



Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

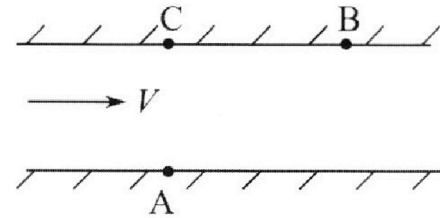
Вариант 09-02

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.

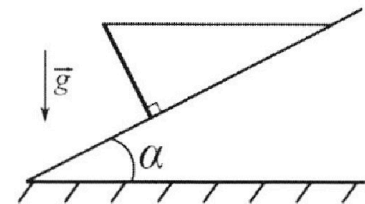
- 1) Найдите наибольшую высоту  $H$ , на которой мяч находится в полете.
- 2) Через какое время  $t_1$  после соударения со стенкой мяч упадет на поле?

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/с<sup>2</sup>. 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  $\mu$  трения скольжения стержень будет находиться в покое? Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

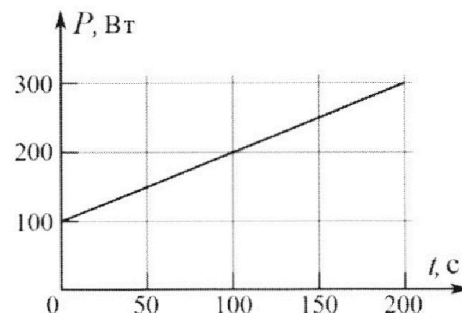
Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

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  $\tilde{t}_0 = 16$  °С. 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.

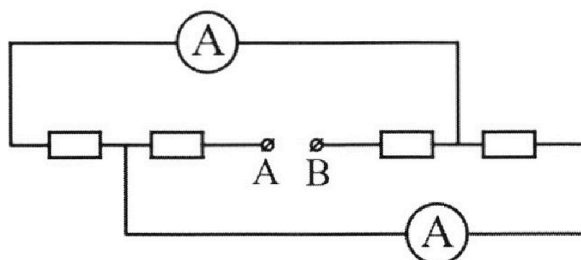
Плотность воды  $\rho = 1000$  кг/м<sup>3</sup>, удельная теплоемкость воды  $c = 4200$  Дж/(кг·°С).

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!



### Решение

Дано:

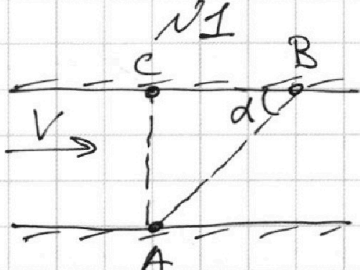
$d = AC = 50 \text{ м}$

$CB = L = 120 \text{ м}$

$T_1 = 100 \text{ с}$

$T_2 = 240 \text{ с}$

$V_1 = ? \quad V_2 = ?$



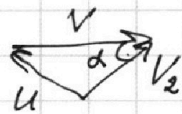
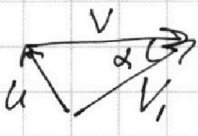
Пусть  $u$  - скорость плывца относительно реки.

1) В обоих случаях направления  $V_1$  и  $V_2$  совпадают.

$AB = \sqrt{L^2 + d^2}$  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 закона сложения скоростей и теор. косинусов:

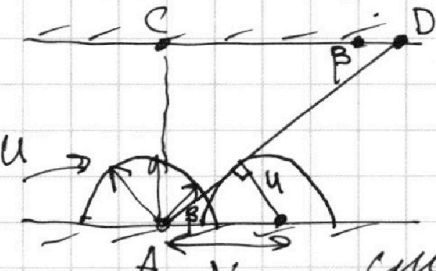


$\cos \alpha = \frac{12}{13}$

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

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

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



Косинус векторов отн. скорости плывца - косинус. Для того, чтобы получить ПАТ точек концов векторов скорости плывца в АС, можно сместить окружность на  $V$ . Пометим, что спос минимален, если скорость касательна к новой окружк.

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

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!

$$CD = (AB)^2 - d^2 = 78 \text{ м}$$

Шестовик

Тогда расстояние до точки B:

$$S = L - CD = 42 \text{ м}$$

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

$$S = 42 \text{ м.}$$

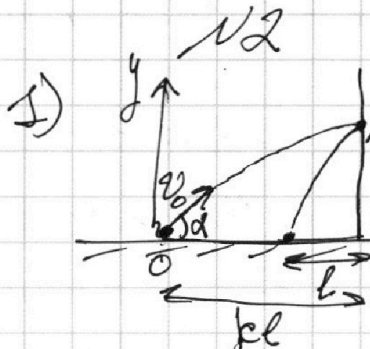
1  2  3  4  5  6  7

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



Методик

Дано:  
 $h = 5,4 \text{ м}$   
 $k = 3$   
 $d = 1,8 \text{ м}$   
 $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$   
 $H = ?$   $t_1 = ?$   
 $u = ?$



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  $\alpha$  - 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.

