

**Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023**

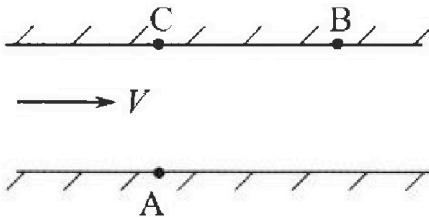
Вариант 09-01

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 $AC = d = 70$ м, снос, т.е. расстояние, на которое пловец смещается вдоль реки к моменту достижения противоположного берега, $CB = L = 240$ м.

Продолжительность первого заплыва $T_1 = 192$ с, продолжительность второго заплыва $T_2 = 417$ с.



- 1) Найдите скорости V_1 и V_2 пловца в лабораторной системе отсчета в первом и втором заплывах.
- 2) Найдите скорость U пловца в подвижной системе отсчета, связанной с водой.
- В третьем заплыве пловец стартует из точки А и движется так, что снос минимальный.
- 3) Найдите продолжительность T третьего заплыва.

- 2.** Футболист на тренировке наносит удары по мячу, лежащему на горизонтальной площадке и направляет мяч к вертикальной стенке. После абсолютно упругого соударения со стенкой мяч падает на площадку. Наибольшая высота, на которой находится мяч в полете, $H = 16,2$ м. Расстояние от точки старта до стенки в 5 раз больше расстояния от стенки до точки падения мяча на площадку.

- 1) На какой высоте h происходит соударение мяча со стенкой?

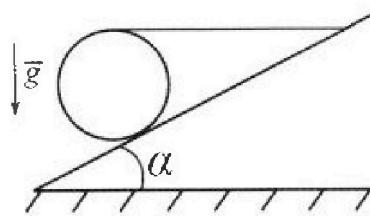
- 2) Найдите продолжительность t , полета мяча от старта до соударения со стенкой.

Допустим, что в момент соударения мяча со стенкой на той же высоте h , стенка движется навстречу мячу со скоростью $U = 2$ м/с.

- 3) Найдите расстояние d между точками падения мяча на площадку в случаях: стенка покоятся, стенка движется.

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 шар массой $m = 3$ кг удерживается на шероховатой наклонной плоскости горизонтальной нитью, прикрепленной к шару в его наивысшей точке. Наклонная плоскость образует с горизонтальной плоскостью угол α такой, что $\sin \alpha = 0,6$.



- 1) Найдите силу T натяжения нити.
- 2) Найдите силу F_{TP} трения, действующую на шар.
- 3) При каких значениях коэффициента μ трения скольжения шар будет находиться в покое? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 09-01



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

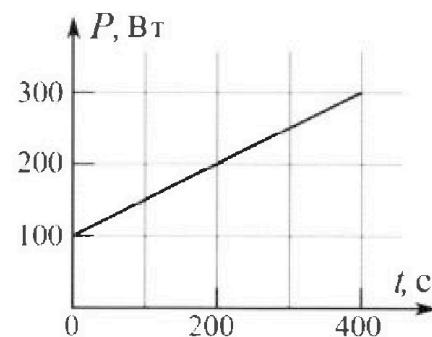
4. Воду нагревают на электроплитке. Начальная температура воды $\tilde{t}_0 = 14^{\circ}\text{C}$, объем воды $V = 2 \text{ л}$. Сопротивление спирали электроплитки $R = 20 \Omega$, сила тока в спирале $I = 5 \text{ А}$.

Зависимость мощности P тепловых потерь от времени t представлена на графике (см. рис.).

1) Найдите мощность P_H нагревателя.

2) Через какое время T после начала нагревания температура воды станет равной $\tilde{t}_1 = 25^{\circ}\text{C}$?

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

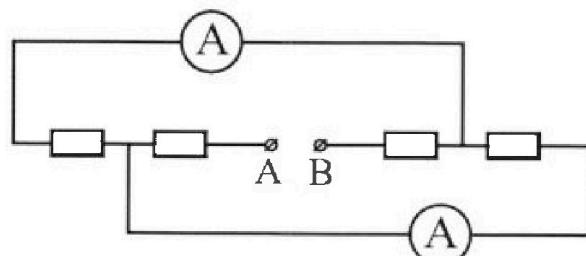


5. В электрической цепи, схема которой представлена на рисунке, четыре резистора, у двух из которых сопротивление по 20Ω , у двух других сопротивление по 40Ω . Сопротивление амперметров пренебрежимо мало.

После подключения к клеммам А и В источника постоянного напряжения показания амперметров оказались различными. Меньшее показание $I_1 = 1 \text{ А}$.

1) Найдите показание I_2 второго амперметра.

2) Найдите напряжение U источника.



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"/> |

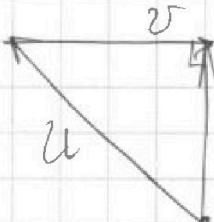
МФТИ

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

Заметим, что $U > V \Rightarrow$ мы имеем

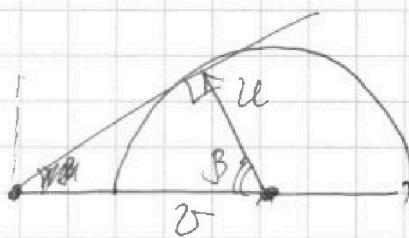
Сравните шансами U и V можно.

Если $U > V$, то можно обеспечить движение с бегущими спуска:



В этом случае $T = \frac{d}{\sqrt{U^2 - V^2}}$.

