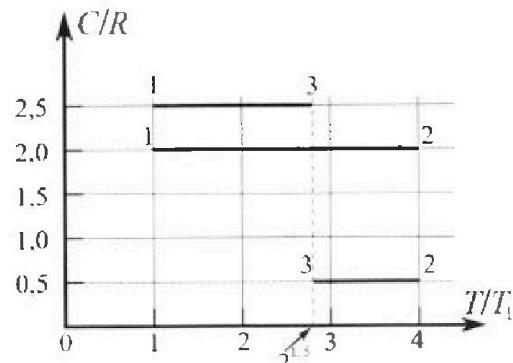


**Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023**

Вариант 10-01

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

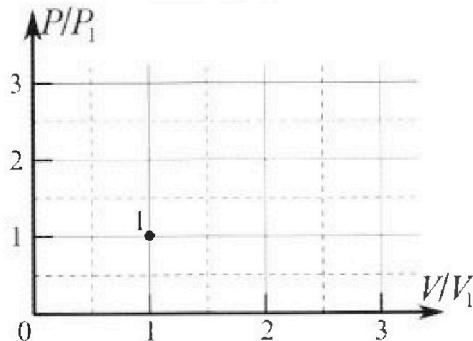
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной R) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1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

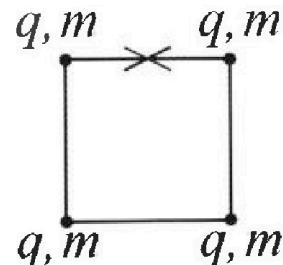
1) Найдите силу T натяжения нитей.

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)?

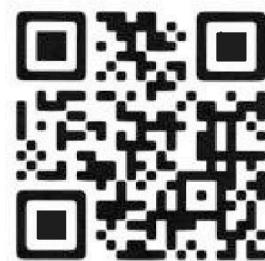
Коэффициент пропорциональности в законе Кулона k . Действие сил тяжести считайте пренебрежимо малым.





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.

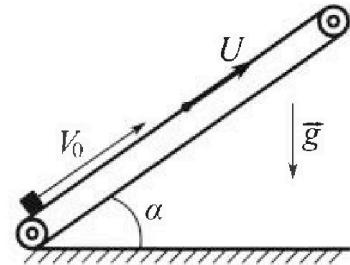
1) Найдите начальную скорость V_0 мяча.

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

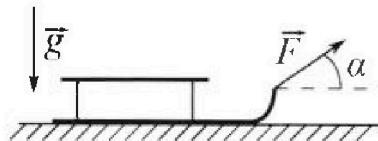
Во втором опыте коробку ставят на ленту транспортера, движущуюся со скоростью $U = 2 \text{ м/с}$, и сообщают коробке скорость $V_0 = 4 \text{ м/с}$.

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.

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!

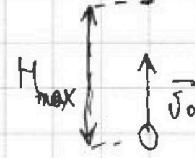
$$1) V_{\max} \text{ max броске} = 0 \Rightarrow$$

$$= \sqrt{v_0^2 - g t^2} \quad (t \text{ поглощ}) = V_0 = 0$$

$$V_0 = g t$$

$$8,6 / 10,1$$

$$t = T \Rightarrow V_0 = g T = 10 \cdot 2 = 20 \text{ м/с}$$



2) Мы знаем что высота удара

мимо стены (h_{\max}) максима-

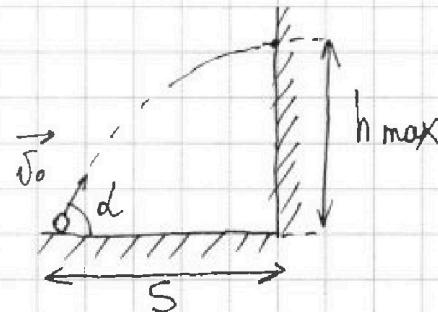
льна \Rightarrow самой эффективной

удар - удар, когда мяч касается

стены ~~в точке~~ на максимальной высоте поглощ \Rightarrow

\Rightarrow ~~в точке~~ на максимальной высоте поглощ \Rightarrow V_y (по вертикали) мяча в момент

удара = 0.



$$t(\text{поглощ до удара}) \cdot V_{0x}(\text{поглощ}) V_{0y}(\text{поглощ}) = S$$

$$t \cdot V_{0y} - \frac{g t^2}{2} = h_{\max}$$

при этом $t = \frac{V_{0y}}{g}$ (тк V_y в момент удара = 0) \Rightarrow

$\Rightarrow \frac{V_{0y} V_{0x}}{g} = S$ (сопротивление воздуха = 0)

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{V_{0y} V_{0x}}{g} = S \\ \frac{V_{0y}^2}{g} - \frac{g \cdot V_{0y}^2}{2g} = h_{\max} \end{array} \right.$$

$$\Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} S = \frac{V_{0y} V_{0x}}{g} \\ h_{\max} = \frac{V_{0y}^2}{2g} \end{array} \right.$$

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 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!

