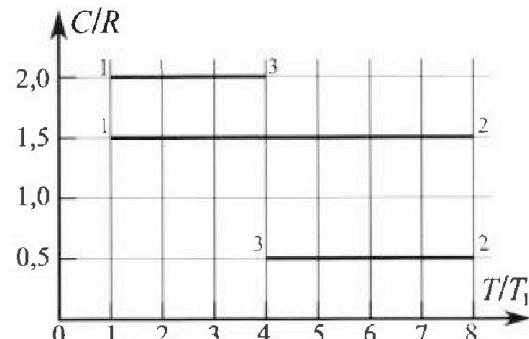


Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

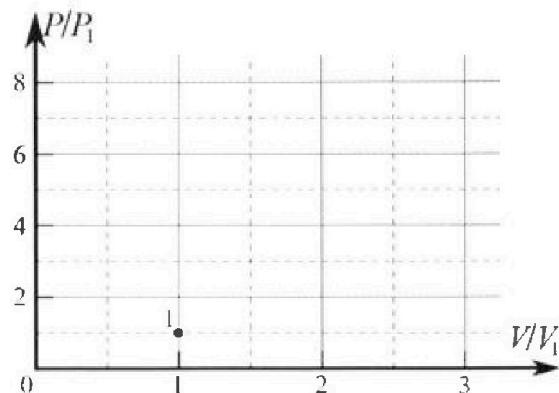
Вариант 10-02

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

4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1(см. рис.). Температура газа в состоянии 1 равна $T_1 = 200$ К, универсальная газовая постоянная $R = 8,31$ Дж/(моль·К).

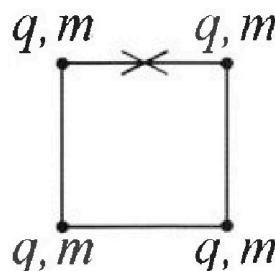


- 1) Найдите работу A_{31} внешних сил над газом в процессе 3-1.
- 2) Найдите КПД η цикла.
- 3) Постройте график цикла в координатах $(P/P_1, V/V_1)$, где P_1 и V_1 давление и объём в состоянии 1. Для построения графика перенесите шаблон (см. ниже) в чистовик своей работы. Точка 1 на графике соответствует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



5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной a (см. рис.). Сила натяжения каждой нити T .

- 1) Найдите абсолютную величину $|q|$ заряда каждого шарика. Одну нить пережигают.
- 2) Найдите кинетическую энергию K любого, выбранного Вами шарика, в тот момент, когда шарики будут находиться на одной прямой.
- 3) На каком расстоянии d от точки старта будет находиться в этот момент любой из двух шариков, изначально расположенных вверху (на рисунке)? Электрическая постоянная ϵ_0 . Действие сил тяжести считайте пренебрежимо малым.





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.

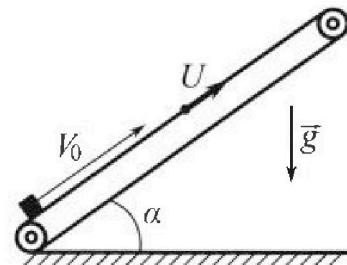
1) Найдите начальную скорость V_0 мяча.

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 $g = 10 \text{ м/с}^2$. 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 $V_0 = 6 \text{ м/с}$. Коэффициент трения скольжения коробки по ленте $\mu = 0,5$. Движение коробки прямолинейное.



1) Какой путь S пройдет коробка в первом опыте к моменту времени $T = 1 \text{ с}$?

Во втором опыте коробку ставят на ленту транспортера, движущуюся со скоростью $U = 1 \text{ м/с}$, и сообщают коробке скорость $V_0 = 6 \text{ м/с}$ (см. рис.).

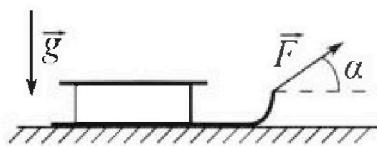
2) Через какое время T_1 после старта скорость коробки во втором опыте будет равна $U = 1 \text{ м/с}$?

3) На каком расстоянии L от точки старта скорость коробки обратится в ноль во втором опыте? 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 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.