Если же скажем, что $U < V$, то для обеспечения минимального спуска нужно направить скорость U следующим образом:



В этом случае при
составлении угла берут
направленная перпендику-
лярно течению, равна

$\arcsin(\beta)$, где $\sin(\beta) = \sqrt{1 - \frac{U^2}{V^2}}$. Время
движения равно $T = \frac{d}{2U \sin(\beta)}$;

~~При этом~~ ~~если~~ $T = \frac{d}{U \sqrt{V^2 - U^2}}$

Ответ: 1) $V_1 = \frac{\sqrt{d^2 + L^2}}{T_1}$; $V_2 = \frac{\sqrt{d^2 + L^2}}{T_2}$;

2) $V = \frac{\sqrt{d^2 + (L - VT)^2}}{T_2}$, где $V = \frac{(d^2 + L^2)(T_1 + T_2)}{2LT_1T_2}$;

3) если $U > V$; то $T = \frac{d}{\sqrt{U^2 - V^2}}$

если $V > U$; то $T = \frac{d}{U \sqrt{V^2 - U^2}}$ [1.4]

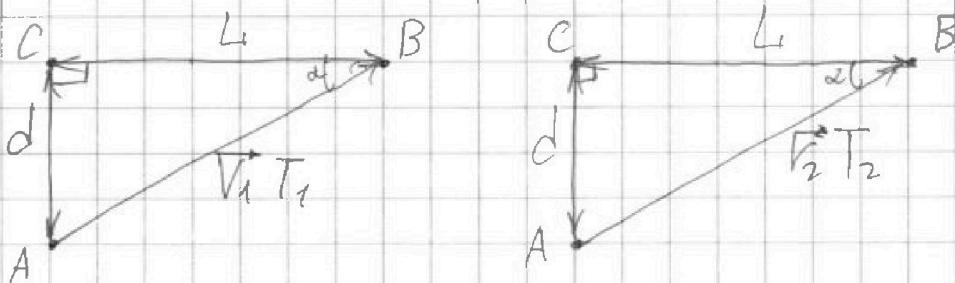


- | | | | | | | |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>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

МФТИ

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

Ит.к. скорости постоянны, то штатовая скорость при переходе из неподвижной системы отсчёта, связанный с водой, штатовая скорость также будет постоянной.
Сделаем чертёж:

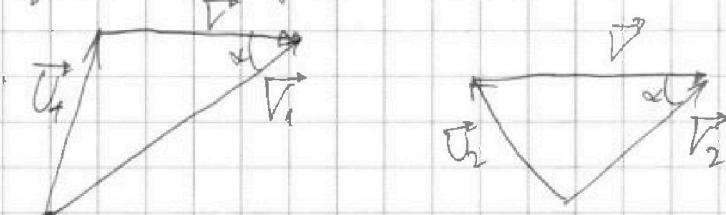


По определению пути и скорости

~~путь~~ $AB = V_1 \cdot T_1 = V_2 \cdot T_2$. С другой стороны, по теореме Пифагора для $\triangle ABC$:

$$AB^2 = AC^2 + CB^2 = d^2 + L^2 \xrightarrow{L=250\text{ м}} \text{Тогда } \sqrt{d^2 + L^2} = \\ = V_1 \cdot T_1 = V_2 \cdot T_2 \Rightarrow V_1 = \frac{\sqrt{d^2 + L^2}}{T_1} \xrightarrow{\sqrt{(70\text{ м})^2 + (270\text{ м})^2}} = \\ = \frac{250}{192} \frac{\text{м}}{\text{с}} = \frac{125}{96} \frac{\text{м}}{\text{с}}; V_2 = \frac{\sqrt{d^2 + L^2}}{T_2} \xrightarrow{\frac{792}{417} \frac{\text{м}}{\text{с}}} \frac{250}{417} \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Доказательство соединение векторов скоростей при переходе из неподвижной в подвижную С.О.:



V_1 и V_2 – векторы скорости штатова в неподвижной С.О. в первом и втором замахах, причём $|V_1| = |V_2| = U$ – искомое

1.1

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



- | | | | | | | |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <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!

$$V_1^2 - 2V_1 V_2 \cos(\alpha) = V_2^2 - 2V_2 V_1 \cos(\alpha)$$

$$V = \frac{V_1 + V_2}{2 \cos(\alpha)} = \frac{\frac{\sqrt{d^2 + L^2}}{T_1} + \frac{\sqrt{d^2 + L^2}}{T_2}}{2 \cdot \frac{L}{\sqrt{d^2 + L^2}}} = \frac{\sqrt{d^2 + L^2} \left(\frac{T_1 + T_2}{T_1 T_2} \right)}{2 \cdot \frac{L}{\sqrt{d^2 + L^2}}}$$

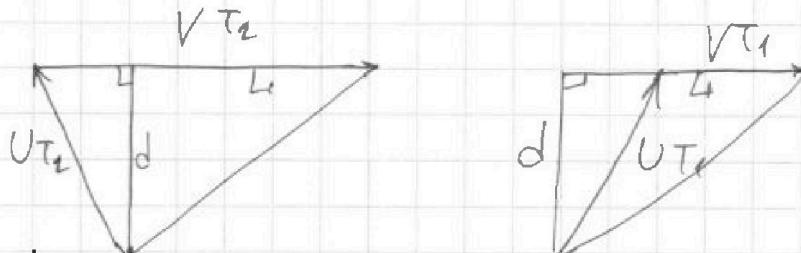
$$V = \frac{(d^2 + L^2)(T_1 + T_2)}{2L T_1 T_2} \quad \text{- скорость плавания лодки.}$$

~~Рассставим в уравнение (1):~~

$$U^2 = \frac{(d^2 + L^2)^2 (T_1 + T_2)^2}{4L^2 T_1^2 T_2^2} + \frac{d^2 + L^2}{T_1^2} - \frac{(d^2 + L^2)(T_1 + T_2)}{T_1^2 T_2} = \\ = \frac{(d^4 + 2d^2 L^2 + L^4)(T_1^2 + 2T_1 T_2 + T_2^2)}{4L^2 T_1^2 T_2^2} + 4L^2(d^2 + L^2)T_2^2 - \\ - 4L^2 T_2(d^2 + L^2)(T_1 + T_2)$$

