



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

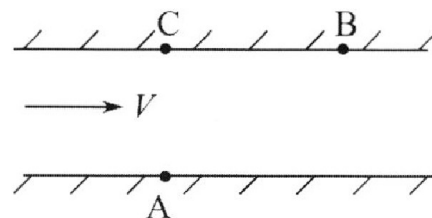
Вариант 09-02

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.

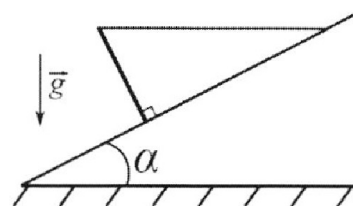
- 1) Найдите наибольшую высоту H , на которой мяч находится в полете.
- 2) Через какое время t_1 после соударения со стенкой мяч упадет на поле?

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

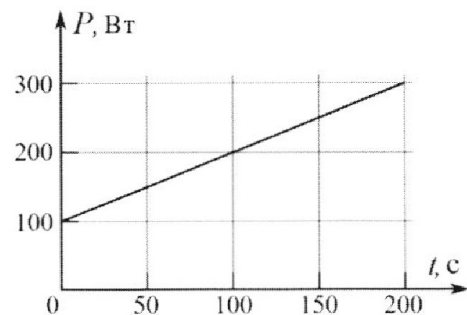
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные
дроби и радикалы.

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

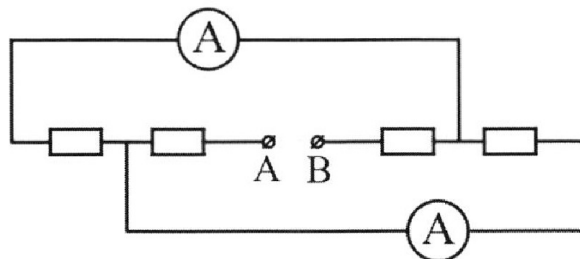


5. В электрической цепи, схема которой представлена на рисунке, четыре резистора, у двух из которых сопротивление по 30 Ом, у двух других сопротивление по 60 Ом. Сопротивление амперметров пренебрежимо мало.

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

1) Найдите показание I_2 второго амперметра.

2) Какую мощность P развивают силы в источнике?



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!



Исходник

Дано:

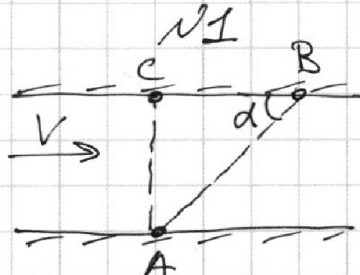
$$d = AC = 50 \text{ м}$$

$$CB = L = 120 \text{ м}$$

$$T_1 = 100 \text{ с}$$

$$T_2 = 240 \text{ с}$$

$$V_1 = ? \quad V_2 = ?$$



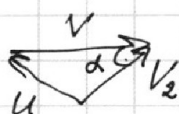
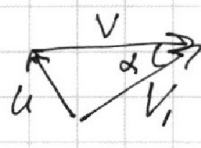
Пусть u - скорость плывца относительно реки.

1) В обоих случаях направления V_1 и V_2 совпадают.

$$AB = \sqrt{L^2 + d^2} \quad \text{Тогда } V_1 = \frac{\sqrt{L^2 + d^2}}{T_1} = 1,3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$V_2 = \frac{\sqrt{L^2 + d^2}}{T_2} \approx 0,54 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

2) Пусть $\angle CBA = \alpha$, тогда из з-на о сложении скоростей и теор. косинусов:

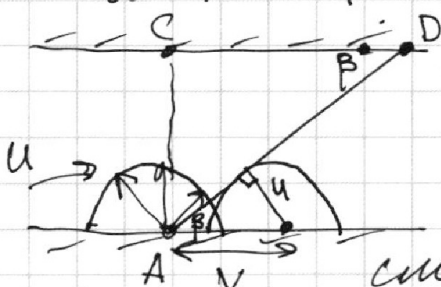


$$\cos \alpha = \frac{12}{13}$$

$$u^2 = V^2 + V_1^2 - 2VV_1 \cos \alpha = V^2 + V_2^2 - 2VV_2 \cos \alpha$$

$$V_1^2 - V_2^2 = 2V \cos \alpha (V_1 - V_2) \rightarrow V = \frac{V_1 + V_2}{2 \cos \alpha} \approx 1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$3) u = \sqrt{V^2 + V_1^2 - 2VV_1 \cos \alpha} \approx 0,54 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$



Концы векторов отн. скорости плывца - полуокр. Для того, чтобы получить ПМТ точек концов векторов скоростей плывца в АО, нужно сместить окружность на V.

