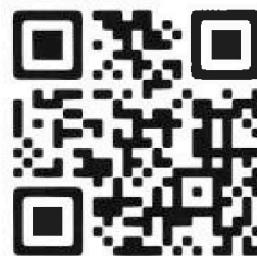




**Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023**



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.

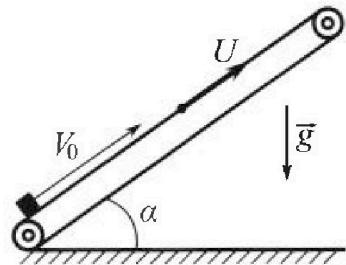
1) Найдите начальную скорость V_0 мяча.

2) Теннисист посылает 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 покояющуюся 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 $S = 1 \text{ м}$?

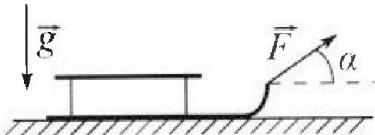
В втором опыте коробку ставят на ленту транспортера, движущуюся со скоростью $U = 2 \text{ м/с}$, и сообщают коробке скорость $V_0 = 4 \text{ м/с}$.

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.

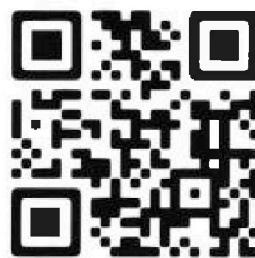
1) Найдите коэффициент μ трения скольжения санок по горизонтальной поверхности.

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



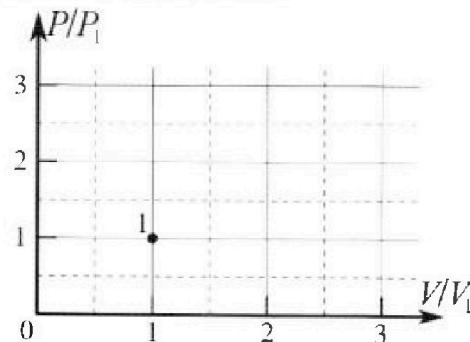
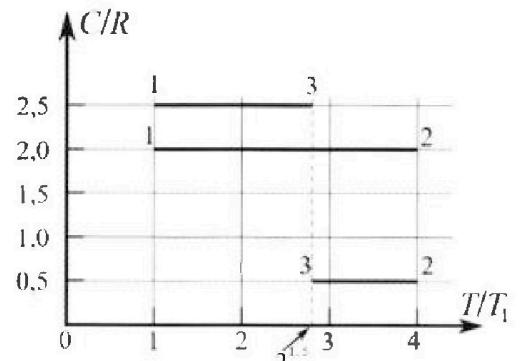
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

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 .

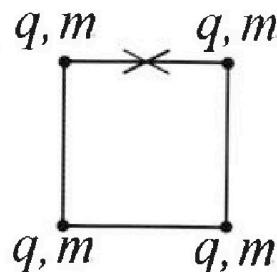
1) Найдите силу T натяжения нитей.

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!

Дано:

$$T = 2 \text{ с}$$

$$S = 20 \text{ м}$$

$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

1) $V_0 - ?$

2) $H - ?$

Решение:

$$1) \quad \cancel{V_0 = V_0 - at};$$

$$\cancel{V_0 = V_0 - gT} \Rightarrow V_0 = gT;$$

$$2) \quad V_0 = 10 \cdot 2 = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

$$2) \quad \cancel{\frac{1}{2}gt^2} = V_0 t + \frac{gt^2}{2} \Rightarrow H = V_0 s \cos \alpha - \frac{gt^2}{2}; \quad (1)$$

$$\Delta x = V_0 t \sin \alpha + \frac{at^2}{2} \Rightarrow S = V_0 s \cos \alpha \Rightarrow \\ \Rightarrow t = \frac{S}{V_0 \cos \alpha} \quad (2)$$

