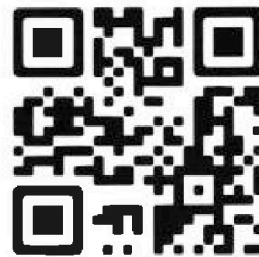




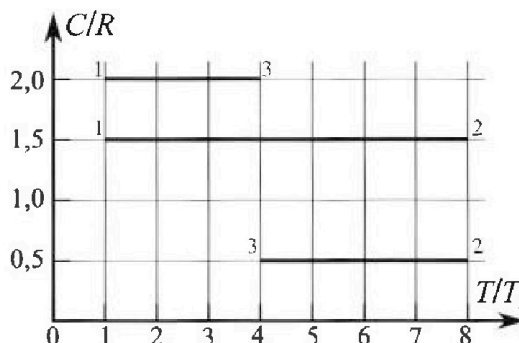
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-02



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

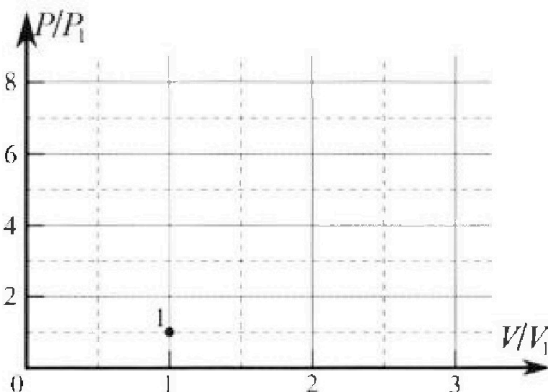
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1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

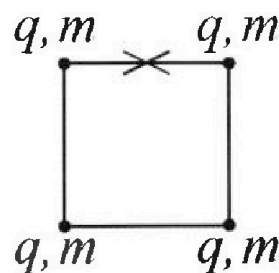
1) Найдите абсолютную величину $|q|$ заряда каждого шарика.

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 сверху (на рисунке)?

Электрическая постоянная ϵ_0 . Действие сил тяжести считайте пренебрежимо малым.

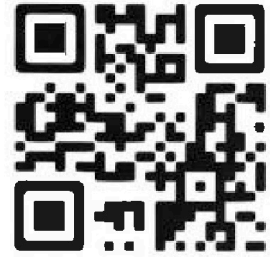




Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

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.

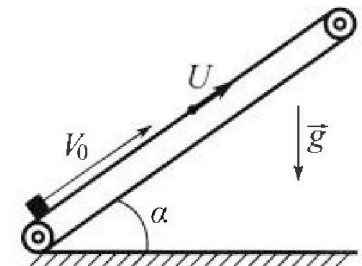
2) На каком расстоянии S от точки старта находится стенка?

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.).

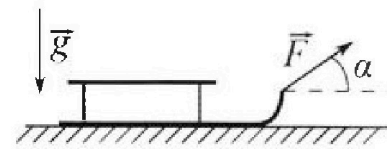
2) Через какое время T_1 после старта скорость коробки во втором опыте будет равна $U = 1$ м/с?

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:

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



~~Задача 1~~ №1

Дано:

$$\alpha = 45^\circ$$

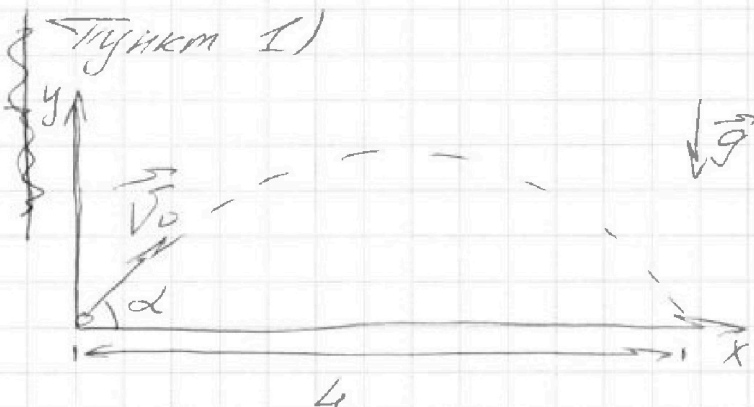
$$L = 20 \text{ м}$$

$$H = 3,6 \text{ м}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

Решение:

- 1) V_0 - ?
- 2) S - ?



