



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.

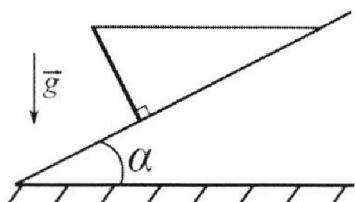
- 1) Найдите наибольшую высоту H , на которой мяч находится в полете.
- 2) Через какое время t_1 после соударения со стенкой мяч упадет на поле?

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 поконится, стенка движется, $d = 1,8$ м.

- 3) Найдите скорость U стенки в момент соударения.

Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$. 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_{TP} трения, действующую на стержень.
- 3) При каких значениях коэффициента μ трения скольжения стержень будет находиться в покое? Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$.



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 09-02

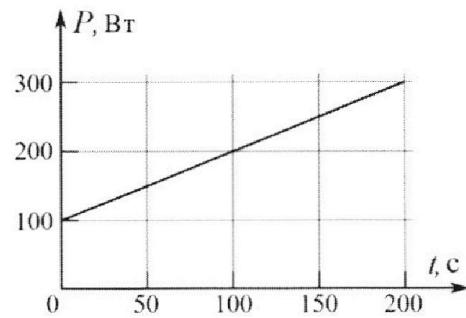


Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

4. Воду объемом $V = 1\text{л}$ нагревают на электроплитке. Начальная температура воды $t_0 = 16^{\circ}\text{C}$. Сопротивление спирали электроплитки $R = 25\text{ Ом}$, напряжение источника $U = 100\text{ В}$. Зависимость мощности P тепловых потерь от времени t представлена на графике (см. рис.).

- 1) Найдите мощность P_H нагревателя.
- 2) Найдите температуру t_1 воды через $T = 180\text{ с}$ после начала нагревания.

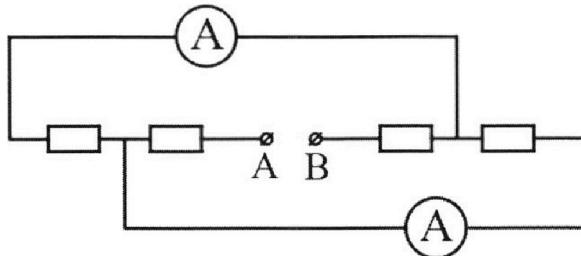
Плотность воды $\rho = 1000\text{ кг}/\text{м}^3$, удельная теплоемкость воды $c = 4200\text{ Дж}/(\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C})$.



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 $I_1 = 2\text{ А}$.

- 1) Найдите показание I_2 второго амперметра.
- 2) Какую мощность P развивают силы в источнике?





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

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

Задание

N1

Дано:

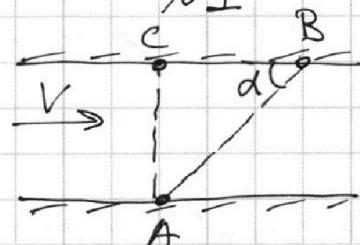
$$d = AC = 50 \text{ м}$$

$$CB = L = 120 \text{ м}$$

$$T_1 = 100 \text{ с}$$

$$T_2 = 240 \text{ с}$$

$$V_1 - ? \quad V_2 - ?$$



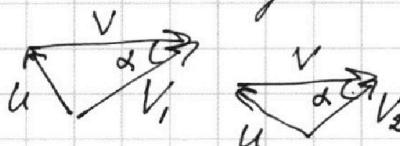
Пусть U - со-
рость поез-
да относитель-
но рельса.

1) В обоих замыслах 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-ши о сложе-
нии скоростей и теор. косинусов:

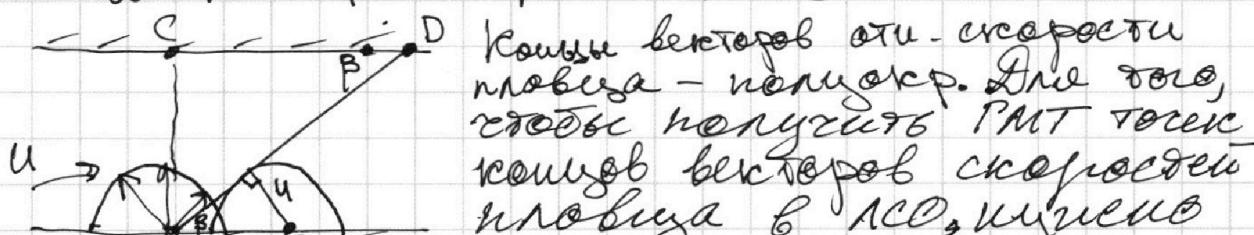


$$\cos \alpha = \frac{12}{13}$$

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

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

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



Кончики векторов от- скорости
пловца - полуокр. Для того,
чтобы получить РМТ током
кончики векторов скоростей
пловца в АСО, нужно

сместить окружность из
 V . Понятно, что снос минимальен, если
скорость направлена 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 |
| <input checked="" 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!

$$CD = (AB)^2 - d^2 = 78 \text{ м}$$

Числовик

Тогда расстояние до точки B:

$$S = L - CD = 42 \text{ м}$$

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

$$S = 42 \text{ м.}$$

2



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

Числовых

N2

Дано:

$$h = 5,4 \text{ м}$$

$$k = 3$$

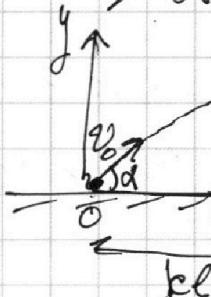
$$d = 1,8 \text{ м}$$

$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$H - ? \quad t_1 - ?$$

$$U - ?$$

1)



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

Так как при симметрии
 v_x не меняется, а v_y меняется
на противоположную, траектория
после отр. удара симметрична относ. стены
той, по которой шел мяч перед возвращением
стены. Времена полета одинаковы.