*

Перейдём к параллелограммам передвижения:



По теореме Пифагора:

$$d^2 + (L - V T_2)^2 = U^2 T_2^2 \quad | \quad L - V T_2 = \sqrt{U^2 T_2^2 - d^2}$$

$$d^2 + (L - V T_1)^2 = U^2 T_1^2 \quad | \quad L - V T_1 = \sqrt{U^2 T_1^2 - d^2}$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{L - \sqrt{U^2 T_2^2 - d^2}}{L - \sqrt{U^2 T_1^2 - d^2}} \Rightarrow \frac{T_2 - T_1 \sqrt{U^2 T_1^2 - d^2}}{L T_1 - T_1 \sqrt{U^2 T_1^2 - d^2}} =$$

Разделим уравнение:

№ 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!

$$\cancel{L(T_2 - T_1)} = \frac{d^2 + L^2 - 2VL T_1 + V^2 T_1^2}{d^2 + L^2 - 2VL T_2 + V^2 T_2^2} = \frac{T_1^2}{T_2^2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow (d^2 + L^2) T_2^2 - 2VL T_1 T_2 + V^2 T_1^2 T_2^2 = \\ = (d^2 + L^2) T_1^2 - 2VL T_2 T_1^2 + V^2 T_1^2 T_2^2$$

$$2VL T_1 T_2 (T_1 - T_2) = (T_1 - T_2)(T_1 + T_2)(d^2 + L^2)$$

$$V = \frac{(d^2 + L^2)(T_1 + T_2)}{2L T_1 T_2} \text{ - скорость течения реки.}$$

Подставим:

$$d^2 + (L - \frac{(d^2 + L^2)(T_1 + T_2)}{2L T_1})^2 = U^2 T_2^2$$

$$U^2 T_2^2 = d^2 + \left(\frac{2L^2 T_1 - d^2 + T_1 - L^2 T_1 - d^2 T_2 - L^2 T_2}{2L T_1} \right)^2 = \\ = d^2 + \left(\frac{L^2 (T_1 - T_2) - d^2 (T_1 + T_2)}{2L T_1} \right)^2 =$$

$$= \frac{4L^2 d^2 T_1^2 + L^4 (T_1^2 - T_2^2) - 2L^2 d^2 (T_1^2 - T_2^2) + d^4 (T_1 + T_2)^2}{4L^2 T_1^2} = \\ = \frac{4L^2 d^2 T_1^2 + L^4 T_1^2 - 2L^4 T_1 T_2 + L^4 T_2^2 - 2L^2 d^2 T_1^2 + 2L^2 d^2 T_2^2 +}{+ d^4 T_1^2 + 2d^4 T_1 T_2 + d^4 T_2^2}$$

$$U^2 T_2^2 = \frac{d^4 (T_1 + T_2)^2 + 2L^2 d^2 (T_1^2 + T_2^2) + L^4 (T_1 - T_2)^2}{4L^2 T_1^2}$$

$$U = \sqrt{\frac{d^4 (T_1 + T_2)^2 + 2L^2 d^2 (T_1^2 + T_2^2) + L^4 (T_1 - T_2)^2}{4L^2 T_1^2 T_2}}$$

$$U^2 = \frac{d^4 (T_1 + T_2)^2 + 2L^2 d^2 (T_1^2 + T_2^2) + L^4 (T_1 - T_2)^2}{4L^2 T_1^2 T_2^2}$$

1.3

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!

В момент достижеия максимальной высоты вертикальная составляющая скорости равна 0 $\Rightarrow V_{oy} = g t_0$, где t_0 - время достижения этой высоты. Тогда $H = V_{oy} t_0 - \frac{g t_0^2}{2} = \frac{V_{oy}^2}{2g} \Rightarrow V_{oy} = \sqrt{2gH}$.

Задача 1 Уравнение движения высоты $H = \frac{5}{3} H_1$,

$$V_{oy} t - \frac{g t^2}{2} = h = \frac{5}{3} H = \sqrt{2gH} t - \frac{g t^2}{2}$$

$$t^2 - 2\sqrt{\frac{2H}{g}} t + \frac{10H}{9g} = 0$$

$$t = \sqrt{\frac{2H}{g}} \pm \sqrt{\frac{2H}{g} - \frac{10H}{9g}} = \sqrt{\frac{2H}{g}} \pm \sqrt{\frac{8H}{9g}}$$

Данное выражение имеет два положительных корня - нас интересует наибольший, т.к. видно, что мяч упадет при втором движении высоты h . Тогда:

$$t_1 = \sqrt{\frac{2H}{g}} + \sqrt{\frac{8H}{9g}} \quad | \quad t_1 = \sqrt{\frac{2H}{g}} \left(1 + \sqrt{\frac{4}{9}} \right)$$

$t_1 = \frac{5}{3} \sqrt{\frac{2H}{g}} = 3,0c$

Время полного падения мяча тогда равно $2t_0 = 2 \frac{V_{oy}}{g} = 2 \sqrt{\frac{2H}{g}} = \tau$ и фиксировано все зависимости от соударения со землей. Тогда, время падения от соударения до земли равно $t_2 = \tau - t_1$;
~~тогда~~ $t_2 = \sqrt{\frac{2H}{g}} \left(2 - \frac{5}{3} \right) \quad | \quad t_2 = \frac{1}{3} \sqrt{\frac{2H}{g}}$.

