



Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

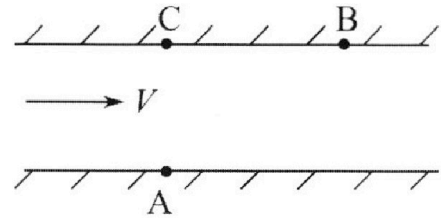
Вариант 09-02

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.

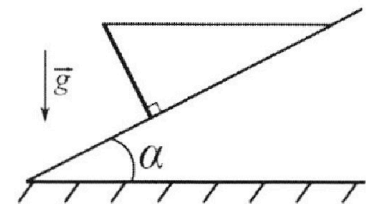
- 1) Найдите наибольшую высоту H , на которой мяч находится в полете.
- 2) Через какое время t_1 после соударения со стенкой мяч упадет на поле?

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.

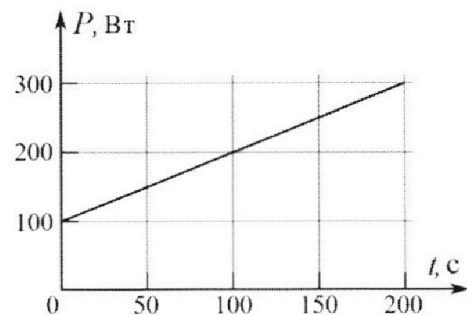


4. Воду объемом $V = 1$ л нагревают на электроплитке. Начальная температура воды $\tilde{t}_0 = 16$ °С. Сопротивление спирали электроплитки $R = 25$ Ом, напряжение источника $U = 100$ В. Зависимость мощности P тепловых потерь от времени t представлена на графике (см. рис.).

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/м³, удельная теплоемкость воды $c = 4200$ Дж/(кг·°С).

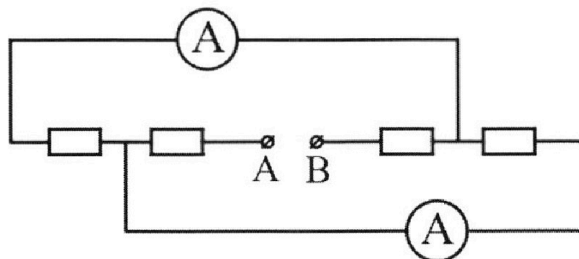


5. В электрической цепи, схема которой представлена на рисунке, четыре резистора, у двух из которых сопротивление по 30 Ом, у двух других сопротивление по 60 Ом. Сопротивление амперметров пренебрежимо мало.

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:

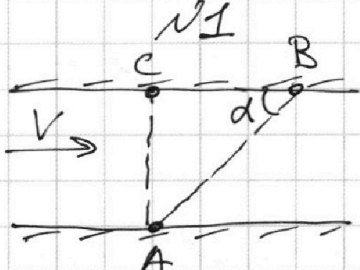
$d = AC = 50 \text{ м}$

$CB = L = 120 \text{ м}$

$T_1 = 100 \text{ с}$

$T_2 = 240 \text{ с}$

$V_1 = ? \quad V_2 = ?$



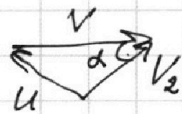
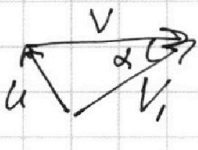
Пусть u - скорость плывца относительно реки.

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:

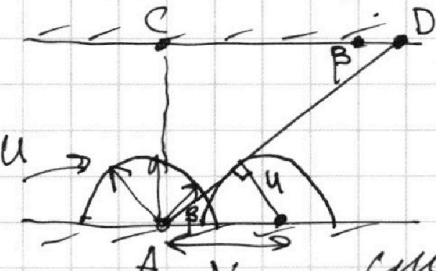


$\cos \alpha = \frac{12}{13}$

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

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

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 касания векторов скорости плывца в AC, можно сместить окружность на V.

