



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 09-02

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

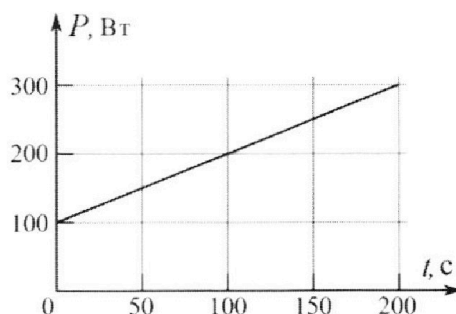


4. Воду объемом $V = 1$ л нагревают на электроплитке. Начальная температура воды $\tilde{t}_0 = 16^\circ\text{C}$. Сопротивление спирали электроплитки $R = 25$ Ом, напряжение источника $U = 100$ В. Зависимость мощности P тепловых потерь от времени t представлена на графике (см. рис.).

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

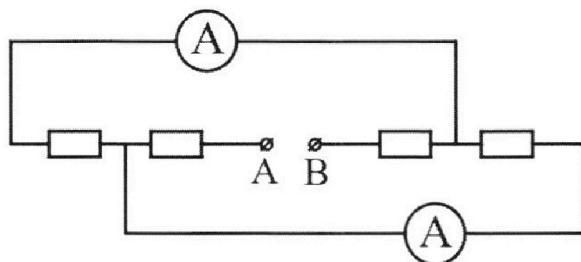


5. В электрической цепи, схема которой представлена на рисунке, четыре резистора, у двух из которых сопротивление по 30 Ом, у двух других сопротивление по 60 Ом. Сопротивление амперметров пренебрежимо мало.

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?





Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

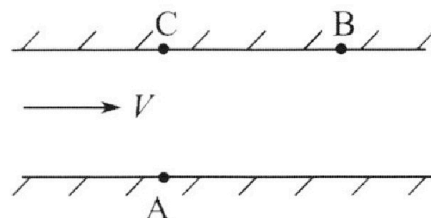
Вариант 09-02

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.

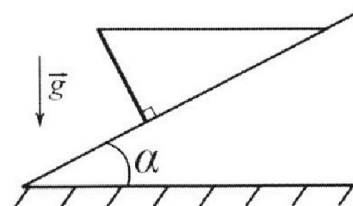
2) Через какое время t_1 после соударения со стенкой мяч упадет на поле?

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.

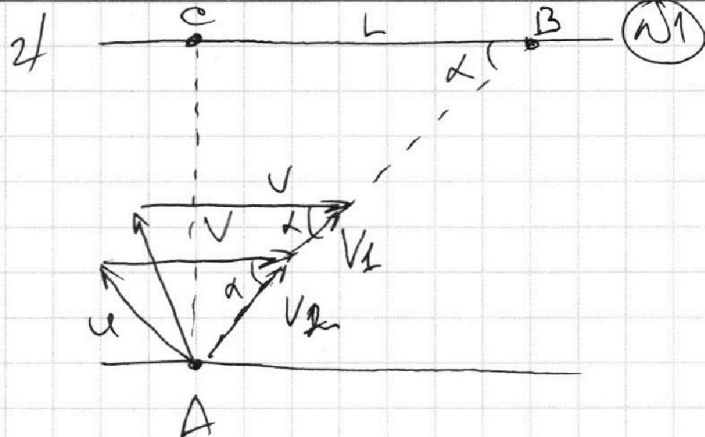
2) Найдите силу $F_{тр}$ трения, действующую на стержень.

3) При каких значениях коэффициента μ трения скольжения стержень будет находиться в покое? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

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. $T_2 > T_1$, то
направление
в первом
замкнуто
было и
тем же
фазисов-
мом



3) $V_1^2 + V^2 - 2V_1V\cos\alpha =$
 $= u^2$ по Т. косинусов
 (ч.т.к. скорость лавы -
 const)

• Пусть $\angle ABC = \alpha$

• т.к. ~~на~~ напри-
 вление течения
 направлено север,
 значит равны
 ему углы.

