

**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.

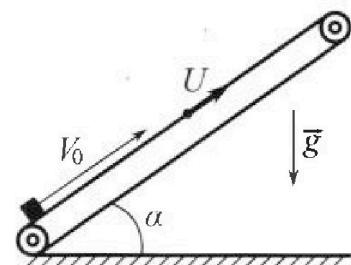
2) На каком расстоянии S от точки старта находится стенка?

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.).

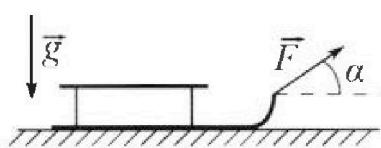
2) Через какое время T_1 после старта скорость коробки во втором опыте будет равна $U = 1$ м/с?

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.

m



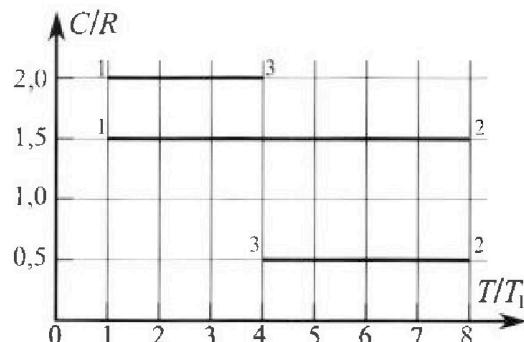
**Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023**



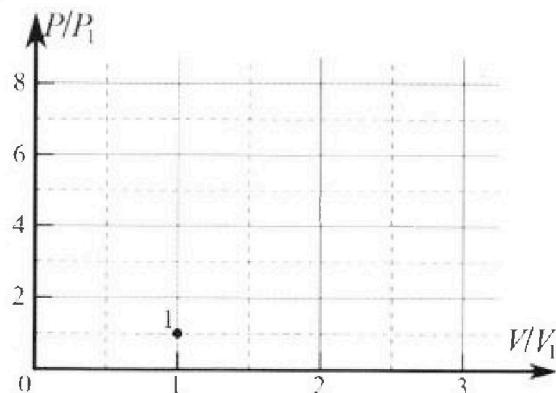
Вариант 10-02

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).

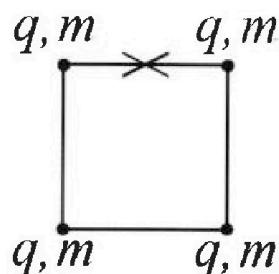


- 1) Найдите работу A_{31} внешних сил над газом в процессе 3-1.
- 2) Найдите КПД η цикла.
- 3) Постройте график цикла в координатах $(P/P_1, V/V_1)$, где P_1 и V_1 давление и объём в состоянии 1. Для построения графика перенесите шаблон (см. ниже) в чистовик своей работы. Точка 1 на графике соответствует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



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 |
|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|

МФТИ



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

$$\angle = 45^\circ$$

$$L = 20 \text{ м}$$

$$V_0 \cdot ?$$

$$H = 3,6 \text{ м}$$

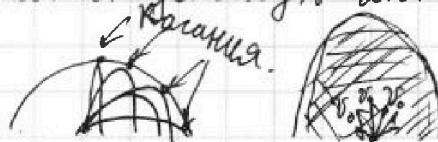
$$S - ?$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$



$$V_0 \cos \theta t = L$$

Посмотрим, ~~зашла~~ зона, до которой ракеты
могут достичь дальности L .



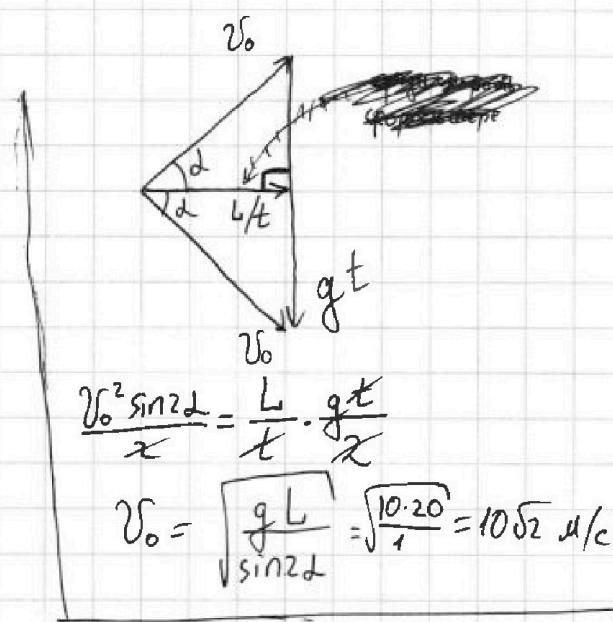
$$x = V_0 \cos \beta t \rightarrow t = \frac{x}{V_0 \cos \beta}$$

