



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.

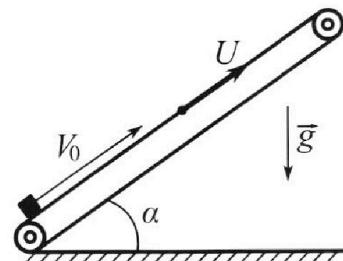
1) Найдите начальную скорость V_0 мяча.

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 $S = 1 \text{ м}$?

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

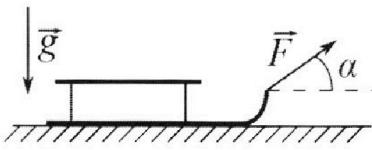
2) На каком расстоянии L от точки старта скорость коробки во втором опыте будет равна $U = 2 \text{ м/с}$?

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.



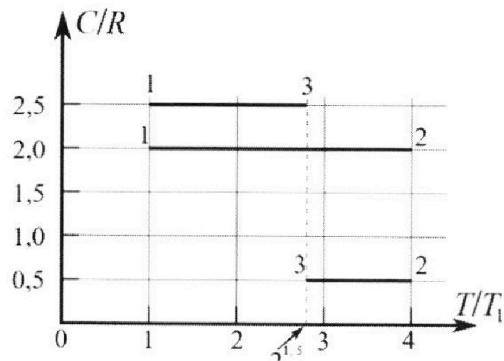
**Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023**

Вариант 10-01

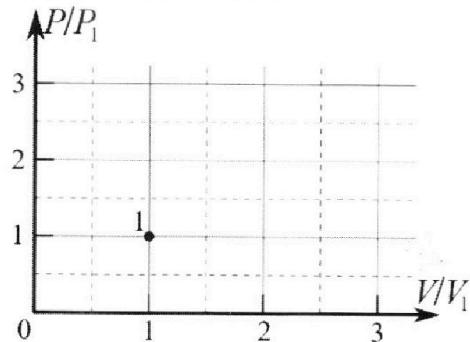


Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

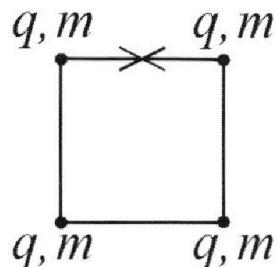
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной R) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1 (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"/> |

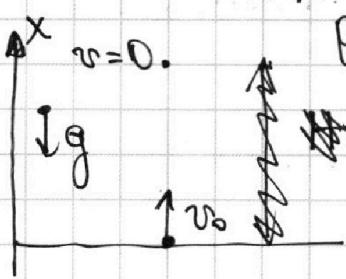
МФТИ.



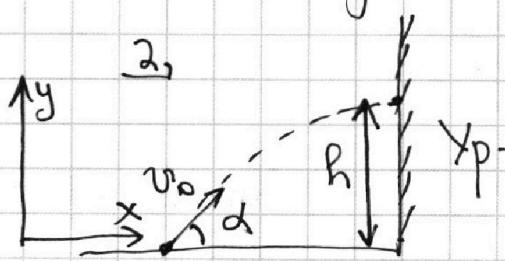
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

Задача 1.

1. В момент, когда мяч на максимум высоте его скорость 0 м/с. $v = \frac{dx}{dt} = x'_t = 0$.


 $v=0$. $0 = v = v_0 - gT \Rightarrow v_0 = gT = 2 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$.
Угловые скорости от времени при равнокомплектном движении, в

нашем случае ускорение равно $-g$.