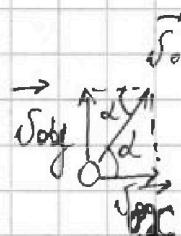
Из наших соображений \Rightarrow Если бы стекла отсутствовали, то
длина тока по краю L составила бы 25, т.к. сопротивление
воздуха мало h_{\max} достигается в середине конуса.

$$L = 40 \text{ м}$$

$$\rightarrow \sqrt{x^2 + h^2} = 2t$$

$$L = \sqrt{\omega_0^2 \cdot t^2 + h^2} \quad (\text{т.к. конус})$$

$$h_{\max} = \frac{\sqrt{\omega_0^2 - t^2}}{2g}$$



$$\omega_{0x} = \omega_x = \sqrt{\omega_0^2 - t^2} \cdot \cos \alpha$$

$$\omega_{0y} = \omega_y = \sqrt{\omega_0^2 - t^2} \cdot \sin \alpha$$

$$\left\{ \begin{array}{l} h_{\max} = \frac{\sqrt{\omega_0^2 - t^2} \cdot \sin \alpha}{2g} \\ L = \sqrt{\omega_0^2 - t^2} \cdot \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} \end{array} \right.$$

$$L = \omega_0 \cos \alpha \cdot \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = \frac{\omega_0 \sin \alpha \cos \alpha}{g} = \frac{\omega_0 \sin 2\alpha}{2g} = 40$$

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

$$\Rightarrow \sqrt{\sin^2 \alpha - \sin^4 \alpha} = \frac{1}{2} \Rightarrow \sin^2 \alpha - \sin^4 \alpha = \frac{1}{4} \Rightarrow \sin^2 \alpha = \frac{1}{4} \Rightarrow \sin \alpha = \pm \frac{1}{2}$$

$$\Rightarrow \sqrt{t^2 - t^2 + \frac{1}{4}} = \frac{1}{2} \Rightarrow t^2 = \frac{1}{4} \Rightarrow t = \frac{1}{2} \Rightarrow \sin \alpha = \frac{1}{2}$$

$$\Rightarrow -t^2 + t - \frac{1}{4} = 0 \Rightarrow t^2 - t + \frac{1}{4} = 0, D = 1 - 1 = 0, t = \frac{1}{2} \Rightarrow \sin \alpha = \frac{1}{2}$$

$$\Rightarrow \sin \alpha = \frac{1}{2} \Rightarrow \alpha = 45^\circ \Rightarrow h_{\max} = \frac{20 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^2}{2 \cdot 10} = \frac{400}{40} = 10 \text{ м}$$

Ответ: $\omega_0 = 20 \text{ рад/с}$, $h_{\max} = 10 \text{ м}$



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

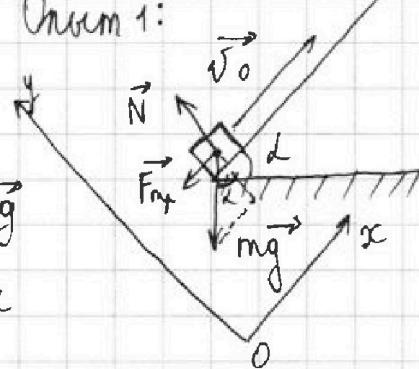
МФТИЕсли отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!1) m - масса коробки \vec{R} (результатирующая всех сил,применимых к коробке) = $\vec{N} + \vec{F}_{\text{тр}} + \vec{mg}$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Ox: } F_{\text{тр}} + mg \sin \alpha = ma, \text{ где} \\ a - \text{ускорение коробки} \end{array} \right\} = 7$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Oy: } N - mg \cos \alpha = 0 \\ N = mg \cos \alpha \end{array} \right\}$$

$$\Rightarrow \left. \begin{array}{l} \mu N + mg \sin \alpha = ma \\ N = mg \cos \alpha \end{array} \right\} \Rightarrow \mu mg \cos \alpha + mg \sin \alpha = \mu a$$

Однон 1:



= 7

$$a = g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)$$

$$S_n = v_0 T - \frac{a T^2}{2} \Rightarrow a T^2 - 2v_0 T + 2S_n = 0 \Rightarrow, \text{ где } S_n - \text{ пройденный путь.}$$

$$\Rightarrow g(\mu \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} + \sin \alpha) T^2 - 2v_0 T + 2S_n = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 16 \cdot \left(\frac{1}{3} \sqrt{1 - 0,8^2} + 0,8 \right) T^2 - 2 \cdot 10 T + 16 = 0$$