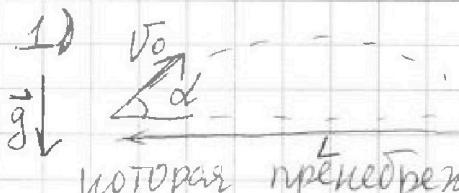
2) Найдите перемещение S санок в процессе торможения до остановки. Ускорение свободного падения g .

Санки находятся на горизонтальной поверхности. Движение санок прямолинейное.



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

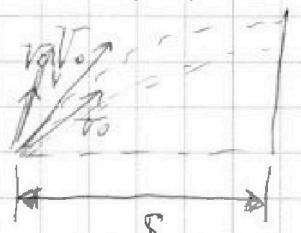
ЛМФТИЕсли отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

1)  Так как на мяч действует сила тяжести и сила сопротивления, которая пренебрежимо мала, то мяч будет двигаться

только под действием силы тяжести \rightarrow

$$\rightarrow L = \frac{V_0^2 \cdot \sin 2d}{g} = \frac{V_0^2}{g} \rightarrow V_0^2 = gL \quad V_0 \approx 10\sqrt{2} \text{ м} \\ V_0 \approx 14,1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

2) Дальше рассматриваются броски мяча к стенке под разными углами и $H_{\max} = 3,6 \text{ м}$, найти S .

 Пусть угол, при броске с которым нужно испустить мяч, чтобы он ударился на максимум высоте β

Так как ускорение мяча направлено вниз, то в проекции на горизонталь он будет двигаться равномерно. Пусть время полёта до удара T , тогда

$$\begin{cases} S = V_0 \cos \beta \cdot t & t = \frac{S}{V_0 \cos \beta} \\ h = V_0 \sin \beta \cdot t - \frac{gt^2}{2} \end{cases}$$

$$h = S \operatorname{tg} \beta - \frac{g \frac{S^2}{V_0^2 \cos^2 \beta}}{2} = \frac{2SV_0^2 \sin \beta \cos \beta - gs^2}{2V_0^2 \cos^2 \beta} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow S \left(\frac{V_0^2 \cdot \sin 2\beta - gs^2}{2V_0^2 \cos^2 \beta} \right) \quad \left[\cos^2 \beta = \frac{1 + \cos 2\beta}{2} \right]$$

$$\Rightarrow h = \frac{S}{V_0^2} \left(\frac{V_0^2 \sin 2\beta - gs^2}{1 + \cos 2\beta} \right), \text{ заметим, что при броске если менять угол}$$

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!

$$h = \frac{S}{V_0^2} \left(\frac{V_0^2 \sin 2\beta - g S^2}{1 + \cos 2\beta} \right) \quad \beta \in (0; \frac{\pi}{4}) : \begin{cases} V_0^2 \sin 2\beta \\ \cos 2\beta \end{cases}$$

$$\beta \in [\frac{\pi}{4}; \frac{\pi}{2}) : \begin{cases} V_0^2 \sin 2\beta \\ \cos 2\beta \end{cases} \quad h \uparrow \quad h \downarrow \quad \Rightarrow \quad h_{\max} \text{ при } \beta = \frac{\pi}{4} = 45^\circ$$



$$H_{\max} = \frac{S}{V_0^2} (V_0^2 - g S)$$

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

$$\frac{g S^2}{g} H_{\max} = \frac{V_0^2 S}{g} - S^2 \quad | \quad S^2 - \frac{V_0^2}{g} S + \frac{V_0^2}{g} H_{\max} = 0$$

$$S = \frac{V_0^2}{g} \pm \sqrt{\frac{V_0^4}{g^2} - 4 \frac{V_0^2}{g} H_{\max}} \quad | \quad \text{Заметим, что}$$

2

$$S = \frac{V_0^2}{g} - \sqrt{D} \quad \text{Нам не подходит, так как}$$

общий
Это не оптимально

$$S = \frac{V_0^2}{g} + \frac{V_0^2}{g} \sqrt{1 - \frac{4gH_{\max}}{V_0^2}} = \frac{V_0^2}{g} \left(1 + \sqrt{1 - \frac{4H_{\max}}{V_0^2}} \right)$$

~~$$S = \frac{V_0^2}{g} \sqrt{1 + \frac{4H_{\max}}{V_0^2}}$$~~
$$S = 10 \left(1 + \sqrt{\frac{4}{5}} \right) M = \boxed{10 + 2\sqrt{4}} M$$

$$S \approx 15,3 M$$



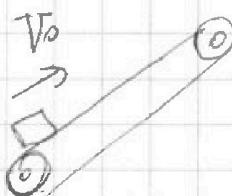
- | | | | | | | |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/>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