Угловое $x(t)$:
 $x = v_0 \cos \alpha \cdot t$. В момент

Ответ: $v_0 = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

t - время с момента удара $x = S \Rightarrow t_x = \frac{S}{v_0 \cos \alpha}$.
Теперь запишем угловое $y(t)$:
 $y = v_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{g t^2}{2}$. В момент удара со стеклом $t_x = \frac{S}{v_0 \cos \alpha} \Rightarrow h =$

$$= v_0 \sin \alpha \cdot \frac{S}{v_0 \cos \alpha} - \frac{g}{2} \cdot \frac{S^2}{v_0^2 \cos^2 \alpha} = S \tan \alpha - \frac{g S^2}{2 v_0^2 \cos^2 \alpha}$$

Т.к. мяч летит в сторону стекла

$0 \leq \alpha \leq \frac{\pi}{2}$. Найдём максимальный h , приравняв производную h' по α к 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 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!

Задача 1 (продолжение):

$$\frac{dh}{d\alpha} = S \cdot (\operatorname{tg} \alpha)' - \frac{gS^2}{2v_0^2} \cdot \left(\frac{1}{\cos^2 \alpha} \right)' \quad \text{③}$$

$$(\operatorname{tg} \alpha)' = \left(\frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} \right)' = \frac{-\cos \alpha \cdot \cos \alpha + \sin \alpha \cdot \sin \alpha}{\cos^2 \alpha} =$$

$$= \frac{1}{\cos^2 \alpha}. \quad \left(\frac{1}{\cos^2 \alpha} \right)' = -2 \cdot \frac{1}{\cos^3 \alpha} \cdot (-\sin \alpha) =$$

$$= \frac{2 \sin \alpha}{\cos^3 \alpha}.$$

$$\text{③ } \frac{S}{\cos^2 \alpha} - \frac{gS^2}{2v_0^2} \cdot \frac{2 \sin \alpha}{\cos^3 \alpha} = 0.$$

$$\cos \alpha = 0 \Rightarrow \alpha = \frac{\pi}{2} \rightarrow \text{она не удовлетворяет}$$

$$\cancel{\text{существует}} \Rightarrow \cancel{\text{решение}} \quad S - \frac{gS^2}{2v_0^2} \cdot \operatorname{tg} \alpha = 0$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{v_0^2}{gS}.$$

$$h_{\max} = S \operatorname{tg} \alpha - \frac{gS^2}{2v_0^2} \cdot \frac{1}{\cos^2 \alpha} \quad \text{④}$$

$$\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1 \Rightarrow \frac{1}{\cos^2 \alpha} = \operatorname{tg}^2 \alpha + 1$$

$$\text{④ } S \operatorname{tg} \alpha - \frac{gS^2}{2v_0^2} (\operatorname{tg}^2 \alpha + 1) = S \cdot \frac{v_0^2}{gS} - \frac{gS^2}{2v_0^2} \cdot \frac{v_0^4}{g^2 S^2} -$$

$$- \frac{gS^2}{2v_0^2} = \frac{v_0^2}{2g} - \frac{gS^2}{2v_0^2} = \frac{400 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{20 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} - \frac{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 400 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{2 \cdot 400 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}} =$$

$$= 20 \text{ м} - 5 \text{ м} = 15 \text{ м.}$$

Ответ: 15 м



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

Задача 2:

1. Нарисуйте силы, действующие на груз при движении вверх:



$$\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = 0,6$$

Вдоль оси y то $mg \cos \alpha = N$ (по 2 закону Ньютона).

Тогда $F_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg \cos \alpha$. Ускорение равно

$$a_1 = -\frac{mg(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}{m} = -g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) = -g$$

Аналогично получим, что ускорение при движении вниз оно же $a_2 = g(\mu \cos \alpha - \sin \alpha) = -0,6g$.