$$y = V_0 \sin \beta t - \frac{gt^2}{2}$$

$$y = \frac{V_0 \sin \beta \cdot x}{V_0 \cos \beta} - \frac{g}{2} \frac{x^2}{V_0^2 \cos^2 \beta}$$

$$y = \tan \beta x - \frac{gx^2}{2V_0^2} \cdot (1 + \tan^2 \beta)$$

$$\tan^2 \beta \cdot \frac{gx^2}{2V_0^2} - \tan \beta \cdot x + y + \frac{gx^2}{2V_0^2}$$



$$\frac{V_0^2 \sin 2\beta}{x} = \frac{L}{t} \cdot \frac{gt}{x}$$

$$V_0 = \sqrt{\frac{gL}{\sin 2\beta}} = \sqrt{\frac{10 \cdot 20}{1}} = 10\sqrt{2} \text{ м/с}$$

Из этого очевидно, что ракеты
достигнут зоны, до которой ракеты
могут достичь дальности L одним

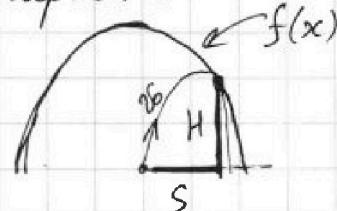
способом будет лежать на искаченной параболе границе зоны $\Rightarrow D = 0$

$$D = x^2 - \frac{gx^2}{2V_0^2} \cdot \left(y + \frac{gx^2}{2V_0^2} \right) = 0 \quad | \cdot \frac{2V_0^2}{2gx^2}$$

$$f(x) = \frac{V_0^2}{2g} - \frac{gx^2}{2V_0^2} = y \quad \text{видим, что это парабола.}$$

поскольку $y = H$ и $x = S$

$$\frac{V_0^2}{2g} - \frac{gS^2}{2V_0^2} = H$$





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!

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

$$\sqrt{\left(\frac{V_0^2}{2g} - H\right) \cdot \frac{2 V_0^2}{g}} = S = \sqrt{\left(\frac{100}{20} - 3,6\right) \cdot \frac{2 \cdot 200}{10}} = \sqrt{6,4 \cdot 40} = \sqrt{64} \cdot \sqrt{4} = 16 \text{ м}$$

Ответ: $V_0 = 10 \text{ м/c}$; $S = 16 \text{ м}$



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!

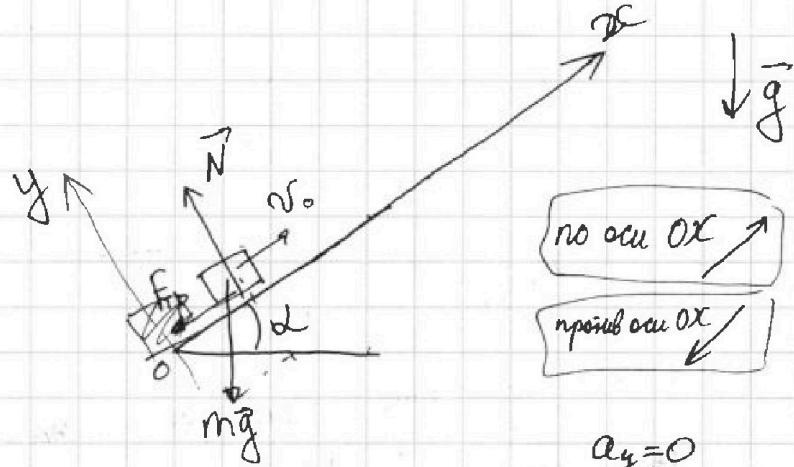
$$\sin \angle = 0,6 = \frac{3}{5} \Rightarrow \cos \angle = \frac{4}{5}; \operatorname{tg} \angle = \frac{3}{4} = 0,75$$

$$v_0 = 6 \text{ м/с}$$

$$\mu = 0,5 = \frac{1}{2}$$

$$T = 1 \text{ с}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$



$$a_y = 0$$

$$\text{II закон Ньютона на оси } Oy: \vec{N} + m\vec{g} \cos \angle = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow |N| = |mg \cos \angle|$$

$$F_f = \mu N = \mu mg \cos \angle$$

сила трения направлена против движения.