4) $V_2^2 + V^2 - 2V_2V\cos\alpha = u^2$

5) Т.к. ~~один и тот же~~
 то $\vec{V}_1 = \vec{u} + \vec{V}$; $\vec{V}_2 = \vec{u} + \vec{V}$, то

$V_1T_1 = V_2T_2$ (прохождение одного
 расстояние)

6) Подставим выражения из п.5 в
~~теорему~~ теорему косинусов и приравня-

ем: $V_2^2 \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^2 - 2V\cos\alpha \frac{V_2T_2}{T_1} = V_2^2 - 2V_1V\cos\alpha$

$\cos\alpha = \frac{L}{\sqrt{L^2 + d^2}} = \frac{12}{13}$, $\frac{T_2}{T_1} = \frac{12}{5} \Rightarrow$

$V_2^2 \frac{144}{25} - 2 \frac{V \cdot 12}{13} \frac{12}{5} V_2 = V_2^2 - \frac{24}{13} V V_2 \quad | : V_2$

$V_2 \frac{118}{25} = \frac{168}{65} V \quad \left| V_2 \cdot \frac{118}{5} = \frac{165}{13} V \right| \quad \leftarrow (*)$

Orem: $V_2 = \frac{13}{24} \text{ w/c}; \frac{1}{7} \text{ 3 w/c};$
 $\frac{19211}{19800} \text{ w/c}; 120 \text{ m.}$

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

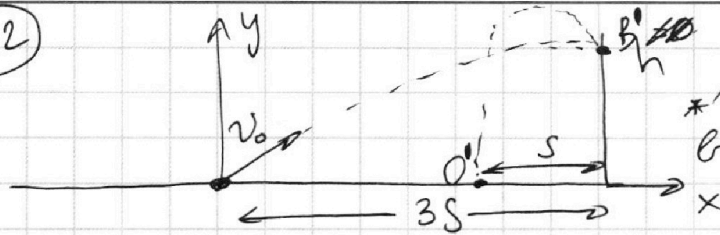
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

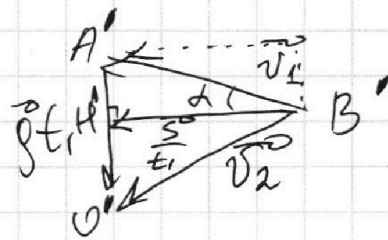
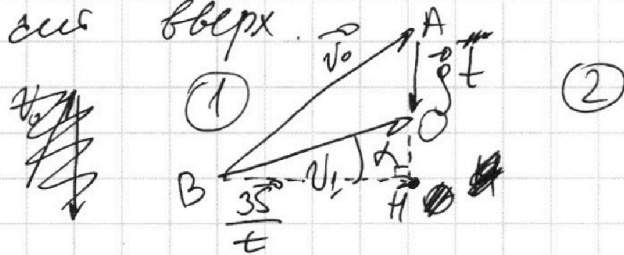
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

(22)



$H = ?$
 v_1 - скорость мяча, t_1 - время удара.

Пусть $H > h$, мяч после удара отскочит вверх.



Т.е. высота в векторном треугольнике - горизонтальное перемещение ($\vec{s} = \vec{v}t + \frac{\vec{a}t^2}{2}$), обозначим равные у нас, как средние члену из удара.

$$\begin{aligned} v_1 \cos \alpha &= \frac{S}{t_1} \\ v_1 \cos \alpha &= \frac{3S}{t_1} \end{aligned} \Rightarrow 3t_1 = t$$

На ось Ox.