Также движение вверх. Задача:

$$v_0 + a_1 t_1 = 0 \Rightarrow t_1 = \frac{v_0}{a_1} = \frac{v_0}{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} = 0,4 \text{ с}$$

Путь, проходимый за это время равно

$$S_1 = v_0 t_1 + \frac{a_1 t_1^2}{2} = \frac{v_0 t_1}{2} = \frac{v_0^2}{2g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} =$$

$$= \frac{16 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{2 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot (0,8 + 0,6)} = \frac{16}{20} \text{ м} = 0,8 \text{ м.}$$

Теперь найдём время t_2 , предупредив о

движении $S_2 = S - S_1 = 0,2 \text{ м.}$

$$\frac{a_2 t_2^2}{2} = -S_2 \Rightarrow t_2 = \sqrt{\frac{-2S_2}{a_2}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,2 \text{ м}}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot (0,8 - 0,6)}} = \sqrt{0,2} \text{ с}$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

Задача 2 (продолжение):

пункт 1 (продолжение):

$$T = t_1 + t_2 = \left(0,4 + \sqrt{\frac{2}{30}}\right) c = \left(0,4 + \sqrt{\frac{15}{15}}\right) c =$$

$$= \left(\frac{6}{15} + \frac{\sqrt{15}}{15}\right) = \frac{6 + \sqrt{15}}{15} c$$

Ответ: $\frac{6 + \sqrt{15}}{15} c$

2. Может быть скорость

и вверх и вниз. Если вверх то скорость

от нуля нетны $v_1 = U - u = 0$. Если вниз то

скорость от нуля нетны $v_2 = -U - u = -2U$. Рассмотрим

первый случай: перейдём в инерциальную

систему отсчёта, ~~если~~ нетны: в ней

ускорение $a_1 = -g (\cos \alpha + \sin \alpha) = -g$. Время

движения t_1 : $a_1 t_1 + (v_0 - u) = 0 \Rightarrow t_1 = \frac{v_0 - u}{-a_1} =$

$$= \frac{2 \frac{u}{c}}{-10 \frac{m}{s^2}} = 0,2 \text{ с.}$$

За это время в системе

$$S_1 = (v_0 - u) t_1 + \frac{a_1 t_1^2}{2} = \frac{(v_0 - u) t_1}{2} = 0,2 \text{ м.}$$

Система отсчёта передвигается на $ut_1 = 0,4 \text{ м}$.

Искомое

$$\text{расстояние } ut_1 + S_1 = 0,6 \text{ м.}$$

Теперь рассмотрим второй

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!

Задача 2 (продолжение):

~~Пункт 2~~

Пункт 2 (продолжение):

$$a_2 = -g(\mu \cos \alpha - \sin \alpha) = -0,6g.$$

Он движется разгоняясь до скорости -24 :

$$a_2 t_2 = -24 \Rightarrow t_2 = \frac{-24}{a_2} = \frac{-2 \cdot 2 \frac{m}{c^2}}{-6 \frac{m}{c^2}} = \frac{2}{3} c. \text{ За это}$$

время он проедет $L_2 = \frac{a_2 t_2^2}{2} = \frac{-0,6 \cdot \frac{4}{9}}{2} m =$
~~= -\frac{4}{15} m~~ $\approx -0,27 m$. Система остановится за
это время проедет расстояние $ut_2 = \frac{4}{3} m$.

Получаемся, что $L_2 + ut_2 = 0 \Rightarrow$ расстояние от
начала такого же, как и в первом случае, а
 именно $0,6 m$.

Пункт 3: Если скорость

корабльки 0 то от него лента она равна

$-u$. Наидём t_2' после ~~же~~ того, как от него
скорость равна 0 до этого момента:

$$a_2 t_2' = -u \Rightarrow t_2' = \frac{1}{3} c. L_2' = \frac{a_2 t_2'^2}{2} =$$
$$= \frac{-6 \frac{m}{c^2} \cdot \frac{1}{9} c^2}{2} = -\frac{1}{3} m. \text{ За это же время саша}$$



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!

