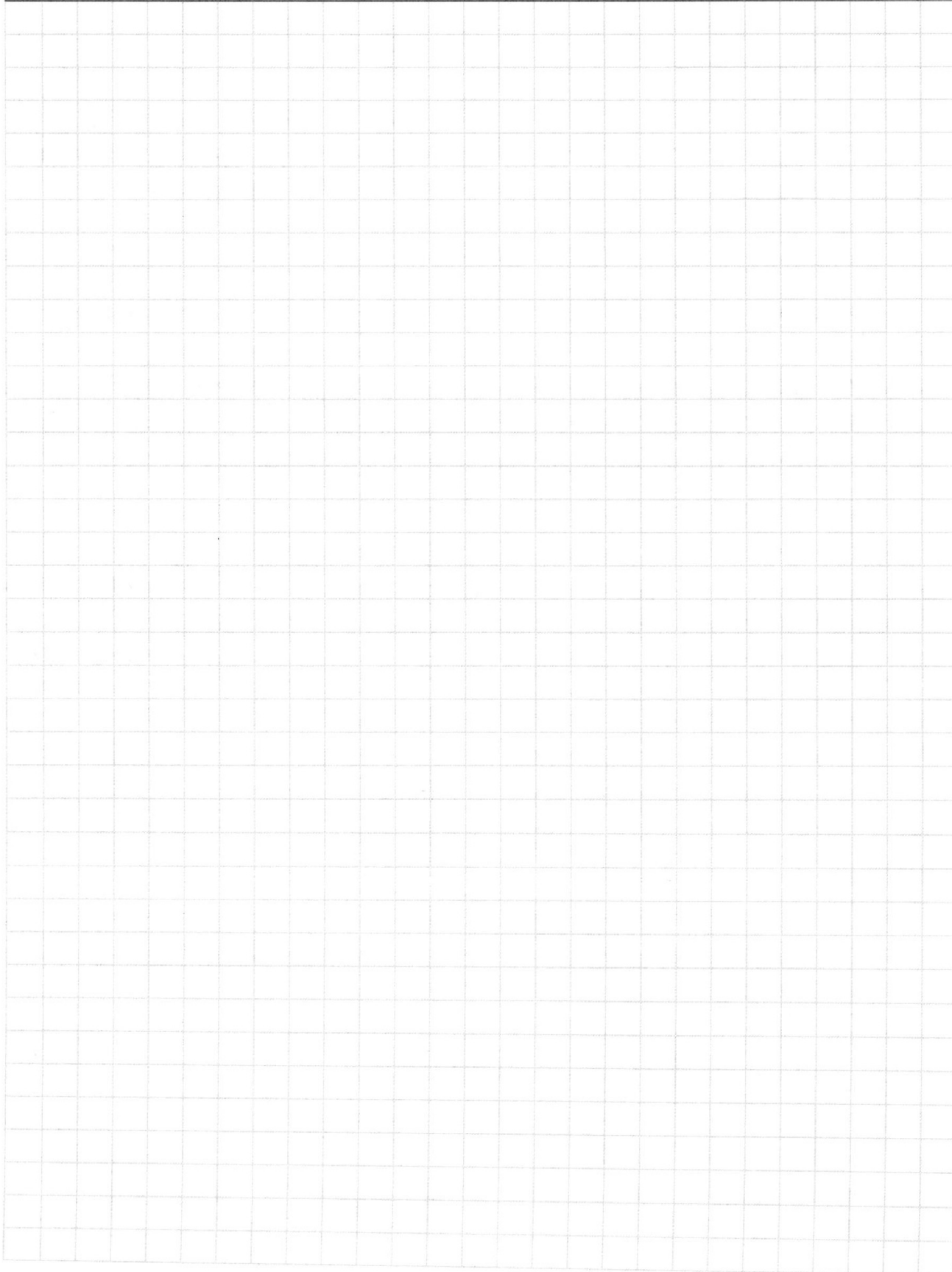
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



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!