Поместив, это спос. минимален, если скорость касательна к новой полуокр.

$$\sin \beta = \frac{u}{V} \approx 0,54 = \frac{d}{ABD} \rightarrow ABD = \frac{d}{\sin \beta} = 92,6 \text{ м}$$

По т. Пифагора:

$$AD^2 = d^2 + (CD)^2$$



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!

$$CD = (AB)^2 - d^2 = 78 \text{ м}$$

Числовик

Тогда расстояние до точки B:

$$S = L - CD = 42 \text{ м}$$

$$\text{Ответ: } V_1 = 1,3 \frac{\text{м}}{\text{с}}; V_2 = 0,54 \frac{\text{м}}{\text{с}}; V = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}};$$

$$S = 42 \text{ м.}$$

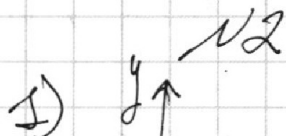
1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

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



Исходник

Дано:
 $h = 5,4 \text{ м}$
 $k = 3$
 $d = 1,8 \text{ м}$
 $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$
 $H = ?$
 $t = ?$
 $u = ?$



Пусть l - расст. от точки падения до стенки.

Тогда расст. от точки старта до точки стены - $kl = 3l$.

Так как при соударении v_y не меняется, а v_x меняется на противоположную, траектория после удара симметрична отн. стенке той, по которой мог бы лететь в отсутствие стенки. Времена полета одинаковы. Если v_0 и α - изг. скор. и угол к горизонту, то $v_0 \cos \alpha t = 3l$, при этом $v_0 \cos \alpha \frac{t_0}{2} = 2l$

$t = \frac{3}{4} t_0$, где t - время до соуд. t_0 - полное время полета.

$$H = v_0 \sin \alpha \frac{t_0}{2} - \frac{g t_0^2}{8} \quad h = \frac{3}{4} v_0 \sin \alpha t_0 - \frac{g t_0^2}{32}$$

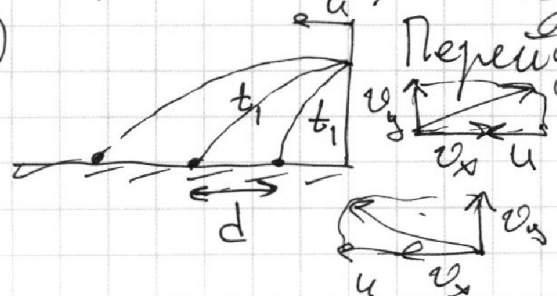
$$t_0 = \frac{2 v_0 \sin \alpha}{g} \rightarrow H = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}; \quad h = \frac{3}{4} \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$$

$$\frac{H}{h} = \frac{4}{3} \rightarrow H = \frac{4}{3} h = 7,2 \text{ м}$$

$$2) H = \frac{g t_0^2}{8} \rightarrow t_0 = \sqrt{\frac{8H}{g}} = \sqrt{\frac{32h}{3g}}$$

$$t = \frac{3}{4} t_0 \rightarrow t_1 = \frac{t_0}{4} = \sqrt{\frac{32h}{48g}} = \sqrt{\frac{2h}{3g}} = 0,6 \text{ с}$$

3)



Перейдём в СО стенки; u - скорость до

v_x - скорость после



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!

Исходные

Теперь перейдём в ЛС. Вертикаль-
ная компонента не меняется $\rightarrow$
время полёта одинаковы.

Горизонтальная увеличилась на
2м. Из этих соотношений

$$d = 2ut, \rightarrow u = \frac{d}{2t} = 1,5 \frac{m}{c}.$$

$$\text{Ответ: } H = 7,2m; t_1 = 0,6c; u = 1,5 \frac{m}{c}.$$

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

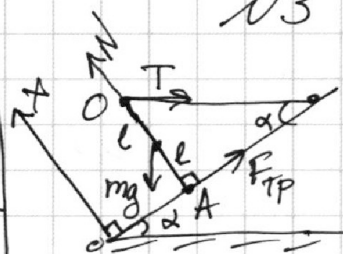
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



Черновик

N3

Дано:
 $T = 17,3 \text{ Н}$
 $\alpha = 30^\circ$
 $m = ?$ $F_{\text{тр}} = ?$
 $\mu = ?$



Пусть l — длина неподвижной стержня.