заметим, что $\mu = 0,5 < \operatorname{tg} \angle = 0,75$, значит коробка не будет

скользить на протяжении времени на транспортере.

II закон Ньютона на оси Ox : $ma_{x_1} = -mg \sin \angle \quad \begin{matrix} \leftarrow \text{Зависит от того, что} \\ \text{движ. трансп.} \end{matrix} \\ \oplus \mu mg \cos \angle \quad \begin{matrix} \text{относит.} \\ \text{транспортеру} \end{matrix}$

1) начала сила трения направлена против оси Ox .

a_{x_1} - ускор. в данной ситуации.

$$\mu a_{x_1} = -mg \sin \angle - \mu mg \cos \angle \rightarrow a_{x_1} = -g (\sin \angle + \mu \cos \angle) = -10 \text{ м/с}^2$$

проверил, поменял ли свое направление сила трения через
время $T = 1 \text{ с}$.

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!

v_k - скорость коробки через время T

$$v_0 + a_{x1} T = v_k$$

$$v_k = v_0 - T g (\sin \alpha + \mu \cos \alpha) = 6 - 1 \cdot 10 \cdot (0,6 + 0,8 \cdot 0,5) = -4 \text{ м/с}. v_k < 0 \Rightarrow$$

\Rightarrow Ровняется, что сила трения поменяет своё направление.

Найдём момент времени, когда это произойдёт T_3

в этот момент скорость коробки отн. грансп. обнуляется, а

так как транспортер походит скорость коробки обнулитя

$$v_0 + a_{x1} T_3 = 0$$

$$T_3 = \frac{v_0}{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} = \frac{6}{10(0,6+0,8\cdot0,5)} = 0,6 \text{ с.}$$

на a_{x2} уск , когда F_T направлена в по оси OX .

$$F_T = \mu mg \cos \alpha - mg \sin \alpha$$

$$a_{x2} = g(\mu \cos \alpha - \sin \alpha) = 10 \cdot (0,5 \cdot 0,8 - 0,6) = -2 \text{ м/с}^2$$

в такой ситуации коробка будет двигаться вправо $T_2 = T - T_3 = 0,4 \text{ с.}$

S_1 - путь пройденный за время T_3

S_2 - путь пройденный за время T_2 .

$$S = |S_1| + |S_2|$$

$$S_1 = v_0 T_3 + \frac{a_{x1} T_3^2}{2} = 6 \cdot 0,6 + \frac{10 \cdot 0,6^2}{2} = 1,8 \text{ м}$$

$$\rightarrow S = 1,8 + 0,16 = \underline{\underline{1,96 \text{ м}}}$$

$$S_2 = 0 \cdot T_2 + \frac{a_{x2} T_2^2}{2} = - \frac{2 \cdot 0,4^2}{2} = - 0,16 \text{ м}$$



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

Вызов сделан по рисунку в условии
Теперь транспортер движется по направлению OY со скоростью

$U = 1 \text{ м/с}$ начала сила трения будет направлена

против оси OX . $\Rightarrow a_x = a_{x1}$

~~здесь~~ ~~все когда~~

1 случай ~~старт~~ Конечная скорость коробки направлена
по оси OX . Время движения $= T_{11}$
~~коробка~~ скорость коробки относительно транспортера
одинакова. \Rightarrow при дальнейшем движении в случае 2 ^{снова} трение будет
направлено по оси OX .