Подставим (2) в (1): $H = \frac{V_0 s \cos \alpha \cdot S}{2V_0 \cos \alpha} - \frac{gS^2}{2V_0^2 \cos^2 \alpha}.$

$$H = S \operatorname{tg} \alpha - \left(\frac{gS^2 \operatorname{tg}^2 \alpha}{2V_0^2 \cos^2 \alpha} + \frac{gS^2 \cos^2 \alpha}{2V_0^2 \cos^2 \alpha} \right);$$

$$-S \operatorname{tg} \alpha + H = -\frac{gS^2}{2V_0^2} \operatorname{tg}^2 \alpha - \frac{gS^2}{2V_0^2};$$

$$\frac{gS^2}{2V_0^2} \operatorname{tg}^2 \alpha - S \operatorname{tg} \alpha + \frac{gS^2}{2V_0^2} + H = 0 \quad \text{- получили кв. уравнение,}$$

т.к. максимальной высоты мы достигаем только при

одном значении α , то $D=0 \Rightarrow$

$$\Rightarrow 18^2 - 4 \frac{gS^2}{2V_0^2} \cdot \left(\frac{gS^2}{2V_0^2} + H \right) = 0 \Leftrightarrow \frac{2gH}{2V_0^2} = 1 - \frac{g^2 S^2}{2V_0^4} = 0;$$

$$H = \frac{2V_0^4 - g^2 S^2}{2gV_0^2}, \quad \text{но } H = V_0 s \operatorname{tg} \alpha \Rightarrow H = \frac{g^2 T^4 - S^2}{2gT^2};$$

$$H = \frac{10^2 \cdot 2^4 - 20^2}{2 \cdot 10 \cdot 2^2} = 15 \text{ м.} \quad \text{Ответ: } V_0 = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}, H = 15 \text{ м.}$$

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!



Дано:

$$sm\alpha = 0,8$$

$$V_0 = 4 \frac{m}{s}$$

$$\mu = \frac{1}{3}$$

$$1) S = ?$$

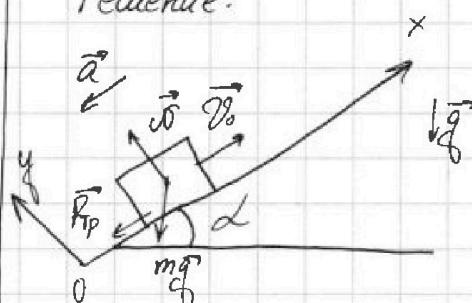
$$2) U = ?$$

$$1) T = ?$$

$$2) L = ?, \cancel{H}$$

$$3) H = ?$$

Решение:



По следствию из II З. Ньютона:

$$Oy: N - mg \cos \alpha = 0 \Rightarrow N = mg \cos \alpha \Rightarrow$$

\Rightarrow по q. закону Кулона: $F_f = \mu N = \mu mg \cos \alpha$.

$$Ox: m a_x = N \sin \alpha - m g \sin \alpha - F_f; \quad a_x = g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha, \text{ где}$$

$$\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha}; \quad \cos \alpha = \sqrt{1 - \frac{16}{25}} = 0,6$$

$$a = g (sm \alpha + \mu cos \alpha). \quad (1)$$

$$\text{По положению парусника: } S = \sqrt{\frac{V_0^2 - 2g^2 t^2}{2a}} \Rightarrow$$

$$S = V_0 t - \frac{a t^2}{2} = V_0 t - \frac{g (sm \alpha + \mu cos \alpha) t^2}{2};$$

$$S = 0. \quad T^2 \left(\frac{g (sm \alpha + \mu cos \alpha)}{2} \right) - 2V_0 T + S = 0;$$

$$D = V_0^2 - 4 \cdot \frac{g (sm \alpha + \mu cos \alpha) \cdot S}{2} =$$

$$= V_0^2 - 2g S (sm \alpha + \mu cos \alpha);$$

$$T = \frac{V_0 - \sqrt{V_0^2 - 2g S (sm \alpha + \mu cos \alpha)}}{g (sm \alpha + \mu cos \alpha)}, \quad \text{- первый раз на } x=S;$$

$$T = \frac{V_0 + \sqrt{V_0^2 - 2g S (sm \alpha + \mu cos \alpha)}}{g (sm \alpha + \mu cos \alpha)}, \quad \text{- второй раз на } x=S;$$



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!

