



Олимпиада «Физтех» по физике,

февраль 2023



Вариант 10-02

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

1. Футболист наносит удар по мячу, лежащему на горизонтальной площадке. Вектор начальной скорости мяча образует угол $\alpha = 45^\circ$ с горизонтальной плоскостью. Горизонтальное перемещение мяча за время полета $L = 20$ м.

1) Найдите начальную скорость V_0 мяча.

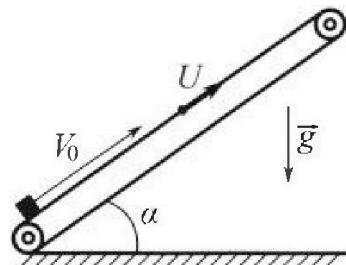
Если футболист направляет мяч под различными углами к горизонту, из той же точки с начальной скоростью V_0 к высокой вертикальной стенке, то наибольшая высота, на которой происходит соударение мяча со стенкой, равна $H = 3,6$ м.

2) На каком расстоянии S от точки старта находится стенка?

Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Мяч движется в плоскости перпендикулярной стенке. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

2. Лента транспортера, предназначенного для подъема грузов, образует с горизонтальной плоскостью угол α такой, что $\sin \alpha = 0,6$ (см. рис.). В первом опыте небольшую коробку ставят на покоящуюся ленту транспортера и сообщают коробке начальную скорость $V_0 = 6$ м/с. Коэффициент трения скольжения коробки по ленте $\mu = 0,5$.

Движение коробки прямолинейное.



1) Какой путь S пройдет коробка в первом опыте к моменту времени $T = 1$ с?

Во втором опыте коробку ставят на ленту транспортера, движущуюся со скоростью $U = 1$ м/с, и сообщают коробке скорость $V_0 = 6$ м/с (см. рис.).

2) Через какое время T_1 после старта скорость коробки во втором опыте будет равна

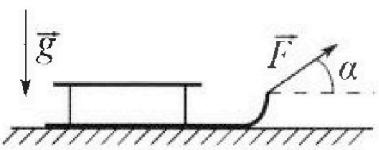
$$U = 1 \text{ м/с}?$$

3) На каком расстоянии L от точки старта скорость коробки обратится в ноль во втором опыте? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Все кинематические величины измерены в лабораторной системе отсчета.

3. Санки дважды разгоняют из состояния покоя до одной и той же кинетической энергии K на одинаковых участках пути.

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 кинетической энергии K действие внешней силы прекращается.



1) Найдите коэффициент μ трения скольжения санок по горизонтальной поверхности.

2) Найдите перемещение S санок в процессе торможения до остановки. Ускорение свободного падения g .

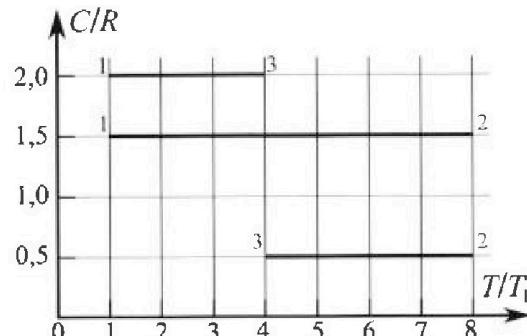
Санки находятся на горизонтальной поверхности. Движение санок прямолинейное.

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

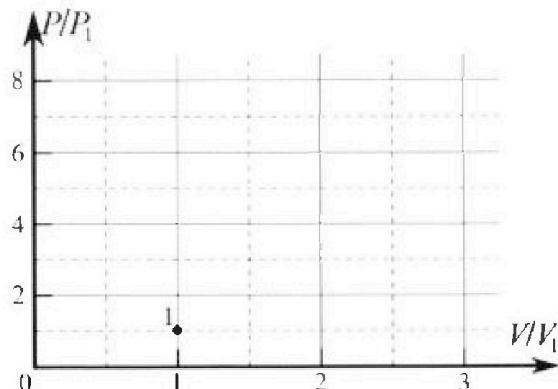
Вариант 10-02

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) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1 (см. рис.). Температура газа в состоянии 1 равна $T_1 = 200$ К, универсальная газовая постоянная $R = 8,31$ Дж/(моль·К).