$V = 1 \mu$ $\varphi = 16^\circ$ $R = 250 \Omega$ $U = 100 \text{ В}$
 $m = 1 \mu$ $P(t) = t$ 280 В $\frac{1}{\sqrt{3}}$ $\frac{U_3}{1}$
 $P = \frac{U^2}{R}$ $\frac{10000}{25}$ 400 Вт $\frac{380}{2} = 190 \text{ В}$
 $Q = P_t - P_r$ 4 $8 + 0,66$ $\frac{\sqrt{3}}{3} = \tan 30^\circ$
 $400 \cdot 180 - 190 \cdot 180$ $210 \cdot 180$ $\frac{1}{168}$
 37800 378 42 $\frac{42}{294}$ 37800 Дж $8,65 \sqrt{3} \text{ В}$
 $m g \sin \alpha \cdot 2 = T \cos \alpha$ $U = \text{const}$ $m g \sin \alpha = 2 T \cos \alpha$ 378 $9 \Delta z$ $z_1 = 25^\circ$
 $I_1 = I_{A1} + I_{A2}$ $\frac{\sqrt{3}}{3}$ $U_{P1} = \frac{130}{100} = 1,3$
 $m = \frac{2 T \cos \alpha}{g \sin \alpha}$ $34,6 \cdot \sqrt{3}$ $U_{P2} = \frac{130}{240} = \frac{13}{24}$
 $I_1 = 2 \text{ А}$ $U = I_1 \cdot R + I_{A2} R + I_1 2R$ $\frac{13}{100}$ $\frac{13}{10}$ $\frac{13}{24}$
 $U = I_1 R + 2 R I_{A1}$ $\frac{13}{10} = 1,3$
 $V_1 = V_p^2 + U^2 - 2 V_p U \cos \alpha$ $\frac{13}{13} = 1$
 $V_2 = V_p^2 + U^2 + 2 V_p U \cos \alpha$ $V_{p2} = 2,4$
 $V_1 = V_{p1}^2 + U^2 - 2 V_{p1} U \cos \alpha$ 346 9 27 36
 $V_2 = V_{p2}^2 + U^2 + 2 V_{p2} U \cos \alpha$

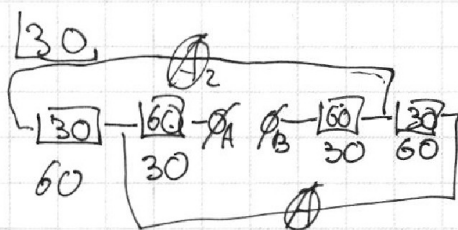
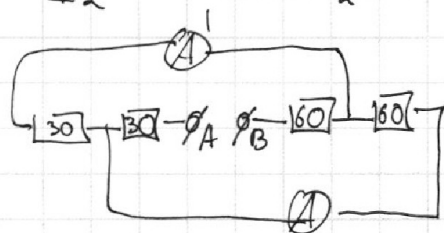
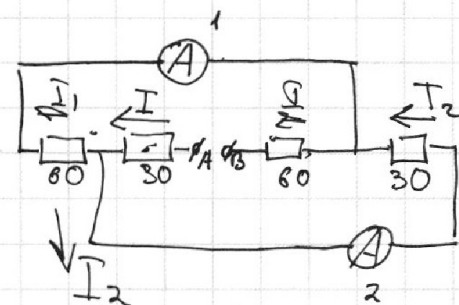
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

МФТИ

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



$$P_2 = UI \quad 12,45$$

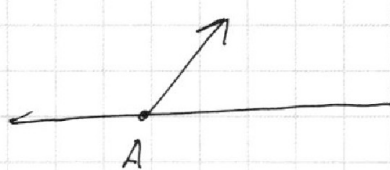
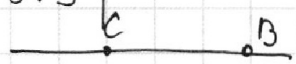
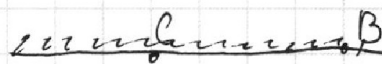
$$I = I_1 + I_2$$

