



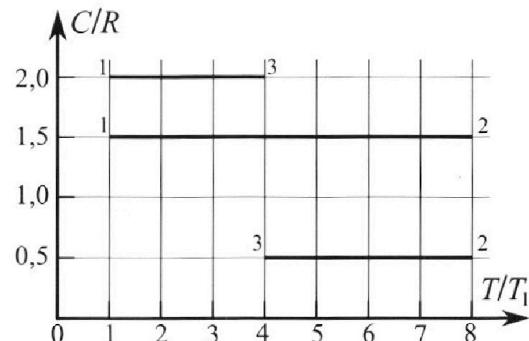
**Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023**

Вариант 10-02

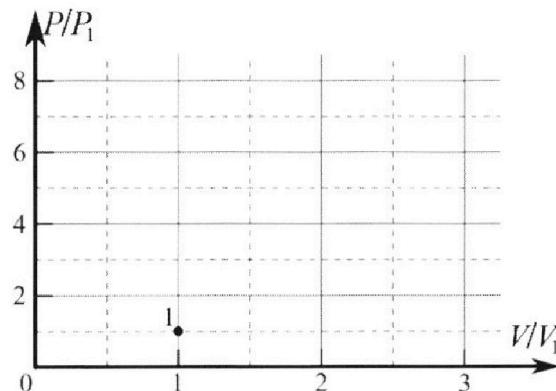


Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

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 процессы: 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).

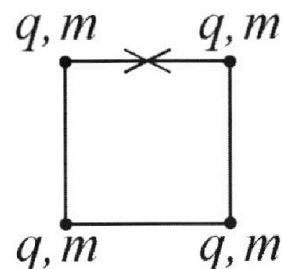


- 1) Найдите работу A_{31} внешних сил над газом в процессе 3-1.
- 2) Найдите КПД η цикла.
- 3) Постройте график цикла в координатах $(P/P_1, V/V_1)$, где P_1 и V_1 давление и объём в состоянии 1. Для построения графика перенесите шаблон (см. ниже) в чистовик своей работы. Точка 1 на графике соответствует 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 по стоянная ε_0 . Действие сил тяжести считайте пренебрежимо малым.





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.

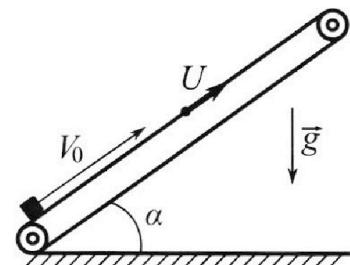
2) На каком расстоянии S от точки старта находится стенка?

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.).

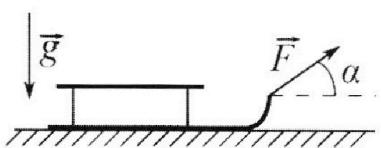
2) Через какое время T_1 после старта скорость коробки во втором опыте будет равна $U = 1$ м/с?

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.

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

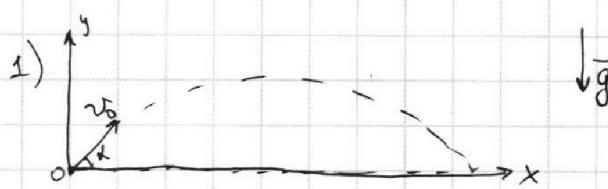
- | | | | | | | |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|-------------------------------------|--------------------------|-----------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

МФТИ



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

$$\begin{aligned} N1 \\ L = 45^\circ \\ L = 20 \text{ м} \\ h = 3,6 \text{ м} \\ g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \\ 1) v_0 - ? \\ 2) S - ? \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} g_x &= 0 \\ g_y &= -g \end{aligned}$$

Движение мяча в проекции на:

$$Ox: x = v_0 \cos \alpha t$$

$$Oy: y = v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2}; t - \text{время от начала полета мяча}$$

Рассмотрим момент t_0 — падение мяча на землю

$$\begin{cases} x(t_0) = L \\ y(t_0) = 0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} v_0 \cos \alpha t_0 = L \\ v_0 \sin \alpha t_0 - \frac{gt_0^2}{2} = 0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} t_0 = \frac{L}{v_0 \cos \alpha} \\ t_0 = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g} \end{cases}$$

$$t_0 = t_0 \Rightarrow \frac{L}{v_0 \cos \alpha} = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g}; v_0^2 = \frac{gL}{2 \sin 2\alpha} = \frac{gL}{8 \sin^2 \alpha}$$