2-2

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

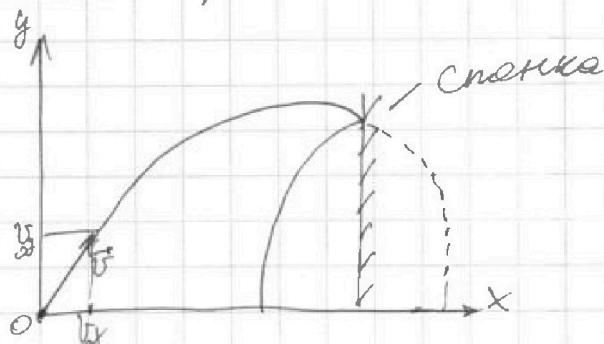
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

Динамический путь мяча:



$$y = v_0 t - \frac{g t^2}{2}$$

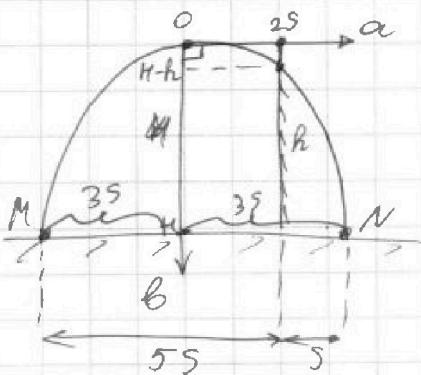
$$x = v_0 t \Rightarrow t = \frac{x}{v_0}$$

$$y = \frac{v_0^2}{2} t - \frac{g x^2}{2 v_0^2} =$$

Уравнение параболы.

Заметили, что выше уровня соударения скорость по продольной v_x не меняется, а v_y меняется на $-v_x$. Если симметрично отразить участок от первоначальной траектории мяча выше уровня соударения, то мы получим участок, припаившийся к параллельной траектории мяча до удара.

Введём другие оси координат a и b :



$b = k a^2$, где k - некоторая постоянная. ~~Но это не учтено~~

По условию от M до стены S , от N до стены S . Тогда от O до стены S , т.к. об ~~одинаковая~~ и левый ведет ~~одинаковую~~ симметрию при переходе №1. Тогда:

$$H = k \cdot (3S)^2 = g x S^2$$

$$H - h = k \cdot (2S)^2 = 4kS^2 = \frac{4}{9} H \Rightarrow h = \frac{5}{9} H = 9,0 \text{ м}$$

2.1



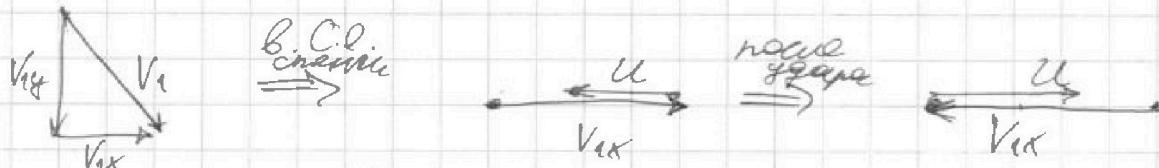
- | | | | | | | |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/>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

Вспоминая, что мячи двигались однаково до соударения в одну из них подвихной и неподвижной стекки, то прямо перед соударением они будут иметь одинаковую скорость V_1 . Пусть её горизонтальная составляющая равна V_{1x} .

Рассмотрим случай, когда соударение в С.О. Стекки — в той скорости мяча изменяется на противоположную по горизонтали и сохраняется во времени. Тогда:



Значит

и, при переходе обратно в земную С.О. её горизонтальная скорость по горизонтали равна ~~$2U - V_{1x}$~~ :

$$2U - V_{1x} = V_{1x}' \quad (\text{в проекции на } Ox)$$

Когда мяч летит,

когда стекла движутся с той же скоростью V_{1x} , то мяч движется с той же скоростью $(2U - V_{1x}) t_2$ по оси x . Если

стекла движутся, то мяч движется с той же скоростью $(2U - V_{1x}) t_2$ вправо

\Rightarrow разность этих расстояний равна исходному $d = 2U t_2$

$$\overbrace{-V_{1x} t_2}^{d = (2U - V_{1x}) t_2}$$

$$d = \frac{2U}{3} \sqrt{\frac{2H}{g}} = 2,4m$$

2.3

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

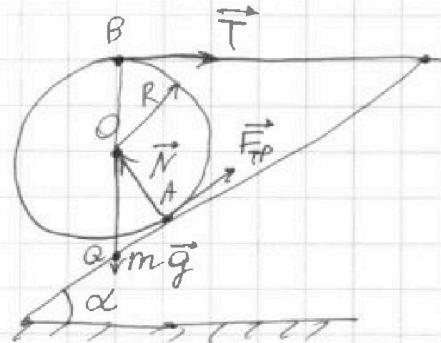
- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>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

Рассставим силы, действующие на шар:

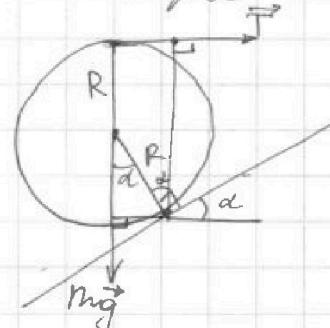


Правило равновесия:

$\vec{T} + m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{TP} = 0$,
где \vec{N} -сила реакции опоры. Она направлена
в точку центр O , т.к.
испротивлена по нормали

к поверхности, с которой соприкасается поверхность (сила
трения \vec{F}_{TP} направлена по тангенциальной и
 $\vec{N} \perp \vec{F}_{TP}$).