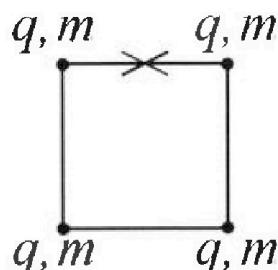


- 1) Найдите работу A_{31} внешних сил над газом в процессе 3-1.
- 2) Найдите КПД η цикла.
- 3) Постройте график цикла в координатах $(P/P_1, V/V_1)$, где P_1 и V_1 давление и объём в состоянии 1. Для построения графика перенесите шаблон (см. ниже) в чистовик своей работы. Точка 1 на графике соответствует состоянию 1 газа в цикле.



5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной a (см. рис.). Сила натяжения каждой нити T .

- 1) Найдите абсолютную величину $|q|$ заряда каждого шарика. Одну нить пережигают.
- 2) Найдите кинетическую энергию K 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)? Электрическая постоянная ϵ_0 . Действие сил тяжести считайте пренебрежимо малым.



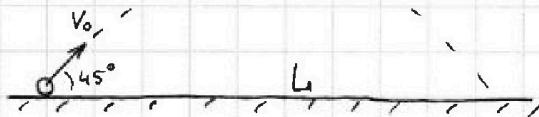
- | | | | | | | |
|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input 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 №1

1)



Пусть время полёта мяча равно t . Тогда горизонтальное перемещение мяча:

$$L = V_0 \cos \alpha \cdot t = \frac{\sqrt{2}}{2} V_0 t$$

Вертикальное перемещение мяча за всё время полёта:

$$0 = V_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{g t^2}{2} \quad (+\infty)$$

$$t = \frac{2 V_0 \sin \alpha}{g} = \frac{\sqrt{2} V_0}{g}$$

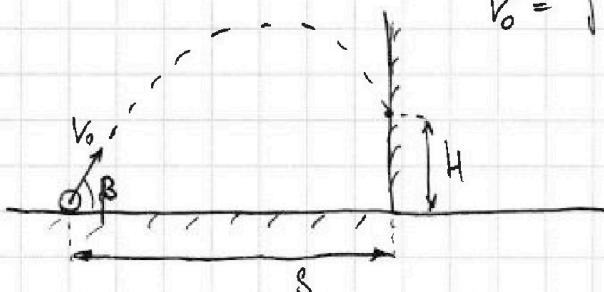
Тогда скорость:

~~$$V_0 = \sqrt{V_0^2 + g^2 t^2}$$~~

$$L = \frac{\sqrt{2}}{2} V_0 t = \frac{\sqrt{2}}{2} V_0 \cdot \frac{\sqrt{2} V_0}{g} = \frac{V_0^2}{g}$$

$$V_0 = \sqrt{Lg} = 10\sqrt{2} \frac{m}{s}$$

2)



Пусть теперь время полёта мяча под углом β градусов равно T .
Горизонтальное перемещение:

Имеем:

$$S = V_0 \cos \beta \cdot T \Rightarrow T = \frac{S}{V_0 \cos \beta}$$

Вертикальное перемещение:

$$H = V_0 \sin \beta \cdot T - \frac{g T^2}{2} = S \tan \beta - \frac{g S^2}{2 V_0^2 \cos^2 \beta} =$$

$$= S \tan \beta - \frac{g S^2}{2 V_0^2} \tan^2 \beta - \frac{g S^2}{2 V_0^2}$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

- | | | | | | | |
|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input 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!

МФТИ

Мы знаем, что функция $H(\operatorname{tg} \beta)$ принимает максимальное значение при некотором $\operatorname{tg} \beta_0$. Найдём его, ~~вы~~ проинтегрировав его по $\operatorname{tg} \beta$ и приравнив к 0:

$$0 = S - \frac{\frac{g^2 g}{V_0^2} \operatorname{tg} \beta_0}{\operatorname{tg}^2 \beta_0}$$

$\operatorname{tg} \beta_0 = \frac{V_0^2}{gS}$ — при таком β_0 будет максимальная высота, на которой происходит срывание

