



Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

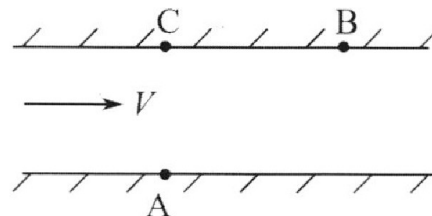
Вариант 09-02

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.

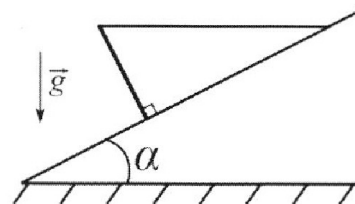
- 1) Найдите наибольшую высоту H , на которой мяч находится в полете.
- 2) Через какое время t_1 после соударения со стенкой мяч упадет на поле?

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.

Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 09-02

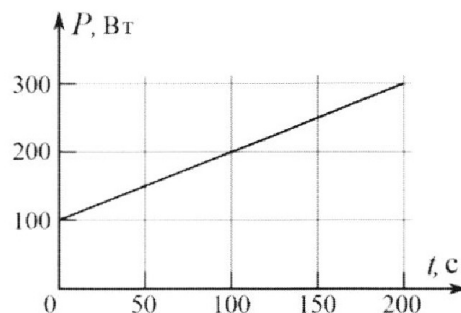
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные
дроби и радикалы.

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 $c = 4200 \text{ Дж/(кг}\cdot^\circ\text{C)}$.

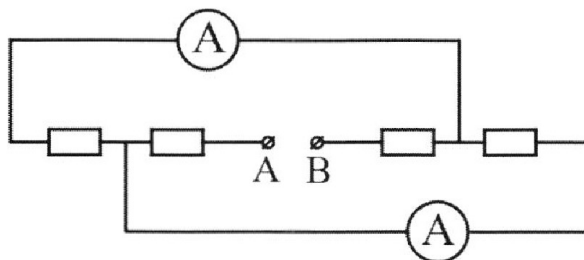


5. В электрической цепи, схема которой представлена на рисунке, четыре резистора, у двух из которых сопротивление по 30 Ом, у двух других сопротивление по 60 Ом. Сопротивление амперметров пренебрежимо мало.

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

1) Найдите показание I_2 второго амперметра.

2) Какую мощность P развивают силы в источнике?



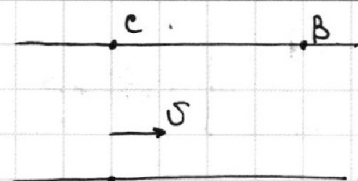
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

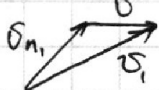
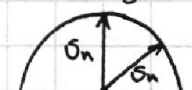
1	2	3	4	5	6	7
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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



$|\vec{v}_{n1}| = |\vec{v}_{n2}|$ - скорости плывца относительно
воды в обоих случаях.
Скорость плывца может менять свое направление
(когда мы в начале движения выбираем куда ему
плыть).
по окружности, т.к. скорость по модулю не изменяет-
ся, а изменяется только направление. Радиус окружности = $|\vec{v}_{n1}| = |\vec{v}_{n2}|$



$$\vec{v}_1 = \vec{v} + \vec{v}_{n1}, \quad \vec{v}_2 = \vec{v} + \vec{v}_{n2}$$

Расстояние от точки А до точки В равно. По т. Пифагора:

$$AB = \sqrt{d^2 + L^2} = \sqrt{6000^2 + 12400^2} \text{ м} = \sqrt{16900 \text{ м}^2} = 130 \text{ м}$$

$$T_1 = \frac{AB}{v_1} \Rightarrow v_1 = \frac{AB}{T_1} = \frac{130 \text{ м}}{100 \text{ с}} = 1,3 \text{ м/с}$$