Запишем правило момента относительно точки A , соприкасающейся с шаром
и поверхностью:



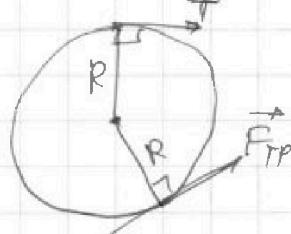
$T \cdot R(1 + \cos(\alpha)) = mgR \sin(\alpha)$,
где R -радиус шара,
ниже лежит центр колеса
из-за наклона.

$$\sin(\alpha) = 0,6 \Rightarrow \cos(\alpha) = \sqrt{1 - 0,6^2} = 0,8.$$

Потому: $T = mg \left(\frac{\sin(\alpha)}{1 + \cos(\alpha)} \right) = \frac{mg}{3}$

$$T = 10 \text{ Н}$$

Теперь запишем правило моментов
относительно центра шара O :



$$T \cdot R = F_{TP} \cdot R \Rightarrow [F_{TP} = \frac{mg}{3} = 10 \text{ Н}]$$

По закону Ампера-Кулонова $F_{TP} \leq \mu N$.

3.1

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

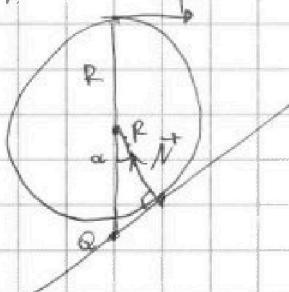


- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>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

Задача 3. Весом 30Н груз подвешен к концу радиуса длиной 0,8 м, наклоненного к горизонту под углом $\alpha = 60^\circ$. Найти силу натяжения веревки, если коэффициент трения между грузом и радиусом равен 0,3.



$$N \cdot R \cdot \operatorname{tg}(\alpha) = T \cdot R \left(1 + \frac{1}{\cos(\alpha)}\right)$$

$$\operatorname{tg}(\alpha) = \frac{\sin(\alpha)}{\cos(\alpha)} = \frac{0,6}{0,8} = \frac{3}{4}$$

$$\cos(\alpha) = 0,8 = \frac{4}{5}. \text{ Многа.}$$

$$N \cdot \frac{3}{4} = \frac{mg}{3} \cdot \left(1 + \frac{5}{4}\right) = \frac{mg}{3} \cdot \left(\frac{9}{4}\right)$$

$$N \cdot \frac{3}{4} = mg \cdot \frac{3}{4} \Rightarrow N = mg = 30 \text{Н} - \text{сила реакции}$$

шары. Многа $F_{Tp} \leq \mu N \Rightarrow \frac{mg}{3} \leq \mu \cdot mg \Rightarrow$

$$\Rightarrow \cancel{\mu \geq \frac{1}{3}} \quad [\mu \geq \frac{1}{3}]$$

Ответ: 1) $T = 10 \text{Н}$; 2) $F_{Tp} = 10 \text{Н}$; 3) $\mu \geq \frac{1}{3}$.

[3.2]

Все решения:

Всё решено с одинаковыми выкладками - в чистых листах начертано $[m \cdot n]$, где m - номер задачи, n - порядковый номер решения задачи 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 |
| <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!

вода впервые нагревась до T_1 , а T_2 - ~~затем~~,
когда вода начала оставаться изотермично-
нагретой и остывала до T_1 , если бы закон
термодинамики оставался правильным. Однако,
на графике дан участок до $t=400\text{с}$, а
 $T_2 > 400\text{с} \Rightarrow$ мы ничего не знали о даль-
нейшем нагреве воды. Значит, остаётся
только один ответ $T_1: T = 28\text{с}$

Ответ: 1) $P_K = 500\text{ Вт}$; 2) $T = 28\text{с}$.

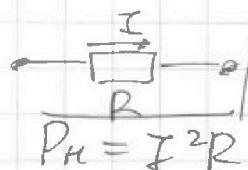
4.2

- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 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!

Дано: прямое проектируемое тепло через пленку:



По закону Джоуля-Ленца тепловая мощность P_H , которая на ней выделяется, равна

$$P_H = 500 \text{ Вт}$$

Из графика $P(t)$ можно известна зависимость: $P(t) = P_0 + kt$, где $P_0 = 200 \text{ Вт}$; $k = 0,5 \frac{\text{Вт}}{\text{с}}$. Масса количества теплоты, задержанное окружностью средой за время t равно $dQ_{\text{тр}} = P \cdot dt$, где P -мощность в конкретной момент времени t .

$dQ_{\text{тр}} = k t dt + P_0 dt$. Число колец для заданного количества теплоты, задержанное окружностью средой на промежутке $[0, T]$, нужно проследить разреза по фактическому времени T . Тогда имеем

$$Q_{\text{тр}} = \frac{kT^2}{2} + P_0 T.$$

За время T на пленке выделяется

$$Q = P_H \cdot T = I^2 R T.$$

Задача уравнение теплового баланса:

$$Q - Q_{\text{тр}} = C \rho V (E_1 - E_0);$$

$$P_H T - P_0 T - \frac{kT^2}{2} = C \rho V (E_1 - E_0);$$

$$T^2 - \frac{2(P_H - P_0)}{k} \cdot T + \frac{2C \rho V (E_1 - E_0)}{k} = 0$$

Коэффициент корней квадратного уравнения: $T_1 = 280 \text{ с}$; $T_2 = 1320 \text{ с}$.

Оба корня имеют физический смысл — T_1 соотносится с температурой пленки материала, когда

4.1

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <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!

Задача № 3. В схеме Рис. 4.2 напряжение
на резисторе $R_{AB} = 60\ \Omega$, т.к. остались
суммарно $R_{AC} + R_{BC} = 60\ \Omega$. Тогда,

$$U = 3A \cdot 60\ \Omega + 1A \cdot 60\ \Omega \quad | \quad U = 220\text{ В}$$

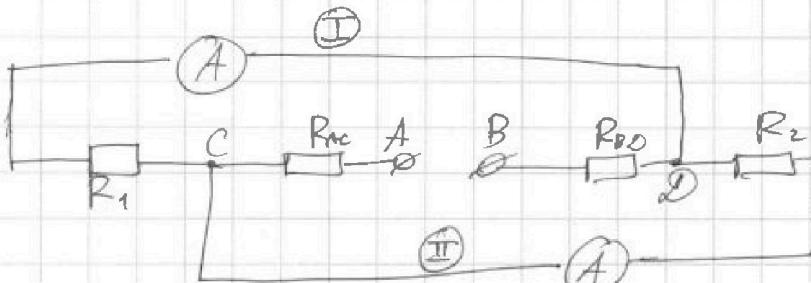
5.2



Ответ: 1) $I_2 = 2A$; 2) $U = 220\text{ В}$.