(где траектория)

не соприкасается? Вспомогательный треугольник

Отрезок AH соответствует вектору $\frac{h}{t}$, A'H' вектору $\frac{H-h}{t_1}$, откуда:

$$v_1 \sin \alpha = \frac{H-h}{t_1} = \frac{h}{t} - gt$$

Подставим $t_1 = \frac{t}{3}$, получим:

Из рассмотрения с горизонтальным перемещением, или

$$\vec{s} = \vec{L} + \vec{h}, \text{ где}$$

S - полное перемещение

h - вертикал. перемещение

L - горизонт. перемещение

$\Rightarrow$

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!

$$1) \frac{4h}{t} - gt = \frac{3H}{t} \quad | \cdot t; \quad 4h - 3H = gt^2$$

т.е. $v \cos \alpha = \frac{s}{t_1}$

Подставим в п.1 и получим:

$$H = h - stg\alpha$$

$$H = h - h + \frac{gt^2}{3}$$

из треугольника (1)

$$tg \alpha = \frac{h - gt^2}{3s}$$

$$H = \frac{4h - 3H}{3}$$

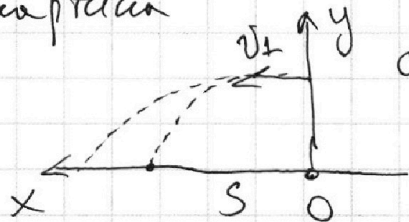
$$\Rightarrow H = \frac{2}{3}h < h \Rightarrow$$

Мне после расчета показалось $H > h \Rightarrow$

$$\boxed{H > h}$$

$$v \sin \alpha = \frac{h - h}{t_1} \Rightarrow \alpha = 0^\circ$$

Теперь картина такая:



$$\cos(0^\circ) v_1 t_1 = s$$

На ось oy где тело отскочило!

$$h = \frac{gt_1^2}{2} \Rightarrow$$

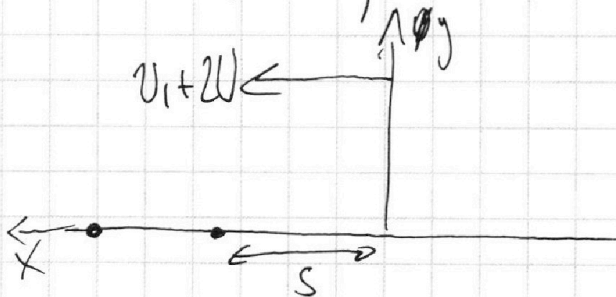
$$\boxed{t_1 = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{1,08} \text{ (с)}}$$

т.е. при столкновении с мячом и

его скорости при

отскоке равны вектор $2\vec{v}$!

$$v_1 + 2v$$



~~Решение~~



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!

1) Когда самолет остановится, то $u = V = 0$, и
тогда мяч упадет туда же.

2) Когда самолет прыгает: $(v_1 + 2v)t_2 =$
 $= S + d$

3) Когда $d = 1,8 \text{ м}$

В проекции на ось Oy : $\frac{g t_2^2}{2} = h \Rightarrow t_2 = t_1$
 $(v_1 + 2v)t_1 = S + d$ — на ось Ox .

~~$g = 2v \cos \alpha t_1$~~ Т.е. скорость ~~на~~
то $v_{\perp}$ (из треугольника $v_{\perp}$ перпендикулярна горизонту),
(1) $v_{\perp} = \frac{3S}{t}$
 $= \frac{S}{\sqrt{\frac{2h}{g}}}$; Перенесем уравнение:

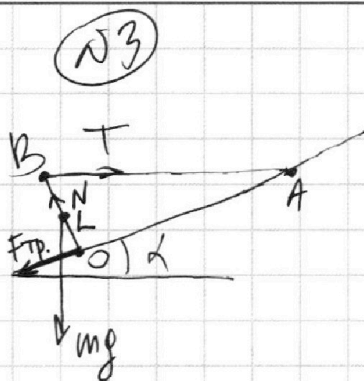
$$S + d = 2v \sqrt{\frac{2h}{g}} + g \Rightarrow$$

$$v = \frac{d}{2 \sqrt{\frac{2h}{g}}} = \frac{1,8 \text{ м}}{2 \cdot \sqrt{1,08 \text{ с}}} = \frac{9 \sqrt{1,08}}{10,8} \text{ м/с}$$