1)

Лента кеподвижна



рассмотрим какие силы действуют на тело

Тело не движется в проекции на ось Y

$$OY: N = m g \cos \alpha \quad (2 \text{ закона Ньютона})$$

$$OX: ma = F_{Tp} + m g \sin \alpha; F_{Tp} = m a N$$

Когда тело будет двигаться вверх

$$\text{его ускорение будет } a_1 = g (\mu \cos \alpha + \sin \alpha) = g$$

$$\text{вниз } a_2 = g (\sin \alpha - \mu \cos \alpha) = \frac{1}{5} g$$

(найти путь за $T = 1\text{c}$) Вверх тело будет двигаться

$$\text{за время } t_1 = \frac{V_0}{g} = \frac{V_0}{9.8} = 0.6 \text{c} < T$$

→ Весь путь за время T можно разбить на
путь вверх и путь вниз $S_0 = S_1 + S_2$

$$S_1 = \frac{a_1 t_1^2}{2} \quad S_2 = \frac{a_2 (T - t_1)^2}{2}$$

$$S_1 = \frac{g t_1^2}{2} = 1.8 \text{ M} \quad S_2 = \frac{g (T - t_1)^2}{10} = 0.16 \text{ M}$$

$$(S_0 = 1.96 \text{ M})$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



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

МФТИ

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

2) Теперь лента движется со скоростью $V = \frac{1}{e} m/s$

~~πV~~ В начале, до момента T_1 будет
 ~~S_1~~ проскальзывание между кинетической
и силой будет тангенциальной

~~N~~
 ~~$F_{\text{тр}}$~~
 $a_1 = g(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) = g$

~~mg~~
 $F_{\text{тр}} = \frac{\Delta V}{a_1} = \frac{V_0 - V}{g} = 0,5 \text{ N}$

3) Когда тело достигнет скорости V , то
относительное движение груза будет двигаться вниз

~~N~~
 ~~$F_{\text{тр}}$~~
 $a_2 = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) = \frac{g}{6}$

~~mg~~
Аналогично есть нужно разбиваем на
мгновения до момента T_1, S_1 и дальнейший, до
момента когда скорость превратится в ноль

$$S = S_1 + S_2; S_1 = \frac{V_0^2 - V^2}{2a_1} = \frac{7}{4} \text{ m}$$

S_2 (тело движется равно замедленно от

скорости V до 0) $S_2 = \frac{V^2}{2a_2} = \frac{5}{2} \frac{V^2}{g} = \frac{1}{4} \text{ m}$

$\boxed{S = 2 \text{ m}}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

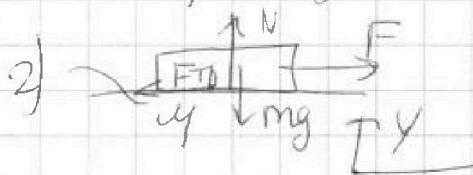
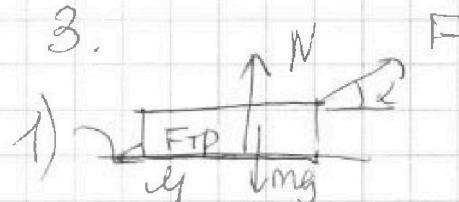


- | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|

МФТИ.

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

3.



Рассмотрим силы: сила тяжести
сила F , сила реакции опоры

N , сила трения $F_{tr} = \mu N$

Путь путь равен 1 и

качества скорость V

$$1) OY: N = mg - F \sin \alpha$$

$$OX: ma_1 = F_{cos\alpha} - \mu N = F_{cos\alpha} - \mu mg + \mu F \sin \alpha$$

$$2) OY: \cancel{N} = \frac{V^2}{2a_1} \quad \boxed{a_1 = \frac{V^2}{2L}}$$

$$2) OY: N = mg; OX: F - \mu mg = ma_2$$

$$\boxed{a_2 = \frac{V^2}{2L}} \rightarrow \boxed{a_1 = a_2}$$

$$F - \mu mg = F_{cos\alpha} - \mu mg + \mu F \sin \alpha$$

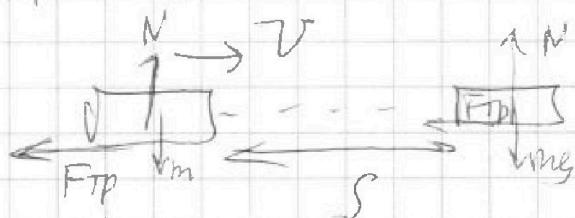
$$\mu \sin \alpha + \cos \alpha = 1 \quad [\mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}]$$