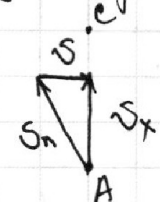
$$T_2 = \frac{AB}{v_2} \Rightarrow v_2 = \frac{AB}{T_2} = \frac{130 \text{ м}}{240 \text{ с}} = \frac{13}{24} \text{ м/с}$$

- Ответы

Наименьший свое был бы если бы скорость плывца относительно
земли была бы направлена прямо в точку С



Образуются прямоугольный треугольник:

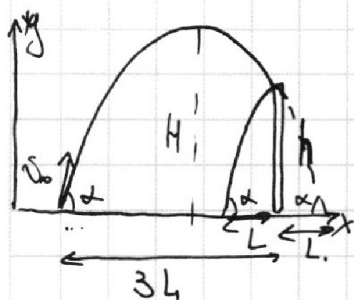


Тогда относительно точки В скорость равен 0.
и расстояние равно ~~130 м~~ СВ

Скорость плывца относительно
воды направлена перпендикулярно касатель-
ной проведенной из точки С к ~~окружности~~ полуокружности в радиусе v_n .

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!

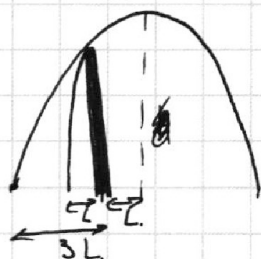
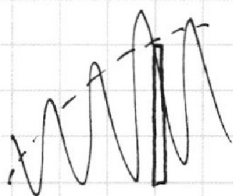


1) Мячик перейдет за внешнюю точку параболы. Мяч движется равноускоренно. Мячик ударится об стенку и упадет под углом падения, имеющим факторию пополам маленькой параболы. Угол падения α после удара был бы равен углу падения мяча если бы не ударился. v_0 - нач. скорость мяча, α - угол, под которым бросили.

Время за которое мяч долетит до $3L$.
 $v_x = v_0 \cos \alpha$ $v_y = v_0 \sin \alpha - gt$ $3L = v_0 \cos \alpha \cdot t$
 $h = v_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2}$ тоже самое время.

Если бы мяч летел по маленькой параболке, то с обеих сторон от столба высоты h было бы по L . (см. рисунок). Тогда если бы мяч продолжил лететь по большой параболке он в длину пролетел бы $4L$. ($3L + L$)
 Максимальная высота H находится на середине пути в длину, то есть на расстоянии $\frac{4L}{2} = 2L$ от начала движения мячика.
~~Маленькая и большая параболы симметричны.~~

Рассмотрим маленькую параболу по L соответствует высоте h , а у большой параболы $2L$ соответствует высоте $H \Rightarrow H = 4h$.
 (2) Мячик не переходит за внешнюю точку параболы.



~~Мяч не переходит за внешнюю точку параболы, так как расстояние $4L$ от начала движения h соответствует $H = 4h = 1,6$ м.~~
 Теперь наибольшая высота, на которую мяч находится в полёте это и есть $H \cdot h = 5,4$ м - ответ.

По 3сэ. В на высоте h выполняется равенство
 $\frac{mv_0^2}{2} = mgh + \frac{mv^2}{2}$, где v_0 - нач. скорость, v - скорость на высоте h .
 После удара мяч полетит с той же скоростью вниз (v).

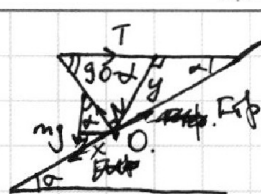
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



Разобьем стержень на стержень, $F_T = mg$ приложена к середине стержня и направлена вниз. Сила натяжения T приложена к краю стержня и направлена горизонтально по нити.

Сила реакции опоры N вверх по стержню, $F_{тр}$ — сила трения по клину, приложена к концу (нижнему) стержня.

1) Стержень в покое, запишем правило моментов относительно точки O .

mg составляет α со стержнем, T составляет $90^\circ - \alpha$ со стержнем.

Обозначим x расстояние до точки O до линии действия mg .

Обозначим y расстояние от точки O до линии действия T .