Классический пример движения тела, брошенного под углом к горизонту. В конце полёта координата мяча по оси Ox равна нулю, поэтому сразу можно записать:

$$0 = V_0 \sin \alpha \cdot t_n - \frac{gt_n^2}{2}, \text{ где } t_n \text{ - время}$$

полёта мяча. У этого уравнения два корня:

$$\begin{cases} t_n = 0 \text{ - точки удара} \\ t_n = \frac{2V_0 \sin \alpha}{g} \text{ - падение на землю} \end{cases}$$

$$L = V_0 \cos \alpha \cdot t_n \Rightarrow L = V_0 \cos \alpha \cdot \frac{2V_0 \sin \alpha}{g}$$

$$L = \frac{V_0^2 \sin 2\alpha}{g} \Rightarrow L = V_0 = \sqrt{\frac{4g}{\sin 2\alpha}} = \cancel{20}$$

$$= \sqrt{20 \cdot 10} = 10\sqrt{2} \text{ м}$$

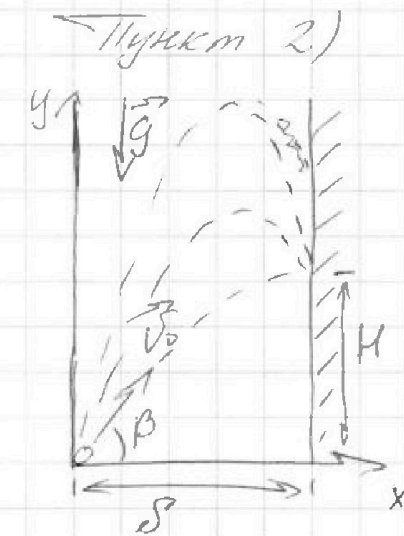
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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



Ясно, что при заданных модуле вектора скорости существует два способа попасть в точку с координатами $(s; H)$. Но при определенном угле β эта высота H будет максимальной высотой полета. Отсюда:

$$H = \frac{v_0^2 \sin^2 \beta}{2g} \Rightarrow \sin^2 \beta = \frac{2gH}{v_0^2}$$

Как было выяснено в предыдущем пункте, дальность полета выражается формулой:

$$l = \frac{v_0^2 \sin 2\beta}{g}$$

Дальность полета при нулевой высоте на максимальную высоту равна половине длины полета и равна s .

$$\begin{aligned} s &= \frac{v_0^2 \sin \beta \cos \beta}{g} = \frac{v_0^2}{g} \frac{\sqrt{2gH}}{v_0} \sqrt{1 - \frac{2gH}{v_0^2}} = \\ &= \sqrt{\frac{2H}{g}} \sqrt{v_0^2 - 2gH} = \sqrt{\frac{2 \cdot 36}{100}} \cdot \sqrt{200 - 2 \cdot 36} = \\ &= \frac{3}{5} \sqrt{2 \cdot 128} = \frac{48}{5} = 9,6 \text{ м} \end{aligned}$$



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"/>	<input 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!

Ответ: $\left. \begin{aligned} 1) \underline{L} = v_0 = \sqrt{\frac{Lg}{\sin 2\alpha}} = 10\sqrt{2} \text{ м}; \end{aligned} \right\}$

$\left. \begin{aligned} 2) S = \sqrt{\frac{2H}{g}} \sqrt{v_0^2 - 2gH} = 9,6 \text{ м} \end{aligned} \right\}$

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!