Нам подходит только первый ответ с
минусом, т.к. требуется найти время за
перемещение на S :

$$T = \frac{V_0 - \sqrt{V_0^2 S (\sin d + \mu \cos d) + \frac{2S^2}{g} \cdot \frac{1}{(\sin d + \mu \cos d)}}}{g}$$

$$T = \frac{4 - \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 1 / (0,8 + \frac{1}{3} \cdot 0,6) + 4^2}}{10(0,8 + \frac{1}{3} \cdot 0,6)} = \frac{4 - \sqrt{4}}{10} =$$

- отрицательное \Rightarrow выражение под корнем \Rightarrow

\Rightarrow Тело не достигнет координаты $x=S$, найдём

максимальную координату X_{max} :

~~$$V_x = V_{x0} + at, \Rightarrow 0 = V_0 - g(\sin d + \mu \cos d)t,$$~~

$$\text{Зададим, что } 0 = V_0 - g(\sin d + \mu \cos d)t, \Rightarrow$$

$$\Rightarrow a = g \Rightarrow 0 = V_0 - gt, \Rightarrow t_1 = \frac{V_0}{g} \quad (2)$$

$$X_{max} = V_0 t_1 - \frac{gt_1^2}{2} = \frac{V_0^2}{g} - \frac{V_0^2}{2g} = \frac{V_0^2}{2g}$$

$$X_{max} = \frac{16}{2 \cdot 10} = 0,8 \text{ м, дальше тело}$$

поедет вниз, найдём время t_2 , за которое оно
пролетит $S - X_{max}$, тогда $T = t_1 + t_2$:

$$S - X_{max} = \frac{gt_2^2}{2} \Rightarrow t_2 = \sqrt{\frac{2(S - X_{max})}{g}}$$

$$T = t_1 + t_2 = \frac{V_0}{g} + \sqrt{\frac{2(S - X_{max})}{g}}, T = \frac{4}{10} + \sqrt{\frac{2(1 - 0,8)}{10}} = 0,6 \text{ с.}$$



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!

2). Все kinематические величины в lab. системе

отсчёта \Rightarrow ~~был~~ скорость $U = 2 \frac{m}{s}$ корабля

достигнет, когда ~~был~~ остановится отн. ленты, ~~тогда~~

этад из предыдущего пункта време $t_1 = \frac{v_0}{g}$ за

которое корабль останавливается:

$$L = v_0 t_1 - \frac{a t_1^2}{2}, \text{ где } a = g \text{ (доказано)}.$$

$$V_1 = v_0 + u \quad (\text{но } j\text{-ку сокращён скоростей})$$

$$L = (v_0 + u) \frac{v_0}{g} - \frac{v_0^2}{2g};$$

$$L = \frac{v_0^2}{2g} + \frac{u \cdot v_0}{g}; \quad L = \frac{4^2}{2 \cdot 10} + \frac{2 \cdot 4}{10} = 16 \text{ м.}$$

$$3) \sin \alpha = \frac{H}{L} \Rightarrow H = L \sin \alpha;$$

$$H = 16 \cdot 0.8 = 12.8 \text{ м}$$

Отвр.: 1) $T = 0.6 \text{ с.}$

2) $L = 16 \text{ м.}$

3) $H = 12.8 \text{ м.}$



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 type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 7 |
|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|

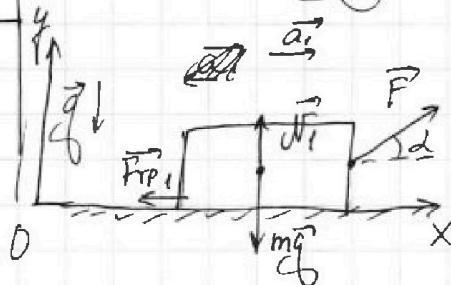
МФТИ

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

Дано:

$$g; \nu_0; \alpha; F$$

- 1) μ -?
2) T -?