Пусть R — половина длины стержня.

$$x = R \cdot \sin \alpha \quad y = 2R \cdot \cos \alpha$$

Правило моментов:

$$mgx = T \cdot y, \quad mgR \cdot \sin \alpha = T \cdot 2R \cdot \cos \alpha$$

$$mg \sin \alpha = 2T \cos \alpha$$

$$\text{Все в си: } m = \frac{2T \cdot \cos \alpha}{g \sin \alpha} = \frac{2T}{g} \cdot \operatorname{ctg} \alpha = \frac{2 \cdot 17,3}{10} \cdot \sqrt{3} \approx 60,55 \text{ кг}$$

2) Введём ось Ox по клину вверх.

Стержень покоится $a=0$, действует сила трения пока $F_{тр} = 0$

3) Введём ось Oy перпендикулярно клину вверх.

Проекция на ось Oy :

$$N = T \cdot \sin \alpha + mg \cos \alpha$$

$$N = 17,3 \cdot \frac{1}{2} + 60 \cdot 10 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{1}{2} (17,3 + 60 \cdot \sqrt{3}) \approx 55,173$$

$$\text{Все в си: } N = 17,3 \cdot \frac{1}{2} + 60 \cdot 10 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{1}{2} (17,3 + 60 \cdot \sqrt{3}) \approx \frac{1}{2} (17,3 + 60 \cdot 1,73) = \frac{1}{2} \cdot 105,1 = 52,55 \text{ Н}$$

$$F_{тр \text{ экв}} = \mu \cdot N = \mu \cdot 52,55 \text{ Н}$$

Чтобы стержень был в покое:

~~Сила трения на ось Ox :~~

$F_{тр \text{ экв}} \geq$ проекция всех сил на ось Ox .

Проекция на ось Ox :

$$F_{тр x} = -mg \cdot \sin \alpha + T \cdot \cos \alpha$$

$$\text{Все в си: } F_{тр x} = 17,3 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} - 60 \cdot 10 \cdot \frac{1}{2} = 8,65 \sqrt{3} - 30 \approx 14,9645 - 30 \approx -15 \text{ Н}$$

$$F_{тр} = 30 - 15 = 15 \text{ Н}$$

$$\mu N \geq 15 \text{ Н}$$

$$\mu \geq \frac{15}{52,55} \approx \frac{1500}{5255} \approx \frac{1}{4} \rightarrow \text{ответ}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐



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



Угеловик
НЧ

$$1) P_H = \frac{U^2}{R} = \frac{10000 \text{ В}^2}{25 \text{ Ом}} = 400 \text{ Вт} \quad \text{ответ.}$$

2) P, Вт

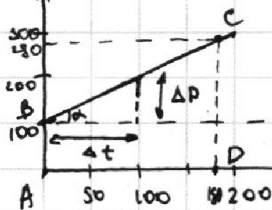


График - прямая вида $y = kx + b$, где $y = P$
 $k = \tan \alpha = \frac{\Delta P}{\Delta t}$, $b = 100$, $x = t$ (время)

$$P = \frac{\Delta P}{\Delta t} \cdot t + 100$$

Из графика: $\frac{\Delta P}{\Delta t} = \frac{100 \text{ Вт}}{100 \text{ с}} = 1 \frac{\text{Вт}}{\text{с}}$

$$Q = P_H T - P T = c m \Delta t = c m (t_1 - t_0) \quad P = t + 100 \quad (P \text{ по формуле})$$

$$P = (T + 100)_{\text{Вт}} = 280 \text{ Вт.}$$

PT - площадь под графиком, основание трапеции $\overline{ABCD}$ ≈ 100 и 280 , высота 180 .

$$S = \frac{AB + CD}{2} \cdot AD = \frac{100 + 280}{2} \cdot 180 = 380 \cdot 90 = 34200 \Rightarrow PT = 34200 \text{ Дж}$$

$$\rho = 900 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$c m (t_1 - t_0) = P_H T - P T, \quad m = V \cdot \rho = 900 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 1000 \frac{\text{м}^3}{\text{м}^3} = 1 \text{ кг.}$$