№2

Дано:

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

$$v_0 = 6 \text{ м/с}$$

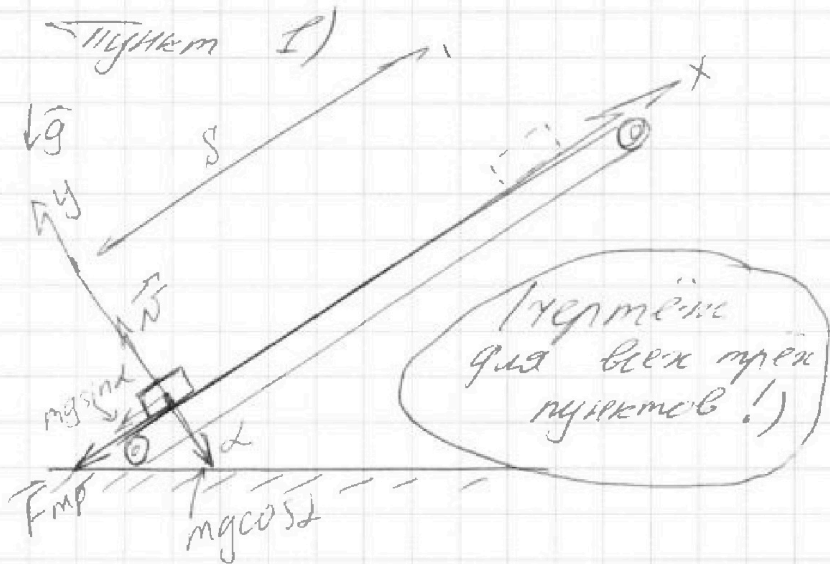
$$\mu = 0,5$$

$$T = 1 \text{ с}$$

$$u = 1 \text{ м/с}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

Решение:



- 1) s - ?
- 2) T_1 - ?
- 3) u - ?

Систему отсчета свяжем с покоящейся землей. По 3-му закону Ньютона:

$$\begin{cases} 0 = N - mg \cos \alpha \\ -ma_x = -F_{mp} - mg \sin \alpha \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} N = mg \cos \alpha \\ ma_x = \mu N + mg \sin \alpha \end{cases}$$

$$a_x = \mu g \cos \alpha + g \sin \alpha$$

Можно применить:

$$s = 0 + v_0 T + \frac{a_x T^2}{2} = T \left(v_0 + \frac{gT}{2} (\mu \cos \alpha + \sin \alpha) \right) =$$

$$= 1 \cdot \left(6 - \frac{10 \cdot 1}{2} (0,5 \cdot 0,8 + 0,6) \right) = 1 \text{ м,}$$

0,4 + 0,6 неверно!

т.к. $\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = 0,8$ по основному тригонометрическому тождеству сл. примечание!

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"/>	<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!

Пункт 2)

Зная снова связь системы отсчета с лентой. Она подвижна относительно земли, но всё ещё инерциальна.

Во втором опыте ~~коробка~~ коробке сообщают начальную скорость V_0 относительно земли, поэтому скорость V_1 коробки в системе отсчета, связанной с лентой, будет равна:

$$V_1 = V_0 - U.$$

Когда скорость коробки относительно земли станет равной U , относительно ленты она будет нулевой. Поэтому справедливо записать:

~~$$A_{\text{вн}} = W_{\text{вн}} - W_{\text{л}}, \text{ где } A_{\text{вн}} - \text{работа внешних сил над}$$~~

$\sum A = \Delta W_{\text{кин}}$, где $\sum A$ — суммарная работа всех сил над телом, а $\Delta W_{\text{кин}}$ — изменение его кинетической энергии (по теореме о кинетической энергии)

$$0 - \frac{M V_1^2}{2} = \int M g (\mu \cos \alpha + \sin \alpha) \cdot l \cdot M (\text{масса коробки}),$$

$\cdot \cos 180^\circ$

l — перемещение коробки относительно ленты

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"/>	<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!

$$\frac{V_1^2}{2} = g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) \Rightarrow g = \frac{V_1^2}{2g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)} =$$
$$= \frac{(V_0 - U)^2}{2g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)}$$