Если v_0 и d - нач. скор. и угол к горизонту
то $v_0 \cos \alpha t = 3l$, при этом $v_0 \cos \alpha \frac{t_0}{2} = 2l$

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

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

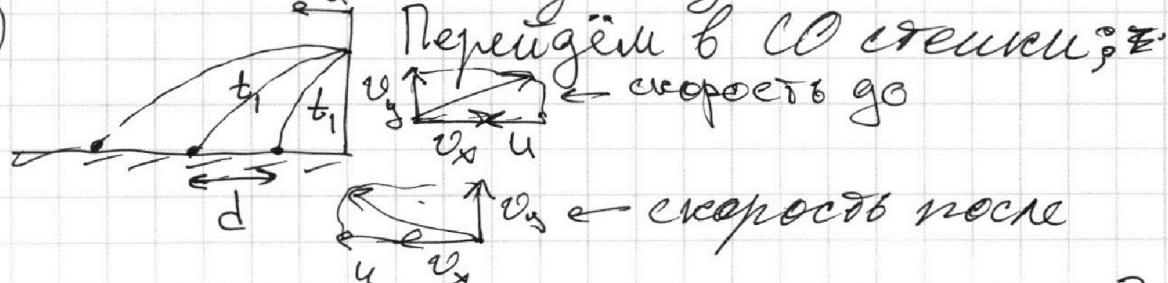
$$t_0 = \frac{2 v_0 \sin \alpha}{g} \rightarrow H = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}; \quad h = \frac{3}{4} \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$$

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

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

$$t = \frac{3}{4} t_0 \rightarrow t_1 = \frac{t_0}{4} = \sqrt{\frac{32h}{58g}} = \sqrt{\frac{2h}{3g}} = 0,6 \text{ с}$$

3)





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 checked="" 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!

Черновик

Теперь перейдём в ЛСО. Вертикальная компонента не меняется \rightarrow
время полёта одинаково.

Горизонтальная увеличилась на 2 раза. Из этого соображения
 $d = 2ut, \rightarrow u = \frac{d}{2t} = 1,5 \frac{m}{c}$.

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



- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

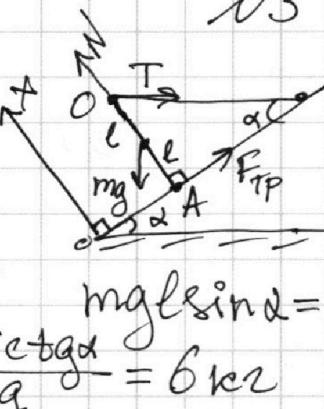
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

МФТИ

Задача

N3

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



Линия l - линия неподвижных стержней.

1) Пр. моментов относительно точки А:

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

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

2) Пр. моментов относительно т. О:

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

3) Условие 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 (некол.) равна μN :

$$F_{TP} \leq \mu N \rightarrow \frac{mg \sin \alpha}{2} \leq \mu g (mg \cos \alpha + \frac{mg \tan \alpha \cdot \sin \alpha}{2})$$

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

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



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 checked="" type="checkbox"/> | <input 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!

Григорьев
№4

Дано:

$$V = 1 \text{ л}$$

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

$$R = 25 \Omega$$

$$U = 100 \text{ В}$$

$$T = 180 \text{ С}$$

$$\rho = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\gamma = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{kg} \cdot \text{С}}$$

$$P_u? \quad I_1? \quad ?$$

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

2) За время T вода получит
 $Q_1 = P_u T$ тепла и отдаст в
 окружающую среду Q_2 тепла,
 непропорциональное площади
 ног градинка $P(1 + \frac{t}{T})$ к
 этому моменту.

Коэффициент пакли градинка $k = 1 \frac{\text{Вт}}{\text{С}}$.