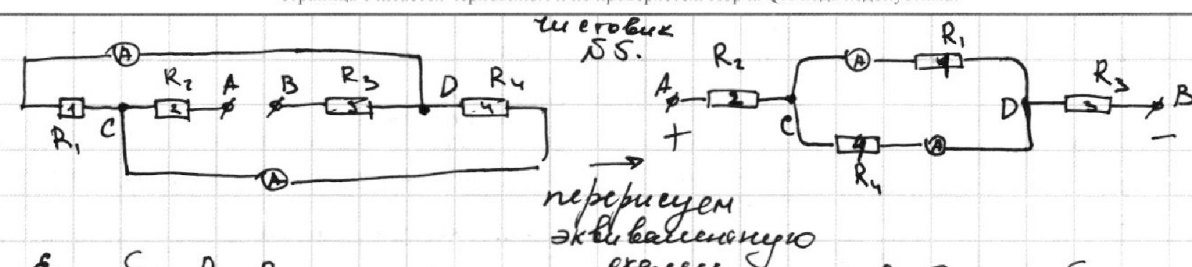
$$\text{Все } t_1 = \frac{P_H T - P T + c m t_0}{c m} = \frac{400 \cdot 180 - 34200 + 4200 \cdot 16}{4200} = \frac{72000 - 34200 + 67200}{4200}$$

$$= \frac{105000}{4200} = 25^\circ \text{C.}$$

ответ.

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!



Если бы $R_1 = R_4$, то показания амперметров были бы одинаковыми, т.к. ^{напряжение} на концах C и D одинаковое и по верхней и по нижней ветви, и сопротивление одинаковые $\Rightarrow$ токи через амперметры были бы одинаковыми.

Значит: $R_1 \neq R_4 \Rightarrow R_1 = R_3$ или $R_1 = R_2$ ~~или $R_4 = R_2$ или $R_4 = R_3$~~

1) Предположим, что наибольший ток I_1 течёт через верхний резистор R_1 и у R_1 сопротивление 60 Ом , тогда напряжение U_1 между C и D было бы $U_1 = I_1 \cdot R_1 = 2 \text{ А} \cdot 60 \text{ Ом} = 120 \text{ В}$, а ток через резистор R_4 $I_2 = \frac{U_1}{R_4}$, $R_4 \neq R_1 \Rightarrow R_4 = 30 \text{ Ом}$. $I_2 = \frac{120 \text{ В}}{30 \text{ Ом}} = 4 \text{ А}$, но по условию

$I_1 > I_2$, а значит предположение неверное и ток I_2 течёт через резистор с сопротивлением 30 Ом , тогда $U_1 = I_1 R_4$, где $R_4 = 30 \text{ Ом}$ $\Rightarrow U_1 = 2 \text{ А} \cdot 30 \text{ Ом} = 60 \text{ В}$, ток $I_2 = \frac{U_1}{R_1} = \frac{60 \text{ В}}{60 \text{ Ом}} = 1 \text{ А}$. $I_2 < I_1$, значит это предположение верно. $I_2 = 1 \text{ А}$ ← ответ.

2) Через R_1 течёт I_2 , а через R_4 течёт I_1 , по I правилу Кирхгофа узел C выдает $I_1 + I_2 = I_3 = 1 + 2 \text{ А} = 3 \text{ А}$ (предположим, что A — "+", а B — "-") и из узла D вытекает $I_3 = 3 \text{ А}$.