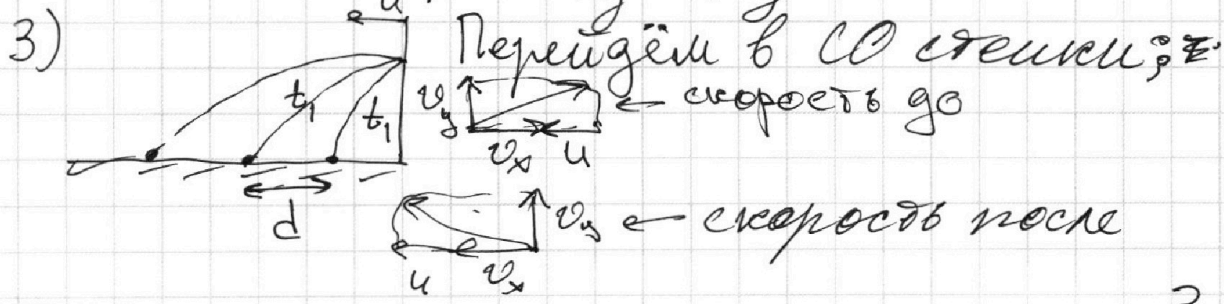
$$H = v_0 \sin \alpha \frac{t_0}{2} - \frac{g t_0^2}{8} \quad h = \frac{3}{4} v_0 \sin \alpha t_0 - \frac{g t_0^2}{32}$$

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

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

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

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



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*

Теперь перейдём в ЛСО. Вертикаль-  
ная компонента не меняется  $\rightarrow$   
время полёта одинаково.

Горизонтальная увеличилась на  
2м. Из этого сообразим

$$d = 2ut_1 \rightarrow u = \frac{d}{2t_1} = 1,5 \frac{m}{c}$$

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

1  2  3  4  5  6  7

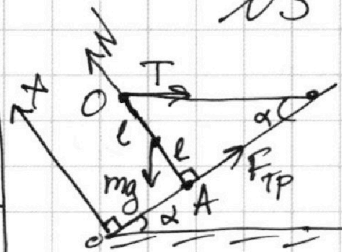
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



Черновик

№3

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



Пусть  $l$  - длина неподвижной стержня.

1) Пр. моментов относительно точки А:

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

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

2) Пр. моментов относительно Т.О:

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

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  $\mu N$ :

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

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

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

1  2  3  4  5  6  7



Задача

№4

Дано:

$$V = 1 \text{ л}$$

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

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

$$U = 100 \text{ В}$$

$$T = 180 \text{ с}$$

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

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

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

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

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  $k = 1 \frac{\text{Вт}}{\text{с}}$ .

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

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!



Счетовик

NS

Дано:

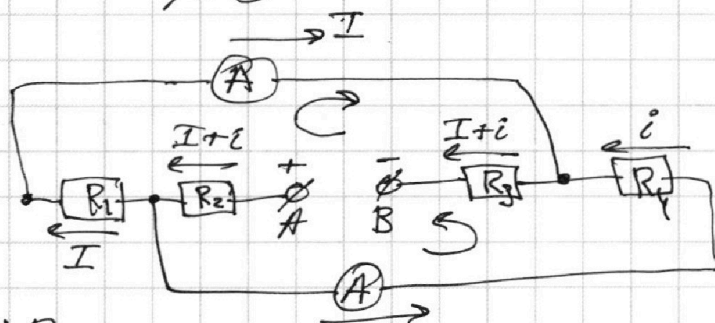
$30 \Omega$

$60 \Omega$

$I_1 = 2A$

$I_2 = ?$

$P = ?$



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  $I = I_1$ , 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  $U$ , возьмем  $R_2 = 30 \Omega$ , а  $R_3 = 60 \Omega$  (не имеет значения какой из них, т.к. они вместе фигурируют во всех уравнениях и через них текут одинаковые токи).