В то же время знаем, что:

$$a_x = \frac{V_{1x} - V_{0x}}{t} \quad (\text{в общем виде)}$$

В нашем случае:

$$-g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) = \frac{-V_1}{T_1}$$

$$T_1 = \frac{V_0 - U}{g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)} = \frac{5}{10(0,5 \cdot 0,8 + 0,6)} = 0,5 \text{ с}$$

Пункт 3)

Всё ещё работаем в системе отсчёта, связанной с лентой. Для ответа нужно ответить на вопрос: а будет ли вообще коробка двигаться против оси Ox ? Ее проекция её ускорения:

$$a_x = g(\mu \cos \alpha - \sin \alpha) = -2 \text{ м/с}^2, \text{ т.е. коробка}$$

действительно начнёт двигаться граф
нав ось Ox .

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"/>	<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!

Скорость коробки обратилась в ноль относительно земли, значит относительно ленты эта скорость равна $-U$.

$$\tau = \frac{U}{g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)}, \text{ где } \tau - \text{промежуток времени между остановкой } \text{и} \text{ коробки относительно ленты и достигшей ею нулевой скорости относительно земли}$$

$$\gamma = \frac{U^2}{2g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)} - \text{расстояние от точки остановки до точки нулевой скорости}$$

Тогда:

$$L = U(\tau + T_1) + s - \gamma =$$

$$= U \left(\frac{U}{g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)} + T_1 \right) + \frac{(V_0 - U)^2}{2g(\mu\cos\alpha + \sin\alpha)}$$

$$= \frac{U^2}{2g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)} = \frac{U^2}{2g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)} + UT_1 +$$

$$+ \frac{(V_0 - U)^2}{2g(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)} = \frac{1}{20 \cdot 0,2} + 0,5 + \frac{25}{20}$$

$$= \frac{5}{20} + \frac{10}{20} + \frac{25}{20} = 2 \text{ м.}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

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



Замечание к пункту 1!

На самом деле необходимо провести анализ: что если коробка остановится раньше, чем через $T = 1$ с?

$$g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) = \frac{V_0}{T_0} \Rightarrow T_0 = \frac{V_0}{g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)}$$

= 0,6 с, т.е. коробка изменит направление движения.

$$s_1 = V_0 T_0 - g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) \frac{T_0^2}{2} =$$

$$= 6 \cdot 0,6 - 10 \cdot \frac{0,36}{2} = 3,6 - 1,8 = 1,8 \text{ м}$$

После смены направления движения:

$$a_1 = -g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$$

$$s_2 = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) \frac{(T - T_0)^2}{2} =$$

$$= 10 \cdot 0,2 \cdot \frac{0,16}{2} = 0,16 \text{ м}$$

$$S = s_1 + s_2 = 1,96 \text{ м}$$

$$\text{Ответ: } \left\{ S = 1,96 \text{ м}; \right.$$

$$T_1 = \frac{V_0 - U}{g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)} = 0,5 \text{ с},$$

$$L = 2 \text{ м} \left. \right\}$$

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!



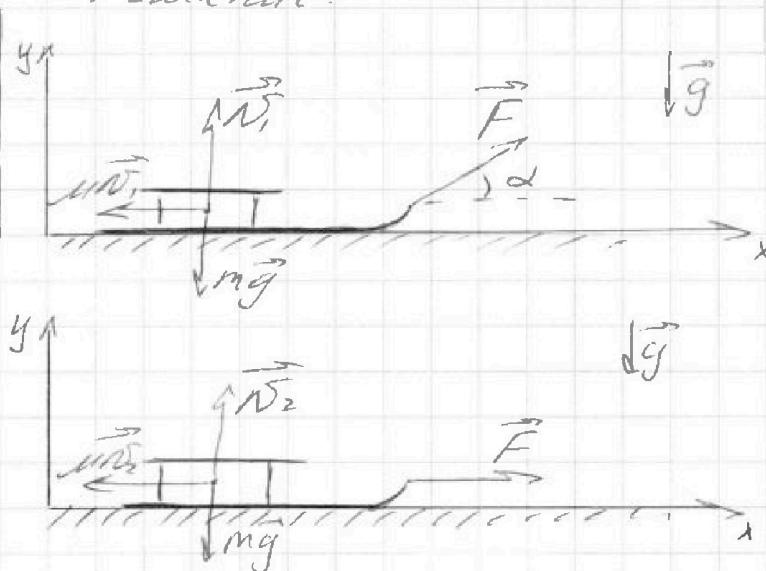
№ 3

Дано:

K, α, g, m
 $F = \omega n s t$

- 1) $\mu = ?$
2) $S = ?$

Решение:



Пункт 1)

по 2 му закону Ньютона

$$\begin{cases} F \sin \alpha + N_1 - mg = 0 \\ N_2 - mg = 0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} N_1 = mg - F \sin \alpha \\ N_2 = mg \end{cases}$$

Согласно теореме о кинематической энергии:

$$\begin{cases} K = F \cos \alpha \cdot \gamma - \mu N_1 \gamma \\ K = F \gamma - \mu N_2 \gamma \end{cases}, \text{ где } \gamma - \text{участок пути, на котором произошло } \gamma \text{ разрыв}$$

$$F \cos \alpha - \mu N_1 = F - \mu N_2$$

$$F \cos \alpha - \mu (mg - F \sin \alpha) = F - \mu mg$$

$$F \cos \alpha - \mu mg + \mu F \sin \alpha = F - \mu mg \quad | : F$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

 МФТИ

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

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

Пункт 2)

$$K = \frac{mv^2}{2}, \text{ где } v^2 - \text{начальная в поле}$$

скорость санок
действует сила F.

$$v^2 = \frac{2K}{m}$$

$a_x = -\mu g$ - проекция ускорения санок
на ось Ox после того, как перестали
действовать с силой F.

$$s = \frac{-v^2}{2a_x} \Rightarrow s = \frac{2K}{2m\mu g}$$

$$s = \frac{K \sin\alpha}{m(1 - \cos\alpha)g}$$

$$\text{Ответ: } \left\{ \mu = \frac{1 - \cos\alpha}{\sin\alpha}; s = \frac{K \sin\alpha}{m g (1 - \cos\alpha)} \right\}$$

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!



5.4

Дано:
 $\alpha R (T_1/T_1)$
 $T_1 = 200 \text{ K}$
 $R = 8,31 \text{ Дж/(моль K)}$
 $i = 3 \text{ (одноатом. газ)}$
 $\nu = 1 \text{ моль}$

Решение:

Пункт 1)

Согласно первому началу термодинамики:

$$Q = A + \Delta U$$

Вотт из определения средней теплоемкости:

$$\frac{C}{R} = \frac{Q}{\nu \Delta T R} = \frac{A + \Delta U}{\nu \Delta T R}$$

- 1) $A_{31} - ?$
2) $\eta - ?$
3) $\alpha R (\nu/T_1) - ?$

где A — работа газа (равна по модулю и противоположна по знаку работе внешних сил над газом), ΔU — изменение внутренней энергии газа, ΔT — изменение температуры.

$$2 = \frac{C}{R} = \frac{-A_{31} + \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{31}}{\nu R \Delta T_{31}}$$

$$\begin{array}{r} \times 831 \\ 3 \\ \hline 2493 \end{array}$$

$$\Delta T_{31} = T_1 - T_3 = T_1 - 4T_1 = -3T_1$$

$$2 = \frac{-A_{31} + \frac{3}{2} \nu R \cdot 3T_1}{-3 \nu R T_1} \Leftrightarrow -A_{31} = -6 \nu R T_1 + \frac{9}{2} \nu R T_1$$

$$A_{31} = \frac{3}{2} \nu R T_1 = \frac{3}{2} \cdot 1 \cdot 8,31 \cdot 200 = 2493 \text{ Дж}$$

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!

пункт 2)

Рассуждая аналогично, проведем анализ.