Найдите перемещение самок после разгона

s ? После того как тело разогнали до

скорости V и эквивалентные силы

не прикладываются



$$\partial A_{F_{tr}} = K \quad (\text{эквивалентное тело})$$

переводит в тепло из-за силы трения)



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!

$$F_{Tp} = \mu mg$$

$$\boxed{S = \frac{K}{\mu mg}} \neq \boxed{S = \frac{K \sin \alpha}{(1 - \cos \alpha) mg}}$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

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

4.

$$2) \eta = \frac{A_{12} + A_{23} + A_{31}}{Q_{12}}; Q_{12} > 0 \quad Q_{23} < 0 \quad Q_{31} < 0$$

$$\eta = 0 + \frac{4VRT_1 + (-\frac{3}{2}VRT_1)}{\frac{21}{2}VRT_1} = \boxed{\frac{5}{21}} \approx \boxed{23,8\%}$$

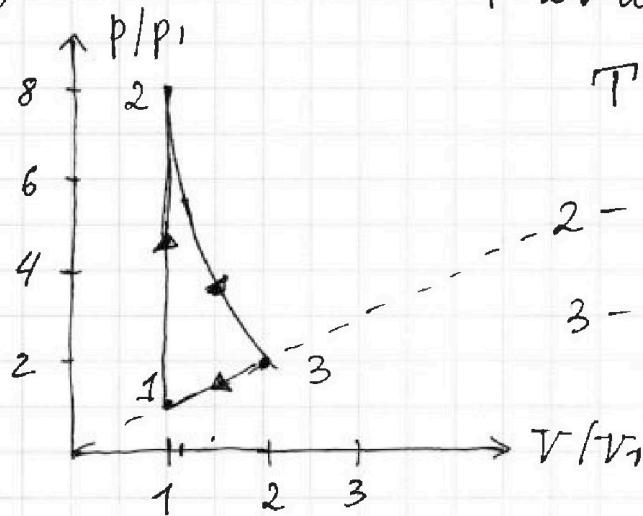
3)

1-2: изотерма (Вертикаль)

$T \uparrow 6,8 \text{ раз} \rightarrow$
 $p \uparrow 6,8 \text{ раз}$

2-3: $pV^2 = \text{const}$

3-1: $\frac{p}{V} = \text{const}$ — прямая
которая проходит
через центр
и точку 1



подбором подбираем, что точки 2 и 3
принадлежат $pV^2 = \text{const}$ $pV^2 = 8 \text{ erg}^*$
 $(1,5; 3,6)$ $(1,2; 5,5)$ Схематично достроим

эту параболу. $p \sim \frac{1}{V^2}$

3



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

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

$$4: 1 - 2 - 3 - 1 \text{ цикл}$$

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

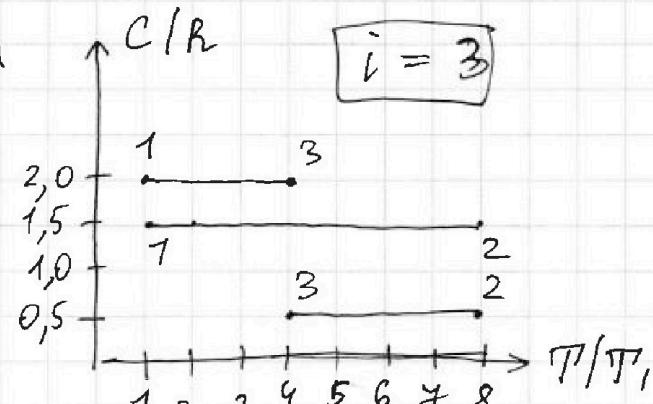
1) A_{31} входит в процесс

$$3 - 1$$

$$T_3 = 4T_1$$

$$T_2 = 8T_1$$

$$Q = A + \Delta U$$



$$i = 3$$

$$\Delta U = \frac{k}{2} V R \Delta T$$

$$Q_{31} = A_{31} + \Delta U_{31}, \text{ где } A_{31} - \text{это работа газа,}$$