~~1)~~ $v_0 = \sqrt{\frac{gL}{8 \sin^2 \alpha}} = \sqrt{\frac{10 \cdot 20}{8 \sin(2 \cdot 45^\circ)}} = 10\sqrt{2} \frac{\text{м}}{\text{с}}$

2) y Пусть мяч попадает под углом β к горизонтальной плоскости h — высота, на которой мяч бьется с стеной

Движение мяча в проекции:

$$Ox: x = v_0 \cos \beta t \Rightarrow t = \frac{x}{v_0 \cos \beta}$$

$$Oy: y = v_0 \sin \beta t - \frac{gt^2}{2}$$

$$y = v_0 \sin \beta \cdot \frac{x}{v_0 \cos \beta} - \frac{g x^2}{2 v_0^2 \cos^2 \beta} = x \operatorname{tg} \beta - \frac{g x^2}{2 v_0^2 \cos^2 \beta} = x \operatorname{tg} \beta - (1 + \operatorname{tg}^2 \beta) \frac{g x^2}{2 v_0^2}$$

$$y(S) = h \Rightarrow h = S \operatorname{tg} \beta - (1 + \operatorname{tg}^2 \beta) \frac{g S^2}{2 v_0^2}$$

$$h = \max(h) = \max\left(-\frac{g S^2}{2 v_0^2} + S \operatorname{tg} \beta - \frac{g S^2}{2 v_0^2} \operatorname{tg}^2 \beta\right) = \begin{cases} \text{если } \operatorname{tg} \beta \in (-\infty, \infty) \Rightarrow \\ \text{от } \operatorname{tg} \beta \in (-\infty, \infty) \Rightarrow \\ \Rightarrow \max \text{ в вершине} \end{cases}$$

$$\operatorname{tg} \beta = -\frac{b}{2a} = \frac{+S}{\frac{-g S^2}{2 v_0^2} + g S} = \frac{v_0^2}{g S}$$

$$h = h\left(\operatorname{tg} \beta = \frac{v_0^2}{g S}\right) = -\frac{g S^2}{2 v_0^2} + \frac{S \cdot v_0^2}{5 g} - \frac{g S^2}{2 v_0^2} \cdot \frac{v_0^4}{8 g^2} = \frac{v_0^2}{2 g} - \frac{g S^2}{2 v_0^2}$$

$$\frac{g S^2}{2 v_0^2} = \frac{v_0^2}{2 g} - h \Rightarrow S = \sqrt{\frac{v_0^4}{g^2} - \frac{2 v_0^2 h}{g}} = \frac{v_0}{g} \sqrt{\frac{v_0^2}{g^2} - 2gh} = \frac{10\sqrt{2}}{10} \sqrt{200 - 2 \cdot 10 \cdot 3,6} = \sqrt{2} \sqrt{200 - 72} = \sqrt{400 - 144} = \sqrt{256} = 16 \text{ м}$$

Ответ: 1) $v_0 = 10\sqrt{2} \frac{\text{м}}{\text{с}} \approx 14 \frac{\text{м}}{\text{с}}$; 2) $S = 16 \text{ м}$

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!

N2

Dано:

$$\sin \alpha = 0,6$$

$$S_0 = 6 \frac{m}{c}$$

$$\mu = 0,5$$

$$T = 1 c$$

$$U = 1 \frac{m}{c}$$

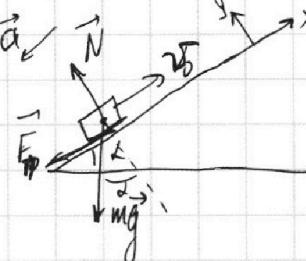
$$g = 10 \frac{m}{s^2}$$

?

?

?