1 → 2:

$$\frac{3}{2} = \frac{C}{R} = \frac{A_{12} + \Delta U_{12}}{\sqrt{R} \Delta T_{12}} = \frac{A_{12} + \frac{3}{2} \sqrt{R} \Delta T_1}{\sqrt{R} \Delta T_1}$$

$A_{12} = 0$, $Q_{12} > 0$ (тепло передано тепло)

2 → 3:

$$\frac{1}{2} = \frac{C}{R} = \frac{A_{23} + \Delta U_{23}}{\sqrt{R} \Delta T_{23}} = \frac{A_{23} + \frac{3}{2} \sqrt{R} (-\Delta T_1)}{-4 \sqrt{R} \Delta T_1}$$

$$-2 \sqrt{R} \Delta T_1 = A_{23} \sqrt{R} - 6 \sqrt{R} \Delta T_1$$

$A_{23} = 4 \sqrt{R} \Delta T_1$; $Q_{23} < 0$ (тепло отводится от тепло)

3 → 1:

$$2 = \frac{C}{R} = \frac{A_{31} + \Delta U_{31}}{\sqrt{R} \Delta T_{31}} = \frac{A_{31} + \frac{3}{2} \sqrt{R} (-\Delta T_1)}{-3 \sqrt{R} \Delta T_1}$$

$A_{31} = -\frac{3}{2} \sqrt{R} \Delta T_1$; $Q_{31} < 0$ (тепло отводится от тепло)

$Q = \frac{A_{\Sigma}}{Q_n}$, где A_{Σ} — суммарная работа газа,
а Q_n — переданное к газу тепло

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!



$$A_{\Sigma} = A_{12} + A_{23} + A_{31} = 0 + \cancel{4} \sqrt{RT_1} - \frac{3}{2} \sqrt{RT_1} =$$
$$= \frac{5 \sqrt{RT_1}}{2}$$

$$Q_n = Q_{12} = A_{12} + \Delta H_{12} = 0 + \frac{21}{2} \sqrt{RT_1}$$

$$\eta = \frac{A_{\Sigma}}{Q_n} = \frac{5 \sqrt{RT_1} \cdot 2}{2 \cdot 21 \sqrt{RT_1}} = \frac{5}{21}$$

Пункт 3)

Уравнение Клапейрона-Менделеева:

$$\begin{cases} p_1 V_1 = \sqrt{RT_1} \\ pV = \sqrt{RT} \end{cases} \quad \frac{pV}{p_1 V_1} = \frac{T}{T_1} \Rightarrow \frac{p}{p_1} = \frac{T}{T_1} \cdot \frac{V_1}{V}$$

$$A_{12} = 0, \text{ т.е. в процессе } 1 \rightarrow 2 \quad \frac{V}{V_1} = \text{const} = 1$$

$$A_{23} = 4 \sqrt{RT_1} = \frac{1}{2} \sqrt{R \Delta T_{23}} - \frac{3}{2} \sqrt{R \Delta T_{23}} = -\sqrt{R \Delta T_{23}}$$

$$= p_2 V_2 - p_3 V_3 = 8 p_1 V_1 - p_3 V_3$$

$$A_{31} = -\frac{3}{2} \sqrt{RT_1} = 2 \sqrt{R \Delta T_{31}} - \frac{3}{2} \sqrt{R \Delta T_{31}}$$

$$= \frac{1}{2} \sqrt{R \Delta T_{31}} = \frac{1}{2} (p_1 V_1 - p_3 V_3)$$

$$4 \sqrt{RT_1} = 8 p_1 V_1 - p_3 V_3$$

$$3 \sqrt{RT_1} = p_3 V_3 - p_1 V_1$$

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: $\left. \begin{aligned} A_3 &= 24,93 \text{ Дж;} \\ n &= \frac{5}{21} \end{aligned} \right\}$

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 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!