Ответ: $5,4 \text{ м}$; $\sqrt{1,08} \text{ с}$; $\frac{9 \sqrt{1,08}}{10,8} \text{ м/с}$

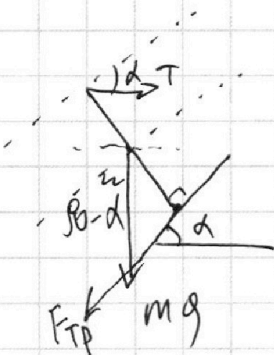
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

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



Раставили силы, действующие на стержень;

Т.к. стержень удерживается на плоскости $\Rightarrow$ мы можем записать правило моментов для точки O:



Т.к. плоскость наклонна

параллельна плоскости

перпендикулярной стержню

и т.к. N и $F_{тр}$ в

моментах относительно т. O не участвуют, то:

Пусть l — длина стержня

• Правило моментов
относ. т. O:

$$mg \cos(90^\circ - \alpha) \frac{l}{2} = l T \cos \alpha$$

$$\frac{mg \sin \alpha}{2} = T \cos \alpha, \text{ откуда } m = \frac{2 T \cos \alpha}{\sin \alpha g} =$$

$$= \frac{2 \cdot 17,3 \text{ Н} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{\frac{1}{2} \cdot 10 \text{ м/с}^2} = \frac{2\sqrt{3} \cdot 17,3}{10} \text{ кг} =$$

$$= \frac{34,6 \sqrt{3}}{10} = 3,46 \sqrt{3} \text{ (кг)}$$

Т.к. в правиле моменты относительно т. L mg не участвует, то $\Rightarrow$ мы

• Правило моментов относительно т. L:

$$F_{тр} = T \cos \alpha \Rightarrow F_{тр} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 17,3 \text{ Н} = 8,65 \sqrt{3} \text{ (Н)}$$

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!



2) на OX:
 $V_0 t = 3S$

на OY:

$$V_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2} = h$$

3) на OX для тела отскочившего
от стены: $t V_1 \cos \alpha = S$

в проекции на ось OY: $\pm V_1 \sin \alpha t_1 - \frac{gt_1^2}{2} = h$

Если $V_1 \sin \alpha t_1$ в том выражении с (+), то
максимальная высота достигалась после
отскока
me at

$$T(P_H - P) = me at$$

$$P_H(t) = P_0 + K t$$

$$P_H(t) = 100 \text{ Вт} + 1 \cdot 180 = 230 \text{ Вт}$$

$$180 \cdot \frac{1400 - 230}{2} = V p c (t_1 - t_0)$$

$$180 \cdot 260 = 4200 (x - 16)$$

1) Т.ч. высота в вектор-
но-треугольнике
гипотенуза-
ное перемещение

(ко времени то $0, H_1 = 3S$

$$180 \cdot 260 \cdot H_2 = \frac{S}{t_1} \cdot 100$$

$$180 \cdot 260 \cdot H_2 = \frac{S}{t_1} \cdot 100$$

$$P = UI = \frac{U^2}{R} = \frac{10000}{25} = 400 \text{ Вт}$$

$$k = \frac{200 \text{ Вт}}{200 \text{ с}} = 1 \text{ Вт/с}$$

$$P_0 = 100 \text{ Вт}$$

$$24 \frac{1}{2}$$

$$\frac{26}{108}$$

$$\frac{36}{468} \cdot \frac{12}{11} \cdot \frac{1}{2}$$

$$\frac{48}{6}$$

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!