Подставим обратно в ур-ие:

$$H = \frac{V_0^2}{g} - \frac{\frac{g^2 g}{2V_0^2} \cdot \frac{V_0^4}{g^2 g^2}}{\operatorname{tg}^2 \beta_0} = \frac{V_0^2}{2g} - \frac{gS^2}{2V_0^2}$$

$$S = \sqrt{\left(\frac{V_0^2}{2g} - H\right) \frac{2V_0^2}{g}} = \sqrt{\left(\frac{200}{20} - 3,6\right) \frac{2 \cdot 200}{50}} \text{ м} =$$

$$= \sqrt{6,4 \cdot 40} \text{ м} = \sqrt{64 \cdot 4} \text{ м} = 16 \text{ м}$$

Ответ: $V_0 = 10 \sqrt{2} \frac{\text{м}}{\text{с}}$; $S = 16 \text{ м}$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

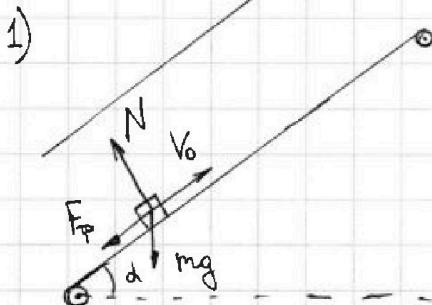
- | | | | | | | |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>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

МФТИ

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



Задача №2.



Рассмотрим силы действующие на груз в первом опыте. 2-й з-и
Нормона на ось x для груза (ось x
совпадает с вектором v_0)

$$m a_x = -mg \sin \alpha - F_{fr}$$

т.к. груз движется $F_{fr} = \mu N$

2-й з-и нормона^{для груза} на ось перпендикулярную оси x:

$$0 = N = mg \cos \alpha \Rightarrow N = mg \cos \alpha$$

$\left\{ \begin{array}{l} a_x - ускорение груза в проекции на ось x \\ u_{\text{норм}} - ускорение \end{array} \right.$

$$a_x = -g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha = -g (\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} OTT : \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1 \\ \cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = 0,8 \end{array} \right.$$

$$a_x = -g (0,6 + 0,5 \cdot 0,8) = -g$$

Перемещение груза:

$$S = v_0 T - g \frac{T^2}{2} = 6 \text{ м} - 10 \cdot \frac{1}{2} \text{ м} = 1 \text{ м}$$

2) Скорость коробки когда скорость коробки станет равна $U = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, то она сравнеется со скоростью транспортера и они-но транспортера коробка останется. Отно-но транспортера начальная скорость коробки:

$$U_0 = V_0 - U = 5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$



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!

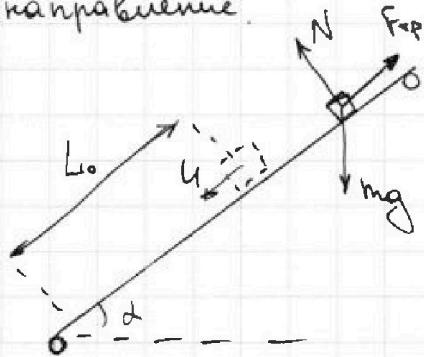
Перейдём в СД транспортёра. Силы действуют всё те же
и значит ускорение коробки a_x сократится. T_1 - время
от начала до остановки коробки в СД транспортёра:

$$T_1 = \frac{U_0}{a_x} = \frac{0-U_0}{a_x} = \frac{U_0}{g} = 0,5 \text{ с}$$

3) ~~Как только~~ Скорость коробки обратится в ноль
могда, когда в СД транспортёра коробка будет ехать ~~вниз~~
со скоростью U . ~~По~~ Давай это произойдёт через время T_3 :

$$T_3 = T_1 + T_2$$

Где T_2 - время 'спуска' коробки (до скорости U).
Найдём это время. Запомни, что сила тяжести изменит
направление.



Новое ускорение:

$$m a'_x = -mg \sin \alpha + F_{TP} \approx$$

$$a'_x = -g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha = -g (\sin \alpha - \mu \cos \alpha) = \\ = -0,2g$$