но в условии сказано, что надо найти A работу над

$$\text{газом } A = -A_{31}$$

$$Q_{31} = V C_{31} \Delta T_{31} = -V C_{31} (4T_1 - T_1) = V C_{31} \cdot 3T_1$$

$$\Delta U_{31} = \frac{k}{2} V R \Delta T_{31} = -\frac{3}{2} V R 3T_1 = \frac{9}{2} V R T_1$$

$$Q_{31} - \Delta U_{31} = -6 V R T_1 - (-\frac{9}{2} V R T_1) = -\frac{3}{2} V R T_1$$

$$A_{31} = -\frac{3}{2} V R T_1 \quad [A = \frac{3}{2} V R T_1]$$

$$\text{Ответ: } A = \frac{3}{2} V R T_1$$

$$2) \eta? \quad \eta = \frac{A_{12} + A_{23} + A_{31}}{A_{12} + A_{23}} \text{ (которая совершается газом)}$$

~~$A_{12} + A_{23}$~~ ~ сумма положительных темпов (которые мы подвели)

Рис. Отдельно рассмотрим каждый процесс

①

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

Заметим, что все процессы в упаке политропные

$$\boxed{pV^n = \text{const}} \quad n = \frac{C - C_p}{C - C_v}; \quad C_p = \frac{i+2}{2} R = 2,5 R \\ C_v = \frac{i}{2} R = 1,5 R$$

$$1-2: \boxed{pV^{\infty} = \text{const}} \rightarrow V = \text{const} \quad n = \frac{1,5 - 2,5}{1,5 - 1,5}$$

Процесс 1-2: изохорный $C = \frac{i}{2} R$

$$T' \uparrow \text{(температура растёт)} \Rightarrow A_{12} = 0 \quad (V = \text{const}) \\ \Delta U_{12} = \frac{i}{2} \gamma R (T_2 - T_1) =$$

$$Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12} = \frac{21}{2} \gamma R T_1$$

$$2-3: \quad n = \frac{C = 0,5 R}{0,5 - 2,5} = 2 \quad \boxed{pV^2 = \text{const}}$$

$$T' \downarrow \rightarrow V \uparrow \rightarrow A > 0 \quad \downarrow \quad V = \frac{\text{const}}{T'}$$

$$Q_{23} = -C \gamma \Delta T = C \gamma (T_3 - T_2) = -\frac{1}{2} R \cdot 4 T_1 =$$

$$= \boxed{-2 \gamma R T_1} \quad A_{23} = Q_{23} - \Delta U_{23} = -2 \gamma R T_1 - \frac{i}{2} \gamma R (T_3 - T_2) =$$

$$= -2 \gamma R T_1 + \frac{3}{2} \gamma R \cdot 4 T_1 = \boxed{4 \gamma R T_1}$$

$$3-1: \quad Q_{31} = C \gamma \Delta T \quad C = 2R \quad n = \frac{2 - 2,5}{2 - 1,5} = -1$$

$$\Rightarrow 2R \gamma (T_1 - T_3) = \boxed{-6 \gamma R T_1} \quad pV^{-1} = \text{const}$$

$$\Delta U_{31} = \frac{i}{2} \gamma R (T_1 - T_3) = -\frac{9}{2} \gamma R T_1$$

$$\boxed{\frac{p}{V} = \text{const}}$$

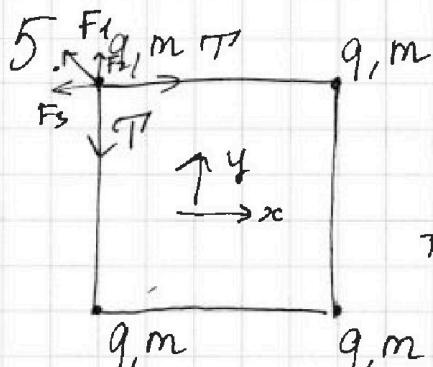
$$A_{31} = \boxed{-\frac{3}{2} \gamma R T_1}$$

②

- | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|---|--------------------------|---|--------------------------|---|--------------------------|---|-------------------------------------|---|--------------------------|---|--------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> | 1 | <input type="checkbox"/> | 2 | <input type="checkbox"/> | 3 | <input type="checkbox"/> | 4 | <input checked="" 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!