1) лента покосится ; $\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = \sqrt{1 - \frac{6^2}{10^2}} = \frac{8}{10} = 0,8$



$$OYD: m\ddot{a} = mg + N + F_{Tp}$$

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

$$Ox: -ma = -mg \sin \alpha - F_{Tp}$$

По 1-му Кулона-Антигони: $F_{Tp} = \mu N$

$$ma = mg \sin \alpha + \mu N = mg(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$$

$$a = g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) = 10(0,6 + 0,5 \cdot 0,8) = 10 \frac{m}{s^2}$$

t-брзк от начала

движение вдоль Ok: $x = v_0 t - \frac{at^2}{2}$

тогда, после которого будет разбито и тело падет обратно,

$$t_b = -\frac{6}{2a} = \frac{v_0}{a} = \frac{6}{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} = \frac{6}{10(0,6 + 0,5 \cdot 0,8)} = \frac{6}{6+4} = 0,6 \text{ с}$$

Значит к моменту $T = 1 \text{ с}$ тело разбьется и итоговою

$$путь S = |v_0(t_b - 0) - \frac{a(t_b^2 - 0)}{2}| + |v_0(T - t_b) - \frac{a(T^2 - t_b^2)}{2}| =$$

$$= |6 \cdot 0,6 - \frac{10}{2} \cdot (0,6^2)| + |6(1 - 0,6) - \frac{10}{2} \cdot (1^2 - 0,6^2)| =$$

$$= |3,6 - 3 \cdot 0,6| + |6 \cdot 0,4 - 5 \cdot 0,64| =$$

$$= 1,8 + 2,4 - 3,2 = 1,8 + 0,8 = 2,6 \text{ м} = 2,6 \text{ м}$$

2) Роз б' лісі ~~кошку~~ коробка приобретает

скорость U , то от ленты, движущейся со скоростью U , то лісі коробка остановилась:

В СД лента (инер. состояні) Аналогично п1:

$$OYD: m\ddot{a} = N + F_{Tp} + mg$$

$$Oy: N = mg \cos \alpha; F_{Tp} = \mu N = \mu mg \cos \alpha$$

$$Ox: ma = F_{Tp} + mg \sin \alpha$$

$$a = g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) = 10(0,6 + \frac{1}{2} \cdot 0,8) = 10 \frac{m}{s^2}$$

$$v_x = (v_0 - U) - at \rightarrow U = v_0 - at \rightarrow t = \frac{v_0 - U}{a} = \frac{6 - 1}{10} = 0,5 \text{ с}$$



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!

3) из Р2: δ (с о лемы)

$$\begin{cases} x(t) = (v_0 - u)t - \frac{at^2}{2} \\ v_x(t) = (v_0 - u) - at \end{cases}$$

Пусть T_2 - момент времени в которого
скорость δ АСО = 0 \Rightarrow δ с о лемы:

$$\begin{cases} v_x(T_2) = -u \\ x(T_2) = l \end{cases}$$

$$\begin{cases} (v_0 - u) - aT_2 = -u \Rightarrow T_2 = \frac{v_0}{a} \\ (v_0 - u)T_2 - \frac{aT_2^2}{2} = l \end{cases}$$

$$l = (v_0 - u) \frac{v_0}{a} - \frac{a \cdot \frac{v_0^2}{a^2}}{2} = \frac{v_0}{a} (v_0 - u - \frac{1}{2}v_0)$$

$$l = \frac{v_0}{2a} (v_0 - 2u) = \frac{6 \cdot (6-2)}{2 \cdot 10} = \frac{24}{20} = 1,2 \text{ м}$$

Ответ: $\cancel{\delta = 2,6 \text{ м}}$

1) $S = 2,6 \text{ м}$

2) $T_2 = 0,5 \text{ с}$

3) $l = 1,2 \text{ м}$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

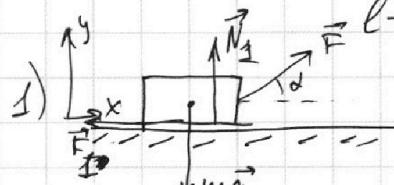


- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/>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

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

МФТИ.

$\sqrt{3}$
 Дано:
 $d; K; l = l_1$
~~l~~
 $\mu - ?$
 $S - ?$



m - масса санок

N_1 - сила нормальной реакции опоры

F_1 - сила трения; тк движение \Rightarrow По формуле Кулона - аналогично:

$$OYD: m\vec{a}_1 = \vec{F} + \vec{F} + \vec{mg} + \vec{J}_1$$

$$Oy: 0 = N_1 + F \sin \alpha - mg$$

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

работа силы
трения

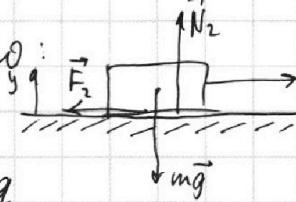
$$\text{Закон Циркумса} \Rightarrow A_{F_1} = \cancel{A_F} = A_E = (\vec{F}, \vec{\ell}_1) = Fl_1 \cos \alpha \quad (F = \mu N_1)$$

$$\Rightarrow A_{F_1} = (\vec{F}, \vec{\ell}_1) = -F_1 l_1 = -\mu N_1 l_1 = -\mu l_1 (mg - F \sin \alpha)$$