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

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

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:

$$S = L - CD = 42 \text{ м}$$

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

$$S = 42 \text{ м.}$$

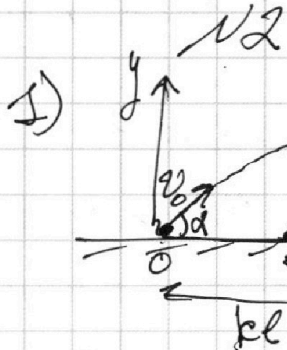
1 2 3 4 5 6 7

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 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.

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

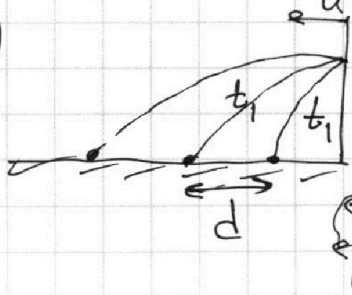
$$t_0 = \frac{2 v_0 \sin \alpha}{g} \rightarrow H = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}; \quad h = \frac{3}{4} \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$$

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

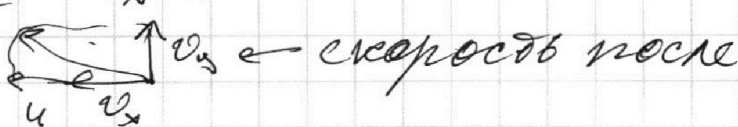
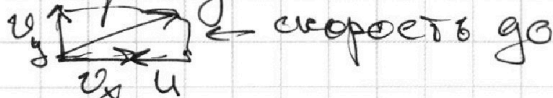
$$2) H = \frac{g t_0^2}{8} \rightarrow t_0 = \sqrt{\frac{8H}{g}} = \sqrt{\frac{32h}{3g}}$$

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

3)



Перейдем в СО стенки;



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 выразим d

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

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

1 2 3 4 5 6 7

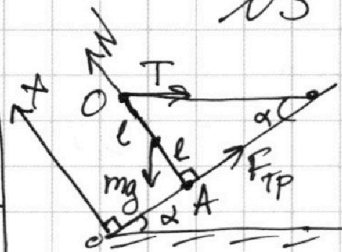
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



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 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



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:

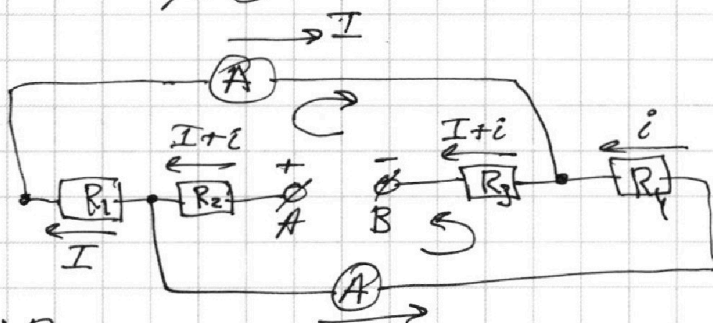
30Ω

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 $I = I_1$, 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).

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

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
<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) ^{Источники} 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
 $180 \cdot 400 = 72000$

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

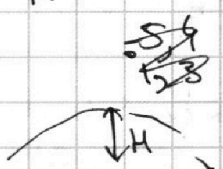
$$\begin{array}{r} 468 \ 42 \\ 42 \ 111 \\ \hline 48 \ 60 \end{array}$$

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

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

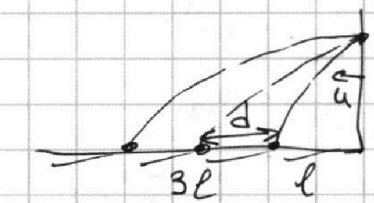
$h = \frac{123}{8g^2} \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{g} - \frac{9g v_0^2 \sin^2 \alpha}{8g} = \frac{3}{48} \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$