Время T_2 :

$$T_2 = \frac{0-U}{a'_x} = \frac{U}{0,2g} = 0,5 \text{ с}$$

$$T_3 = T_1 + T_2 = 1 \text{ с}$$

В этой СД коробка через время T_3 ~~ко~~ будем на-
ходиться на расстоянии L_0 от точки старта:

$$L_0 = \frac{g T_1^2}{2} - \frac{0,2g T_2^2}{2} = 0,4g T_1^2 = 0,1 \text{ м}$$

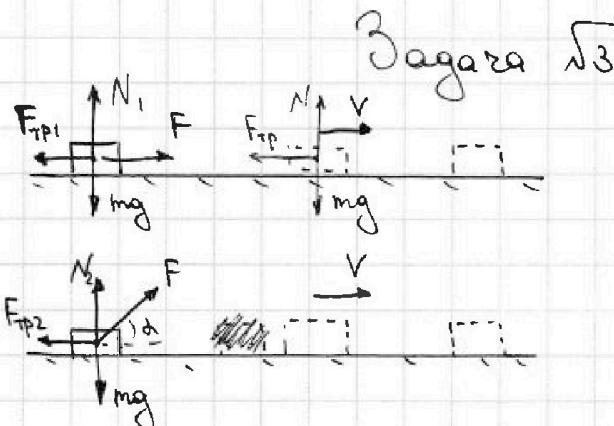
Но в ~~СД~~ набора транспортной СД чрез проекции:

$$L = L_0 + U \cdot T_3 = 1,1 \text{ м}$$

Ответ: $S=1 \text{ м}; T_1=0,5 \text{ с}; L=1,1 \text{ м}$

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

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



1) Пусть санки разгоняются до скорости V , масса санок m . Тогда:

$$K = \frac{mV^2}{2}$$

2) Рассмотрим 1-й случай с

горизонтальной силой F . Рассставим силы. 1-й закон Ньютона на вертикальную ось:

$$N_1 = mg$$

На горизонтальную (т.к. санки движутся: $F_{tp1} = \mu N_1$):

$$ma_1 = F - F_{tp1} = F - \mu N_1 = F - \mu mg$$

$$a_1 = \frac{F}{m} - \mu g \quad \text{- ускорение санок по брему разгона}$$

3) Рассмотрим 2-й случай движения с силой F , направленной под углом. Рассставим силы. 2-й закон Ньютона на вертикальную ось:

$$N_2 + F \sin \alpha = mg \Rightarrow N_2 = mg - F \sin \alpha$$

На горизонтальную (т.к. санки движутся: $F_{tp2} = \mu N_2$)

$$ma_2 = F \cos \alpha - F_{tp2} = F \cos \alpha - \mu N_2 = F \cos \alpha - \mu mg + \mu F \sin \alpha$$

$$a_2 = \frac{F \cos \alpha}{m} - \mu g + \frac{\mu F \sin \alpha}{m} \quad \text{- ускорение санок по брему 2-го разгона.}$$

4) Т.к. Санки разгоняются на одинаковых участках пути со одинаковой скоростью, то ускорение санок по брему разгона

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!

6 1-м и 2-м из случаев равны

$$a_1 = a_2$$

$$\frac{F}{m} - \mu g = \frac{F}{m} (\cos d + \mu \sin d) - \mu g$$

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

5) После разгона санок замедлится 2-й з-й Ньютона

на две две оси:

$$N = mg$$

$$ma = -F_{TP} = -\mu N = -\mu mg$$

$a = -\mu g$ - ускорение санок после разгона

Рассстояние, которое проедут санки в процессе торможения:

$$S = \frac{0 - V^2}{2a} = \frac{V^2}{2\mu g} = \frac{K}{m\mu g} = \frac{K \cdot \sin d}{(1 - \cos d)mg}$$

$$\text{Однако: } \mu = \frac{1 - \cos d}{\sin d}; S = \frac{K \sin d}{(1 - \cos d)mg}$$



- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <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) Как видим, процессы 1-2, 2-3, 3-1 - изотермические процессы. Температура любого процесса:

$$C_v = \frac{dC_v dT + PdV}{dT} = C_v + \frac{PdV}{\frac{1}{R}(PdV + VdP)} = C_v + \frac{R}{1 + \frac{VdP}{PdV}}$$

Отсюда ур-е изотермического процесса ($C_v = \text{const}$)

$$\frac{VdP}{PdV} = k \quad (k - \text{пекан постоянная для процесса})$$

$$\frac{dP}{P} = k \frac{dV}{V}$$

$$\ln \frac{P}{P_0} = \ln \left(\frac{V}{V_0} \right)^k$$

$$\frac{P_0}{V_0^k} = \frac{P}{V^k} \quad - \text{ур-е изотермы}$$

Рассчитаем k для ~~всех~~ ~~трех~~ процессов: ~~k_{12}~~ k_{31} k_{23} .

