



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023



Вариант 10-01

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

1. Мяч, посланный теннисистом вертикально вверх, поднимается на максимальную высоту за $T = 2$ с.

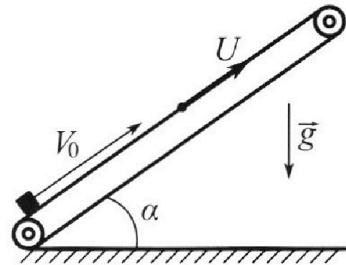
1) Найдите начальную скорость V_0 мяча.

2) Теннисист посыпает мяч с начальной скоростью V_0 под различными углами к горизонту в направлении высокой вертикальной стенки, находящейся на расстоянии $S = 20$ м от места броска. На какой максимальной высоте мяч ударяется о стенку?

Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$. Мяч движется в плоскости перпендикулярной стенке. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым. Все высоты отсчитываются от точки старта.

2. Лента транспортера, предназначенного для подъема грузов, образует с горизонтальной плоскостью угол α такой, что $\sin \alpha = 0,8$ (см. рис.).

В первом опыте небольшую коробку ставят на покоящуюся ленту транспортера и сообщают коробке начальную скорость $V_0 = 4 \text{ м/с}$. Коэффициент трения скольжения коробки по ленте $\mu = \frac{1}{3}$. Движение коробки прямолинейное.



- 1) За какое время T после старта коробка пройдет в *первом опыте* путь $S = 1 \text{ м}$?

Во втором опыте коробку ставят на ленту транспортера, движущуюся со скоростью $U = 2 \text{ м/с}$, и сообщают коробке скорость $V_0 = 4 \text{ м/с}$.

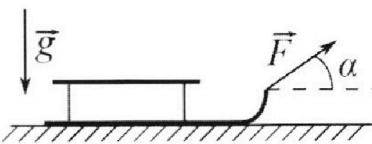
- 2) На каком расстоянии L от точки старта скорость коробки во втором опыте будет равна $U = 2 \text{ м/с}$?

- 3) На какой высоте H , отсчитанной от точки старта, скорость коробки во втором опыте станет равной нулю? Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$. Все кинематические величины измерены в лабораторной системе отсчета.

3. Санки дважды разгоняют из состояния покоя до одной и той же скорости V_0 за одинаковое время.

В первом случае санки тянут, действуя постоянной по модулю силой, направленной под углом α к горизонту (см. рис.).

Во втором случае такая же по модулю сила, приложенная к санкам, направлена горизонтально. После достижения скорости V_0 действие внешней силы прекращается.



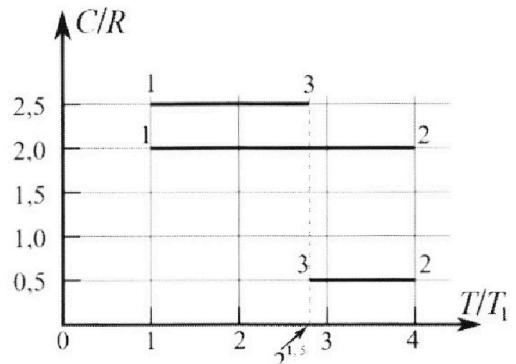
- 1) Найдите коэффициент μ трения скольжения санок по горизонтальной поверхности.
- 2) Через какое время T после прекращения действия силы санки остановятся? Ускорение свободного падения g .
- Санки находятся на горизонтальной поверхности. Движение санок прямолинейное.

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

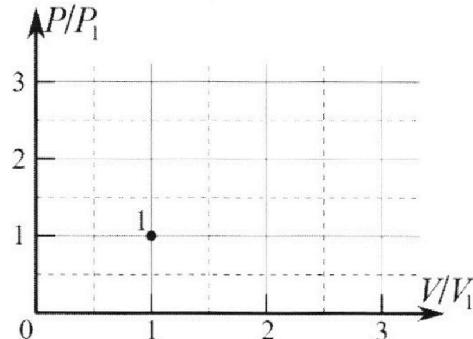
Вариант 10-01

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

4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной R) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1 (см. рис.). Температура газа в состоянии 1 $T_1 = 400$ К, универсальная газовая постоянная $R = 8,31$ Дж/(моль·К).