Рассчитаем все мощности (в индекс номер резистора из моего рисунка)

$$P_1 = I_2^2 R_1 = (1 \text{ А})^2 \cdot 60 \text{ Ом} = 60 \text{ Вт}$$

$$P_4 = I_1^2 R_4 = (2 \text{ А})^2 \cdot 30 \text{ Ом} = 120 \text{ Вт}$$

$$P_2 = I_3^2 R_2 \quad P_3 = I_3^2 R_3, \text{ предположим, что } R_2 = 30 \text{ Ом } R_3 = 60 \text{ Ом}$$

т.к. спрашивают о том какие мощности, но не спрашивают где конкретно, а однозначно мы определить где какое сопротивление не можем. $P_2 = (3 \text{ А})^2 \cdot 30 \text{ Ом} = 270 \text{ Вт}$ $P_3 = I_3^2 R_3 = (3 \text{ А})^2 \cdot 60 \text{ Ом} = 540 \text{ Вт}$.

Ответ: 60 Вт, 120 Вт, 270 Вт, 540 Вт.



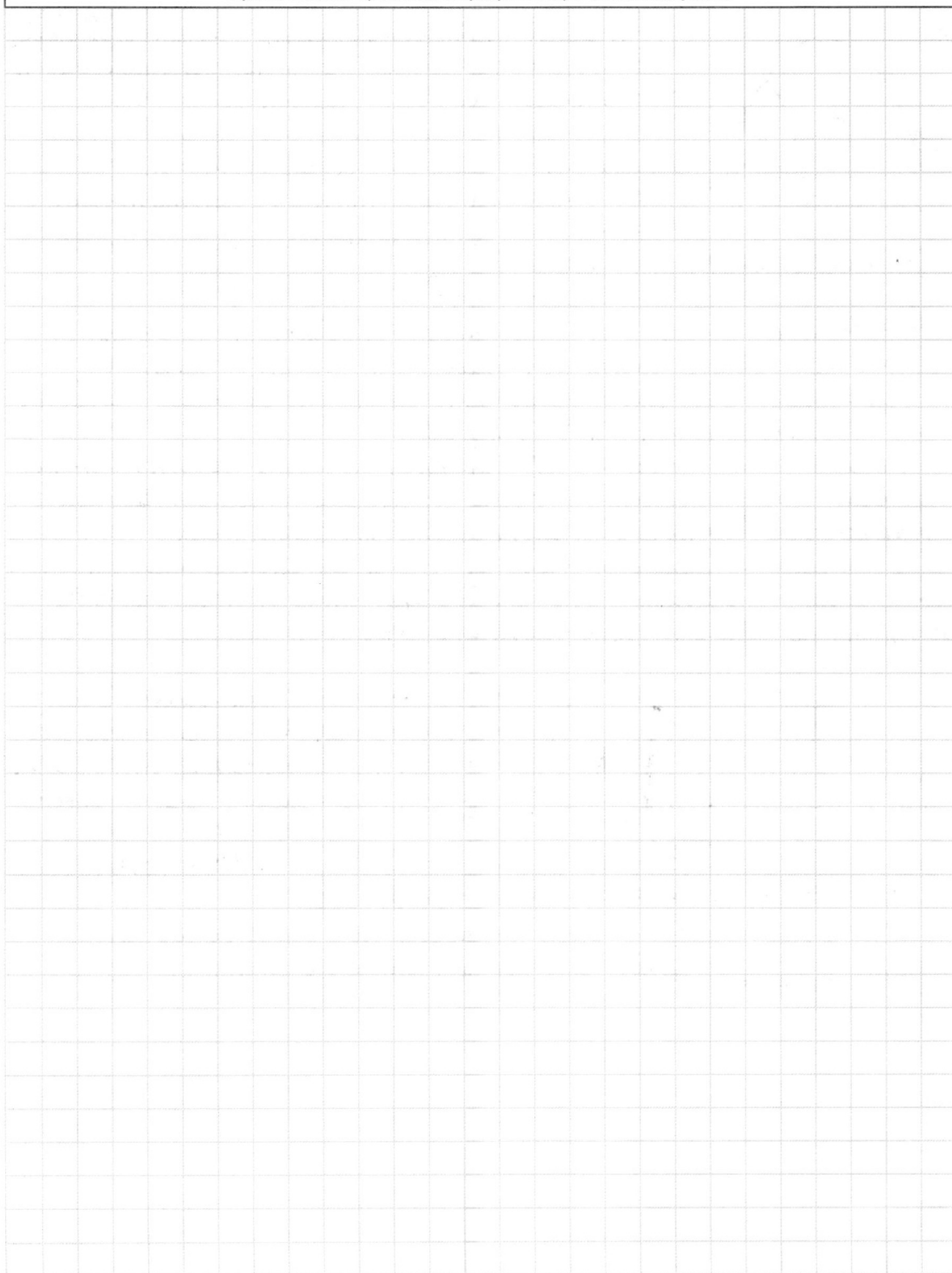
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐



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!

$$P_H = \frac{U^2}{R} = \frac{100.000}{25} = 4000 \text{ Вт.}$$

$$Q_B = P_H \tau - P$$

$$Q_B = c m \Delta t$$

$$c \cdot U \cdot p \cdot (T_1 - T_0) = P_H \cdot T - P$$

$$c U p T_1 - c U p T_0 = P_H T - (T + 100)$$

$$T_1 = \frac{P_H T - T + 100 + c U p T_0}{c U p m} = \frac{4000 \cdot 180 - 180 - 100 + 4200 \cdot 18}{4200}$$

$$= 180 / 4000$$

$$\frac{10000}{25} = 400$$

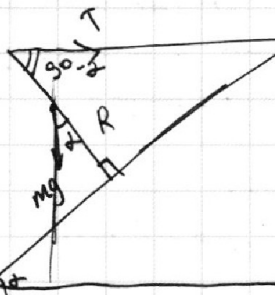
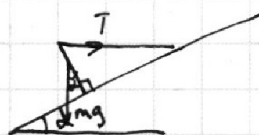
Решение задачи
194

$$\begin{array}{r} 7380 \\ \times 400 \\ \hline 295200 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 139200 \\ + 72000 \\ \hline 211200 \end{array}$$

$$\frac{105000}{4200} = 25$$

$$\frac{1050}{42} = 25$$



$$\sin \alpha = \frac{x}{mg} \Rightarrow x = 2mg$$

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

$$T = \frac{mg \cos \alpha}{\sin \alpha} = \frac{mg}{\tan \alpha}$$

Рис. 6. В падающей.

dx: $mg \sin \alpha$

mg

$mg \sin \alpha$

$mg R$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице: .

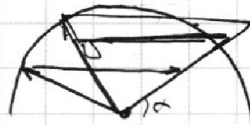
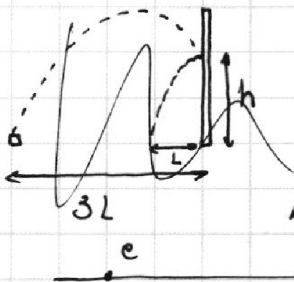
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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



$$\frac{\frac{\sqrt{3}}{2}}{\frac{1}{2}} = \sqrt{3}$$



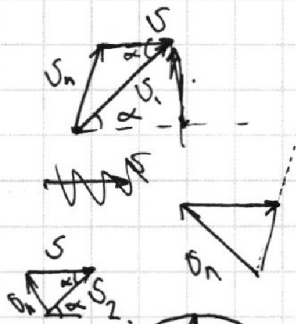
$$v_1 = \frac{130}{100} = 1,3 \frac{m}{c}$$

$$v_2 = \frac{130}{240} = \frac{13}{24} \frac{m}{c}$$

$$\frac{17,3}{34,6} = \frac{1}{2}$$

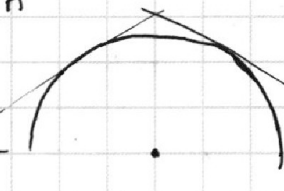
$$3,46\sqrt{3}$$

2)