Решение:

Первый случай:

По следствию из II з. Ньютона:

$$\text{Oy: } R_{\text{смд}} + N_1 = mg \Rightarrow N_1 = mg - R_{\text{смд}} \Rightarrow$$

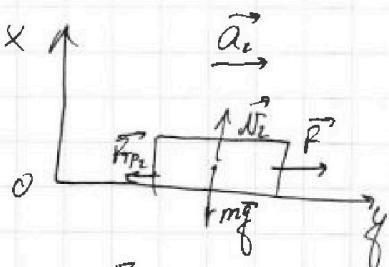
\Rightarrow по 9. Ньютона - Кулону:

$$R_{\text{тр}} = \mu mg - \mu R_{\text{смд}}.$$

$$\text{Ox: } R_{\text{смд}} \cos \alpha - R_{\text{тр}} = ma_1;$$

$$a_1 = \frac{F}{m} \cos \alpha - \mu g + \frac{\mu R_{\text{смд}}}{m} \quad (1)$$

Второй случай:



$$\Rightarrow a_2 = \frac{F}{m} - \mu g \quad (2)$$

По следствию из II з. Ньютона:

$$\text{Oy: } N_2 = mg \Rightarrow R_{\text{тр}} = \mu mg;$$

$$\text{Ox: } ma_2 = F - R_{\text{тр}} \Rightarrow$$

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!

$$t_1 = t_2; \quad V_0 = 0 + at \Rightarrow V_0 = at \Rightarrow a = \frac{V_0}{t},$$

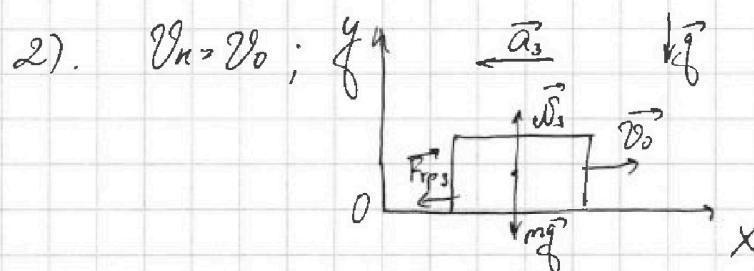
$$a \propto \frac{1}{t} \quad (\text{т.к. } V_0 = \text{const}),$$

$$t_1 = t_2 \Rightarrow a_1 = a_2 \Rightarrow \frac{V_0}{t_1} = \frac{V_0}{t_2} = a_2;$$

$$(1) = (2): \quad \frac{P \cos \alpha - \mu g + \mu P_{\sin \alpha}}{m} = \frac{P}{m} - \mu g; \quad 1 \cdot m$$

$$P \cos \alpha + \mu P \sin \alpha = P \quad 1 \cdot \frac{1}{P}$$

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



По следствию из II з-ва Ньютона:

$$Oy: \quad N_3 = mg \Rightarrow F_{Tp3} = \mu mg,$$

$$Ox: \quad -ma_3 = -F_{Tp3} \Rightarrow a_3 = \frac{\mu mg}{m} = \mu g \quad (3)$$

График $V_t = 0 \Rightarrow 0 = V_0 - a_3 T;$

$$T = \frac{V_0}{a_3}; \quad \text{с учётом (3) } \Rightarrow$$

$$T = \frac{V_0}{\mu g}, \quad \text{с учётом выражения для } \mu:$$

$$T = \frac{V_0 \sin \alpha}{g(1 - \cos \alpha)}.$$

Ответ: 1) $\mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha};$ 2) $T = \frac{V_0 \sin \alpha}{g(1 - \cos \alpha)}.$

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!