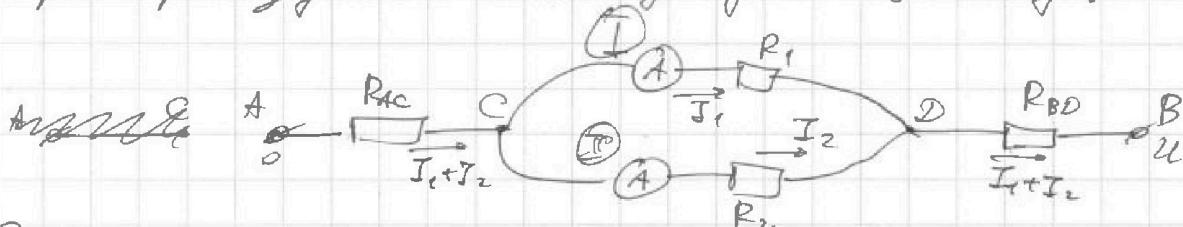
- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>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



Пускъ вълни
стабилностът
с ощущението
на съдържанието
 I_1 и I_2 .

Преобразуем исходную схему:



Заметим, что если разместить в какой-либо
вентильной точке добавочное - они обязательно
равноправна между собой в этом же направлении.
Рассуждаем, что $\text{I}_1 < \text{I}_2$.

Напряжение на участке CD равно по
закону Ома: $U_{CD} = \text{I}_1 R_1 = \text{I}_2 R_2 \Rightarrow \text{I}_2 = \text{I}_1 \cdot \frac{R_1}{R_2}$.
По условию $\text{I}_1 \neq \text{I}_2 \Rightarrow R_1 \neq R_2$. Так же сказано,
что $\text{I}_1 < \text{I}_2 \Rightarrow R_2 < R_1$ в силу зеркальности. Тогда,
последовательность из предыдущего
результатов можно сделать вывод,
что $R_1 = 4\Omega$; $R_2 = 2\Omega$. Тогда $\text{I}_2 = 2\text{I}_1$;

$$\boxed{\text{I}_2 = 2\text{I}_1}.$$

По первому правилу Кирхгофа имеем
условие $C \sim D$: $\text{I}_{AC} = \text{I}_{BD} = \text{I}_1 + \text{I}_2$.

Заметим также, что в первом узле
по закону Ома имеем U_{AB} .

$$\text{U}_{AB} = U = (\text{I}_1 + \text{I}_2)(R_{AC} + R_{BD}) + \text{I}_1 R_1.$$

5.1

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



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

МФТИ

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

$$\begin{aligned} & \cancel{(L^2 + L)(T_1 + T_2)}, \quad \cancel{\Delta}, \quad \cancel{\frac{\sqrt{L^2 + L^2}}{T_1}} \\ & \cancel{\Delta(T_1 + T_2)}, \quad \cancel{\frac{\sqrt{L^2 + L^2}}{T_1}} = \frac{\cancel{417}}{\cancel{192}} \\ & \cancel{L^4 T_1^2 + 2d^4 T_1 T_2 + d^4 T_2^2 + 2d^2 L^2 T_1^2 + 4d^2 L^2} = \frac{417}{325} \\ & L^2 + (L - V T_1)^2 = V^2 T_1^2 \\ & L^2 + L^2 - 2LVT_1 + V^2 T_1^2 = U^2 T_1^2 \\ & \frac{250^2 - 609}{20240 \cdot 417 \cdot 192} \end{aligned}$$

$$250^2 \quad \begin{array}{r} 1 \\ 3 \\ 3 \end{array} \quad 576 \cdot 225 - 49000 \cdot 609$$

$$\begin{array}{r} \cancel{576} \\ + 225 \\ \hline 2880 \\ + 1152 \\ \hline 1152 \\ \hline 129600 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 129600 \\ + 609 \\ \hline 135489 \\ - 129600 \\ \hline 29841 \\ - 99759 \\ \hline \end{array}$$

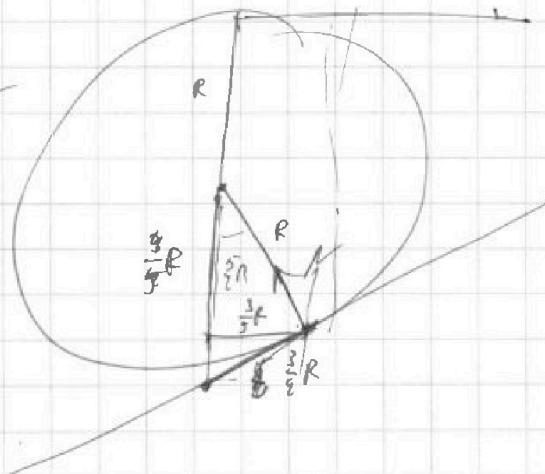
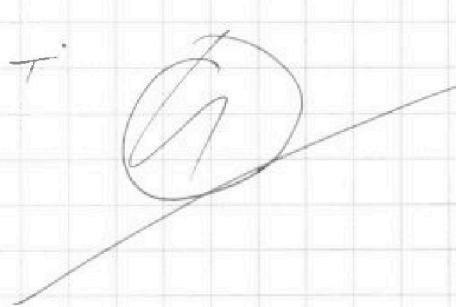
$$\sqrt{\frac{20240}{20} \cdot 18} = 7,8$$