Пред решением уравнения, проверим, успеет ли коробка пройти

1-ой

перед остановкой:

$$\left. \begin{array}{l} S_{\text{окн}}(S_{\text{го остановки}}) = v_0 t_{\text{окн}} (t_{\text{го остановки}}) - \frac{a t_{\text{окн}}^2}{2} \\ t_{\text{окн}} = \frac{v_0}{a} \end{array} \right\} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 16 \cdot \frac{1}{3} \sqrt{1 - 0,8^2} = 10 \quad t_{\text{окн}} = \frac{v_0}{a}$$

$$\Rightarrow S_{\text{окн}} = \frac{v_0^2}{a} - \frac{\alpha \cdot v_0^2}{2a^2} = \frac{v_0^2}{2a} = \frac{v_0^2}{2 \cdot g(\mu \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} + \sin \alpha)}$$

$$S_{\text{окн}} = \frac{16}{2 \cdot 10 \cdot \left(\frac{1}{3} \sqrt{1 - 0,8^2} + 0,8 \right)} = \frac{16}{2 \cdot 10 \cdot \left(\frac{0,6}{3} + 0,8 \right)} = \frac{16}{2 \cdot 10 \cdot 1} = \frac{16}{20} = 1,6 \text{ м}$$

< 0,8 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!

↓

$S=1\text{m}$ коробка проходит из-за 1-ой остановки и мы можем решить получившееся уравнение

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

$$10 \cdot \left(\frac{0,6}{3} + 0,8 \right) T^2 - 8 T + 2 = 0 \Rightarrow 10T^2 - 8T + 2 = 0$$

$$= 75T^2 - 4T + 1 = 0, D = 16 - 20$$

↓

коробка не успел пройти $S=1\text{m}$ из 1-ой остановки $\Rightarrow S_{\text{ост}} = 0,8\text{m}$,

$$\text{но } S' (S' = S - S_{\text{ост}}) = 0,2\text{m}$$

$$S' = g(t) \quad \begin{matrix} \uparrow \\ t' \end{matrix} \quad \left(t' \text{ время} - t \text{ прохождения } S' \right) + \frac{at'^2}{2}.$$

$$= 7 \left\{ S' = \frac{at'^2}{2} \Rightarrow t' = \sqrt{\frac{2S'}{a}} \quad \left| \begin{array}{l} t' = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,2}{10}} \\ = \end{array} \right. \right.$$

$$\left. \begin{array}{l} a = 10 \cdot \left(\frac{1}{3} \sqrt{1 - 0,8^2} + 0,8 \right) = 10 \text{m/s}^2 \\ = \sqrt{0,04} = 0,2(\text{s}) \end{array} \right.$$

$$T = t_{\text{ост}} + t' = \frac{t_0}{a} + t' \Rightarrow T = \frac{4}{10} + 0,2 = 0,6(\text{s})$$

2) Мы помним, что пока коробка движется "вверх" быстрее эскалатора, $F_{\text{тр}}$ будет "тянуть" её вниз.

После того, как коробки стоят $= u$, $F_{\text{тр}}$ будет тянуть её "вверх"

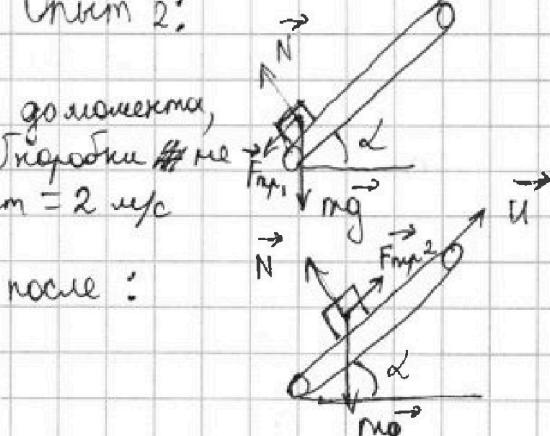
$$F_{\text{тр}} = \mu \cdot N$$

const

$$mg \cos \alpha$$

$$\Rightarrow F_{\text{тр}1} = F_{\text{тр}2} = F_{\text{тр}} \text{ из первого определения}$$

Случай 2:



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!