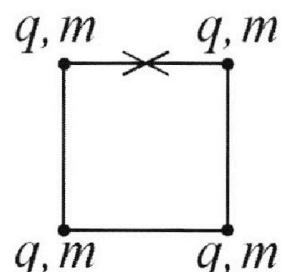
- 1) Найдите работу A_{12} газа в процессе 1-2.
- 2) Найдите КПД η цикла.
- 3) Постройте график цикла в координатах $(P/P_1, V/V_1)$, где P_1 и V_1 давление и объём в состоянии 1. Для построения графика перенесите шаблон (см. ниже) в чистовик своей работы. Точка 1 на графике соответствует состоянию 1 газа в цикле.



5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной b (см. рис.). Масса каждого шарика m , заряд q .

- 1) Найдите силу T натяжения нитей. Одну нить пережигают.
- 2) Найдите скорость V любого, выбранного Вами шарика, в тот момент, когда шарики будут находиться на одной прямой.
- 3) На каком расстоянии d от точки старта будет находиться в этот момент любой из двух шариков, изначально расположенных вверху (на рисунке)?

Коэффициент пропорциональности в законе Кулона k . Действие сил тяжести считайте пренебрежимо малым.



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



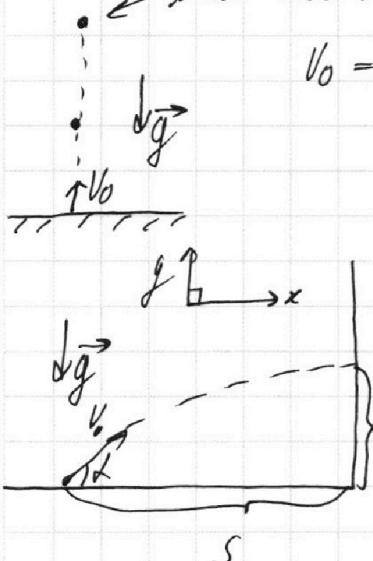
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

N1

макс высота

$T = 2c$

$S = 20 \text{ м}$



$$V_0 = Tg = 20 \text{ м/c} \quad (\text{макс. скорость в вершине } \theta)$$

Все три оси (горизонтальная и вертикальная)
 $\tan \theta = \frac{V_y}{V_x}$

находим проекции скорости в будущем раб.

$$V_y = \sin \theta \cdot V_0$$

$$V_x = \cos \theta \cdot V_0 \quad t - \text{время полета под дугой}$$

$$(1) S = V_x \cdot t$$

H - высота на которой уединяется
шарик о стеклу.

$$H = V_y t - \frac{gt^2}{2} \quad t - \text{какой то час броска}$$

$$(2) t = \frac{S}{V_x} = \frac{S}{\cos \theta \cdot V_0}$$

$$H = V_y \frac{S}{\cos \theta \cdot V_0} - \frac{g}{2} \left(\frac{S}{\cos \theta \cdot V_0} \right)^2 = \frac{S \cdot V_0 \sin \theta}{V_0 \cos \theta} - \frac{g}{2} \frac{S^2}{V_0^2 \cos^2 \theta}$$

Нам нужно минимизировать $H \Rightarrow$ и функцию от θ
компактнее записать H

$$H = 20 \operatorname{tg} \theta + 5 \frac{1}{\cos^2 \theta} \quad (\text{найдем макс})$$

$$H = \frac{1}{\cos^2 \theta} \left(20 \operatorname{tg} \theta + \frac{5}{\cos^2 \theta} \right)$$