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

Правильное тепловое баланса:

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

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

$$\text{Ответ: } P_u = 400 \text{ Вт}, \quad \tilde{T}_1 = 27,1^\circ\text{C}.$$

- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|



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

Дано:

$$30 \Omega$$

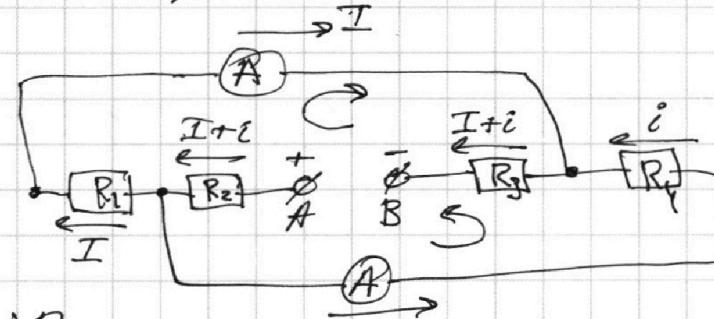
$$60 \Omega$$

$$I_1 = 2A$$

$$I_2 - ?$$

$$P - ?$$

Числовик
№5



1) Рассмотрим правило Кирхгофа для контура A-B-C-A. Токи I и i направлены вправо. Согласно правилу Кирхгофа $I + i = I$. Направление тока i неизвестно.

Второе правило Кирхгофа для контура B-C-D-B:

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

$$0 = R_4i + R_3(I + i) - U + R_2(I + i)$$

Тогда $IR_1 = iR_4$. Рассмотрим случай $I \equiv I_1$, т.к. 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 , воспользуемся законом Ома для контура A-B-C-A: $U = (I + i)(R_2 + R_3) = 330V$. Для нахождения токов в контуре B-C-D-B воспользуемся законом Ома: $I = U / (R_3 + R_4) = 1A$.

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



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

Отсюда $I_2 = 1A$; $P = 990 \text{ Вт.}$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <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!

$$180 \cdot 400 = 72000 \quad \begin{array}{r} 72000 \\ \times 468 \\ \hline 4200 \\ 46800 \\ \hline 4200 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 468 \\ - 468 \\ \hline 0 \end{array}$$

$$h = v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2} \quad H = v_0 \sin \alpha \frac{t_1}{2} - \frac{gt_1^2}{8} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$$

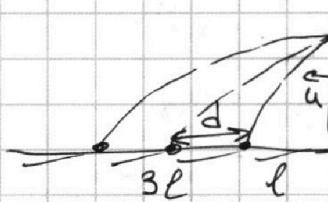
$$h = \frac{3}{4} v_0 \sin \alpha t_1 - \frac{gt_1^2}{32}$$

$$h = \frac{123}{8} \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{g} - \frac{98 v_0^2 \sin^2 \alpha}{8g} = \frac{3}{48} \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} \quad W$$

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

$$\frac{52}{5} = \frac{27}{5} \cdot \frac{4}{3} = \frac{108}{15} \approx 7,2 \quad \frac{m \cdot s^2}{s^2} = m \cdot s^2$$

$$\sqrt{H} \cdot \frac{gt^2}{8} = H \quad \frac{16,8}{30} W = 0 \quad \text{IC} + A = 0 \quad P_{\text{at}} = V$$



$$2ut + v_x \quad \frac{16,8}{30} W = 0 \quad \frac{10,8}{30} \frac{1}{0,36} m \quad P_{\text{at}} = V$$

$$(2ut + v_x) t \quad 2ut = d \quad \text{Ek-min}$$

$$u = \frac{d}{2t} = \frac{0,9}{0,6} = \frac{3}{6} = 1,5 \frac{m}{s}$$

$$2,68$$

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

$$\begin{array}{r} 156 \\ \times 130 \\ \hline 1200 \\ 260 \\ \hline 260 \end{array}$$

$$31 \frac{2}{5} = \frac{156}{5 \cdot 13} \quad 00$$

$$\tan \beta = \frac{CD}{CP}$$

$$U = 0,54 \frac{m}{s}$$

$$\begin{array}{r} 2,2165 \\ \times 0,054 \\ \hline 1104 \\ 1104 \\ \hline 0,1104 \end{array}$$

$$Q_2 G^2 - S_0^2 =$$

$$41 \quad 2800$$

$$77 \quad 53$$

$$77 \quad 52$$

$$53 \quad 77,5$$

$$53 \quad 1 \quad 77,5$$

$$592 \quad 542,5$$

$$542,5$$

$$6006,25$$

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

$$\begin{array}{r} 5000 \\ \times 54 \\ \hline 486 \\ 140 \\ \hline 108 \\ 320 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 0,62716 \\ \times 0,2916 \\ \hline 1852 \\ 1852 \\ \hline 0,1852 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 0,2916 \\ \times 216 \\ \hline 1852 \\ 1852 \\ \hline 0,1852 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 0,2916 \\ \times 0,54 \\ \hline 15556 \\ 15556 \\ \hline 0,15556 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 0,2916 \\ \times 1952 \\ \hline 1852 \\ 1852 \\ \hline 0,1852 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 0,2916 \\ \times 92,6 \\ \hline 8334 \\ 8334 \\ \hline 0,8334 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 0,2916 \\ \times 8574,76 \\ \hline 8574,76 \\ 8574,76 \\ \hline 0,8574,76 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 0,2916 \\ \times 624 \\ \hline 624 \\ 624 \\ \hline 0,624 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 0,2916 \\ \times 596 \\ \hline 596 \\ 596 \\ \hline 0,596 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 0,2916 \\ \times 6084 \\ \hline 6084 \\ 6084 \\ \hline 0,6084 \end{array}$$

10