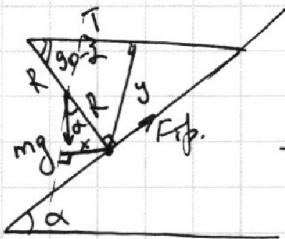


$$\frac{1121}{909}$$

$$\frac{5509}{909}$$



$$\frac{5509}{909}$$



$$x = R \cdot \sin \alpha$$

$$y = 2R \cdot \cos \alpha$$

$$\frac{17,3}{16,3} = \frac{1}{2}$$

$$\frac{1,3}{1,3} = \frac{1}{2}$$

$$mgx = T \cdot y$$

$$mg R \cdot \sin \alpha = T \cdot 2R \cdot \cos \alpha$$

$$mg = 2T \cdot \cos \alpha$$

$$m = \frac{2T \cos \alpha}{g \cdot \sin \alpha}$$

$$1,73$$

$$\frac{3,26}{17,3}$$

$$17,3 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} - 3,46\sqrt{3} \cdot \frac{1}{2}$$

$$\frac{17,3 \cdot \sqrt{3}}{2} (17,3 - 3,46)$$

10.

$$N \geq T \cdot \cos \alpha + mg \sin \alpha$$

$$m a_x = mg \sin \alpha - T \cdot \cos \alpha - N \cdot \mu$$

$$m a_x = N \cdot \mu$$

$$0,8 = \frac{2}{1,3} = 0,60 = \mu \cdot \sin \alpha$$

$$\frac{2}{1,3} = 0,60 = \mu \cdot \sin \alpha$$

$$\frac{2}{1,3} = 0,60 = \mu \cdot \sin \alpha$$

$$\frac{2}{1,3} = 0,60 = \mu \cdot \sin \alpha$$

$$\frac{2}{1,3} = 0,60 = \mu \cdot \sin \alpha$$

$$\frac{2}{1,3} = 0,60 = \mu \cdot \sin \alpha$$

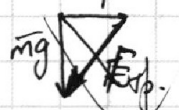
$$\frac{2}{1,3} = 0,60 = \mu \cdot \sin \alpha$$

$$\frac{2}{1,3} = 0,60 = \mu \cdot \sin \alpha$$

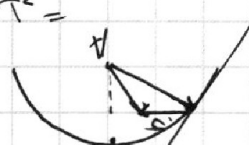
$$\frac{2}{1,3} = 0,60 = \mu \cdot \sin \alpha$$

$$\frac{2}{1,3} = 0,60 = \mu \cdot \sin \alpha$$

$$\frac{2}{1,3} = 0,60 = \mu \cdot \sin \alpha$$



$$F_{\text{тр}} = mg^2 \cdot T^2 =$$



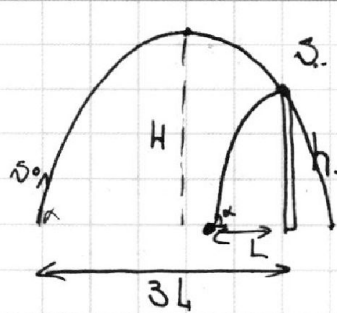
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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



$$L = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$$

$$3L = v_0^2 \cos^2 \alpha + \frac{g t^2}{2}$$

$$h = v_0 \cos \alpha t - \frac{g t^2}{2}$$

$$2L = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$$

$$H = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$$

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

$$\frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{2L} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{H}$$

$$2 \sin 2\alpha = \sin^2 \alpha$$

$h, L.$
 $L \rightarrow h$

$H \rightarrow 2L.$

$h \rightarrow L.$

$$\frac{m v_0^2}{2} = m g H$$

$$\frac{m v_0^2}{2} = m g H + \frac{m v_0^2 \cos^2 \alpha}{2}$$

$$v = \sqrt{v_0^2 \cos^2 \alpha + v_0^2 \sin^2 \alpha} = v_0 \sqrt{v_0^2 \cos^2 \alpha + 0}$$

$$m g H + \frac{m v_0^2 \cos^2 \alpha}{2} = m g h + \frac{m v^2}{2}$$

$$v = v_0 \cos \alpha - g t$$

c 4
5