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"/> |

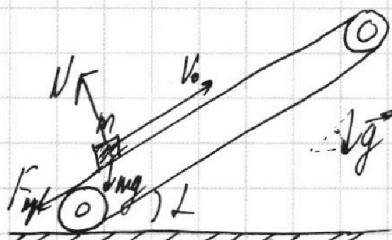
МФТИ

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

N2

$$\sin \vartheta = 0,8 \quad V_0 = 9 \text{ м/c} \quad \mu = \frac{1}{3} \quad S = 14$$

m - масса груза



$$N = mg \cos \vartheta$$

$F_{\text{тр}} = N\mu$ (сила сопротивления груза
со стороны наклонной плоскости)

$$a_1 = \frac{F_{\text{тр}}}{m} = \mu g \cos \vartheta \quad (\text{ускорение груза вдоль наклонной})$$

$$\text{общее ускорение } a_0 = a_1 + g \sin \vartheta = g(\sin \vartheta + \mu \cos \vartheta)$$

по основному закону $\sin^2 \vartheta + \cos^2 \vartheta = 1$ где $\sin \vartheta = 0,8$

$$\Rightarrow \omega \sin \vartheta = \sqrt{1 - \sin^2 \vartheta} = 0,6$$

$$S = V_0 T - \frac{a_0 T^2}{2} \quad T^2 \frac{a_0}{2} - T V_0 + S = 0 \quad (\text{квадратное уравнение})$$

$$\Delta = V_0^2 - 4S \frac{a_0}{2}$$

$$T = \frac{V_0 \pm \sqrt{V_0^2 - 4S \frac{a_0}{2}}}{2 \frac{a_0}{2}} \quad \leftarrow \text{с плюсом будем движущ. не может быть}$$

$$\Rightarrow T = \frac{V_0 + \sqrt{V_0^2 - 4S \frac{a_0}{2}}}{a_0} = \frac{V_0 + \sqrt{V_0^2 - 2Sg(\sin \vartheta + \mu \cos \vartheta)}}{g(\sin \vartheta + \mu \cos \vartheta)} = \frac{V_0 + \sqrt{9^2 - 2 \cdot 1 \cdot 10 \left(\frac{0,8}{0,6} + \frac{1}{3} \cdot 0,6 \right)}}{10 \left(\frac{0,8}{0,6} + \frac{1}{3} \cdot 0,6 \right)}$$

$$= \frac{9 + \sqrt{16 - 40}}{2} = \frac{2 + \sqrt{3}}{10} \quad \leftarrow \Delta < 0 \text{ реальный корень}$$

2) учли что ходят трамваи и движутся где то на концах

железки М.К. $V_0 = 11$ и скорость груза не меняется т.к. ско-
ростям трамвая $\rightarrow a_0$ направлена также против

$$\Rightarrow \Delta t = \frac{\Delta V}{a_0} = \frac{V_0 - U}{a_0} = \frac{V_0 - U}{g(\sin \vartheta + \mu \cos \vartheta)} = \frac{9 - 2}{10(0,8 + \frac{1}{3} \cdot 0,6)} = \frac{7}{10} = 0,7 \text{ с}$$

Δt - время за которое тело остановилось до $U = 2 \text{ м/с}$

ΔV - изменение скорости за время движения

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!

N2 (продолжение)

$$L = V_0 \cdot t - \frac{a_0 t^2}{2} = 9 \cdot 0,2 - \frac{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) \cdot 0,2^2}{2} = 0,8 - \frac{10 \cdot 0,04}{2} = 0,8 - 0,2 = 0,6 \text{ м}$$

3) Теперь V' скорость тела вдоль $\llcorner H$ \Rightarrow тело движется
со скоростью

$$= a_0' = g \sin \alpha - a_1 = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) \text{ - движение в земле}$$

$$t' = \frac{V'}{a_0'} = \frac{H - 0}{g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)} = \frac{2}{10(0,8 - 0,2)} = \frac{2}{6} = \frac{1}{3} \text{ (время дополнительное)}$$

$$L_1 = H t' - \frac{a_0' t'^2}{2} = 2 \cdot \frac{1}{3} - \frac{10(0,8 - 0,2) \cdot \left(\frac{1}{3}\right)^2}{2} = \frac{2}{3} - \frac{1}{3} = \frac{1}{3} \text{ (расстояние до полной остановки)}$$