Всех процессов: $k_{12} = \infty$ (изобарический процесс);

$$k_{23} = -2; k_{31} = 1.$$

$$\text{В процессе } 3-1 : \frac{P}{V} = \text{const} = \frac{P_1}{V_1} = \frac{RT_1}{V_1^2}$$

Работа внешних сил A_{31} (знак минус, т.к. ~~работа~~ внешних сил)

$$A_{31} = - \int_3^1 PdV = - \int_{V_1}^{V_3} \frac{RT_1}{V_1^2} VdV = - \frac{RT_1}{2V_1^2} (V_1^2 - V_3^2) =$$

$$= - \left(\frac{RT_1}{2} - \frac{RT_1}{2} \cdot \frac{V_3^2}{V_1^2} \right).$$

Процесс 1-2 изохорный: $V_1 = V_2$

Процесс 2-3: $k_{23} = -2$

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 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!

$$PV^2 = RTV = \text{const} \quad \text{Значит:}$$

$$RT_2 V_2 = RT_3 V_3 \Rightarrow$$

$$V_3 = \frac{T_2}{T_3} V_2 = \frac{T_2}{T_1} V_1 = 2V_1$$

$$A_{31} = \frac{RT_1}{2} (4-1) = \frac{3}{2} RT_1 \approx 25 \cdot 100 D_m = 2500 D_m$$

2) Всё тепло, которое сообщили газу:

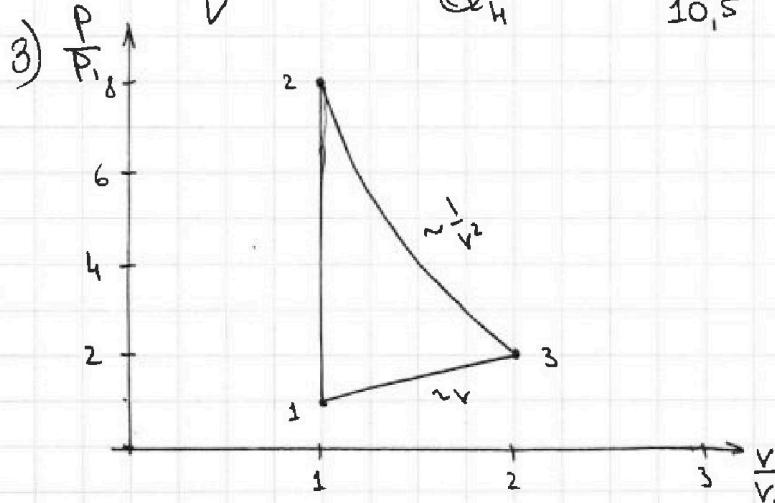
$$Q_H = C_{12} \cdot (T_2 - T_1) \Rightarrow = 1,5 R \cdot 7T_1 = 10,5 RT_1$$

Тепло, которое "забрали" из газа (по модулю):

$$Q_x = C_{23} (T_2 - T_3) + C_{13} (T_3 - T_1) = 2RT_1 + 6RT_1 = 8RT_1$$

КПД цикла:

$$\eta = 1 - \frac{Q_x}{Q_H} = \frac{2,5}{10,5} = \frac{5}{21}$$



$$1-2: \text{Изотерма: } \frac{P_2}{P_1} = \frac{T_2}{T_1}$$

$$2-3: V_3 = 2V_2$$

$$\frac{P_3}{P_2} = \frac{V_2^2}{V_3^2} = \frac{1}{4}$$
$$P_3 = \frac{1}{4} P_2$$

$$P \sim \frac{1}{V^2} \text{ - гипербола}$$

$$3-1: P \sim V \text{ - прямая}$$

$$\text{Ответ: } A_{31} = 2500 D_m; \eta = \frac{5}{21}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