$$U = IR + I_1 2R + I_2 R$$

$$U = IR + I_2 R + I_2 R \quad \text{либо } U_2$$

$$\begin{array}{r} 1730 \\ -1211 \\ \hline 519 \end{array}$$

$$\begin{array}{r|l} 1730 & 1211 \\ -1211 & 0,1 \\ \hline 519 & \end{array}$$



$$180 \quad 180 + 60 + 90$$

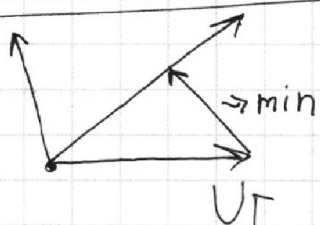
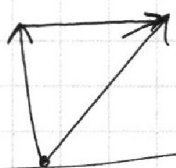
$$240 + 90 = 330$$

$$N_2 = mg \cos 30 + T \sin 30$$

$$3,46$$

$$\begin{array}{r} 346 \\ + 3 \\ \hline 1038 \end{array}$$

$$mg \sin 30 = F_{\text{тр}} \quad 10,38$$



$$T \cos$$

$$N_2$$

$$\begin{array}{r} 1038 \\ + 173 \\ \hline 1211 \end{array}$$

$$121,1 \mu = 17,35$$

$$\mu = \frac{121,1}{47}$$

$$\mu (mg \cos 30 + T \sin 30) = \frac{17,3 \sqrt{3}}{2}$$

$$2\mu \left(\frac{34,6 \cdot 3}{2} + \frac{17,3}{2} \right) = 17,3 \sqrt{3}$$

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

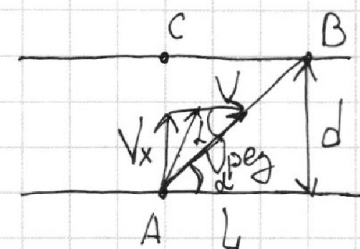
Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

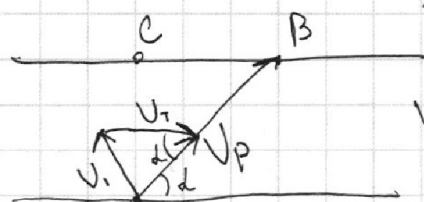
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



- перемещение

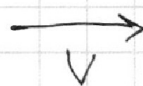
$$s = \sqrt{120^2 + 50^2}$$

$$\tan \alpha = \frac{50}{120} = \frac{5}{12}$$



$V_p = \text{const}$

$V = \text{const}$



25

$$144 + 25$$

130

$$130 = S \cdot T = 100 \text{ с}$$

~~130 = S \cdot T~~

$$V_x^2 = V^2 + V_p^2 - 2V V_p \cos \alpha$$

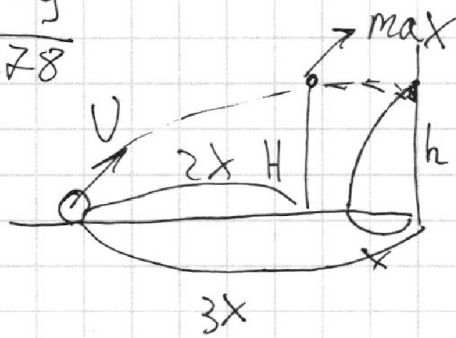
$$130 : 240 =$$

~~130 : 240 =~~

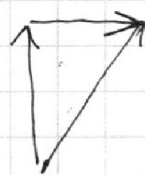
$$\cos \alpha = \frac{130}{120}$$

~~Eq. for the speed of the particle~~

$$\frac{42}{89} = \frac{378}{378}$$



v_2



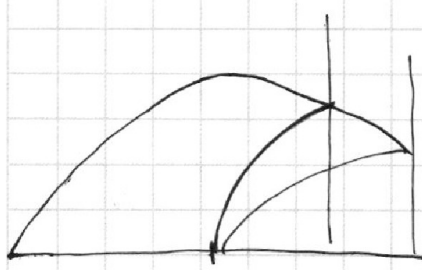
$$\frac{54}{216}$$

$$H = \frac{g \cdot t^2}{2} = 2g t^2$$

$$h = \frac{g t^2}{2} \quad t^2 = \frac{2h}{g} \quad \frac{2g \cdot 2h}{g}$$

$$H = 4h = 21,6 \text{ м}$$

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{10,8}{10}} = \sqrt{1,08} \text{ с} \approx 1 \text{ с}$$