Закон Циркумса Энергии (ЗУЭ):

$$0 = K + A_{F_1} + A_1 \Rightarrow \mu l_1 (mg - F \sin \alpha) = K + Fl_1 \cos \alpha$$

2) Аналогично:



$$F_2 = \mu N_2 = \mu mg$$

$$A_{F_2} = -\mu N_2 l_2 = -\mu mg l_2 = -\mu m g l_2$$

$$A_2 = (\vec{F}, \vec{\ell}_2) = Fl_2 = Fl_2$$

$$ZUE: 0 = K + A_{F_2} + A_2 \Rightarrow \mu m g l_2 = K + Fl_2$$

$$+ e \quad \left\{ \begin{array}{l} \mu m g l_2 - F l_2 \sin \alpha \cos \alpha = K + Fl_2 \cos \alpha \\ \mu m g l_2 = K + Fl_2 \end{array} \right.$$

$$\therefore F l_2 \sin \alpha \cos \alpha = F l_2 (1 - \cos \alpha) \Rightarrow \mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha} \neq$$

$$\mu = \frac{2 \sin^2 \frac{\alpha}{2}}{2 \sin \frac{\alpha}{2} \cos \frac{\alpha}{2}} = \tan \frac{\alpha}{2}$$



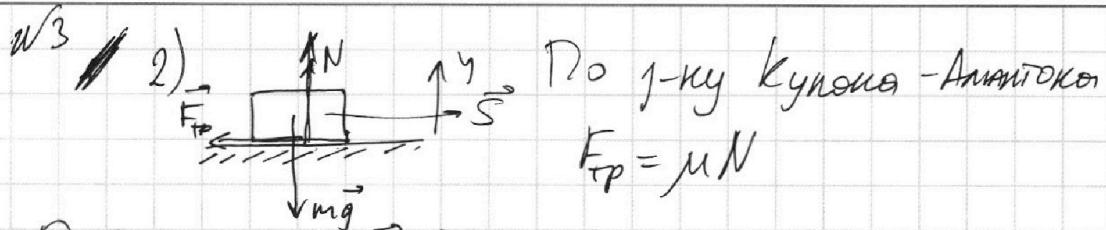
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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



OYD: $m\vec{a} = \vec{N} + \vec{F}_{Fr} + \vec{mg}$

Oy: $N = mg \rightarrow$

$F_{Fr} = \mu N = \mu mg$

Если кусок тело остановится, то оно проедет S:

~~если~~ $A_{F_{Fr}} = (\vec{F}_{Fr}, \vec{s}) = -F_{Fr}s = -\mu mg s$

ЗАД: $K + A_{F_{Fr}} = 0$

\uparrow Консистентная
энергия \uparrow изменение
вибрации \uparrow энергии

$K - \mu mg s = 0$

$s = \frac{K}{\mu mg} = \frac{K}{mg} \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2}$

Ответ: 1) $\mu = \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$

2) $s = \frac{K}{mg} \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2}$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

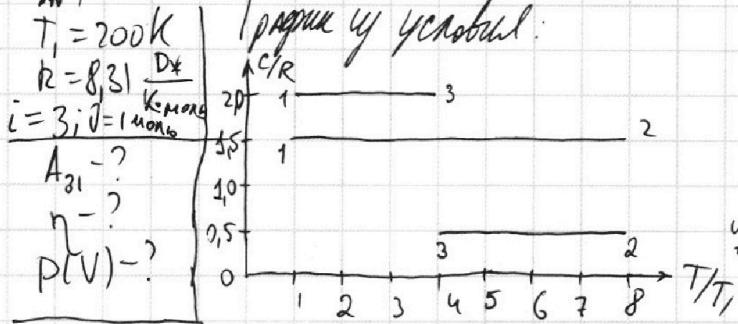


- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>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