2. Для первого случая. ~~требуется~~ $(V_0 - U) + a_{x1} T_{11} = 0$

$$T_{11} = \frac{V_0 - U}{-a_{x1}} = \frac{6 - 1}{-10} = 0,5 \text{ с}$$

во втором случае конечная скорость „ U “ коробки направлена
против оси OX . время движения $= T_{12}$

$$T_{12} = T_{11} + \frac{-U - U}{a_{x2}} = 0,5 + \left(\frac{-2}{-2} \right) = 1,5 \text{ с}$$

~~коробка~~ время T_4 - это время через которое
скорость коробки одинакова после начала второго опыта.

$$T_4 = T_{11} + \frac{0 - U}{a_{x2}} = 0,5 + \left(\frac{-1}{-2} \right) = 1 \text{ с}$$

$$L = V_0 \cdot T_{11} + \frac{a_{x1} T_{11}^2}{2} + U(T_4 - T_{11}) + \frac{a_{x2}(T_4 - T_{11})^2}{2} = 6 \cdot 0,5 + \frac{(10 \cdot 0,5^2)}{2} + 1 \cdot (1 - 0,5) + \frac{(-2 \cdot (1 - 0,5)^2)}{2} = 3 - 1,25 + 0,5 - 0,25 = 2 \text{ м}$$

Ответ: $S = 1,96 \text{ м}$; $T_1 = 0,5 \text{ с}$ или $1,5 \text{ с}$; $L = 2 \text{ м}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



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

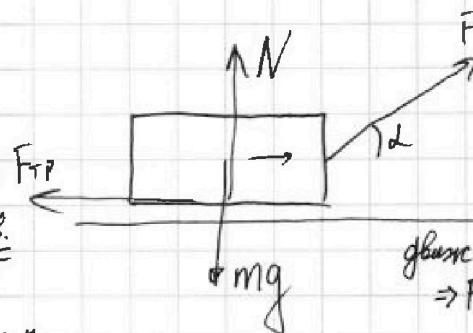
$$K; \alpha \quad l_1 = l_2 = l \quad \text{путь разгона}$$

$$\mu = ?$$

$$S = ?$$

Ускорение в момент прекращения действия силы F

Время



где $\sin \alpha = \frac{l}{s}$
 $\Rightarrow F \sin \alpha < mg$

$$K = \frac{mv^2}{l}$$

$$F_{\text{тр}} = \mu N \quad N = mg - F \sin \alpha \quad \text{так как } a_y = 0$$

$$3U3: \quad F \cos \alpha - \mu(mg - F \sin \alpha) = K \rightarrow F \cos \alpha - \mu(mg - F \sin \alpha) = \frac{K}{l}$$

Теперь ЗУЗ для второго угла:

$$N_2 = mg$$

$$Fl - \mu mg l = K \rightarrow F - \mu mg = \frac{K}{l} \rightarrow -\mu mg = \frac{K}{l} - F$$

~~$$F \cos \alpha - \mu mg + \mu F \sin \alpha = F - \mu mg$$~~

$$F \cos \alpha + \mu F \sin \alpha = F$$

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

$F_{\text{тр}}$ после датчика кинет. арк. $K = \mu N_2$ (в обеих случаях одинаков)

$$F_{\text{тр}} = \mu mg$$

~~$$K = \mu mg S$$~~

Масса санок m известна.

~~$$3U3: \quad K = F_{\text{тр}} S \rightarrow \mu mg S = K \rightarrow K - F_{\text{тр}} S = 0$$~~

$$K = \mu mg S$$

$$S = \frac{K}{\mu mg}$$

$$\text{Отвр: } \mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}; \quad S = \frac{K}{\mu mg}$$

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 checked="" 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!