$\Rightarrow a_1$ (до момента когда корабль станет U) = a из первого
этапа $= 10 \text{ м/с}^2$

$$\begin{cases} L = \sqrt{v_0 t_1} \quad (\text{т до момента, когда корабль } \stackrel{\text{стремит}}{=} U) - \frac{at_1}{2} \\ t_1 = \frac{\sqrt{v_0-U}}{a} \end{cases} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow L = \frac{\sqrt{v_0^2 - v_0 U}}{a} - \frac{g(\sqrt{v_0-U})^2}{2a^2} = \frac{\sqrt{v_0(v_0-U)}}{a} - \frac{(\sqrt{v_0-U})^2}{2a}$$

$$L = \frac{4 \cdot (4-2)}{10} - \frac{(4-2)^2}{2 \cdot 10} = \frac{8}{10} - \frac{4}{20} = \frac{8}{10} - \frac{2}{10} = \frac{6}{10} = 0,6 \text{ м}$$

3) Рассмотрим движение корабля после t_1 : теперь.

a_2 (а корабль после t_1) = $a_{\text{норм}}$ (без результата $F_{\text{норм}}$) - $a_{\text{тр}}$ (без
результата $F_{\text{тр}}$) $\Rightarrow a_2 = g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha =$

$$\Rightarrow a_2 = 10 \cdot 0,8 - \frac{1}{3} \cdot 10 \cdot \sqrt{1 - 0,8^2} = 8,0 / 4,4 \cdot 8 = 2 = 6 \text{ (м/с}^2)$$

(при этом a_2 направлена „вниз“)

$$S_2 (S \text{ после } t_1 \text{ до конца остановки}) = U t_2 (t \text{ после } t_1 \text{ до конца}) -$$

$$- \frac{a_2 t_2^2}{2}$$

$$t_2 = \frac{U}{a_2}$$

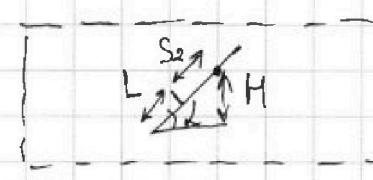
$$\Rightarrow S_2 = \frac{U^2}{a_2} - \frac{a_2 \cdot U^2}{2a_2^2} = \frac{U^2}{2a_2}$$

$$S_2 = \frac{U^2}{2 \cdot 6} = \frac{4}{12} = \frac{1}{3}$$

$$H = (L + S_2) \cdot \sin \alpha \Rightarrow H = \left(\frac{6}{10} + \frac{1}{3} \right) \cdot \frac{8}{10} = \frac{18+10}{30} \cdot \frac{8}{10} =$$

$$= \frac{28}{30} \cdot \frac{8}{10} = \frac{14}{15} \cdot \frac{4}{5} = \frac{56}{75}$$

$$\text{Ответ: } T = \frac{6}{10} \text{ с}, L = \frac{6}{10} \text{ м}, H = \frac{56}{75} \text{ м}$$



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!

1) В первом случае \vec{R}_1 (阻力 -
противодействие всех сил приложен-
ных к санкам) $+ \vec{N}_1 + \vec{F} + \vec{mg} + \vec{F_{mp1}}$

$$Ox: F \cdot \cos \alpha = m a_1 \quad (m - \text{масса санок})$$

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

$$\left\{ \begin{array}{l} a_1 = \frac{F \cos \alpha - F_{mp1}}{m} \\ N_1 = mg - F \sin \alpha \end{array} \right.$$

$$2) \text{ во втором случае } \vec{R}_2 = \vec{N}_2 + \vec{F} + \vec{mg} + \vec{F_{mp2}}$$

$$Ox: F - F_{mp2} = m a_2 \quad || \Rightarrow a_2 = \frac{F - F_{mp2}}{m}$$

$$Oy: N_2 - mg = 0 \quad || \quad N_2 = mg$$

бреш и начальная скорость равна единичной в обоих случаях

$$\Rightarrow a_1 = a_2 \Rightarrow \frac{F \cos \alpha - F_{mp1}}{m} = \frac{F - F_{mp2}}{m} \Rightarrow F \cos \alpha - F_{mp1} = F - F_{mp2}$$

$$F_{mp} = \mu N$$

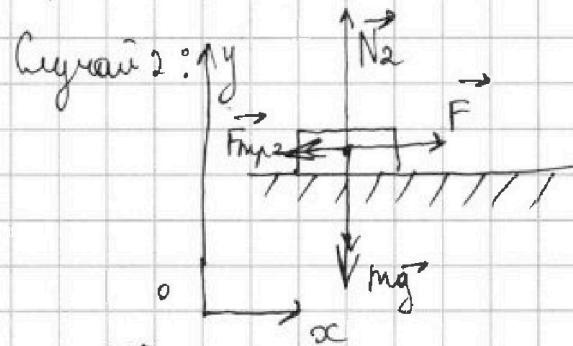
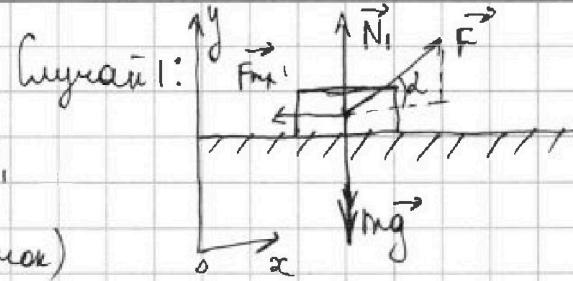
$$F_{mp1} = \mu (mg - F \sin \alpha) ; F_{mp2} = \mu mg$$

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

$$\Rightarrow \mu (mg) - \mu (mg - F \sin \alpha) = F - F \cos \alpha \Rightarrow \mu = \frac{F - F \cos \alpha}{mg - mg + F \sin \alpha}$$

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

2) Находим a_2 (ускорение санок после прекращения



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!