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



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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

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

2) <sup>Источники</sup> 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



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



*Черновик*  
 $180 \cdot 400 = 72000$   

$$\begin{array}{r} 46800 \\ 4200 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 468 \ 42 \\ 42 \ 111 \\ \hline 48 \ 60 \end{array}$$

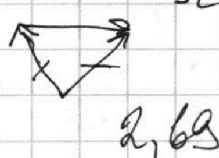
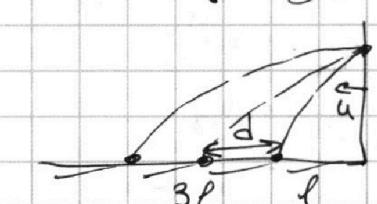
$$h = v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2} \quad H = v_0 \sin \alpha \frac{t_1}{2} - \frac{g t_1^2}{8} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$$

$$h = \frac{3}{4} v_0 \sin \alpha t_1 - \frac{3gt_1^2}{32} \quad t_1 = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g}$$

$$h = \frac{123}{8g^2} \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{g} - \frac{9g v_0^2 \sin^2 \alpha}{8g} = \frac{3}{48} \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$$

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

$$5 \frac{z}{5} = \frac{27 \cdot 4}{5} = \frac{108}{5} \approx 21,6 \text{ m/s}^2$$



$$2ut + v_0 \quad (2u + v_0)t \quad 2ut = d \quad u = \frac{d}{2t} = \frac{0,9}{0,6} = 1,5 \text{ m/s}$$

$$12 \cdot 2,6 = 31,2$$

$$\begin{array}{r} 156 \ 65 \\ 130 \ 2,4 \text{ m/s} \\ \hline 260 \end{array}$$

$$u = 0,54 \text{ m/s}$$

$$\text{tg } \beta = \frac{CD}{...}$$

$$82,6^2 - 50^2 =$$

$$\begin{array}{r} 4 \ 2800 \\ 77 \ 53 \\ \hline 77 \ 32 \\ \hline 53 \ 9 \ 77,5 \\ 53 \ 9 \ 1 \ 77,5 \\ \hline 53 \ 9 \ 1387,5 \\ 53 \ 2 \ 9 \ 542,5 \\ \hline 6006,25 \end{array}$$

$$\cos \beta = \sqrt{1 - \dots}$$

$$\begin{array}{r} 5000 \ 54 \\ 486 \ 92,6 \text{ m} \\ \hline 140 \ 320 \\ 108 \end{array}$$

$$31,2 \cdot 5 = 156$$

$$\begin{array}{r} 2265 \\ 0,054 \ 0,56 \\ \hline 0,54 \ 0,56 \\ \hline 216 \ 3,6 \\ 270 \ 2,7 \cdot 6 \\ \hline 2916 \ 7,6 \\ 298 \ 7,6 \\ \hline 32,6 \ 4,56 \\ 92,6 \ 53,2 \\ \hline 1,55 \ 56 \ 577,6 \\ 18 \ 5 \ 2 \ 78 \\ \hline 8334 \ 78 \\ 8574,76 \ 624 \\ \hline 6074,76 \ 546 \\ 6084 \end{array}$$

10

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*

$50 \cdot 50 = 2500$

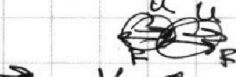
$\frac{120 \cdot \sqrt{16900}}{120}$

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

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

$\frac{120}{14400}$

$1,84 \cdot 13$

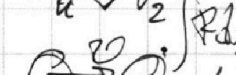
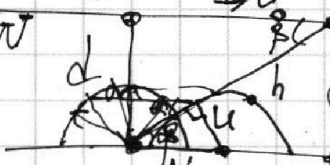


$V \sin \alpha = V$

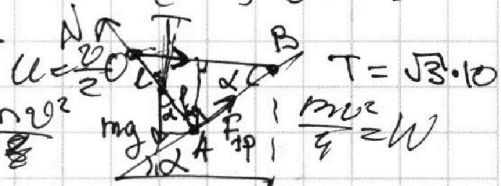
$\frac{26 \cdot 12}{13} \mu = \frac{20}{3}$

$k = k' + W$

$A = -W$



$\frac{552}{184}$



$1 + 1,69 = 2,69$

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

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

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

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

$F_{TP} = 15H$

$F_{TP} \leq \mu N$

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

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

$\frac{mg \sin \alpha}{2} \leq \mu (T \sin \alpha + mg \cos \alpha)$

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

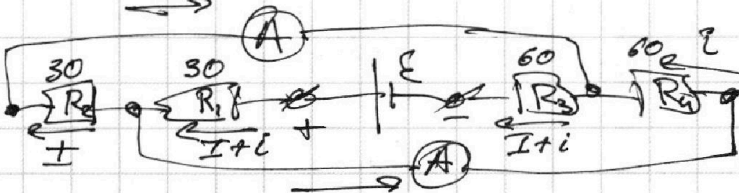
$\mu \geq \frac{mg \sin \alpha}{2T}$

$= \frac{u^2}{R}$

$\frac{u^2}{R} \geq \frac{mg \tan \alpha \sin \alpha + 2mg \cos \alpha}{2T}$

$P = E(I+i)$

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



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

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

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

$I = 2A$

$R_2 = 30 \Omega$

$\frac{10000}{6300} = 1,587$

$10000 : 25 = 400$

$Q_2 = T(100 + kT)$

$\frac{140}{180}$

g