№4



По II-му закону термодинамики: запись

$$\delta Q = \delta A' + dU$$

$\delta A'$ - запись работа газа

$dU = p dV$

По опр.: $C = \frac{\delta Q}{\delta T} \Rightarrow \delta Q = C dT$

$U = \frac{C}{2} \delta RT \Rightarrow dU = \frac{C}{2} \delta R dT$

$$\Rightarrow \delta A' = \delta Q - dU = C \left(C - \frac{C}{2} R \right) dT$$

1) $A_{31} = -A'_{31} = - \int_{T_3}^{T_1} \left(C - \frac{C}{2} R \right) dT = - \left[C_{31} - \frac{C_{31}}{2} R \right] (T_1 - T_3)$ *
TK $C_{31} = \text{const}$

$A_{31} = \sqrt{\left(\frac{T_3}{T_1} - 1\right)} (2R - 1,5R) T_1 = 1,058,31 \cdot 200 \cdot (4-1) = 831 \cdot 3 = 2493 Dx$

2) $\eta = \frac{Q_H - 1Q_X}{Q_H}$, где Q_H - тепло, приведенное в систему
 Q_X - тепло, отведенное от системы

TK в процессе ~~12~~ ~~23~~ ~~22~~ ~~23~~ T_1 , а $23 \sim 31 T_1$, то

$Q_H = \left| \text{изменение } \frac{C}{R} \text{ при } \frac{C}{R} = \frac{C_{12}}{R} \right| = 1,5R \cdot (8-1) \cdot T_1 = \frac{3}{2} \cdot 7 \cdot 8,31 \cdot 200 \cdot 1 = 831 \cdot 21 = 831 + 16620 = 17451 Dx$

$Q_H = 17451 Dx = \frac{21}{2} R T_1$

$|Q_X| = \left| \text{изменение } \frac{C}{R} \text{ при } \frac{C}{R} = \frac{C_{23}}{R} + \left(\frac{C}{R} = \frac{C_{31}}{R} \right) \right| =$

$= |(8-4) T_1 \cdot 0,5 R| + |(4-1) T_1 \cdot 2 R| = 3RT_1 (0,5 \cdot 4 + 3 \cdot 2) = 8RT_1$ *

$\eta = \frac{Q_H - 1Q_X}{Q_H} = \frac{\frac{21}{2} R T_1 - 8RT_1}{\frac{21}{2} R T_1} = \frac{21 - 16}{21} = \frac{5}{21}$

3) Уп-ие Менделеева - Клапейрона: $p, V = \delta RT$,

$C_{13} \delta T = \delta Q_{13} = \delta A'_{13} + dU_{13} = p dV + \cancel{p dT} + \frac{C}{2} \delta R dT$

$C_{13} = 2R \Rightarrow 2 \delta R dT = p dV + \cancel{p dT} \Rightarrow \frac{3}{2} \delta R dT$

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!

$$\cancel{dRdT} \Rightarrow 0,5 \cancel{dRdT} = pdV$$

$$pdV + \cancel{\frac{1}{2}dRdT} = \cancel{dRdT} \Rightarrow \cancel{\frac{1}{2}dRdT} / \cancel{dRdT}$$

$$\cancel{dRdT} = 0,8 \cancel{dRdT} \Rightarrow$$

$$\text{Но если: } \frac{dT}{2T} = \frac{dV}{V} \Rightarrow \frac{1}{2} \int \frac{dT}{T} = \int \frac{dV}{V}$$

$$\frac{1}{2} \ln T = \ln V + \cancel{\ln C_0} \Rightarrow \cancel{\ln C_0}$$

$$\text{При } T=T_1 : V=V_1 \Rightarrow \ln C_0 = \frac{1}{2} \ln T_1 - \ln V_1 \Rightarrow$$