действие силы F :

$$\vec{R}_3 = \vec{N}_3 + mg + \vec{F}_{\text{нрз}}$$

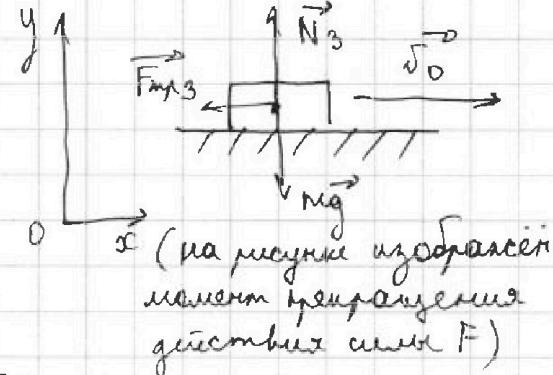
$$Ox: F_{\text{нрз}} = ma_3$$

$$Oy: N_3 - mg = 0 \Rightarrow N_3 = mg$$

$$\Rightarrow \mu N_3 = ma_3 \Rightarrow \mu mg = \mu a_3 \Rightarrow a_3 = \mu g$$

$$T = \frac{\sqrt{g}}{a_3} \Rightarrow T = \frac{\sqrt{g}}{\mu g} = \frac{\sqrt{g}}{g \left(\frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha} \right)} = \frac{\sqrt{g} \sin \alpha}{g - g \cos \alpha}$$

$$\text{Ошибки: } \mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}, \quad T = \frac{\sqrt{g} \sin \alpha}{g - g \cos \alpha}$$



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!

1) Процесс 1-2: $\Delta T_{12} = 3T_1$; $C_{12} = 2R$ (максимальная теплоемкость) \Rightarrow

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

$$\Rightarrow A_{12} = 6\sqrt{RT_1} - \Delta U_{12} = 6\sqrt{RT_1} - \frac{i}{2}\sqrt{R}\Delta T_{12} = 6\sqrt{RT_1} - \frac{i}{2}\sqrt{R}\cdot 3T_1$$

$i=1$ макс, $i=3$, $T_1=400^\circ K$, $R=8,31 \text{ дж/моль}\cdot K$

!!

$$A_{12} = 6 \cdot 1 \cdot 8,31 \cdot 400 - \frac{3}{2} \cdot 1 \cdot 8,31 \cdot 3 \cdot 400 = \\ = 8,31 \cdot 400 \left(6 - \frac{3 \cdot 3}{2} \right) = 1,5 \cdot 400 \cdot 8,31 = 600 \cdot 8,31 = \\ = 4986 \text{ (дже)}$$

$$2) \frac{1}{\eta} = \frac{Q_{12} + Q_{23} + Q_{31}}{A_{12} + A_{23} + A_{31}} \Rightarrow \eta = \frac{A_{12} + A_{23} + A_{31}}{Q_{12} + Q_{23} + Q_{31}}$$

$$\cancel{Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12}} \rightarrow \frac{i}{2}\sqrt{R}\Delta T = 7 \quad \cancel{\Delta U_{12} = \frac{3}{2}R \cdot 3T_1} \Rightarrow \cancel{U_{12} = 3 \cdot 8,31 \cdot 3 \cdot 400} \\ = 9 \cdot 8,31 \cdot 200 =$$

$$\frac{Q_{12}}{\Delta T_{12}} = 2\sqrt{R} \Rightarrow Q_{12} = 2\sqrt{R} \cdot 3T_1 \Rightarrow Q_1 = 2 \cdot 1 \cdot 8,31 \cdot 3 \cdot 400 = \\ = 6 \cdot 400 \cdot 8,31 = 19944 \text{ (дже)}$$

$$\frac{Q_{23}}{\Delta T_{23}} = C_{23} \cdot i = 0,5\sqrt{R} \Rightarrow Q_{23} = \frac{1}{2}\sqrt{R} \cdot T_1 \cdot (4 - 2^{1,5}) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow Q_{23} = \frac{1 \cdot 8,31 \cdot 400 \cdot (4 - 2^{1,5})}{2} = 1662 \cdot (4 - 2^{1,5})$$

$$A_{23} = Q_{23} - \Delta U_{23} \Rightarrow A_{23} = 1662 \cdot (4 - 2^{1,5}) - \frac{3}{2} \cdot 1 \cdot 8,31 \cdot T_1 / (4 - 2^{1,5})$$

$$= \frac{1}{2}\sqrt{R}T_1(4 - 2^{1,5}) - \frac{3}{2}\sqrt{R}T_1(4 - 2^{1,5}) = \cancel{Q_{23} \cdot \left(\frac{1}{2} - \frac{3}{2}\right)} - 2Q_{23} \Rightarrow$$