ленты проедет $ut_2^1 = \frac{1}{3} \text{ с} \cdot 2 \frac{\text{м}}{\text{с}} = \frac{2}{3} \text{ м}$. Получаем,

что проигденное расстояние от точки старта

$$\text{равно } L = ut_2^1 + L_2^1 + L_1 + ut_1 = \frac{1}{3} \text{ м} + \frac{3}{5} \text{ м} = \frac{14}{15} \text{ м.}$$

$$H = L \sin d = \frac{8}{10} \cdot \frac{14}{15} = \frac{4}{5} \cdot \frac{14}{15} = \frac{56}{75} \text{ м}$$

Ответ: $\frac{56}{75} \text{ м}$

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



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

Задача 3:

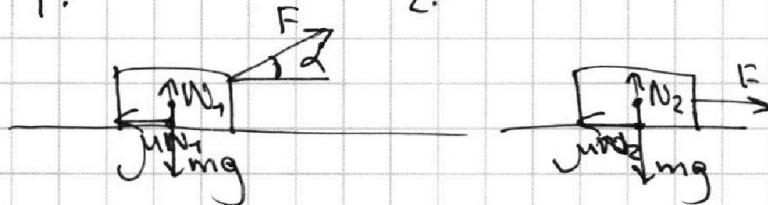
1) m - масса санок F - модуль силы.

2) время разгона a_1, a_2 - ускорение в 1 и 2

смущает.

1:

2:



$$N_1 + F \sin \alpha = mg \Rightarrow$$

$$\Rightarrow N_1 = mg - F \sin \alpha.$$

$$a_1 = \frac{F \cos \alpha - \mu mg + \mu F \sin \alpha}{m}$$

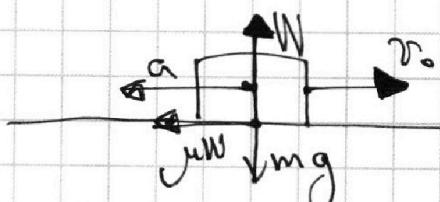
$$\text{2) } N_2 = mg \Rightarrow a_2 = \frac{F - \mu mg}{m}.$$

Т.к. время разгона го равных v_0 равны $a_1 = a_2$:

$$a_1 = a_2 \Rightarrow F \cos \alpha - \mu mg + \mu F \sin \alpha = F - \mu mg$$

$$\mu F \sin \alpha = F(1 - \cos \alpha) \Rightarrow \boxed{\mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}} \rightarrow \text{Ошиб}$$

2) После отпускания:



$$\alpha = \frac{\mu N}{m} = \mu g.$$

$$v_0 - \mu g t = 0 \Rightarrow t = \frac{v_0}{\mu g} \quad \boxed{=}$$

$\tau(t)$ для равнуско-
ренного движения
ускорение равно $-a =$
 $= -\mu g$

t - время с прекращением
действия силы F
 $\boxed{= \frac{v_0}{g} \frac{\sin \alpha}{1 - \cos \alpha}}$

$$\text{Ошибка: } \boxed{\frac{v_0 \sin \alpha}{g(1 - \cos \alpha)}}$$

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!

Задача 4

1. Т.к. 2az однодатомный то монотернае
теплоемкость при $V = \text{const}$ равна $C_V = \frac{3}{2}R$. При

$P = \text{const}$ $C_P = \frac{5}{2}R$. По 1 насту Термодинамики

$$Q = A + \Delta U. \quad Q_{12} - \text{площадь под графиком}$$

$$\text{от } T_1 \text{ до } T_2. \quad \Delta U_{12} = C_V \cdot \Delta T = \frac{3}{2}R \cdot \Delta T = 3T_1 \cdot 2R = 6RT_1.$$