Теперь мы видим что H не есть предельное

$$\Rightarrow H = s_i H / (L + L_1) = 0,8 / (0,6 + \frac{1}{3}) = \frac{4}{5} / \frac{28}{30}$$

$$H = \frac{56}{75} \text{ м}$$

1) Типуем мы видим что мы провели движение в земле $L + L_1 < 1 \text{ м}$ даже с учетом того что $b L$, движение продолжало

Следов: 1) время т. невозможно найти (нет решения)

2) $L = 0,6 \text{ м}$

3) $H = \frac{56}{75} \text{ м}$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



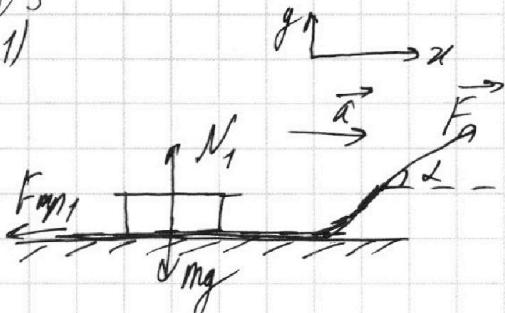
- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>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

№3

1)



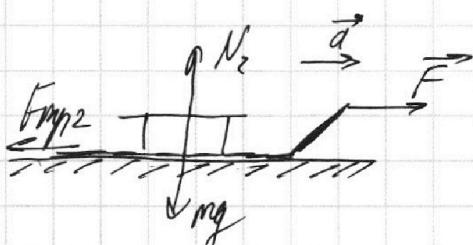
Введем для оси x и y горизонтальную и вертикальную

Гор1 - сила трения когда F горизонтал

Гор2 - сила трения когда F вертикально

N_1 и N_2 - соответственно силы приложим опоры

2)



и в первом и во втором случаях
 $a_1 = a_2 = a$ т.к. по упр. начальная
скорость равна v_0 и сила F
действующая равна как то
важна.

$$N_1 = mg - F_y = mg - \sin L F$$

$$N_2 = mg$$

$$F_{fr1} = \mu N_1 = \mu(mg - \sin L F)$$

$$F_{fr2} = \mu N_2 = \mu mg$$

$$ma = F_x - F_{fr1} = \cos L F - \mu(mg - \sin L F) \quad ma = F - F_{fr2} = F - \mu mg$$

Доказываем что первая и вторая задачи

$$\cos L F - \mu(mg - \sin L F) = F - \mu mg$$

$$\cos L F - F = -\mu mg + \mu(mg - \sin L F)$$

$$\mu s \cdot n / F = F(1 - \cos L)$$

$$\mu = \frac{1 - \cos L}{\sin L}$$

$$\begin{aligned} & \text{Ответ: } \sqrt{v_0^2 / \mu} = \frac{1 - \cos L}{\sin L} \\ & 2) T = \frac{v_0}{\mu g} \end{aligned}$$

когда сила F приближается к нулю остается сила F_{fr1}

$F_{fr1} = \mu mg$ и скорость v_0

$$\begin{aligned} ma' &= -F_{fr1} \\ &= \Rightarrow T = \frac{v_0}{a'} = \frac{v_0}{\mu g} \end{aligned}$$

$$ma' = \mu mg$$

$$a' = \mu g$$

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!

№

Задачи: $1 \rightarrow 1 \rightarrow 2$ прокладки из тонких проводов
 $Q = \rho \cdot A \cdot \Delta T$ - теплоемкость

$$Q_{12} = C_{12} \cup A T_{12} = 2R \cup (T_2 - T_1) = 2R \cup \cdot 3 T_1 = 6 R \cup T_1$$

$$Q_{23} = C_{23} \cup A T_{23} = 0,5 R \cup (T_3 - T_2) = 0,5 R \cup (2^{1,5} T_1 - 4 T_2)$$

$$Q_{31} = C_{31} \cup A T_{31} = 2,5 R \cup (T_1 - T_3) = 2,5 R \cup (T_1 - 2^{1,5} T_2)$$