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!

$$\Rightarrow A_{23} = -3324 \cdot (4-2^{15})$$

$$\frac{Q_{31}}{\Delta T_{31}} = C_{31} \cdot \nu \Rightarrow Q_{31} = 2,5 R \nu \cdot \Delta T_{31} = 2,5 \nu R \cdot T_1 \cdot (2^{15}-1) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow Q_{31} = 2,5 \cdot 1 \cdot 8,31 \cdot 400 \cdot (2^{15}-1) = 8310 \cdot (2^{15}-1) \text{ (дж)}$$

$$A_{31} = Q_{31} - \Delta U_{31} = 2,5 \nu R T_1 (2^{15}-1) - \frac{3}{2} \nu R T_1 (2^{15}-1) =$$

$$= \frac{2,5}{2,5} \cancel{\frac{1}{2}} / \cancel{Q_{31}} \Rightarrow A_{31} = \frac{2,5 - \frac{3}{2}}{2,5} Q_{31} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow A_{31} = \frac{\frac{5}{2} - \frac{3}{2}}{\frac{5}{2}} Q_{31} = \frac{1}{5} Q_{31} \Rightarrow A_{31} = 0,4 \cdot 8310 \cdot (2^{15}-1) =$$

$$= 3324 \text{ (дж)} \cdot (2^{15}-1) \text{ (дже)}$$

$$\eta = \frac{19944 + 1662 \cdot (4-2^{15}) + 8310 \cdot (2^{15}-1)}{4986 - 3324(4-2^{15}) + 3324(2^{15}-1)} =$$

$$= \frac{19944 + 6648 - 1662\sqrt{8} + 8310\sqrt{8} - 8310}{4986 - 13296 + 3324\sqrt{8} + 3324\sqrt{8} - 3324} =$$

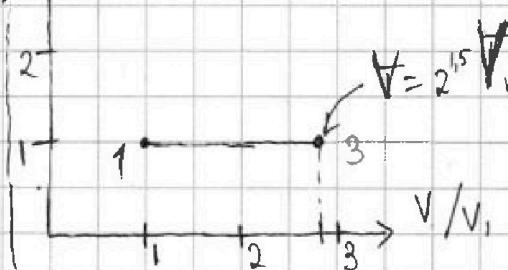
$$= \frac{18282 + 6648\sqrt{8}}{6648\sqrt{8} - 11634} \Rightarrow \eta = \frac{6648\sqrt{8} - 11634}{18282 + 6648\sqrt{8}}$$

$$3) C_p (теплоемкость при p=const) = \frac{Q}{\Delta T} = \frac{A + \Delta U}{\Delta T} = \frac{P_0 V + \frac{1}{2} \nu R \Delta T}{\Delta T} =$$

$$= \nu R + \frac{1}{2} \nu R \Delta T = \text{базисная теплоемкость} = \frac{5}{2} \nu R = \frac{5}{2} R = C_p \Rightarrow$$

\Rightarrow процесс 3-1 - изобарный.

$$A_{31} = P_1 \cdot \Delta V$$





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!

$$U_1 = \sqrt{RT_1} \Rightarrow U_1 = 1 \cdot 8,31 \cdot 400 = 3324 \quad || = 7$$

$$U_3 = \sqrt{RT_3} \Rightarrow U_3 = 1 \cdot 8,31 \cdot 400 \cdot \sqrt{8} = 3324\sqrt{8} \quad || = 7$$

$$\Rightarrow m.k \rho_1 = \rho_3 \Rightarrow V_3 = V_1 \sqrt{8} = \cancel{3324} \sqrt{8}$$

$$\text{Объем: } A_{12} = 4986 \text{ дм}^3, \eta = \frac{6648\sqrt{8} - 11634}{18282 + 6648\sqrt{8}}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

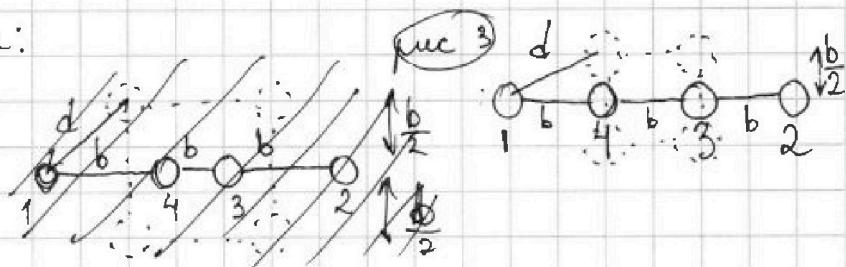


- 1 2 3 4 5 6 7

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

ЛМФТИ.