Значит

$$\frac{1}{2} \ln \frac{T}{T_1} = \ln \frac{V}{V_1} \Rightarrow \frac{V}{V_1} = \sqrt{\frac{T}{T_1}}$$

$$T = \frac{PV}{DR} \Rightarrow \frac{V}{V_1} = \sqrt{\frac{PV}{DRT_1}} \Rightarrow \frac{V^2}{V_1^2} = \frac{P}{P_1} \Rightarrow \frac{P}{P_1} = \frac{V}{V_1} \Rightarrow$$

$$\frac{V_3}{V_1} = \sqrt{\frac{T_2}{T_1}} = \sqrt{\frac{4}{1}} = 2 \quad (\text{тк } T_3 \in \text{Q3}) \quad \Rightarrow \text{прямолинейные координаты}$$

$$(12) \quad P_3 = P_1 \cdot \frac{V_3}{V_1} = 2P_1$$

$$\cancel{dRdT} C_{12} = pdV + \frac{3}{2} \cancel{dRdT} \Rightarrow C_{12} = \frac{3}{2} R \Rightarrow pdV = 0 \Rightarrow V = \text{const}$$

$$\begin{cases} P_1 V_1 = DR T_1 \\ P_2 V_2 = DR T_2 \end{cases} \Rightarrow \frac{P_2}{P_1} \cdot \frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow \frac{P_2}{P_1} = \frac{T_2}{T_1} = \frac{8}{1} = 8$$

$$(23) \quad C_{23} = 0,5 R$$

$$\frac{1}{2} \cancel{dRdT} = pdV + \frac{3}{2} \cancel{dRdT} \Rightarrow \cancel{pdV} = -\cancel{dRdT} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \int \frac{dV}{V} = - \int \frac{dT}{T} \Rightarrow \ln V = -\ln T + K_0$$

$$\text{При } T=T_3 : V=V_3 \Rightarrow \ln V_3 = -\ln T_3 + K_0 \Rightarrow K_0 = \ln V_3 + \ln T_3$$

$$\text{тогда } \ln V - \ln V_3 = \ln T_3 - \ln T_1 \Rightarrow \frac{V}{V_3} = \frac{T_3}{T_1} = \left(\frac{P_3}{P_1} \right)^{-1} = \frac{V}{V_3} = \frac{P_3 V_3}{P_1 V}$$

$$\Rightarrow \frac{V}{V_3} = \frac{P_3}{P_1} \Rightarrow P = P_3 \quad \text{const} \quad P V^2 = P_3 V_3^2 = \text{const}$$

$$P_3 = \frac{P_1 V_1}{V_3} = \text{т.е. } \frac{P_1}{P_1} \cdot \left(\frac{V}{V_1} \right)^2 = \left(\frac{P_3}{P_1} \right) \cdot \left(\frac{V_3}{V_1} \right)^2 =$$

$$= \frac{P_1}{P_1} \cdot \left(\frac{V}{V_1} \right)^2 = 2 \cdot 2^2 = 8$$



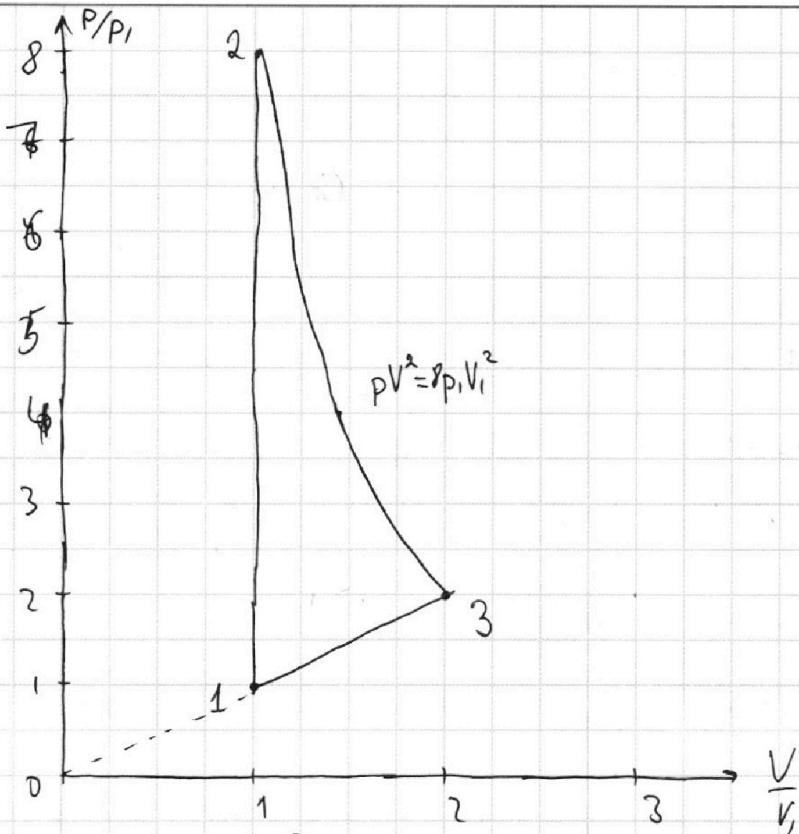
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