$$Q_{12} = 6 R \cup T_1 > 0 \text{ подогр.}$$

$$Q_{23} = R \cup T_1 (\sqrt{2} - 2) < 0 \text{ охл.}$$

$$Q_{31} = 2,5 R \cup T_1 (1 - 2\sqrt{2}) < 0 \text{ охл.}$$

$$2) \eta = \frac{Q}{Q_h} = \frac{Q_{12} + Q_{23} + Q_{31}}{Q_{12}} = 1 + \frac{(\sqrt{2}-2) + (2,5 - 5\sqrt{2})}{6} = 1 + \frac{9,5 - 5\sqrt{2}}{6} = \\ = \frac{13}{12} - \frac{2\sqrt{2}}{3} = \frac{13 - 8\sqrt{2}}{12}$$

$$1) \Delta U = Q_{12} + A_{12}$$

$$\Rightarrow A_{12} = 6 R \cup T_1 - 3 R \cup T_1 = \underline{3 R \cup T_1}$$

$$\text{Ответ: 1) } A_{12} = 3 R \cup T_1 = 3 \cdot 1 \cdot 8,31 \cdot 100 = 831 \cdot 12 = 9972 \text{ Дж}$$

$$2) \boxed{\eta = \frac{13 - 8\sqrt{2}}{12}}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

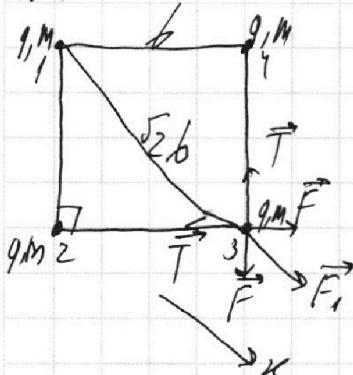


- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>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

15



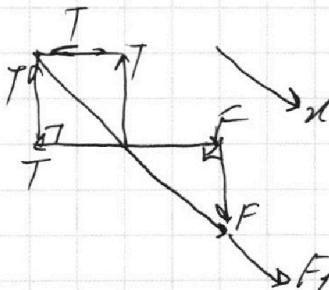
Это квадрат (система шариков) будем использовать это и решать задачу
=> мы можем выразить любую пару из
них через остальные шариками и F, по диагонали
где диагональ квадрата = $\sqrt{2}b$

$$\Rightarrow F = \frac{kq^2}{b^2} \quad F_1 = \frac{kq^2}{2b}$$

И со стороны кинетической энергии для силы T и T

изначально ненулевыми => $\vec{T} + \vec{T} + \vec{F} + \vec{F} + \vec{F}_1 = 0$

Приложим же к нему



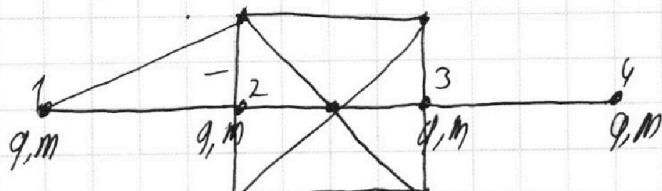
видим что $\sqrt{2T^2} = \sqrt{2F^2} + F_1$

$$\sqrt{2T} = \sqrt{2F} + F_1$$

$$\sqrt{2T} = \sqrt{2} \cdot \frac{kq^2}{b^2} + \frac{kq^2}{2b}$$

$$T = \frac{\sqrt{2} + \frac{1}{2}}{\sqrt{2}} \cdot \frac{kq^2}{b^2} = \left(1 + \frac{1}{\sqrt{2}}\right) \frac{kq^2}{b^2}$$

2) сделав применение симметрии и учитывая что это замкнутая система => центр масс будет в одной точке, а следовательно эти массы будут иметь одинаковые диагонали



Поэтому скорости всех шариков одинаковы и будут изучаться (скорость в любой точке) а также мы можем сказать что все шарики скрещиваются между собой, потому что действуют с одинаковыми силами с другого и другого конца.

Мы можем применить закон сохранения энергии

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!