$$T_1 = 200 \text{ K}$$

$$R = 8,31 \text{ Дж/(моль K)}$$

$$J = 1 \text{ моль}$$

$$i = 3$$

$$C_{12} = \frac{3}{2} R$$

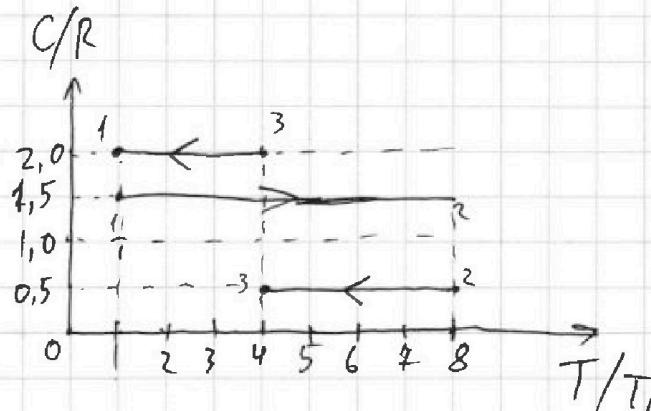
$$T_1 = T_1$$

$$T_2 = 8T_1$$

$$C_{23} = \frac{1}{2} R$$

$$T_3 = 4T_1$$

$$C_{31} = 2R$$



$$Q_{\Delta T} = C_{\Delta T}$$

$$Q_{12} = C_{12} \cdot (8T_1 - T_1) = C_{12} \cdot 7T_1 = 7C_{12}T_1 > 0$$

$$Q_{23} = C_{23} \cdot (4T_1 - 8T_1) = -C_{23} \cdot 4T_1 = -4C_{23}T_1 < 0$$

$$Q_{31} = C_{31} \cdot (T_1 - 4T_1) = -C_{31} \cdot 3T_1 = -3C_{31}T_1 < 0$$

$$Q = \alpha U + \beta A$$

$$Q = \frac{i}{2} \alpha (PV) + \cancel{\beta PV} A$$

$$C_{\Delta T} = \frac{i}{2} \alpha PV + A$$

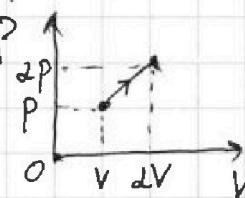
заметим, что для $C=2R$ при однократн.
также соответствует ~~закону~~ прямая
пропорциональности PV .

$$\star PV = JRT \quad \downarrow^2 PV = JRT_k \Rightarrow T_k = 2^2 T$$

$$Q = C(2^2 T - T) = \frac{i}{2} (2P \cdot 2V - PV) + \frac{P+2P}{2} (2V - V)$$

$$CT(2^2 T - T) = \frac{3}{2} PV(2^2 T - T) + \frac{PV}{2}(2^2 T - T)$$

$$C = \cancel{2} \cdot 2JR, \quad \text{при } J=1 \quad \underline{C=2R}$$



, а для $C=1,5R$ изотермический процесс.

$$C = \cancel{\frac{P(V_2 - V_1)}{JR}} = \frac{3}{2} (P_2V_1 - P_1V_2) \quad C = \frac{3}{2} JR \quad \text{при } J=1 \quad \underline{C = \frac{3}{2} R}$$

α и β некие коэффициенты.

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!

$$P_1 V_1 = \text{J} R T_1 \quad (\text{J} = 1 \text{ моль})$$

$$P_2 V_1 = \text{J} R T_2 \Rightarrow P_2 = \frac{T_2}{T_1} P_1 = 8 P_1$$

1 → 2 изохорный

3 → 1 прямая пропорц.

$$P_1 V_1 = \text{J} R T_1$$

$$P_3 V_3 = \text{J} R T_3$$

$$P_3 = \beta P_1 ; V_3 = \beta V_1$$

$$\beta^2 P_1 V_1 = \text{J} R \cdot 4 T_1$$

$$\beta^2 = 4 \rightarrow \beta = 2 \Rightarrow P_3 = 2 P_1 ; V_3 = 2 V_1$$

Заметим, что процесс с теплопроводностью $C = \frac{1}{2} R$ соответствует процессу $PV^2 = \text{const}$

Рассмотрим некий процесс 7 → 8, где $PV^2 = \text{const}$.

$$Q = \Delta U + A$$

$$P_7 V_7 = \text{J} R T_7$$

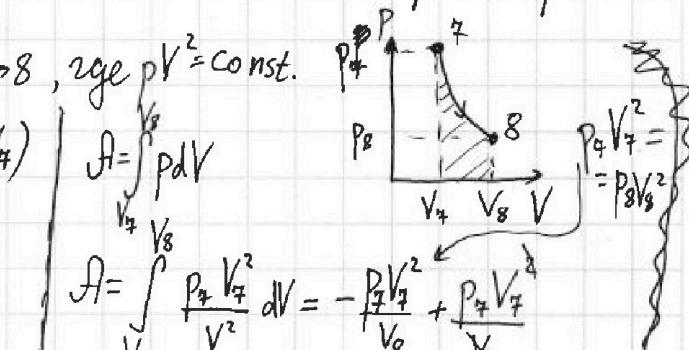
$$P_8 V_8 = \text{J} R T_8$$

$$T_8 - T_7 = \frac{P_8 V_8 - P_7 V_7}{\text{J} R}$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} (P_8 V_8 - P_7 V_7)$$