Дано:

$$\vartheta = 1 \text{ моль};$$

$$i = 3$$

$$T_1 = 400 \text{ K}$$

$$R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$$

$$1) \Delta U_{12} - ?$$

$$2) \eta - ?$$

$$3) \text{Найдите } P_0 V_1$$

Решение:

$$C_{1,2} = 2R; \quad Q = C_{1,2} \Delta T; \quad (1)$$

По Р3. Термодинамики:

$$Q = \Delta U + \Delta n g_a \quad (2)$$

$$(1) \leftarrow (2): \quad C_{1,2} \Delta T = \Delta U + \Delta n g_a$$

$$\text{Дал (1-2): } 2R \Delta T = \frac{3}{2} R \Delta T + \Delta n g_a \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta n g_a = \frac{1}{2} R \Delta T \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta n g_a = \frac{P}{2} \text{ по з-ку}$$

$$\text{Менделеева-Капелюна: } T = \frac{PV}{R} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta n g_a = \frac{1}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_1) - \text{формула работы газа}$$

при $\frac{P_1}{V_1} = \text{const}$, тогда найдем P_{12}

$$V_{12} = \frac{RT_1}{P_{12}} \quad \frac{P_1}{P_{12}} = \frac{V_1}{V_{12}} \quad \frac{P_2}{P_{12}} = \frac{V_{12}}{V_2}$$

$$T_2 \text{ по графику } T_2 = 4T_1 \Rightarrow \Delta n g_{12} = \frac{1}{2} R (4T_1 - T_1) = \frac{3}{2} R T_1$$

$$\Delta n g_{12} = \frac{3}{2} \cdot 8,31 \cdot 400 = 4986 \text{ Дж.}$$

$$2) \eta = 1 - \frac{Q_{12}}{Q_2}, \text{ где } Q_i = Q_{1,2} + Q_{1,3} \quad |_{T, K}$$

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!

2) Заметим, что процесс (2-3) соответствует изобарному сжатию, т.к.

$$Q = Q_1 ;$$

$$C_{2,3} \Delta T = \Delta u_{2,3} + \Delta U_{2,3}$$

$$\frac{1}{2} R_1 T^2 = \Delta u_{2,3} + \frac{3}{2} R_1 T \Rightarrow \Delta u_{2,3} = -R_1 T \Rightarrow$$

$$\Rightarrow P = \text{const} ; \Delta u_{2,3} \neq 0.$$

Для процесса (3-1):

$$C_{3,1} \Delta T = \Delta u_{3,1} + \Delta U_{3,1}$$

$$\frac{5}{2} R_1 T = \Delta u_{3,1} + \frac{3}{2} \Delta U_{3,1}$$

$$R_1 T = \Delta u_{3,1} \Rightarrow$$

$\Rightarrow (3-1)$ - изобарное расширение.

$$t = t - \frac{|Q_1|}{Q_2}, \text{ где } Q_2 = Q_{1,2} + Q_{3,1}$$

$$Q_{1,2} = \Delta u_{1,2} + \Delta U_{1,2} = \frac{3}{2} R T_1 + \frac{3}{2} R (4 T_1 - T_1) = 6 R T_1 > 0$$

$$Q_{2,3} = \Delta u_{2,3} + \Delta U_{2,3} = -R(2\sqrt[3]{2} T_1 - 4 T_1) + \frac{3}{2} R(2\sqrt[3]{2} T_1 - 4 T_1) = \\ = \frac{1}{2} R T_1 R(\sqrt[3]{2} - 2) < 0$$

$$Q_{3,1} = \Delta u_{3,1} + \Delta U_{3,1} = R T_1 R(T_1 - 2\sqrt[3]{2} T_1) + \frac{3}{2} R(T_1 - 2\sqrt[3]{2} T_1) = \\ = \frac{5}{2} R T_1 (1 - 2\sqrt[3]{2}) < 0$$

$$\text{Значит, } \eta = 1 - \frac{|Q_1|}{Q_2} = 1 - \frac{|R T_1 (\sqrt[3]{2} - 2) + R T_1 \frac{5}{2} (1 - 2\sqrt[3]{2})|}{6 R T_1} =$$

$$= 1 - \frac{|\sqrt[3]{2} - 2 + \frac{5}{2} - 5\sqrt[3]{2}|}{6} = 1 - \frac{4\sqrt[3]{2} - \frac{1}{2}}{6} = 1 - 0,86 = 0,14$$

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!