1) Пр. моментов относительно точки A:

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

$$m = \frac{2T \tan \alpha}{g} = 6 \text{ кг}$$

2) Пр. моментов относительно Т.О:

$$mg \sin \alpha = 2l F_{\text{тр}} \rightarrow F_{\text{тр}} = \frac{mg \sin \alpha}{2} = 15 \text{ Н}$$

3) Условия равновесия на ось Ox :

$$N = mg \cos \alpha + T \sin \alpha = mg \cos \alpha + \frac{mg \tan \alpha \cdot \sin \alpha}{2}$$

Макс. сила трения равна μN :

$$F_{\text{тр}} \leq \mu N \rightarrow \frac{mg \sin \alpha}{2} \leq \mu \left(mg \cos \alpha + \frac{mg \tan \alpha \cdot \sin \alpha}{2} \right)$$

$$\mu \geq \frac{\sin \alpha}{2 \cos \alpha + \tan \alpha \cdot \sin \alpha} \approx 0,25$$

Ответ: $m = 6 \text{ кг}$; $F_{\text{тр}} = 15 \text{ Н}$; $\mu \geq 0,25$.

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!



Тестовик

№4

Дано:

$$V = 1 \text{ л}$$

$$\tilde{t}_0 = 16^\circ \text{C}$$

$$R = 25 \text{ }\Omega$$

$$U = 100 \text{ В}$$

$$T = 180^\circ \text{C}$$

$$\rho = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$c = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ \text{C}}$$

$$P_{\text{н}} = ? \quad \tilde{t}_1 = ?$$

$$1) P_{\text{н}} = \frac{U^2}{R} = 400 \text{ Вт}$$

2) За время T вода получит $Q_1 = P_{\text{н}} T$ тепла и отдаст в окружающую среду Q_2 тепла, пропорциональное площади под графиком $P(t)$ к этому моменту.

Коэффициент наклона графика $k = 1 \frac{\text{Вт}}{^\circ \text{C}}$.

$$Q_2 = T \frac{(100 \text{ Вт} + kT)}{2} = 25200 \text{ Дж.}$$

Уравнение теплового баланса:

$$Q_1 - Q_2 = c \rho V (\tilde{t}_1 - \tilde{t}_0) = P_{\text{н}} T - T \frac{(100 + kT)}{2} = c \rho V (\tilde{t}_1 - \tilde{t}_0)$$

$$\tilde{t}_1 = \frac{T(P_{\text{н}} - \frac{100 + kT}{2})}{c \rho V} + \tilde{t}_0 \approx 27,1^\circ \text{C}$$

Ответ: $P_{\text{н}} = 400 \text{ Вт}$; $\tilde{t}_1 = 27,1^\circ \text{C}$.

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!



Черновик
NS

Дано:

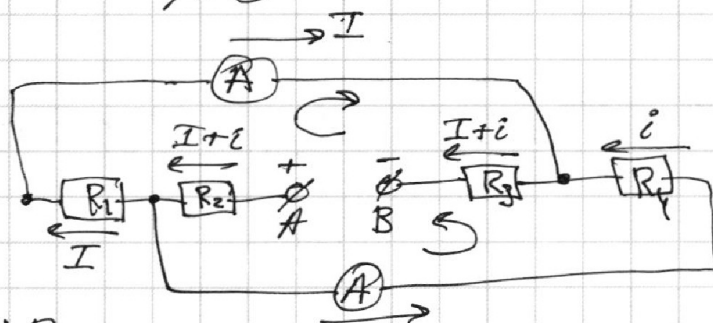
30Ω

60Ω

$I_1 = 2A$

$I_2 = ?$

$P = ?$



1) Пусть токи через амперметры равны I и i , а сопротивления резисторов R_1, R_2, R_3, R_4 . Напряжение источника U .