Запишем условие равновесия на ось
перпендикулярную наклонной плоскости

~~также~~
$$N - mg \cos \alpha - T \sin \alpha = 0 (*)$$

~~также~~

В своей массе леуле

$F_{тр}$ рассчитывается
по N , зная верно
неравенство:

Т.к. $F_{тр} = T \cos \alpha$
то N

По
определению
силы трения

$$F_{тр} \leq \mu N \Rightarrow$$

$$\frac{F_{тр}}{N} \leq \mu$$

$$(*)': N = \frac{T}{2} + mg \frac{\sqrt{3}}{2} =$$

$$= 8,65 + \frac{39,6 \cdot 3}{2} =$$

$$= 60,55 \text{ (Н)}$$

отсюда наименьшее
значение

$$\mu: \frac{8,65}{60,55} \sqrt{3} =$$

$$= \frac{173}{1211} \sqrt{3}$$

Ответ: $3,46\sqrt{3}$ кг;

$8,65\sqrt{3}$ Н;

$$\mu \geq \frac{173\sqrt{3}}{1211}$$

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

1) Мощность нагревателя рассчитывается как:

~~$$P_H = \frac{U^2}{R} = \frac{220^2}{22} = 2200 \text{ Вт}$$~~

$$P_H = UI \text{ или}$$

$$P_H = \frac{U \cdot U}{R} = \frac{U^2}{R} = 400 \text{ (Вт)}$$

2) Т.к. мощность тепловых потерь не постоянна, то и ее зависимость линейна на всем интервале мощности потерь, то последняя секунды и ее общий вклад за время T .

$$P(t) = b + kt$$

$$b = 100 \text{ (Вт)}$$

$$k = 1 \text{ Вт/с}$$

В момент T , $P(T) = 280 \text{ Вт}$, а за нагревание, потери средней величины, равной площади под графиком

$T \cdot P_0$ - общий вклад тепловых потерь

$$T \cdot P_0 = \frac{(b - 0) + (P(T) - 0)}{2} \cdot T = \frac{100 \text{ Вт} + 280 \text{ Вт}}{2} \cdot 180 \text{ с}$$

$= 34200 \text{ (Дж)}$ Мощность плитки постоянна и ее вклад за время T

$$= P_H T = 42 \text{ кДж}, \text{ тогда}$$

~~$$p V c (\tilde{t}_1 - \tilde{t}_0) = T P_H - T P_0$$~~

$$(\tilde{t}_1 - 16^\circ) \text{ кг} \cdot 4200 \text{ Дж/кг} \cdot ^\circ\text{C} = 37800 \text{ (Дж)}$$

$$\text{отсюда } \tilde{t}_1 = 25^\circ\text{C}$$

$$\text{Ответ: } 400 \text{ Вт}; 25^\circ\text{C}$$

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

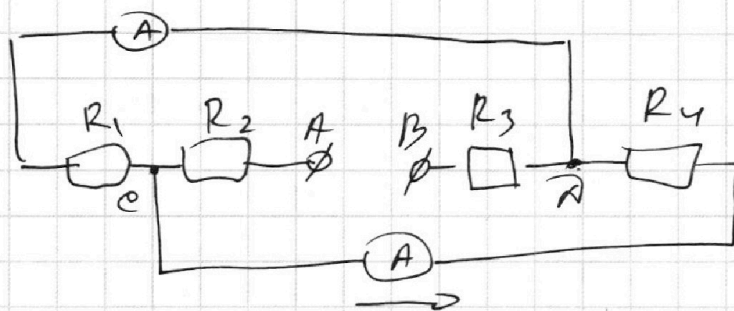
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

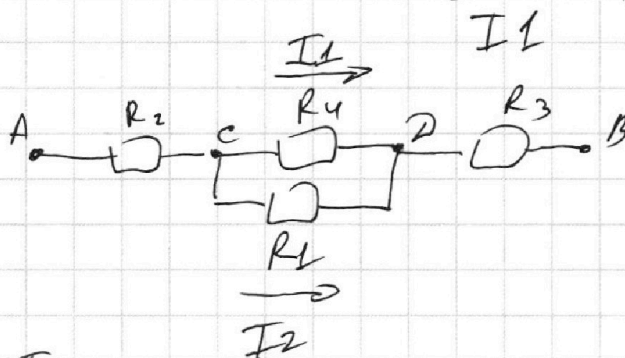
МФТИ

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

55



1) Перерисуем
схему, с фото
того, что ~~сфото~~
Амперметр
указывает.