так

$$\frac{9}{5} : \frac{3}{5} = 3$$

$$\frac{20240}{3} \cdot 18 = 406 \cdot 2,4 = 9648$$

$$\frac{3}{4} : \frac{9}{4} = 7:3$$



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 checked="" type="checkbox"/> |

МФТИ

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

$$V_{\text{изм}} = \frac{250}{192} + \frac{250}{417} = 250 \left(\frac{\frac{1}{192} + \frac{1}{417}}{192 \cdot 417} \right) = \frac{250 \cdot 609}{417 \cdot 192}$$

$$\frac{417}{192}$$

$$V = \frac{250 \cdot 609}{2 \cdot \frac{24}{25} \cdot 417 \cdot 192}$$

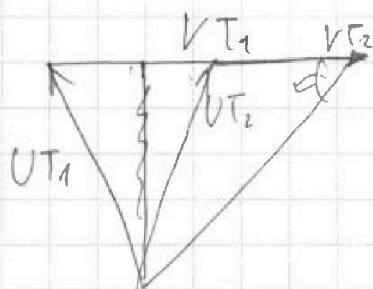
$$\begin{array}{r} 417 \\ \times 192 \\ \hline 609 \end{array}$$

$$70^2 + 240^2 = 62500 = 250^2$$

$$\sqrt{250^2 \cdot \left(\frac{\frac{1}{192^2} + \frac{1}{417^2}}{2 \cdot \frac{24}{25}} \right) + \frac{250 \cdot 250}{192 \cdot 417} \cdot \left(\frac{1}{192} - \frac{1}{417} \right)^2}$$

$$\sqrt{d^2 + L^2} \cdot \sqrt{\frac{25}{48} \cdot \left(\frac{T_2^2 + T_1^2 + 2T_1T_2}{T_1^2 \cdot T_2^2} \right)} = \sqrt{d^2 + L^2} \cdot \sqrt{\frac{25}{48} \cdot \frac{(T_1 + T_2)^2}{T_1^2 \cdot T_2^2}}$$

$$250 \cdot \sqrt{\frac{25}{48} \cdot 609^2}$$



$$V = \frac{\sqrt{d^2 + L^2}}{48}$$

$$\cancel{U^2 - V^2 =}$$

$$U^2 = V^2 + V_1^2 - 2V_1V_2 \cos \frac{48V_1V_2}{25}$$

$$U^2 = V^2 + V_2^2 - \frac{48V_1V_2}{25}$$

$$V_1^2 - \frac{48V_1V_2}{25} = V_2^2 - \frac{48V_1V_2}{25} \rightarrow V \cdot \frac{48}{25} (V_1 - V_2) = V_1^2 - V_2^2$$

$$\cancel{\frac{48}{25} V =}$$



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!

$$70^2 + 240^2$$

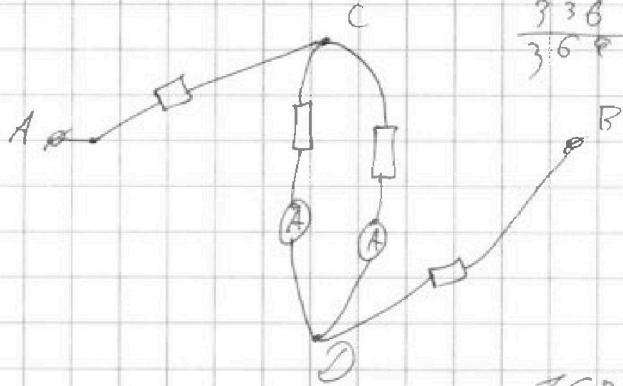
$$\begin{array}{r} 70 \\ \times 70 \\ \hline 4900 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 & + 2 4 \\
 \hline
 & + 9 5 \\
 \hline
 & 4 8 \\
 \hline
 5 7 6 & 0 0
 \end{array}$$

2501732

$$\frac{125}{96}$$

$$250 \left(\frac{1}{102} + \frac{1}{477} \right)$$



$$T^2 = \frac{2.440}{0.5}$$

$$T^2 - 1600T + 3696000000 = 0$$

$$T = 800 \pm \sqrt{640000 - 369600} = 100 \pm 520$$

$$\begin{array}{r} 649800 \\ - 369600 \\ \hline 270400 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 & ^9 \\
 - 6 & 4 & 8 & 0 & 0 & 0 \\
 \hline
 3 & 6 & 9 & 6 & 0 & 0 \\
 \hline
 2 & 7 & 0 & 4 & 0 & 0
 \end{array}$$

$$4 \cdot 4200 = 16800 \cdot 44 = 369600$$

$$\begin{array}{r} 40 \\ \times 40 \\ \hline 1600 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 800 \\ \times 520 \\ \hline 1320 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 & 1 1 \\
 + 7 6 8 \\
 \hline
 2 3 \\
 \hline
 3 3 6 \\
 + 3 3 6 \\
 \hline
 3 6 9 6
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 4000 \\
 + 4200 \\
 \hline
 8200
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{r}
 152 \\
 - 52 \\
 \hline
 104
 \end{array}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

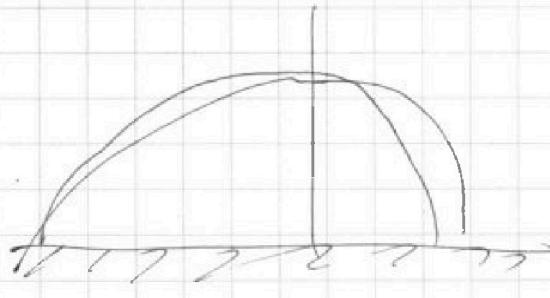
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ



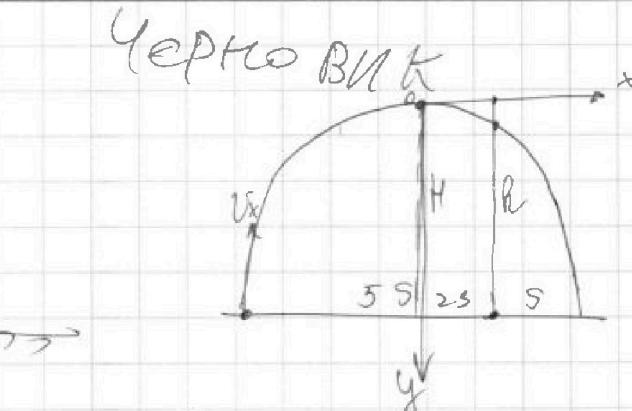
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



$$5S - 3S = 2S$$

$$y = kx^2$$

$$\begin{array}{r} 162 \\ \times 9 \\ \hline 144 \\ + 18 \\ \hline 172 \\ - 172 \\ \hline 0 \end{array}$$



$$H = k \cdot (3S)^2 = 9kS^2 \quad | \quad \frac{h}{H} = \frac{4}{9}$$
$$h = k \cdot (2S)^2 = 4kS^2 \quad | \quad h = \frac{4}{9}H$$
$$h = 7.2 \text{ м.}$$

$$\frac{v_0^2}{2g} = H \Rightarrow v_0 = \sqrt{2gH}$$
$$\sqrt{2gH} \cdot t_1 - \frac{gt^2}{2} = h$$
$$t^2 - 2\sqrt{\frac{2H}{g}}t + \frac{48H}{9g} = 0$$

$$t_1 = \sqrt{\frac{2H}{g}} + \sqrt{\frac{2H^2}{g^2} - \frac{48H}{9g}} = \sqrt{\frac{H}{g}} \cdot \left(\sqrt{2} + \frac{\sqrt{20}}{3} \right)$$

$$\sqrt{\frac{2 \cdot 72}{9}}$$

$$\begin{array}{r} 162 \\ \times 9 \\ \hline 144 \\ + 18 \\ \hline 172 \\ - 172 \\ \hline 0 \end{array}$$

$$\sqrt{\frac{2H}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 72}{9}}$$

$$\begin{array}{r} 18 \\ \times 9 \\ \hline 144 \\ + 18 \\ \hline 180 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 162 \\ \times 2 \\ \hline 324 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 28 \\ \times 8 \\ \hline 224 \\ + 28 \\ \hline 240 \end{array}$$

$$1 + \frac{2}{3} = \frac{5}{3}$$

$$2 \cdot 16,2$$

$$\boxed{324}$$

$$\frac{5}{3} \cdot \sqrt{324} = \frac{5}{3} \cdot 18 = \frac{5}{3} \cdot \frac{918}{10} =$$
$$= \frac{5 \cdot 3 \cdot 6}{3 \cdot 5 \cdot 2} = 30$$

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



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

~~Докажите, что теорема косинусов для получившихся векторных треугольников:~~

$$U^2 = V^2 + V_1^2 - 2V V_1 \cos(\alpha) \quad (1)$$

$$U^2 = V^2 + V_2^2 - 2V V_2 \cos(\beta) \quad (2)$$

~~где угол между \vec{V} и V_1 и V_2 , а также $\angle CBA$. $\cos(\alpha) = \frac{CB}{AB} = \frac{4}{\sqrt{12+16}} = \frac{24}{25}$.~~

~~Вычитаем уравнение (1) и (2):~~

~~$$V^2 - 2V V_1 \cos(\alpha) - V_1^2 + 2V V_2 \cos(\beta) = 0$$~~

~~$$V = \frac{V_1^2 - V_2^2}{2 \cos(\alpha) (V_1 - V_2)} = \frac{V_1 + V_2}{2 \cos(\alpha)} - \text{скорость поглощаемых частиц.}$$~~

~~Поставим:~~

~~$$U^2 = \frac{V_1^2 + 2V_1 V_2 + V_2^2}{2 \cos(\alpha)} + V_1^2 - 2 \cdot \frac{V_1 + V_2}{2 \cos(\alpha)} \cdot V_1 \cdot \cos(\alpha) =$$~~
~~$$= V_1^2 + 2V_1 V_2 + V_2^2 + 2V_1^2 \cos(\alpha) - 2V_1^2 \cos(\alpha) - 2V_1 V_2 \cos(\alpha)$$~~

~~$$= \frac{V_1^2 + V_2^2}{2 \cos(\alpha)}$$~~

~~$$= \frac{V_1^2 + V_2^2}{2 \cos(\alpha)} + V_1 V_2 \left(\frac{1}{\cos(\alpha)} - 1 \right)$$~~

~~$$U = \sqrt{\frac{V_1^2 + V_2^2}{2 \cos(\alpha)} + V_1 V_2 \left(\frac{1}{\cos(\alpha)} - 1 \right)}$$~~

~~$$U = \sqrt{\frac{25(V_1^2 + V_2^2)}{48} + \frac{V_1 V_2}{24}}$$~~
~~$$V = \frac{25(V_1 + V_2)}{48}$$~~

~~$$U = \sqrt{\frac{25 \cdot \left(\frac{d^2 + L^2}{T_1^2} + \frac{d^2 + L^2}{T_2^2} \right)}{48} + \frac{d^2 + L^2}{24 T_1 T_2}}$$~~

~~$$U = \sqrt{d^2 + L^2} \cdot \sqrt{\frac{25 \cdot (T_1 + T_2)^2}{48 \cdot T_1^2 T_2^2}}$$~~



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!



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!