3) ~~При~~ ~~ак~~ $T_2 \frac{PV}{R} \Rightarrow \Delta T = \frac{1}{R} (P_2 V_2 - P_1 V_1)$

~~Понял:~~ $T_2 - T_1 = \frac{1}{R} (P_2 V_2 - P_1 V_1)$

~~$\beta T_1 R = P_2 V_2 - P_1 V_1$~~

~~$\frac{PV}{T} = \text{const} \Rightarrow \frac{P_2 V_2}{T_2} = \frac{P_1 V_1}{T_1} \Rightarrow \frac{T_2}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{P_1 V_1}$~~

~~$\frac{4T_2}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{P_1 V_1} \Rightarrow$~~

~~$P_2 V_2 = 4P_1 V_1$~~

~~Простите, мне надо городиться на сбори~~

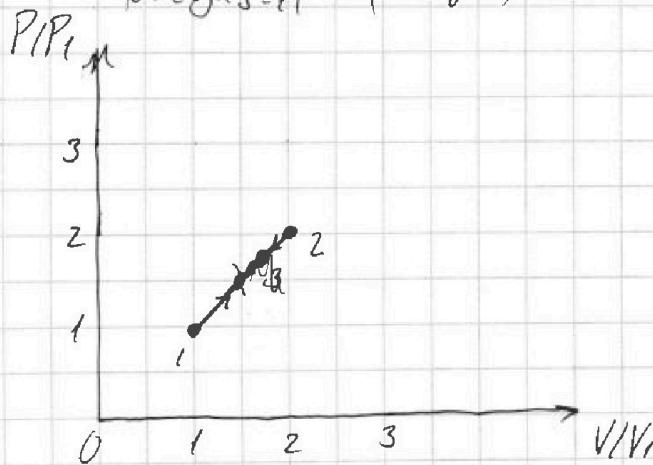
~~по астрономии, поэтому я не успел.~~

Начертил график знал, что $A_{\text{угол}} = \text{угол}$ числ. \angle под графиком.

$A_{\text{угол} 1-2} = \frac{3}{2} R T_1 = \frac{3}{2} P_1 V_1$

$A_{\text{угол} 2-3} = \pi(-2\sqrt{2}) P_1 V_1$

$|A_{\text{угол} 3-1}| = (\pi - 2\sqrt{2}) R T_1 = \pi(2\sqrt{2} - 1) P_1 V_1$.



Ответ: 1) $A_{1-2} = 4386 \text{Дж}$; 2) $A_2 = 0,14$.



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

Дано:

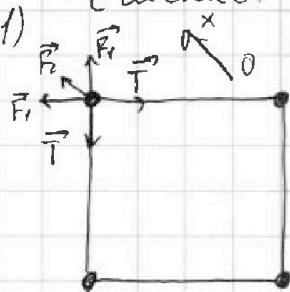
b, m, q, k

1) $T_0 - ?$

2) $\vartheta - ?$

3) $\delta - ?$

Решение:



Этот Д.К. система

симметрична: все Т равны
между собой, рассмотрим
любой из шариков, здесь:

по З-ку Кулона:

$$P_1 = k \frac{q^2}{b^2}; P_2 = k \frac{q^2}{2b^2} \quad (\text{из г. Диагонара}),$$

Тогда по следствию из II з-ка Кулона:

$$Ox: 2T \sin 45^\circ = 2P_1 \sin 45^\circ + P_2$$

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

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

2) По З-ку сохранения энергии:

$$E_{\text{ко}} + E_{\text{пн}} = E_0 + E_n$$

$$0 + 4 \cdot k \frac{q^2}{b} + 2 \cdot k \frac{q^2}{2\sqrt{2}} = 13k \cdot \frac{q^2}{b} + 2k \frac{q^2}{2b} + k \frac{q^2}{3b} + \frac{4m\dot{\vartheta}^2}{2};$$

Конечное состояние:



Т.К. Верхние шарики будут
отталкивать
друг друга на зеркале



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

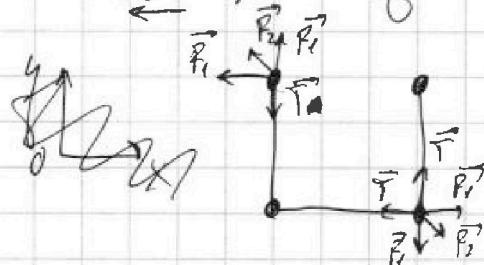
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

$$\cancel{4k \frac{q^2}{6} + 2k \frac{q^2}{6\sqrt{2}} = 8k \frac{q^2}{6} + 2k \frac{q^2}{2\sqrt{2}} + 8k \frac{q^2}{36} + \frac{4m2g^2}{2}}$$
$$\cancel{\frac{kq^2}{6} \left(4 + \frac{2}{\sqrt{2}} - 3 - 1 - \frac{1}{3} \right) = 2mg^2}.$$

$$\cancel{\frac{kq^2 m g^2}{24\sqrt{2}}} \cancel{\frac{kq^2 \left(\frac{2}{\sqrt{2}} - \frac{1}{3} \right)}{2\sqrt{6}}} \Rightarrow \cancel{g} \cancel{\sqrt{\frac{kq^2 \left(\frac{2}{\sqrt{2}} - \frac{1}{3} \right)}{2mg^2}}}$$

2) В начальном процессе движении на верхние

шары действовали силы: F_{P1}



Найдём a_0 :

По следствию из II л. Иютова:

$$\text{На } Oy: T_H = F_1 + F_2 \sin 45^\circ$$

$$\text{На } Ox: -ma_0 = -F_1 - F_2 \sin 45^\circ$$

А на нижнее шарики сила электростатич. взаимодействия комплексированы силами натяжений нитей \Rightarrow их скорости остановятся равны 0. φ

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

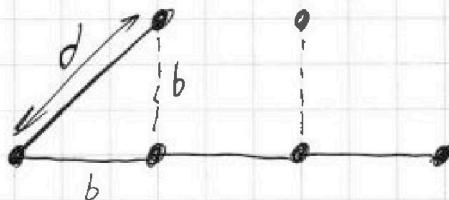
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

3) Из 2 пункта можно найти
расстояние любого из верхних шариков
от начального положения.



По т. Пифагора:

$$d^2 = b^2 + b^2 = 2b^2$$

$$d = b\sqrt{2}.$$

Ответ: 1) $T = k \frac{g^2}{b^2} \left(1 + \frac{1}{2\sqrt{2}}\right)$.

примерно $1,35 k \frac{g^2}{b^2}$;

2) Для нижних шариков $\theta = 0$.

3) $d = b\sqrt{2}$

примерно $1,416 \cdot d$.

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"/> |

МФТИ

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

T=20

$$H_{\text{max}} = 20T + \frac{gT^2}{2};$$

$$\begin{aligned} 0 &= V_0 - gt \\ t &= \frac{V_0}{g} = \frac{20}{10} = 2 \text{ с} \end{aligned}$$

$$0 = V_0 - gT \Rightarrow V_0 = gT.$$

$$H = \frac{gT^2}{2} \Rightarrow \boxed{[10 \cdot 2 = 20 \text{ м}]}$$

$$S_{\text{max}} = 4 \cdot 0^4 - \frac{10 \cdot 0^6}{4} \quad S = 20 \text{ м.}$$

$$S_{\text{max}} = 4 \cdot 0^4 - \frac{10 \cdot 0^6}{4} \quad H = 20 \cdot 20 \sin t - \frac{g t^2}{2}; \quad S = V_0 \cos \omega t$$

$$= 1,6 - \frac{1,6}{2} = 0,8 \text{ м}$$

$$\cos \omega t = \frac{S}{20t}$$

$$\sin \omega t = \sqrt{1 - \cos^2 \omega t} = \sqrt{1 - \frac{S^2}{20^2 t^2}} = \frac{\sqrt{20^2 t^2 - S^2}}{20t}$$

$$H = 20 \sqrt{20^2 t^2 - S^2} - \frac{g t^2}{2} \quad t = \frac{S}{20 \cos \omega t}$$