2) Отметим
соответствующие
точки
на новой
схеме.

4) Т.ч. $I_1 > I_2$
по условию, то

$$R_4 < R_1 \Rightarrow$$

$$R_4 = 30 \Omega; R_1 = 60 \Omega$$

$$\text{Отсюда: } I_2 = \frac{R_4 I_1}{R_1} =$$

$$= \frac{I_1}{2} = 1 \text{ A.}$$

$$5) P = I_0^2 R_0, \text{ где}$$

$$I_0 = I_1 + I_2 \quad (\text{Закон сохранения заряда})$$

R_0 - эквивалентное сопротивление и

$$R_0 = \frac{R_4 R_1}{R_4 + R_1} + R_2 + R_3 = 30 \Omega + 20 \Omega = 50 \Omega$$

$$P = 5 \text{ A}^2 \cdot 50 \Omega = 1250 \text{ Вт} \quad \text{Ответ: } 1 \text{ A; } 1250 \text{ Вт}$$

3) Т.ч. R_4 и R_1
в параллель-
ном соедине-
нии, то

т.ч. показания
Амперметров
($I_1 \neq I_2$) разни-
цы $\Rightarrow$

$$R_4 \neq R_1, \text{ веро}$$

$$R_4 I_1 = I_2 R_1$$



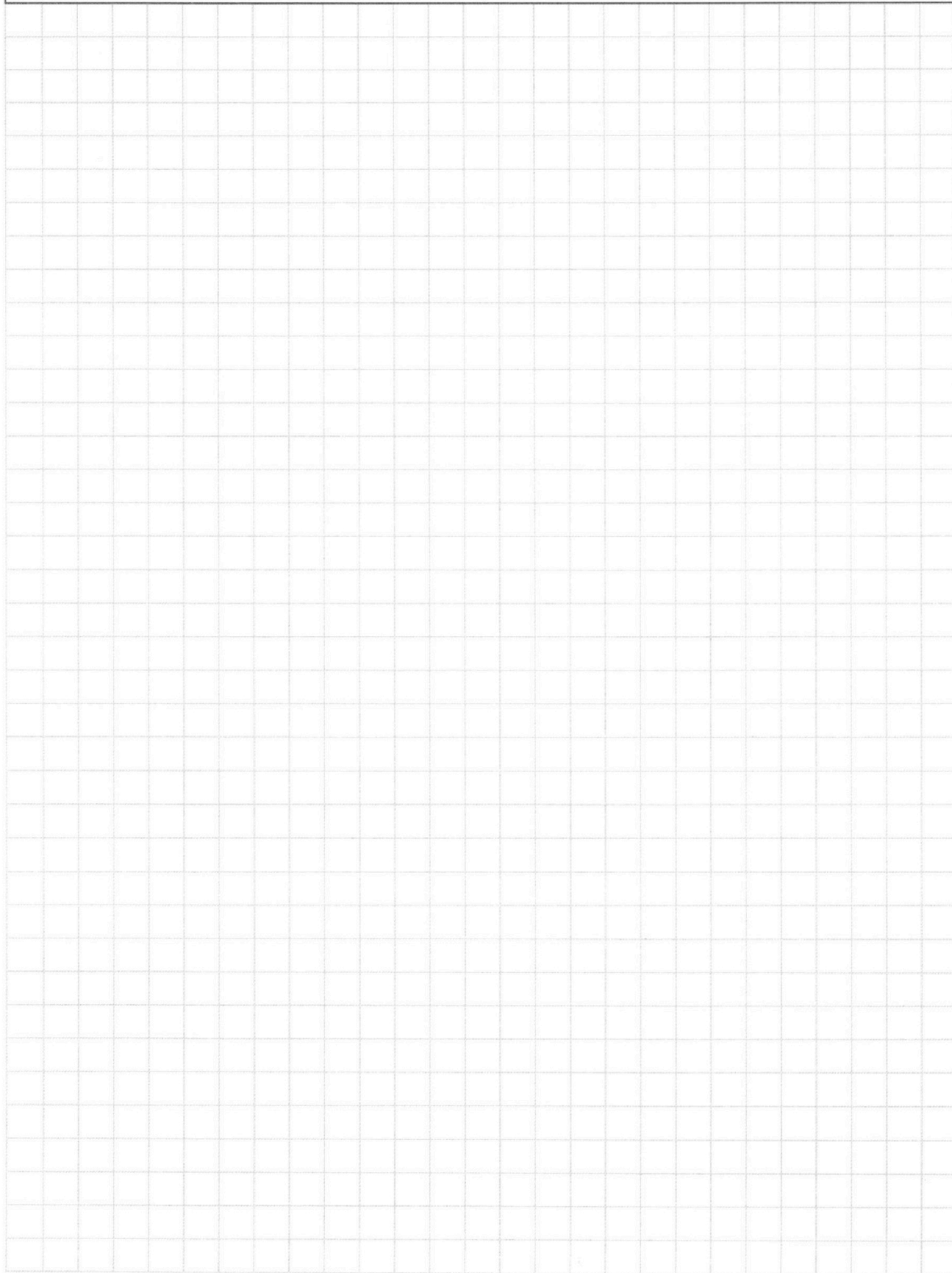
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