N5 (продолжение)

две заряды и две их скорости

т.к. три силы исходили из центра \Rightarrow расположение зарядов и
изменяется \Rightarrow засчитывается за чистую потому что
применимы только к крайним зарядам \Rightarrow и получились
записанные только для них (заряды 1 и 2)
две скорости
 $f_1 = k \frac{q}{r^2}$ $f_2 = k \frac{q}{36}$

$$\Delta f = f_1 - f_2 = 2k \frac{q}{36}$$

$$q \Delta f = \frac{2}{9} \frac{mV^2}{8}$$

$$8mV^2 = q \cdot 2k \frac{q}{36}$$

$$V^2 = \frac{k q^2}{36 m}$$

$$V = \sqrt{\frac{k q^2}{36 m}}$$

3) т.к. диагональ это центр квадрата и через него
проходит наше прямое II горизонтали

$= d = \frac{b}{2}$ синий мы разбили на 2 части

обозначенной на чертеже

отведем V $T = \left(1 + \frac{1}{\sqrt{2} \cdot 2}\right) \frac{k q^2}{b^2}$

2) $V = \sqrt{\frac{k q^2}{3.6 m}}$

3) $k = \frac{b}{2}$ для 2 части



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!

N1

$$H = \frac{ss\pi d}{\cos L} - \frac{g}{2} \frac{s^2}{V_0^2 \cos^2 L}$$

$$H' = -s \frac{\cos L}{s \sin L} - \frac{g s^2}{V_0^2} \frac{1}{2 \cos L \cdot \sin^2 L} = 0$$

$$\tan \frac{\cos L}{\sin L} = \frac{g}{2} \frac{s^2}{V_0^2} \frac{1}{2 \cos L \cdot \sin^2 L}$$

$$\sin L / \cos^2 L = \frac{g s}{9 V_0^2} = \frac{10 \cdot 20}{9 \cdot 20^2} = \frac{10}{9 \cdot 20} = \frac{1}{18}$$

$$\sin L \sqrt{1 - \sin^2 L} = \sin L - \sin^3 L = \frac{1}{18}$$

$$\sin^3 L - \sin L + \frac{1}{18} = 0$$



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"/> |

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

МФТИ

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

№

$$Q_{12} = C_{12} \cup \Delta T_{12} = 2R \cdot J(T_2 - T_1) = 2R \cdot 0 \cdot 3T_1 = 6R \cdot T_1$$

$$Q_{23} = C_{23} \cup \Delta T_{23} = 0,5R \cdot J(T_3 - T_2) = 0,5R \cdot J(2^{1,5}T_1 - 4T_1)$$

$$Q_{31} = C_{31} \cup \Delta T_{31} = 2,5R \cdot J(T_1 - T_3) = 2,5R \cdot J(T_1 - 2^{1,5}T_1)$$

$$Q_{12} = 6R \cdot J T_1 > 0 \text{ тепло.}$$

$$Q_{23} = R \cdot J T_1 (\sqrt{2} - 2) < 0 \text{ охлажд.}$$

$$Q_{31} = 2,5R \cdot J T_1 (1 - 2\sqrt{2}) < 0 \text{ охлажд.}$$

$$1) PV = JRT \quad \text{згд} \quad A(PV)_{12} = 3PV, \text{М.В.} \quad \Delta T_{12} = 3T_1$$

~~$$\Delta U = Q_{12} + A_{12}$$~~

$$A_{12} = \Delta U - Q_{12}$$

$$\eta = \frac{Q}{Q_n} = \frac{Q_{12} + Q_{23} + Q_{31}}{Q_{12}} = 1 + \frac{(\sqrt{2}-2)+(2,5-5\sqrt{2})}{6}$$

$$\eta = 1 + \frac{0,5 - 4\sqrt{2}}{6} = 1 + \frac{1}{12} - \frac{2}{3}\sqrt{2} = \frac{11}{12} - \frac{2}{3}\sqrt{2} = \frac{11}{12} - \frac{2\sqrt{2}}{3}$$

$$831 \cdot 12 = 8310 + 1662 = 9972$$