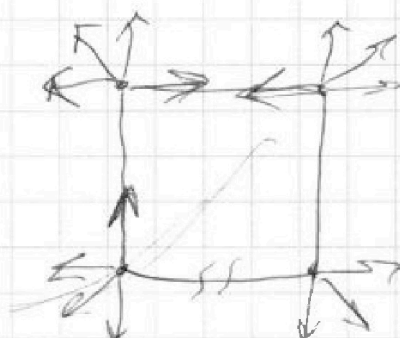
Черновик:

$g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)$ - новое ускорение

$$v = \frac{U^2}{2g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)}$$

$$v = \frac{g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)t_n^2}{2}$$

$$t_n = \frac{U}{g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha)}$$



$$g - \gamma =$$

$$(\mu\cos\alpha + \sin\alpha)g = \frac{V_0 - U}{T_0}$$

$$\Rightarrow T_0 = \frac{5}{10 \cdot 1} = 0,5 \text{ c}$$

$$K = F\cos\alpha \cdot S_1 - \mu N_1 S_1$$

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

$$K = FS_2 - \mu N_2 S_2$$

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

$$S_1 = S_2$$

$$N_2 = mg$$

$$F\cos\alpha - \mu N_1 = F - \mu N_2$$

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

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!



Черно вык для 3.4) ~~A₂₃~~ A₂₃ = 4√RT₁

$$2 = \frac{Q}{R} = \frac{Q}{\nu \Delta T_{31} R} = \frac{-A_{31} + \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{31}}{\nu \Delta T_{31} R}$$

$$= \frac{p_3 \nu V_3 - p_2 \nu V_2}{\nu R \Delta T_{31}} = \frac{p_3 \nu V_3 - p_1 \nu V_1}{\nu R \Delta T_{31}}$$

$$2 = -\frac{A_{31}}{\nu R \Delta T_{31}} + \frac{3}{2}$$

3 → 1: $\Delta T_{31} = T_1 - T_3 = T_1 - 4T_1 = -3T_1$

$$2 = \frac{A_{31} + \frac{3}{2} \nu R (-3T_1)}{-\nu R 3T_1}$$

$$2 = \frac{A_{31}}{\nu R 3T_1} + 1,5 \Rightarrow A_{31} = \frac{0,5}{3RT_1}$$

$$\frac{3}{2} \nu R T_1 = p_1 \nu V_1 - p_3 \nu V_3$$

3 → 1: $p_1 \nu V_1 = \nu R T_1$
 $p_3 \nu V_3 = \nu R T_3$

1 → 2: $\nu \nu R T_1 = \chi y - \delta p \nu V_1$

$$\frac{3}{2} \nu R T_1 = \frac{A_{12} + \frac{3}{2} \nu R T_1}{\nu R T_1} \Rightarrow A_{12} = \frac{1}{2} \nu R T_1$$

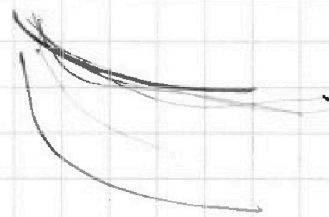
$Q_{12} > 0$

2 → 3

$$\frac{1}{2} = \frac{A_{23} + \frac{3}{2} \nu R (-4T_1)}{\frac{3}{2} \nu R (-4T_1)} \Rightarrow -3 \nu R T_1 = -8 \nu R T_1 + A_{23}$$

$A_{23} = 5 \nu R T_1$

$Q_{23} < 0$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

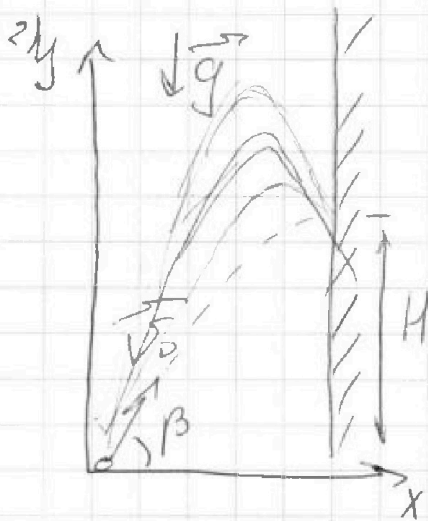
Отметьте крестиком номер задачи,

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!