ΔU_{12} - площадь под прямой $C = C_V$ от T_1 до T_2 :

$$\Delta U_{12} = 3T_1 \cdot \frac{3}{2}R = \frac{9}{2}RT_1. \quad A = Q_{12} - \Delta U_{12} = RT_1 \left(\frac{12-9}{2} \right) =$$

$$= \frac{3}{2}RT_1 = \frac{3}{2} \cdot 400 \text{ K} \cdot \frac{831}{100} \text{ Dm} = \frac{12}{2} \cdot 831 \text{ Dm} =$$

$$= 6 \cdot 831 \text{ Dm} = 4,99 \text{ kDm} \approx 5 \text{ kDm.}$$

Обрати: $\approx 5 \text{ kDm}$

$$\times \frac{831}{6} \quad 2. \quad KPD \text{ равно} \quad \eta = \frac{A}{Q^+} =$$

$$\cancel{4986} \rightarrow Q^+ - Q^- = 1 - \frac{Q^-}{Q^+} \quad \text{здесь } Q^- - \text{площадь}$$

теплоемкости, выведенной от 2az, а Q^+ - теплоемкость
помещенной газа, подведенной к 2azу.

$$Q^+ = Q_{12} = 2R \cdot 3T_1 = 6RT_1 \quad 5$$

$$Q^- = -(Q_{12} + Q_{31}) = \cancel{\frac{R}{2}} \cdot (4T_1 - 2\sqrt{2}T_1) + (2\sqrt{2}-1)T_1 \cdot \frac{3R}{2} =$$

$$= 2RT_1 - \frac{35}{2}RT_1 + 3\sqrt{2}RT_1 - \sqrt{2}RT_1 = \cancel{RT_1} \quad \cancel{3\sqrt{2}RT_1}$$

$$= RT_1 \left(4\sqrt{2} - \frac{1}{2} \right) \approx \frac{5}{2} \cdot \frac{Q^-}{Q^+} = \frac{8\sqrt{2}-1}{12}.$$

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 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!

Задача 4 (продолжение):

2 (продолжение):

$$\eta = 1 - \frac{Q^-}{Q^+} = \frac{12 - 8\sqrt{2}}{12} = \frac{13 - 8\sqrt{2}}{12}$$

Ответ: $\eta = \frac{13 - 8\sqrt{2}}{12}$

3.

В процессе 31 $c=2,5 \Rightarrow p=\text{const.}$

Найдём показатели политропы для процессов 12

и 23: $n_{12} = \frac{C_{12}-C_p}{C_{12}-C_V} = -1 \Rightarrow \frac{P}{V} = \text{const.}$

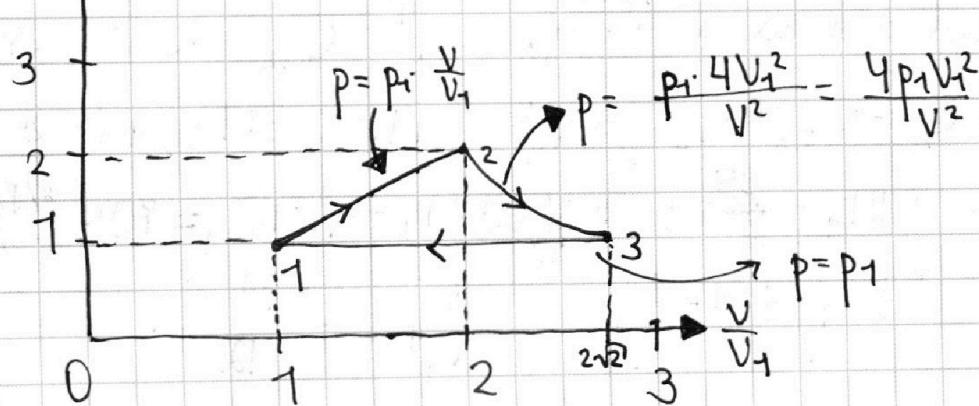
$$n_{23} = \frac{C_{23}-C_p}{C_{23}-C_V} = 2 \Rightarrow P V^2 = \text{const.}$$