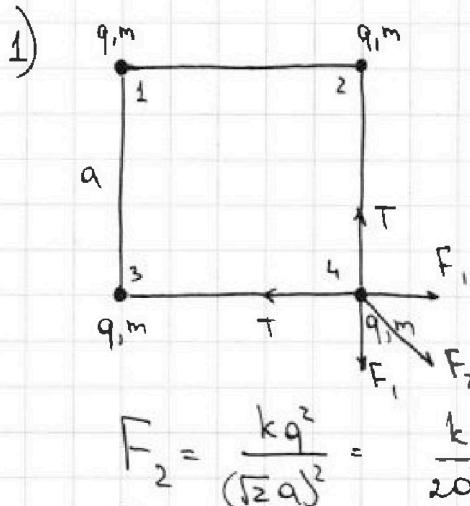
решение которой представлено на странице:

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



По з-му Кулона сила F_1 , с которой
действуют 2 соседних зарядов на узле
4:

$$F_1 = \frac{kq^2}{a^2}$$

Сила F_2 , с которой заряд по диагонали
действует на узел 4:

$$F_2 = \frac{kq^2}{(\sqrt{2}a)^2} = \frac{kq^2}{2a^2}$$

Запишем 2-й з-м Ньютона на ось симметрии
с силой F_2 :

$$F_2 + 2 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} F_1 = 2 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} T$$

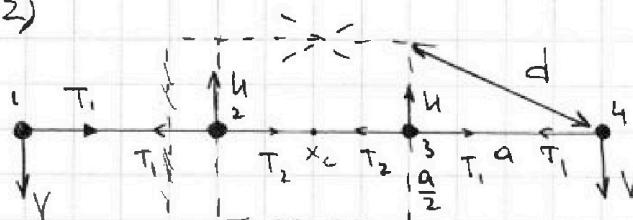
$$T = \frac{\sqrt{2}}{2} \left(\frac{kq^2}{2a^2} + \sqrt{2} \frac{kq^2}{a^2} \right) = \frac{2\sqrt{2}+1}{2\sqrt{2}} \frac{kq^2}{a^2} =$$

$$= \frac{4+\sqrt{2}}{4} \frac{kq^2}{a^2}$$

$$q^2 = \frac{T a^2}{k} \frac{4}{4+\sqrt{2}} = \frac{46\pi\epsilon_0 T a^2}{4+\sqrt{2}}$$

$$q = 4a \sqrt{\frac{T \pi \epsilon_0}{4+\sqrt{2}}}.$$

2)



Центр масс квадрата находиться в его центре. Я знаю, как только заряды встретятся в одну прямую, то эта прямая будет перпендикулярна рис боковых сторонам квадрата и проходит через его центр. Значит, (из симметрии я этого) и проходит через его центр. Тогда, расстояние d :

$$d = \sqrt{a^2 + \frac{a^2}{4}} = \frac{\sqrt{5}}{2} a$$



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 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!

Рассмотрим 1^ю и 4^ю шарики движущиеся со скоростью V , а 2^ю и 3^ю со скоростью U . Из симметрии задачи понятно, что 2^ю и 3^ю шариками будут двигаться по бывшим сторонам кв. т.к. их тянут с двух сторон 1^ю и 4^ю соответственно. Центр масс и скорость системы не изменятся, т.к. внешних сил нет. Отсюда:

$$0 = 2mU - 2mV \\ 2mU = 2mV \\ U = V.$$

Изменение потенциала всей системы (сумма потенциалов каждого шарика) равно изменению \rightarrow всей кинетической энергии:

$$4 \cdot \frac{mV^2}{2} = 4 \left(\cancel{\varphi_1} + \cancel{\varphi_2} \right) \sum_i \varphi_i - \sum_i \varphi'_i \\ \sum_i \varphi_i = 4 \left(2 \frac{kq}{a} + \frac{kq}{\sqrt{2}a} \right) \frac{kq}{a} \left(2 + \frac{\sqrt{2}}{2} \right) \cdot 4 = \frac{kq}{a} (8 + 2\sqrt{2}) \\ \sum_i \varphi'_i = 2 \left(\frac{kq}{a} + \frac{kq}{2a} + \frac{kq}{3a} \right) + 2 \left(2 \frac{kq}{a} + \frac{kq}{2a} \right) = \\ = \frac{22}{6} \frac{kq}{a} + 5 \frac{kq}{a} = \frac{kq}{a} \cdot \frac{52}{6} \\ \frac{4mV^2}{2} = \frac{kq}{a} (8 + 2\sqrt{2} - 8 - \frac{2}{3}) = \frac{kq}{a} (2\sqrt{2} - \frac{2}{3}) \\ \frac{mV^2}{2} = K = \frac{kq}{2a} \left(\sqrt{2} - \frac{1}{3} \right) = 2 \sqrt{\frac{\pi \epsilon_0}{4 + \sqrt{2}}} \cdot \frac{1}{4\pi \epsilon_0} \left(\sqrt{2} - \frac{1}{3} \right)$$