$$P_7 V_7^2 = P_8 V_8^2 = PV^2$$

$$P = \frac{P_7 V_7^2}{V^2}$$



$$A = P_8 V_8 - P_7 V_7$$

$$C = \frac{P_8 V_8 - P_7 V_7}{\text{J} R} = \frac{3}{2} \cdot (P_8 V_8 - P_7 V_7) - 1(P_8 V_8 - P_7 V_7)$$

$$C = \frac{1}{2} \text{J} R \quad \text{при } \text{J}=1$$

$$C = \frac{R}{2}$$



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 checked="" 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!

Теперь получив график цикла постараем A_{31} и η

$$A_{31} = \frac{P_1 + 2P_1}{2} \cdot (2V_1 - V_1) = P_1 V_1 \cdot \frac{3}{2} = \frac{3}{2} \cdot R T_1 = \frac{3}{2} \cdot 1 \cdot 200 \cdot 8,31 = 2493 \text{ Дж.}$$

$\frac{8,31}{2493,00}$ работа над газом

Q_- отведенное тепло за весь цикл
 Q_+ подведенное тепло за весь цикл.

$$\eta = 1 - \frac{|Q_-|}{|Q_+|}$$

$$|Q_-| = |Q_{23}| + |Q_{31}|$$

$$|Q_+| = |Q_{12}|$$

$$\eta = 1 - \frac{|-4C_{23}T_1 - 3C_{31}T_1|}{7C_{12}T_1}$$

$$\eta = 1 - \frac{|3C_{31} + 4C_{23}|}{7C_{12}} = 1 - \frac{|3 \cdot 2 + 4 \cdot 0,5|}{7 \cdot 1,5} = 1 - \frac{16}{21} = \frac{5}{21}$$

Ответ: $A_{31} = 2493 \text{ Дж.}$; $\eta = \frac{5}{21}$

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

$$a, T, \epsilon_0 \quad k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

$|q|=? \quad d=?$

$$E \text{ созг. зарядом} = \frac{kq}{r^2}$$

$$\vec{E} = \frac{kq}{r^2} \cdot \frac{\vec{r}}{|\vec{r}|}$$

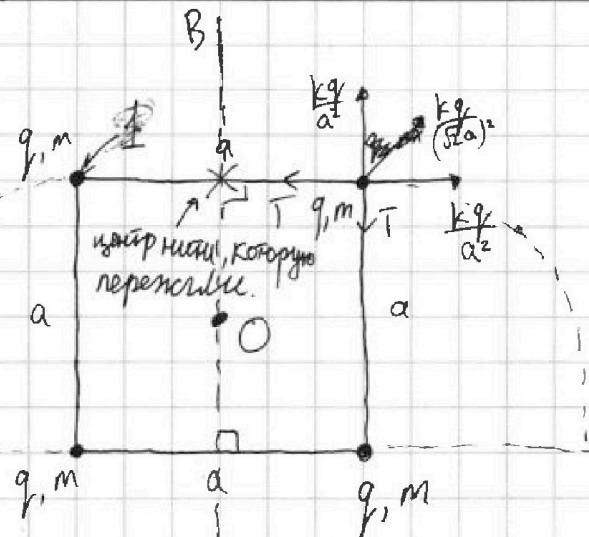
$$T = E_{\text{сумм}} \cdot q$$

$$\sqrt{2} T = E_{\text{сумм}} \cdot q$$

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

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

$$|q| = \sqrt{\frac{2\sqrt{2}}{2\sqrt{2}+1} \cdot \frac{a^2 T}{(4\pi\epsilon_0)^{-1}}}$$



$$E_{\text{сумм}} = \sqrt{2} \frac{kq}{a^2} + \frac{kq}{2a^2}$$

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

(пренебрежимо малые) \rightarrow
при система замкнута. Внешние силы отсутствуют

Значит Энергия и импульс ~~это~~ системы сохраняются.
и центр масс поконится.