В процессе 12 температура увеличивается в

4 раза, а т.к. $\frac{P}{T} = \text{const}$ и $\frac{P}{V} = \text{const}$

P и V увеличиваются в 2 раза. В процессе 31 $p=\text{const} \Rightarrow T \sim V \Rightarrow V_3 = 2^{1,5} V_1$. Нарисуем

чертёж:



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"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|

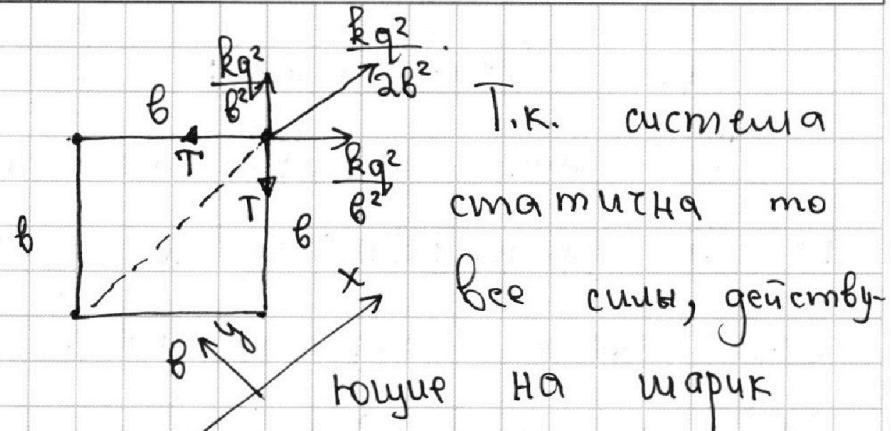
МФТИ.



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

Задача 5, §

1



Будем оси x , перпендикулярной параллельной диагонали квадрата (см. рис.), равны 0. Тогда

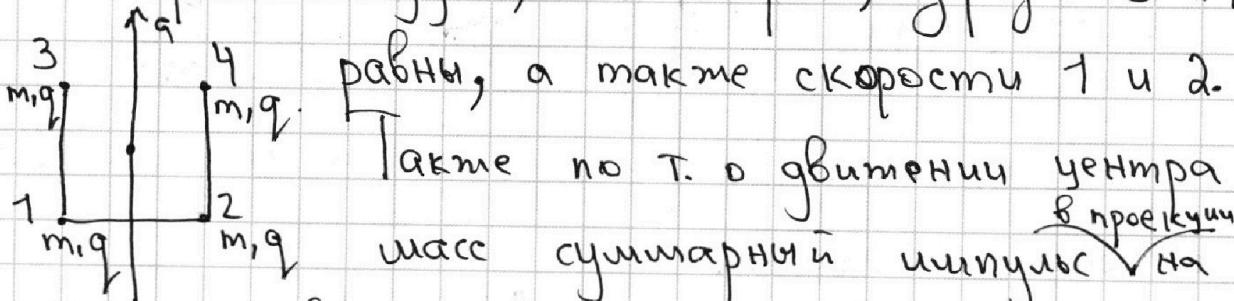
$$2 \cdot \frac{kq^2}{b^2} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} + \frac{kq^2}{2b^2} = 2T \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} = \sqrt{2}T \quad (\text{силы } T \text{ равны}$$

т.к. сумма сил на ось у тоже равна 0).

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

2. Из симметрии относительно оси y Ответ

а (см. рис.) следует, что модули скоростей зарядов 3. и 4



равны, а также скорости 1 и 2.

Также по Т. о движении центра масс суммарный импульс в проекции на

ось a равен 0 \Rightarrow проекции всех скоростей

на ось a по модулю одинаковы.