$$\text{Отсюда: } q = 4a \sqrt{\frac{\pi \epsilon_0}{4 + \sqrt{2}}} ; K = \frac{1}{2\pi \epsilon_0} \sqrt{\frac{\pi \epsilon_0}{4 + \sqrt{2}}} \left(\sqrt{2} - \frac{1}{3} \right) ;$$

$$d = \frac{\sqrt{2}}{2} a .$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

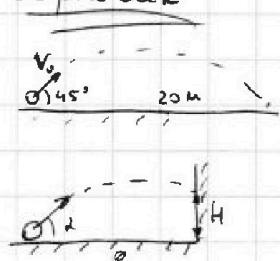
- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------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

МФТИ



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

Черновик



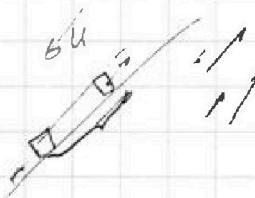
$$20m = \frac{V_0 \sqrt{2}}{2} t = \frac{V_0^2}{g} \sin 45^\circ$$

$$V_0 = 10\sqrt{2} \approx$$

$$\sin^2 + \cos^2 = \frac{1}{2}$$

$$t = \frac{20}{V_0 \sin 45^\circ} = \frac{20}{V_0 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}}$$

$$H = V_0 \sin 45^\circ \cdot t - \frac{1}{2} g t^2 = V_0 \sin 45^\circ \cdot \frac{20}{V_0 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}} - \frac{1}{2} \cdot \frac{g \cdot 20^2}{V_0^2 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}} = 10\sqrt{2} - \frac{g \cdot 20^2}{2 \cdot V_0^2 \cdot \sqrt{2}} (1 + 1)$$



$$PV = RT$$

~~$P_0 = \frac{RT_0}{V_0}$~~

$$C_v = C_v + \frac{R}{1 + \left(\frac{PdV}{VdP} \right)}$$

$$\frac{3}{2} R$$

$$C_p = \frac{dU + dA}{dT} = C_v + \frac{R \cdot dT \cdot \frac{1}{V} + PdV}{dT} = C_v + \frac{R \cdot P dV}{PdV + VdP}$$

$$= C_v + \frac{R}{1 + \left(\frac{VdP}{PdV} \right)} = \frac{R}{Q}$$

$$\frac{VdP}{PdV} = \text{const} = k$$

~~$- \frac{1}{k+1}$~~

$$\frac{dV}{V} k = \frac{dP}{P}$$

$$\ln\left(\frac{V}{V_0}\right)^k = \ln\left(\frac{P}{P_0}\right)$$

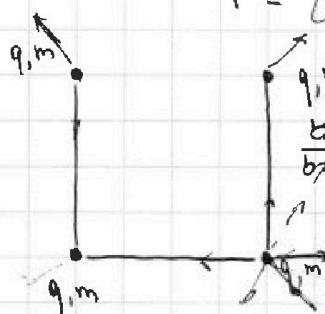
$$V = \text{const}$$

$$A = PdV = \int \frac{RT}{V} dV$$

$$P_0 V_0^k = PV^k = \text{const}$$

$$PV^k = P_0 V_0^k = RT_1 V_0^{k-1}$$

$$P = \frac{RT}{V} = \frac{P_0}{V_0^k} = \frac{P}{V^k} \quad \frac{P_0}{V_0} = \text{const}$$



$$\frac{b}{b_2} = \frac{b}{b_1} \cdot \frac{3}{2} + \frac{b}{b_1}$$

$$\frac{b}{b_1} = \frac{b}{b_2} \left(\frac{3}{2} + 1 \right) = \frac{b}{b_2} + \frac{b}{b_2}$$

$$\frac{P_1 V_1^2}{2} = P_3 V_3^2$$

$$T_1 V_1 = T_2 V_3$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1

2

3

4

5

6

7

МФТИ

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