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



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

$\frac{gt^2}{8} = H$

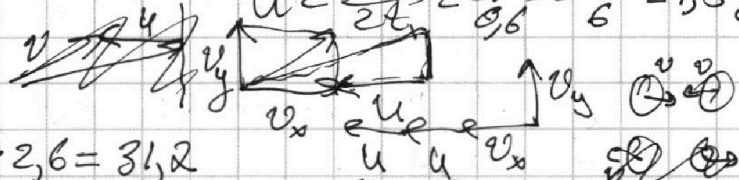


$2ut + v_0^2 t$
 $(2u + v_0)t$

$W = 0$
 $10,8 \ 30$

$$\begin{array}{r} 108 \ 30 \\ 30 \ 036 \\ \hline 180 \end{array}$$

$u = \frac{d}{2t} = \frac{0,9}{0,6} = \frac{9}{6} = 1,5 \text{ m/s}$



2,68

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

$$\begin{array}{r} 156 \ 65 \\ 130 \ 24 \\ \hline 260 \end{array}$$

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

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

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

$$\begin{array}{r} 41 \ 2800 \\ 77 \ 53 \\ \hline 77 \ 32 \\ \hline 539 \ 77,5 \\ 539 \ 177,5 \\ \hline 539 \ 1387,5 \\ 539 \ 542,5 \\ \hline 6006,25 \end{array}$$

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

$$\begin{array}{r} 5000 \ 54 \\ 486 \ 92,6 \\ \hline 140 \ 192,6 \\ 108 \ 320 \end{array}$$

$31,2 \cdot 5 = \frac{156}{5 \cdot 13}$

$$\begin{array}{r} 2265 \\ 0,54 \\ \hline 0,54 \\ \hline 216 \\ 270 \\ \hline 2716 \\ 2916 \\ \hline 2986 \\ 326 \\ \hline 92,6 \\ 15556 \\ 1852 \\ \hline 8334 \\ 8574,76 \\ 6074,76 \end{array}$$

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

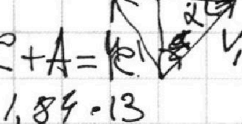
$50 \cdot 50 = 2500$

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

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

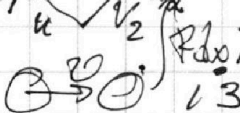
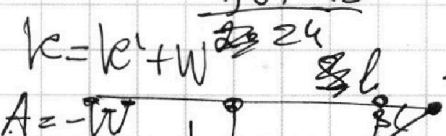
$\frac{1300 \cdot 240}{1200 \cdot 541}$

$\frac{120}{14400}$

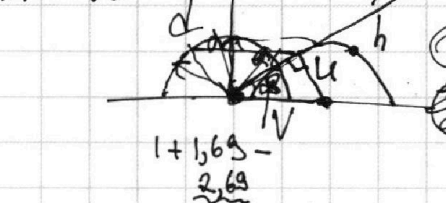
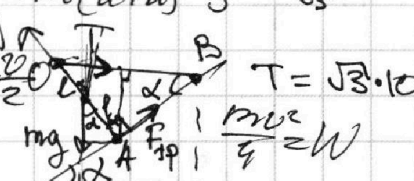


$V \sin \alpha = V$

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



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



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

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

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

$F_{TP} \leq \mu N$

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

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

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

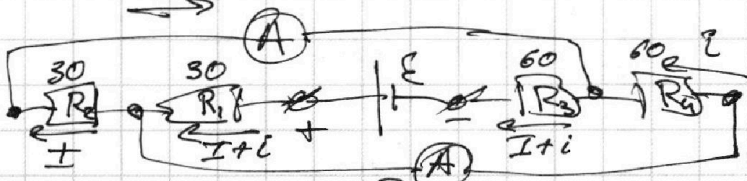
$T = \frac{mg \tan \alpha}{2}$

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

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

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

$P = E(I+i)$



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

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

$E = 30 + 60 + 180 = 330 \text{ B}$

$iR_4 = IR_2$

$I = 2 \text{ A}$

$R_2 = 30 \Omega$

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

$Q_2 = T(100 + kT)$

$\frac{10000}{25200}$

g