$$g = \frac{v_0 \sin \beta}{\tau}$$

$$H = 0 + v_0 \sin \beta \tau - \frac{g \tau^2}{2}$$

$$S = v_0 \cos \beta \tau$$

$$0 = v_0 \sin \beta t_0 - \frac{g t_0^2}{2}$$

$$t_0 = \frac{2 v_0 \sin \beta}{g}$$

$$l = v_0 \cos \beta t_0 = v_0 \cos \beta \cdot \frac{2 v_0}{g}$$

$$g = \frac{v_0 \sin \beta}{\tau}$$

$$H = \frac{v_0^2 \sin^2 \beta}{2g}$$

$$\sin^2 \beta = \frac{2gH}{v_0^2}$$

$$= \frac{v_0^2 \sin 2\beta}{g}$$

$$\frac{\sin \beta}{g} =$$

$$S = \frac{v_0^2 \sin 2\beta}{2g} = \frac{v_0}{g} \cdot \frac{\sqrt{2gH}}{v_0} \cdot \sqrt{1 - \frac{2gH}{v_0^2}} =$$

$$= \frac{\sqrt{2gH}}{g} \sqrt{v_0^2 - 2gH} = \sqrt{\frac{2H}{g}} \sqrt{v_0^2 - 2gH}$$

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

МФТИ

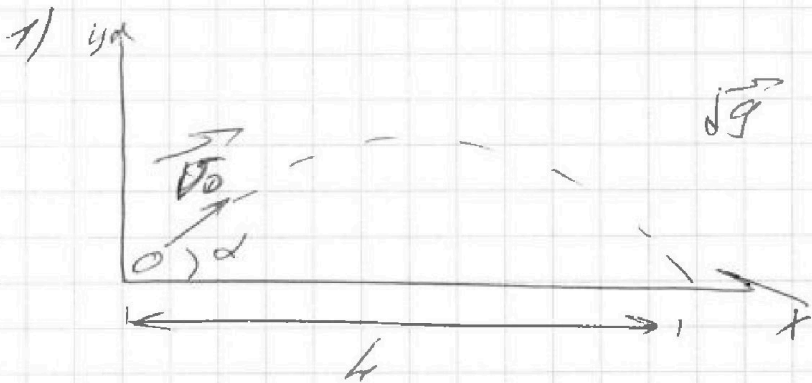
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

Дано:
 $\alpha = 45^\circ$
 $L = 20 \text{ м}$
 $H = 3,6 \text{ м}$
 $g = 10 \text{ м/с}^2$

1) $v_0 = ?$
2) $S = ?$

$v_0 = ?$

Решение:



$$\begin{cases} 0 = v_0 \sin \alpha t_n - \frac{g t_n^2}{2} \quad | : t_n \\ L = v_0 \cos \alpha t_n \end{cases}$$

$$v_0 \sin \alpha - \frac{g t_n}{2} = 0 \Rightarrow v_0 = \frac{g t_n}{2 \sin \alpha}$$

$$L = v_0 \cos \alpha t_n \Rightarrow \frac{g t_n}{2 \sin \alpha} \cos \alpha t_n$$

$$\frac{t_n^2 g}{2 \sin \alpha \cos \alpha} = L \Rightarrow t_n = \sqrt{\frac{2 \sin \alpha \cos \alpha}{g} L}$$

$$v_0 = \frac{g}{2 \sin \alpha} \sqrt{\frac{2 \sin \alpha \cos \alpha}{g} L} = \sqrt{\frac{2 \sin \alpha \cos \alpha \cdot L}{g \cdot 4 \sin^2 \alpha} g^2}$$

$$= \sqrt{\frac{L g}{2 \sin \alpha \cos \alpha}} = \sqrt{\frac{L g}{\sin 2 \alpha}}$$