$$180 + 180 \cdot \frac{1}{2} = 30 \quad N = mg \cos \alpha + T \sin \alpha$$

$$F_{TP} = T \cos \alpha = \frac{17,3 \sqrt{3}}{2}$$

380

$$60 \cdot 3 + 60 + 90 = 180 + 150$$

$$200 + 130 = 330 \quad 180$$

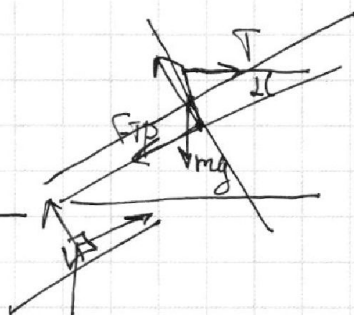
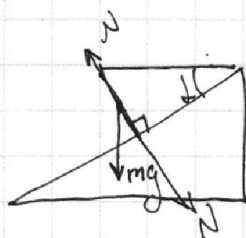
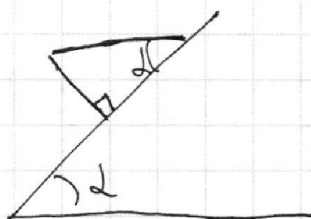
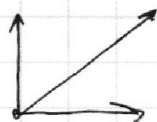
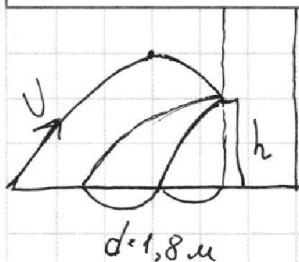
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



$$mg \cos \alpha = U$$

$$F_{TP} = T \cos \alpha$$

$$F_{TP} + mg \sin \alpha = T \cos \alpha$$

$$F_{TP} = T \cos \alpha - 86,5 \sqrt{3}$$

$$F_{TP} = 34,5 \sqrt{3}$$

$$F_{TP} = \frac{17,3 \sqrt{3}}{2} - \frac{86,5 \sqrt{3}}{2}$$

$$\frac{\sqrt{3}}{2} = 69,2$$

$$mg \cos \alpha = 2$$

$$T \cos \alpha = \mu mg \cos \alpha$$

$$\mu = T / mg$$

$$\frac{17,3}{17,3 \sqrt{3}} \left(\frac{\sqrt{3}}{3} \right)$$

$$\frac{1}{2} mg \cos \alpha = \frac{1}{2} T \sin \alpha$$

$$mg = T \cdot 2 \tan 30$$

$$m = \frac{T}{g} \cdot \sqrt{3}$$

$$1,73 \sqrt{3} \text{ кг}$$

$$\cancel{V+U} \cdot x - Vx = 1,8$$

$$(V+U)x - Vx = 1,8$$

$$\cancel{Vx} + Ux - \cancel{Vx} = 1,8$$

$$Ux = 1,8$$

$$U = 1,8 \text{ м/с}$$

$$x \sqrt{4x^2 - x^2} = 1,8$$

$$\frac{1/\sqrt{3}}{2,89}$$

$$\frac{1}{\sqrt{3}}$$

$$50 + 35 + 1,5$$

$$F_{TP} =$$

$$F_{TP} + mg \sin \alpha = T \cos \alpha \quad 86,5$$

$$mg \cos \alpha = T \sin \alpha$$

$$m = \frac{T}{g} \cdot \tan 30$$

$$\frac{T}{g} \cdot \frac{17,3}{10} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$8,65 \sqrt{3}$$

$$86,5$$

$$- \frac{17,3}{69,2}$$

$$1,5 \quad mg \cos \alpha =$$

$$T \sin \alpha = 2 mg \cos \alpha \Rightarrow m \cdot V$$