$$\text{tg} \alpha = \frac{h - gt^2}{3s}$$

$$3H = 4h - 3H$$

$$6H = 4h$$

$$v_1 \sin \alpha = 0$$

$$\cos 90 = 0$$

$$\cos 0 = 1$$

$$H = h - \frac{gt^2}{2}$$

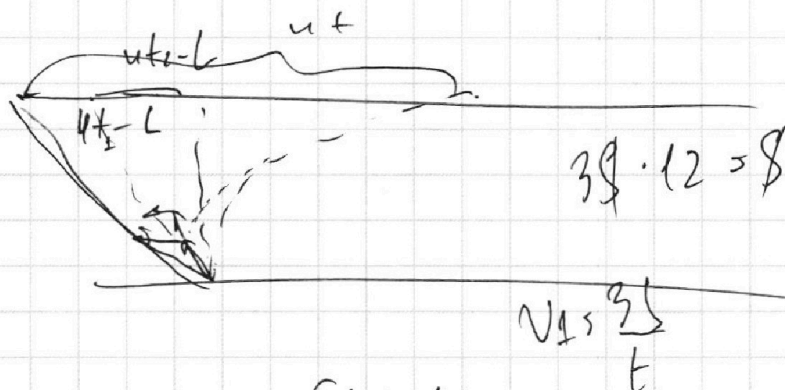
$$h - h + \frac{gt^2}{2} =$$

$$10,8 = 4h - 3H$$

$$\frac{9 \sqrt{4,08}}{10 \cdot 4,08}$$

$$\sin 90 = 1$$

$$\sin 0 = 0$$



$$\begin{array}{r} 24 \\ 24 \\ \hline 48 \\ 48 \\ \hline 96 \end{array}$$

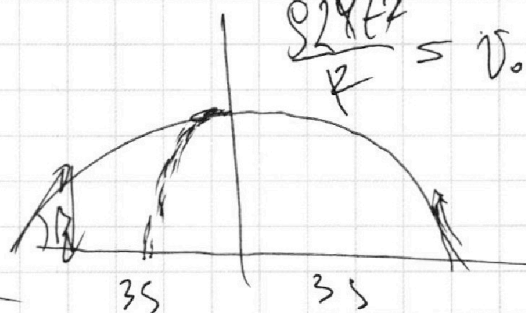
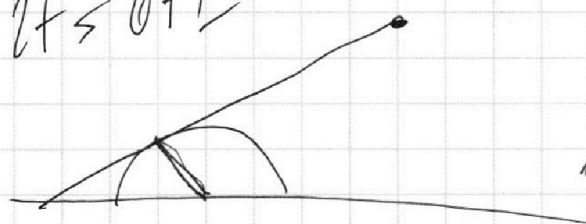
$$t = 3 + 1$$

$$2t = 6 + 1$$

$$\frac{gt^2}{2} = L$$

$$6s = v_0 \cos \beta \cdot 2t$$

$$\frac{924t^2}{2} = v_0 \sin \beta \cdot t$$



$$s = \frac{1}{2} g t^2 \cdot 12h$$

$$\text{ctg} \beta = \frac{s}{h}$$

$$v_0 = \frac{2gt}{\sin \beta}$$

$$6s = \frac{1}{2} g t^2 \cdot \text{ctg} \beta$$



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!