Рассмотрим суммарный импульс:



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

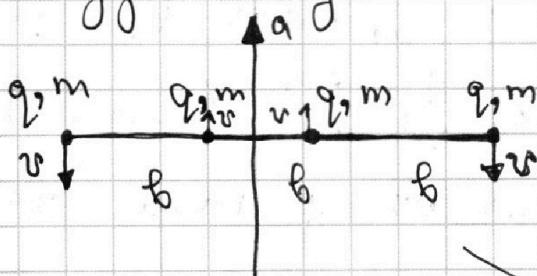
- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/>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

Задача 5 (продолжение):

В этом моменте все нити напряжены.
т.к. все заряды равны и по правилу парки у
всех зарядов скорости будут оси, перпендикуляр
ной а равны 0 (из симметрии и т.к. центр
масс никуда не движется):



Поставим задачу

найти потенциальную энергию взаимодействия:

~~$$W_0 = q \cdot 4 \cdot \left(\frac{kg}{2b} + \frac{kg}{2b} + \frac{kg}{2\sqrt{b}} \right) = \frac{2kg^2(2\sqrt{2}+1)}{2b}$$~~

Поставим константу потенциальной энергии взаимодействия:

~~$$W^1 = 2q \left(\frac{2kg}{2b} + \frac{kg}{4b} \right) + 2q \left(\frac{kg}{2b} + \frac{kg}{2\sqrt{b}} \right)$$~~
~~$$= \frac{2kg^2}{2b} \left(2 + 7 + 2 \cdot \frac{1}{2} + \frac{1}{3} \right) = \frac{2kg^2}{b} \cdot \frac{22}{3} = \frac{22kg^2}{3b}$$~~

Кинетическая энергия в начале равна 0, а

в конце она равна

$$W_0 = 4 \cdot \frac{kg^2}{d} + 2 \cdot \frac{kg^2}{\sqrt{d}} = \frac{kg^2}{d} (4 + \sqrt{2})$$

Поставим потенциальную энергию взаимодействия в исходный момент:

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 5 (продолжение):

$W' = 3 \frac{kq^2}{b} + 2 \cdot \frac{kq^2}{2b} + \frac{kq^2}{3b} = \frac{kq^2}{b} \left(\frac{15+1}{3} \right) =$
 $= \frac{16kq^2}{3b}$. Кинетическая энергия в начальном
результате равна 0, а в конце должна быть равна $\frac{4mv^2}{2} = 2mv^2$.

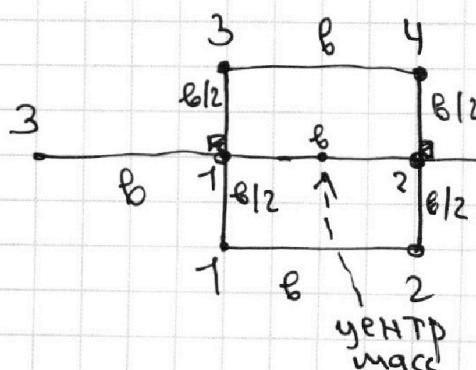
Запишем закон сохранения энергии:

$$W_0 = W' + 2mv^2 \Leftrightarrow 2mv^2 = \frac{kq^2}{b} \left(4 + \sqrt{2} - \frac{16}{3} \right) =$$
$$= \frac{kq^2}{b} \left(\frac{3\sqrt{2}-4}{3} \right) \quad v^2 = \frac{kq^2}{mb} \left(\frac{3\sqrt{2}-4}{6} \right).$$

Ответ: $v = \sqrt{\frac{kq^2(3\sqrt{2}-4)}{mb(6)}}$

3

Из начального центра масс в центре квадрата, в конце на середине отрезка. Он не совпадает с отрезком отвеса параллельным одной из сторон квадрата (из симметрии). Нарисуем это:



По теореме
Пифагора искомое
расстояние равно
 $s = \sqrt{\frac{b^2}{4} + b^2} =$
 $= \frac{\sqrt{5}}{2} b$

Ответ: $\frac{\sqrt{5}}{2} b$



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"/> |

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

МФТИ

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

- 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!