Ответ: 3) 1) $A=2493 \text{ Дж}$; 2) $\eta = \frac{5}{21}$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

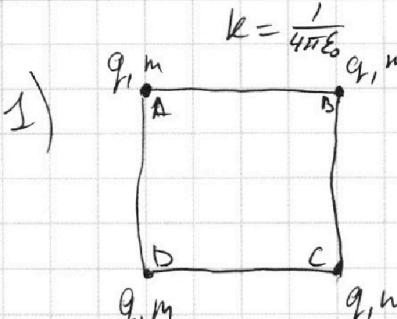


- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>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

№5
Дано:
 a, T, ϵ_0
1) $|Q|?$
2) $K?$
3) $d?$



$$F_{AB} = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 a^2}; AC = \sqrt{2}a$$

$$F_{AC} = \frac{q^2}{8\pi\epsilon_0 a^2} = \frac{1}{2} F_{AB}$$

$$F_{AD} = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 a^2}$$

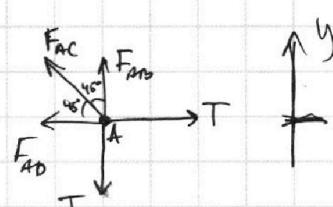
$$F_{xy} = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 Xy^2}$$

J-K
Кулон

Рассмотрим левый верхний ^(A), где остальные аналогичны

TK все симметрично и исчезает при повороте \Rightarrow

\Rightarrow
считать правильный
направление



Упр
Равновесие Ось

$$Oy: F_{AB} + F_{AC} \cdot \cos 45^\circ = T$$

$$T = F_{AB} + \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{1}{2} F_{AB} = F_{AB} \left(1 + \frac{1}{2\sqrt{2}}\right)$$

$$T = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 a^2} \left(\frac{4+\sqrt{2}}{4}\right) = \frac{kq^2}{a^2} \cdot \frac{4+\sqrt{2}}{4} \Rightarrow \frac{kq^2}{a^2} = \frac{4+\sqrt{2}}{4} T$$

$$q^2 = 4\pi\epsilon_0 a^2 \cdot \frac{4}{4+\sqrt{2}}$$

$$|q| = 4a \sqrt{\frac{\pi\epsilon_0}{4+\sqrt{2}}};$$

2) рассмотрим шарик A.

Энергия в начале:

$$E_i = E_{AB} + E_{AC} + E_{AD} = kq^2 \left(\frac{2}{2a} + \frac{\sqrt{2}}{2a} + \frac{2}{2a} \right) \rightarrow \frac{kq^2 (4+\sqrt{2})}{2a}$$

$$A \bullet \bullet \bullet \bullet D \quad E_D = E_A = kq^2 \left(\frac{1}{a} + \frac{1}{2a} + \frac{1}{3a} \right) = \frac{kq^2}{a} \cdot \frac{11}{6}$$

$$E_C = E_B = kq^2 \left(\frac{1}{a} + \frac{1}{a} + \frac{1}{2a} \right) = \frac{kq^2}{a} \cdot \frac{5}{2}$$

$$\exists^*: 4E_i = 2(E_A + E_B) + 4k$$

$$K = E_i - \frac{1}{2}(E_A + E_B) = \frac{kq^2}{a} \left(\frac{4+\sqrt{2}}{2} - \frac{1}{2} \left(\frac{11}{6} + \frac{5}{2} \right) \right) = \frac{kq^2}{a} \left(\frac{24+6\sqrt{2}}{12} - 11 - 15 \right)$$

Найд

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



- 1 2 3 4 5 6 7

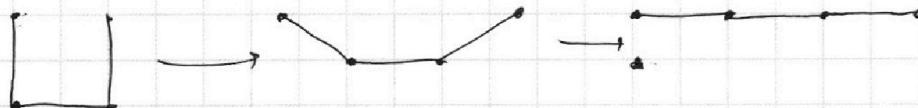
МФТИ

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

$$K = \frac{kq^2}{12a} (6\sqrt{2} - 2) = \frac{4+\sqrt{2}}{24} Ta (3\sqrt{2} - 1) = \frac{11\sqrt{2} - 2}{24} Ta$$

3) ТК системы симметрична, то она
переворачивается ТК!