Очевидно, что шарик будут двигаться симметрично относительно прямой проходящей через центр пересекающейся линий лежащей в плоскости зарядов.

$$\varphi_1 = \frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{\sqrt{2}a}$$

постоянная энергия зарядов в начальном полож.

$$\varphi_1 = \frac{kq^2}{a} \left(2 + \frac{1}{\sqrt{2}} \right)$$

постоянна на очень большом расстоянии от системы.

$$\varphi_\infty = 0$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



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

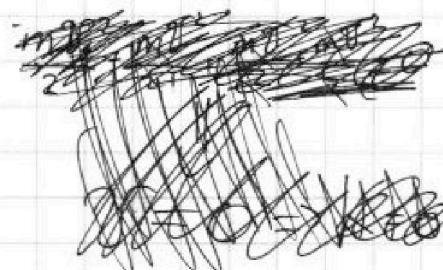
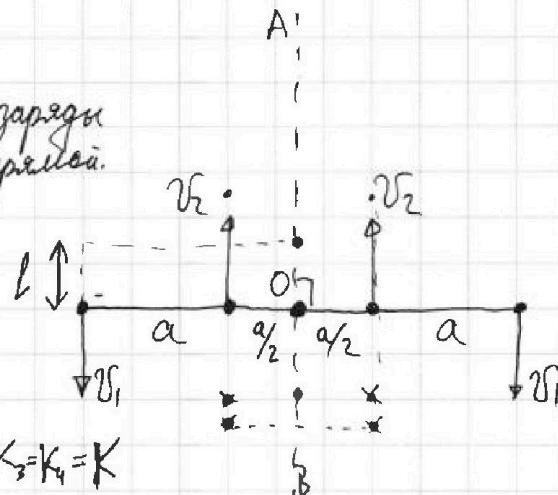
МФТИ

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

ЗСИ на ось AB.

$$a\varphi_1 + m\varphi_1 - m\varphi_2 - m\varphi_3 = 0$$

$$\underline{\underline{\varphi_1 = \varphi_2 = \varphi}} \Rightarrow K_1 = K_2 = K_3 = K$$



O - точка центра масс, очевидно она
должна проходить через эту точку и
также О делит нашу пополам.

$$\text{значит } l = \frac{a}{2}$$

φ_2 потенциал крайнего заряда
когда все заряды на одн. прямой.

φ_3 потенц. внутреннего заряда.

$$d = \sqrt{\left(\frac{3}{2}a\right)^2 + \left(\frac{a}{2}\right)^2} = \frac{a}{2} \cdot \sqrt{10} = a \cdot \sqrt{\frac{5}{2}}$$

Ответ! $|q| = \sqrt{\frac{2\sqrt{2}}{2\sqrt{2}+1} \cdot \frac{a^2 T}{(4\pi\epsilon_0)^{-1}}}; d = a \cdot \sqrt{\frac{5}{2}}$

$$\varphi_2 = \frac{kq^2}{3a} + \frac{kq^2}{2a} + \frac{kq^2}{a} = \frac{kq^2}{a} \cdot \frac{11}{6}$$

$$\varphi_3 = \frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{2a} = \frac{kq^2}{a} \cdot \frac{5}{2}$$

$$\frac{4\varphi_1 - 2\varphi_2 - 2\varphi_3}{2} - 4K = 0$$

$$2\varphi_1 - \varphi_2 - \varphi_3 = 4K$$

$$4K = \frac{kq^2}{a} \cdot \left(4 + \sqrt{2} - \frac{11}{6} - \frac{5}{2}\right) = \frac{kq^2}{4\pi\epsilon_0 a} \left(-\frac{1}{3} + \sqrt{2}\right)$$

$$K = \frac{q^2}{16\pi\epsilon_0 a} \cdot \left(\sqrt{2} - \frac{1}{3}\right),$$

$$\text{затем } |q| = \sqrt{\frac{2\sqrt{2} a^2 T \cdot 4\pi\epsilon_0}{2\sqrt{2}+1}}$$



- 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!