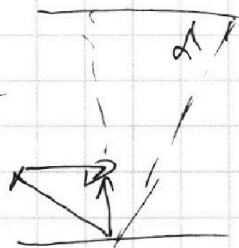
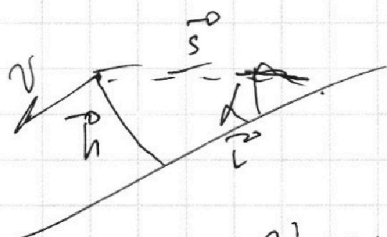
На Oy: $H-h = v_1 \sin \alpha T - \frac{gT^2}{2}$ (2)

$-h = v_1 \sin \alpha t_1 - \frac{gt_1^2}{2}$

На Ox: $S = v_1 \cos \alpha t_1$

На Oy:

$v_0 \sin \alpha$



$v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2} = \frac{h}{t} - gt = v_1 \sin \alpha$

$\frac{h}{t} - gt = \frac{3H}{t} - \frac{3h}{t}$

$\frac{4h}{t} - gt = \frac{3H}{t}$

$h + 3S \sin \alpha = 4h - 3H$

$\frac{h}{t} - gt = \frac{3S \sin \alpha}{\cos \alpha}$

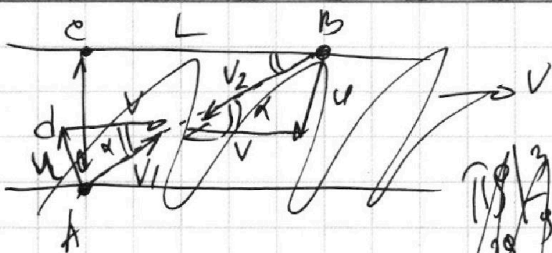
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:



МФТИ

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



1) Из закона сохранения энергии:

$$\vec{v}_{\text{изб}} = \vec{v}_{\text{перем}} + \vec{v}_{\text{центр}}$$

2) $\angle ABC \leq \alpha$, тогда
возможны все
~~направл~~ равные
силы в
векторных треуго-
льниках

$$3) \sqrt{L^2 + d^2} = T_1 V_1 = V_2 T_2$$

Отсюда: $V_1 = \frac{130 \text{ м}}{100 \text{ с}} = 1,3 \text{ м/с}$

$$V_{25} \frac{V_1 T_1}{T_2} = \frac{130 \text{ m}}{240 \text{ c}} = \frac{13}{24} \text{ a/c.}$$

$\frac{V}{V_1} = \cos \theta$

$$V_2^2 \neq V^2 - 2V_1 V \cos \theta$$

$$\begin{array}{r} 115 \\ 521 \\ 69 \\ \hline \end{array}$$

$$V_2^2 + V^2 - \frac{2V_1 V_2 \cos \theta}{V_1} = V_2^2$$

$$\xi \quad \sqrt{13} \frac{V_1^2 T_1^2}{T_2^2} + V^2 \left(1 - \frac{2V_1}{T_2} \right) =$$

$$= \frac{V_1^2 \sin^2 \alpha + V_1^2 \cos^2 \alpha}{6} \quad (1 - 2 \times 10^{-5}) \approx 5 \text{ s}$$

$$V_1^2 - 2V_1V_2\cos\alpha =$$

$$= V_2^2 - 2VV_2 \cosh$$

$$\Rightarrow V_1^2 \sin^2 \alpha \frac{1}{165} V = \frac{130 \mu}{T_2}$$