(только отк разложение)



Из-за этого матчулы, ТК на концах всегда
будут действовать два заряда

$$\text{Учебка: } V = \sqrt{\frac{2K}{\pi m}} = \cancel{\sqrt{\frac{11\sqrt{2}}{24}}} = \sqrt{\frac{11\sqrt{2}-2}{12m}} Ta$$

$$\text{Потому } d = \frac{1}{2}\pi a - a$$

потому что так надо.

Ответ:

$$1) |q| = 4a \sqrt{\frac{\pi \epsilon_0}{4 + \sqrt{2}}}$$

$$2) K = \frac{11\sqrt{2} - 2}{24} Ta$$

$$3) d = \left(\frac{\pi}{2} - 1\right)a$$

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

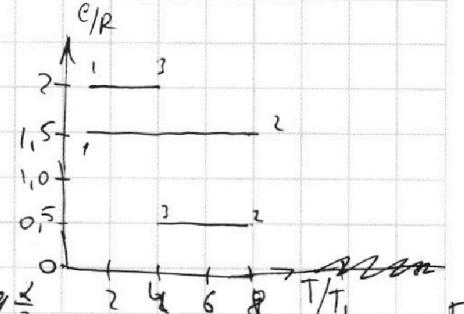
$$dq = SA' + dU = pdV + \cancel{dq} + \frac{1}{2}CRdT$$

$$C = \frac{dq}{dT} = p \frac{dV}{dT} + \cancel{dq} + \frac{1}{2}CR = \cancel{dq}$$

$$CdT = dq$$

Q3V2

$$\frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha} = \frac{2 \sin^2 \frac{\alpha}{2}}{2 \sin \frac{\alpha}{2} \cos \frac{\alpha}{2}} = \tan \frac{\alpha}{2}$$



X
X
X
X
5

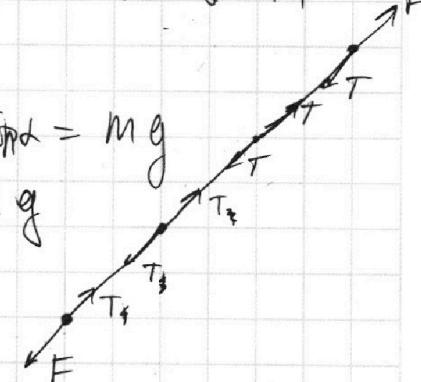
~~ADAM~~ ~~AP~~

$$A_1 = -\mu N_1 S$$

$$A_2 = -\mu N_2 S$$

$$N_1 + F_{\text{sin} \alpha} = mg$$

$$N_2 = mg$$



$$K = F_s \cos \alpha - \mu (mg - F_s \sin \alpha) s = F_s - \mu m g s$$

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

$$qCRdT = pdV + \frac{3}{2}CRdT$$

$$-G \frac{mM}{r}$$

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

$$a_2 = -\mu g - k \frac{q^2}{r}$$

$$a_1 = -\mu g -$$

$$\cos \alpha = 1 - 2 \sin^2 \frac{\alpha}{2}$$

$$4 + \sqrt{2}$$

$$F = \cancel{F_s} \frac{q^2}{4\pi a^2 \epsilon_0}$$

$$T = \frac{q^2}{4\pi a^2 \epsilon_0}$$

$$-q\pi b^2 m =$$

$$+ 4\pi k q = \frac{q}{\epsilon_0} \cdot 1$$

$$\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi k}$$

$$k = \frac{1}{4\pi \epsilon_0}$$

$$q = \cancel{q}$$

$$q = \sqrt{4\pi \epsilon_0}$$

$$q = 2a \sqrt{\pi \epsilon_0}$$

$$2\sqrt{\frac{4^2}{\sqrt{4+\sqrt{2}}}}$$

$$4 + \sqrt{2} \sqrt{4}$$

$$(3\sqrt{2} - 1)(4 + \sqrt{2}) = \\ = 12\sqrt{2} - 4 + 6 - \sqrt{2} = \\ = 11\sqrt{2} - 2$$



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"/> |

 МФТИ

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