х831
4080

$$H = S \tan \omega t - \frac{g S^2}{20^2 \cos^2 \omega t}.$$

$$H = S \left(\frac{\sin \omega t}{\cos \omega t} - \frac{g S}{20^2} \cdot \frac{1}{\cos^2 \omega t} \right);$$

$$H = S \left(\frac{\sin \omega t}{\cos \omega t} - \frac{g S}{20^2} \cdot \frac{\sin^2 \omega t}{\cos^2 \omega t} - \frac{g S}{20^2} \right);$$

$\tan \omega t \approx \omega t$

$$H = S \tan \omega t - \frac{g S^2}{20^2} \tan^2 \omega t - \frac{g S^2}{20^2} \Leftrightarrow \frac{g S^2}{20^2} \tan^2 \omega t - S \tan \omega t + \frac{g S^2}{20^2} \cdot H = 0$$

$$D = S^2 - 4 \cdot \frac{g S^2}{20^2} \cdot \left(\frac{g S^2}{20^2} + H \right) = 0$$

$$\frac{g S^2 H}{20^2} = S^2 \left(1 - \frac{g^2 S^2}{20^4} \right)$$

$$S^2 - \frac{g^2 S^4}{20^4} - 2 \frac{g S^2 H}{20^2} = 0$$

$$H = \frac{\frac{g^2 S^2}{20^2} - \frac{g^2 S^2}{20^2}}{\frac{g^2 S^2}{20^2}} = \frac{g^2 S^2}{2 \cdot 10 \cdot 20^2} = \frac{400 - 100 \cdot 20}{20^2} = \frac{300}{20} = 15 \text{ м.}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



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

МФТИ

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

Черновик.

$$C_{13} = \frac{5}{2} \quad b = \sqrt{2}$$

При $p = \text{const.}$

$$Q = C \cdot \Delta T$$

$$b^2 = 2$$

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

$$Q = \Delta U + \Delta H_{\text{изот}}$$

$$\Delta H_{\text{изот}} = \bar{V} R \Delta T \Rightarrow$$

$$\Rightarrow C = 0,5R \text{ при } \frac{5+6+4}{14+1} = \frac{15}{15} = 1$$

изобарном однодендронич. гт

$$\Delta U + \Delta H$$

$$\frac{16881}{19881}$$

5 адиабата - ?
изот
изоб

$$T = \frac{P V}{R}$$

$$\frac{1}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \text{адиабатическое}$$

Пусть p_1, uV_1 :

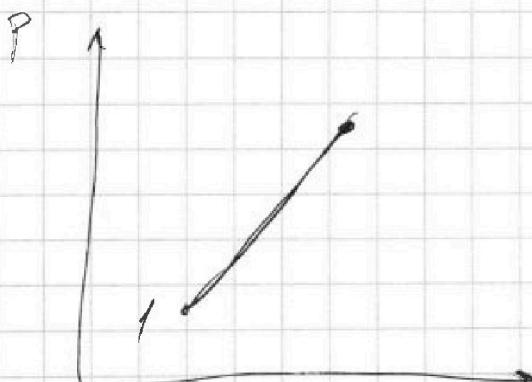
$$\frac{5+4}{6} = \frac{9}{6} = \frac{3}{3} = 1$$

адиаб

$$A_{1-2} = 0,5R\Delta T$$

$$A_{2-3} = -R\Delta T$$

$$A_{3-1} = R\Delta T$$



$$P(V_2 - V_1) =$$

$$\Rightarrow p_2 V_2 - p_1 V_1 = 0$$

$$\approx \bar{V} R T_2 - \bar{V} R T_1 = R \Delta T$$

$$\frac{1}{2,82}$$

$$\frac{1000}{282} = 3,55$$

$$\frac{1540}{282} = 5$$

$$\checkmark \quad \frac{100}{282} = 0,35$$

$$0,300 - 0,3 =$$

$$= 840 \text{ кг}$$

$$154$$

$$\frac{100}{282} =$$

$$0,35$$