действовать на заряды 1 и 4, и 2 и 3 однаково в вертикальных направлениях \Rightarrow система перейдет в приведенное состояние:



при этом как-то ~~бы~~ $F_R = mg \frac{b}{2}$ шарик 1 перейдет в $E_K = \frac{mV^2}{2} \Rightarrow V$ шарика 1 в момент когда все шарики выстроются $V_1 \text{ макс} = \sqrt{gb}$

3) Из пункта 2 видно, что при этом шарики 1 и 2 будут находиться на расстоянии $d = \sqrt{b^2 + \frac{b^2}{4}} = b\sqrt{1\frac{1}{4}} = b\sqrt{\frac{5}{4}} = \frac{b\sqrt{5}}{2}$ (т.к. сила отталкивания будем „раскладывать“ заряды в противоположные стороны, а система придет в равновесие, когда расстояния между шариками станут равны) (при падении шаров 1 и 2 сблизят шары 4 и 3 F взаимодействия 3 и 4 станет и далее расходиться)

$$\text{Ответ: } T = \frac{kq^2(1+2\sqrt{2})}{2\sqrt{2}b^2}, V = \sqrt{gb}, d = \frac{b\sqrt{5}}{2}$$



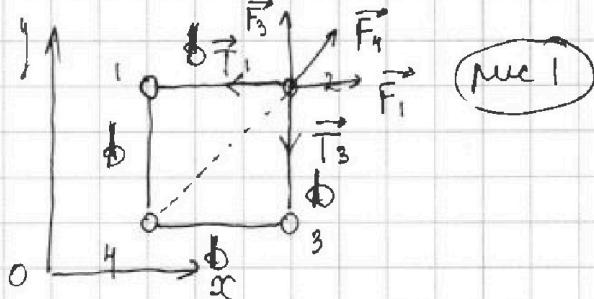
- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>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

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

1) Изобразим на рисунке

силы, действующие на 1 шарик,

при этом не будем изображать

силу тяжести, т.к. для решения пункта 1 она не нужна, т.к.
все шарик лежат с одинаковой скоростью и F_{max} не влияет
на начальные члены.Относительно других шариков, шарик 2 находится в воде \Rightarrow

$$\Rightarrow \vec{R} \text{ (регулирующая силы, действующие на шарик, за исключением } F_{max}) = \vec{F}_3 \text{ (F взаимодействия с шариком 3)} + \\ + \vec{F}_4 \text{ (с шариком 4)} + \vec{F}_1 \text{ (... с шариком 1)} + \vec{T}_1 \text{ (напряжение между шариками 12)} + \vec{T}_3 \text{ (... шариками 23)}$$

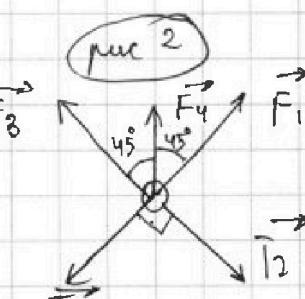
8/17. Найдем сумму \vec{F}_3, \vec{F}_4 и \vec{F}_1 : ясно что их регулирующая направлена от шарика 4, т.к. горизонтальные составляющие сил F_3 и F_1 гасят друг друга, а вертикальные

составляющие $F_4 = 0$, см рис 2)

\vec{R}_1 (сумма сил \vec{F}_3, \vec{F}_4 и \vec{F}_1) направлена вверх и $\angle F_4 R_1 = 45^\circ$ её модуль

$$R_1 = F_4 + F_1 \cdot \sin 45^\circ + F_3 \sin 45^\circ \quad (\text{это}$$

хвостик)



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!

R_2 (сумма \vec{T}_1 и \vec{T}_3) направлена "вниз" и её модуль =
 $= \sqrt{T_1^2 + T_3^2}$, а т.к. система симметрична, то ве F тоже -
железных равны T и $\Rightarrow R_2 = T\sqrt{2}$

$$\text{т.к. } a \text{ заряда} = 0 \Rightarrow R_1 = R_2 \Rightarrow F_4 + \frac{F_1}{\sqrt{2}} + \frac{F_3}{\sqrt{2}} = T\sqrt{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T = \frac{F_4 + \frac{F_1}{\sqrt{2}} + \frac{F_3}{\sqrt{2}}}{\sqrt{2}} = \frac{F_4\sqrt{2} + F_1 + F_3}{2}$$

$$F_4 = k \frac{q^2}{b^2}$$

$(b\sqrt{2})^2$ (диагональ квадрата)
с со стяжкой d)

$$= \frac{k \frac{q^2}{b^2}}{2} = \frac{k q^2}{2 b^2} \quad \Rightarrow$$

$$F_1 = F_3 = k \frac{q^2}{b^2}$$

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

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

2) когда все шары окажутся на одной высоте

E_n (поменявшаяся энергия) всех шаров будет ~~не~~ одинакова.