$$\alpha = 45^\circ$$

$$L = 20 \text{ м}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$8R \cdot V_1^2 = nR \cdot \left(\frac{3}{2}V\right)^2$$

$$g = \frac{9}{4}n \quad n = \frac{32}{9} \approx$$

$$\textcircled{1} \quad V_0 \cos \alpha t = L$$

$$\text{подставим } t \text{ из } \textcircled{2} \text{ в } \textcircled{1} \quad V_0 \cos \alpha t \cdot \frac{2V_0 \sin \alpha t}{g} = L$$

$$T = \frac{kq^2}{F} \quad q = \sqrt{\frac{Tr^2}{k}}$$

$$PV^x = \text{const}$$

$$Q = C_v T$$

$$Q = \Delta U + \Delta H$$

$$10 \frac{300}{20} - \frac{10 \cdot 400}{400} = 0$$

$$48R(V_1)^2 = 2P_1 \cdot 2V_1^2$$

$$4V_1^8 = 2^8 V_1^8$$

$$C_v T$$

$$T_2 - T_1 = \frac{P_2 V_2 - P_1 V_1}{\Delta R}$$

$$C_v \left(\frac{P_2 V_2 - P_1 V_1}{\Delta R} \right) = \frac{3}{2} \cdot (P_2 V_2 - P_1 V_1) + P_1 V_1 - \frac{P_1 V_1^2}{V_2}$$

- 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!

$$A = \int P dV = \int \frac{P_1 V_1^2}{V^2} dV = \left[-\frac{P_1 V_1^2}{V} \right]_{V_1}^{V_2} = \frac{P_1 V_1^2 \cdot 1}{V_2} = \frac{\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{3} \cdot 4 = \frac{32}{6}}{\frac{11}{6}}$$

$$F = \frac{kq^2}{r^2} \quad F = P_2 V_2 - P_1 V_1$$

$$P_2 V_2 - P_1 V_1 = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{3} \cdot 4 = \frac{32}{6}$$

$$P_2 V_2 - P_1 V_1 = \frac{4 - \frac{11}{6}}{2} = \frac{5}{2}$$

t - полное время полёта мяча.

$$Q_+ = A + \Delta Q \quad Q_+$$

$$Q = A - \Delta Q \quad Q_+$$

$$Q_+ = \frac{21}{6} - \frac{11}{6} - \frac{15}{6} = -\frac{1}{3}$$

$$Q_+ = \frac{13}{6} - \frac{13}{6} = 0$$

$$Q_+ = \frac{1,5}{2,25} - \frac{1,5}{2,25} = 0$$

$$Q_+ = \frac{0,5}{0,25} - \frac{0,5}{0,25} = 0$$

$$Q_+ = \frac{\sqrt{10}}{4} - \frac{\sqrt{10}}{4} = 0$$

$$\Delta U = \frac{i}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_1) \quad Q_{12} + Q_{23} + Q_{31} = 0 \quad V_0 \sin \alpha t = \frac{gt}{2}$$

$$= 0 + U_{12} + U_{23} + U_{31} + U_{13} + U_{32} \quad 2V_0 \sin \alpha t = \frac{(Q_+ + Q_-)}{g} t \quad \textcircled{2}$$

$$Q_+ = C_v \cdot T_2 - T_1 \quad \frac{Q_+ + Q_-}{g} = t$$

$$Q_+ = C_v \cdot T_2 - T_1 \quad \frac{Q_+ + Q_-}{g} = t$$

$$Q_+ = C_v \cdot T_2 - T_1 \quad \frac{Q_+ + Q_-}{g} = t$$

$$Q_+ = C_v \cdot T_2 - T_1 \quad \frac{Q_+ + Q_-}{g} = t$$

$$Q_+ = C_v \cdot T_2 - T_1 \quad \frac{Q_+ + Q_-}{g} = t$$

$$Q_+ = C_v \cdot T_2 - T_1 \quad \frac{Q_+ + Q_-}{g} = t$$

$$Q_+ = C_v \cdot T_2 - T_1 \quad \frac{Q_+ + Q_-}{g} = t$$

$$Q_+ = C_v \cdot T_2 - T_1 \quad \frac{Q_+ + Q_-}{g} = t$$

$$Q_+ = C_v \cdot T_2 - T_1 \quad \frac{Q_+ + Q_-}{g} = t$$

$$Q_+ = C_v \cdot T_2 - T_1 \quad \frac{Q_+ + Q_-}{g} = t$$

$$Q_+ = C_v \cdot T_2 - T_1 \quad \frac{Q_+ + Q_-}{g} = t$$

$$Q_+ = C_v \cdot T_2 - T_1 \quad \frac{Q_+ + Q_-}{g} = t$$

$$Q_+ = C_v \cdot T_2 - T_1 \quad \frac{Q_+ + Q_-}{g} = t$$