~~Задача 2.~~

1. Напишем рисунок схемы, действующей на коробку:

сила, действующая на коробку: N , F_{mp} , $mg \cos \alpha$, $mg \sin \alpha$

П.к. коробка не движется, поэтому нет силы тяжести

поэтому, что коробка не движется $F_{mp} = \mu N = \mu mg \cos \alpha$ и всегда направлена против движения.

Рассмотрим путь вверх и запишем $x(t)$:

$$\text{Учтем, что } x=0 \Rightarrow x=v_0 t - \frac{g \sin \alpha t^2}{2}. \text{ При } x=\max, x'=0 \Rightarrow v_0 - g \sin \alpha t = 0 \Rightarrow t = \frac{v_0}{g \sin \alpha} \Rightarrow x = \frac{v_0^2}{2 g \sin \alpha} = \frac{v_0^2}{2 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = \frac{8}{10} = 1 \text{ м.}$$

Получаем, что путь при движении вверх равен $\approx 1 \text{ м}$, то это же равно S . Тогда

$$T = \frac{v_0}{g \sin \alpha} = \frac{4 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{10 \cdot \frac{8}{10} \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 0,5 \text{ с.}$$

Ответ: $0,5 \text{ с}$

2. $mg \sin \alpha > mg \cos \alpha \mu \Rightarrow \Theta \text{ не будет остановлен}$
 вниз после остановки. Если v_0 скорость
 равна 0 , она может двигаться вправо

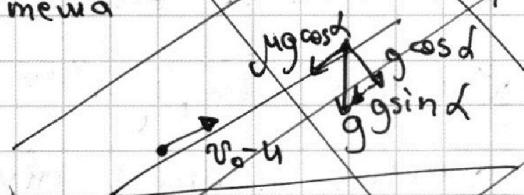
- | | | | | | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4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

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

~~Задача 2 (продолжение),~~

~~вверх и вниз. Если вверх то скорость~~
~~относительно лестницы~~ $v_1 = U - u = 0$. ~~Если вниз то~~ $v_2 =$
 ~~$= -U - u = -2U$. Переайдём в инерциальную~~
~~систему отсчёта транспортёра:~~

~~Система~~



~~t_1 - время достижения v_1 .~~

~~t_2 - время достижения v_2 .~~

~~Т.к. $v_1 = 0$ и нет силы инерции. Посчитаем~~
~~время t_1 :~~ $v_0 - u - g \sin \alpha t_1 = 0 \Rightarrow -g \cos \alpha t_1 = 0$

$$\Rightarrow t_1 = \frac{v_0 - u}{g(\sin \alpha \cos \alpha)} = \frac{v_0 - u}{\frac{1}{2} g \sin 2\alpha} \quad \text{Теперь посчитаем}$$

~~время $t_2 - t_1$ движение вниз после достижения~~
~~max высоты в этой системе отсчёта:~~

~~Из начального $x = 0 \Rightarrow$~~



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 |
| <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!

$$n = \frac{C - C_p}{C - C_V} \quad \text{если } C_V \Rightarrow n = \infty, \Rightarrow V^\infty = \text{const.} \quad \checkmark$$

13 $p = \text{const.}$

$$12: \quad n = \frac{2R - 2,5R}{2R - 1,5R} = \frac{0,5R}{-0,5R} = -1. \quad \frac{p}{V} = \text{const.}$$

23:

$$n = \frac{0,5R - 2,5R}{0,5R - 1,5R} = 2. \rightarrow pV^2 = \text{const.}$$

$$p = \frac{\text{const}}{V^2}$$

нептно $\frac{10^{m-1}}{10^{m-2}}$

$$\frac{dV}{dt} = 0,1^m \cdot 1$$

$$\frac{16}{3} < 4 + \sqrt{2}$$

$$16 \sqrt{12 + 3\sqrt{2}}$$

$$4\sqrt{3}\sqrt{2}$$

$$\frac{4}{3}\sqrt{72} \quad \frac{16}{9}\sqrt{2}$$