Рассмотрим шарик 1: относительно шара 4 он сдвигается

$E_n = mg b \Rightarrow$ когда они окажутся на одной высоте / то
и сама падающая отталкивается \checkmark зарядов

будет высота $\frac{b}{2}$, т.к. синхронизированы между собой



- 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!

$$1) C_p(\text{при постоянном } p) = C_v(C \text{ при постоянном } V) + R \quad \begin{array}{r} 10,00 \\ 8,31 \\ 8,00 \\ 6,48 \end{array}$$

C_n ("помеха" - теплоемкость газа массой m_n) = $\rho / \nu k$

$$= \frac{Q}{\Delta T} \xrightarrow{A+\Delta U} = \frac{\sqrt{R}\Delta T + \frac{1}{2}\sqrt{R}\Delta T}{\Delta T} = \left(1 + \frac{1}{2}\right)\sqrt{R} \quad \text{при } p=\text{const},$$

$$\text{при } V=\text{const} \quad A=0 \Rightarrow \frac{Q}{\Delta T} = \frac{i \sqrt{R}\Delta T}{\Delta T} = \frac{i}{2} \sqrt{R} \quad \begin{array}{r} 8,31 \\ 24 \\ 39,24 \\ 33,62 \\ 19,944,00 \end{array}$$

$$C_p(\text{при постоянном } p) = \frac{5}{2} C_v (\text{при постоянном } V)$$

$$\begin{array}{c} 16,62 \\ 4 \\ 33,24 \end{array} \quad \begin{array}{c} 4,986 \\ 13,296 \\ 16,62 \\ 11,634 \\ 16,6200 \end{array} \quad \begin{array}{c} 8,31 \\ 200 \\ 16,62 \\ 16,6200 \end{array} \quad \begin{array}{c} 16,62 \\ 33,24 \\ 8,310 \\ 16,62 \\ 6,648 \end{array}$$

$$C_p = \frac{5}{2} C_v \quad C_p = \frac{5}{2} R \quad (C_{pn} - \text{теплоемкость всего газа при } p=\text{const})$$

$$\begin{array}{c} 13,296 \\ 1 \\ 2 \\ 1 \end{array} \quad C_v = \frac{3}{2} \sqrt{R} \Rightarrow C_{vn} = \frac{3}{2} R \quad (C_{vn} - \text{наибольшая теплоемкость всего газа при } V=\text{const})$$

$$\text{процесс } 3-1 - \text{изobarический } (C_{31n} = 2,5R) \quad \begin{array}{c} 25 \cdot 40 \\ = 1000 \end{array}$$

$$\text{Процесс } 1-2: \Delta T_{12} = 3T_1, C_{12} (\text{максимальная } C \text{ в процессе } 1-2) =$$

$$= 2R \Rightarrow \frac{Q_{12}}{\Delta T_{12}} = \frac{Q_{12}}{3T_1} = \frac{2R}{3T_1} \xrightarrow{\text{инвариант}} \frac{1}{2} \sqrt{R} \Delta T_{12}$$

$$\Rightarrow \frac{A_{12} + \Delta U_{12}}{3T_1} = 2R \Rightarrow A_{12} = 6RT_1 - \Delta U_{12} \quad \begin{array}{c} 8,310 \\ 33,24 \\ 0,4 \end{array}$$

$$\Rightarrow A_{12} = 6RT_1 - \frac{3}{2}R \cdot 3T_1 = 6RT_1 - 4,5RT_1 = 1,5RT_1 \quad \begin{array}{c} 8,31 \\ 33,2400 \\ 49,8600 \end{array}$$

$$T_1 = 400 \text{ K}, R = 8,31 \text{ Дж/моль} \cdot \text{К} \quad \begin{array}{c} 400 \\ 33,2400 \\ 8,31 \\ 600 \\ 2 \end{array}$$

$$\Rightarrow A_{12} = 1,5 \cdot 8,31 \cdot 400 = 600 \cdot 8,31 \quad \begin{array}{c} 15 \\ 49,8600 \\ 2 \\ 2^{\frac{3}{2}} = \sqrt{2^3} \\ = \sqrt{8} \end{array}$$