Второе правило Кирхгофа для двух контуров:

$$0 = R_3(I+i) - U + R_2(I+i) + IR_1$$

$$0 = R_4 i + R_3(I+i) - U + R_2(I+i)$$

Тогда $IR_1 = iR_4$. Пусть $I \equiv I_1$, тогда так как $I_1 > I_2 \rightarrow R_1 = 30 \Omega$, а $R_4 = 60 \Omega$.
 $i = I \frac{R_1}{R_4} = 1A = I_2$.

Для нахождения U , возьмём $R_2 = 30 \Omega$, а $R_3 = 60 \Omega$ (не имеет значения какой из них, т.к. они вместе фигурируют во всех ур-ниях и через них текут одинаковые токи).

$$U = 1A \cdot 60\Omega + iR_4 + R_3(I+i) + R_2(I+i) = 330B$$

7



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) ^{Исходник} Мощность источника $P = U(I + i) =$
 $= 990 \text{ Вт.}$

Ответ: $I_2 = 1 \text{ А}; P = 990 \text{ Вт.}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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



Черновик

$$50 \cdot 50 = 2500$$

$$\frac{120 \cdot \sqrt{16900}}{120}$$

$$\frac{130}{100} = 1,3 \mu$$

$$\frac{1300 \cdot 240}{1200 \cdot 541}$$

$$\frac{1000}{360}$$

$$\frac{26 \cdot 12}{13} = \frac{20}{3}$$

$$\frac{120}{14400}$$

$$K+A=K$$

$$V \sin \alpha = V$$

$$m_0 = m(u+u) \tan 30 = \frac{1}{\sqrt{3}}$$

$$F(x) = 552$$

$$T = \sqrt{3} \cdot 10$$

$$K = K' + W$$

$$A = -W$$

$$\sin \beta = \frac{u}{V} = \frac{d}{h}$$

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

$$m = \frac{2T \tan \alpha}{g} = \frac{2T \sqrt{3}}{10} = 6$$

$$F_{TP} \leq \mu N$$

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

$$F_{TP} = \frac{mg \sin \alpha}{2}$$

$$T = \frac{mg \tan \alpha}{2}$$

$$\mu \geq \frac{mg \sin \alpha}{T \sin \alpha + mg \cos \alpha}$$

$$\mu \geq \frac{u^2}{R}$$

$$P = \frac{E}{R} (1+i)$$

$$iR_4 + (I+i)R_3 = E$$

$$(I+i)R_3 + (I+i)R_1 + IR_2 = E$$

$$3R_2 E = 30 + 60 + 180 = 330 B$$

$$Q_2 = T(100 + kT)$$

$$iR_4 = IR_2$$

$$I = 2 A$$

$$R_2 = 30 \Omega$$

$$10000 : 25$$

$$25200$$

$$I = 2 A$$

$$R_2 = 30 \Omega$$

$$10000 : 25$$

$$25200$$

$$25200$$

$$I = 2 A$$

$$R_2 = 30 \Omega$$

$$10000 : 25$$

$$25200$$

$$25200$$

$$I = 2 A$$

$$R_2 = 30 \Omega$$

$$10000 : 25$$

$$25200$$

$$25200$$

$$I = 2 A$$

$$R_2 = 30 \Omega$$

$$10000 : 25$$

$$25200$$

$$25200$$

$$I = 2 A$$

$$R_2 = 30 \Omega$$

$$10000 : 25$$

$$25200$$

$$25200$$

$$I = 2 A$$

$$R_2 = 30 \Omega$$

$$10000 : 25$$

$$25200$$

$$25200$$

$$I = 2 A$$

$$R_2 = 30 \Omega$$

$$10000 : 25$$

$$25200$$

$$25200$$

$$I = 2 A$$

$$R_2 = 30 \Omega$$

$$10000 : 25$$

$$25200$$

$$25200$$

$$I = 2 A$$

$$R_2 = 30 \Omega$$

$$10000 : 25$$

$$25200$$

$$25200$$

$$I = 2 A$$

$$R_2 = 30 \Omega$$

$$10000 : 25$$

$$25200$$

$$25200$$

$$I = 2 A$$

$$R_2 = 30 \Omega$$

$$10000 : 25$$

$$25200$$

$$25200$$

$$I = 2 A$$

$$R_2 = 30 \Omega$$

$$10000 : 25$$

$$25200$$

$$25200$$

$$I = 2 A$$

$$R_2 = 30 \Omega$$

$$10000 : 25$$

$$25200$$

$$25200$$