1) $|q|$ заряда?

В силу симметрии можно рассмотреть силы действующие на любой из четырех зарядов.

В силу симметрии силы катания всех идентичны.

2 закон Ньютона для верхнего левого заряда.

~~Дано:~~ $T\sqrt{2} = K \frac{q^2}{2a^2} + \frac{Kq^2}{a^2}\sqrt{2}$

$T = \frac{Kq^2}{a^2} \left(1 + \frac{\sqrt{2}}{4}\right) \quad q^2 = \frac{a^2 T}{K \left(1 + \frac{\sqrt{2}}{4}\right)}$

(1)

$|q| = a \sqrt{\frac{T}{K \left(1 + \frac{\sqrt{2}}{4}\right)}}$

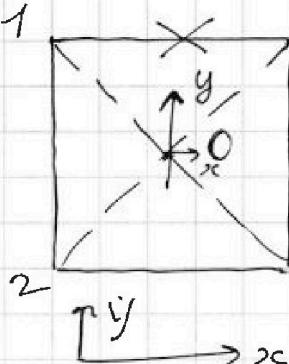
2) К каким энергиям любого шарика, в момент когда они будут находиться на одной прямой.

На систему из четырех зарядов не действует внешняя сила \rightarrow центр масс будет двигаться без ускорения \rightarrow центр масс будет покояться (перемещение изначально)

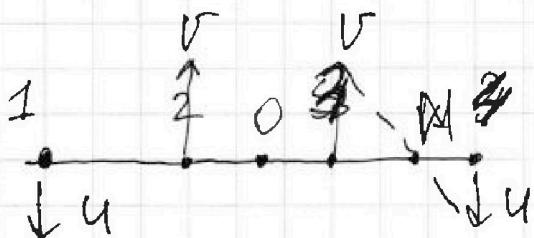
- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>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



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



1) Центр масс ~~出任~~ находится в точке пересечения диагоналей
из-за симметрии рёгки 2 и 4
будут всегда симметричны ^{отн.} оси y
→ точки 2 и 4 будут двигаться
вдоль оси y. и наступит момент когда они
бес будут располагаться вдоль оси x



скорости тел 2 и 3
равны в силу симметрии
и пусть их скорость V
~~出任~~ также скорости 1 и 4 равны в
силу симметрии и пусть равны U . Заметим,
что эти скорости вертикальны и равны V

$$2m\bar{V} + 2m\bar{U} = 0 \quad (\text{ЗСИ так как внешних сил нет})$$

$\bar{U} = -\bar{V}$; Заметим, что точки 3 и 4

вращаются от точки M, которая лежит
посередине отрезка 3-4

(2)



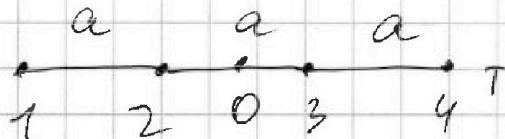
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

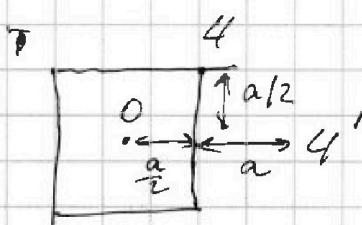
- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>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



точка 4' будет находиться
на расстоянии $\frac{3}{2}a$ от
точки 0



по Тh Пифагора

$$d^2 = (\frac{a}{\sqrt{2}})^2 + a^2 = \frac{5}{4}a^2$$

$$d = \frac{\sqrt{5}}{2}a$$

(4)



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

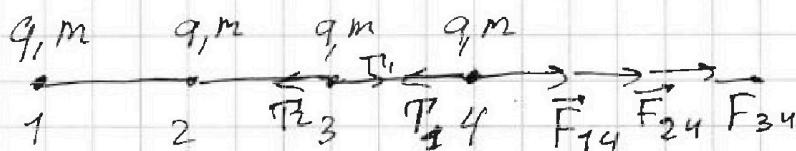
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input checked="" 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!

Рассмотрим силы действующие на заряды
в этот момент



$$F_{14} = \frac{kq^2}{9a^2}, F_{24} = \frac{kq^2}{4a^2}$$

$$F_{34} = \frac{kq^2}{a^2}$$

$$\vec{T}_1 - \vec{F}_{14} - \vec{F}_{24} - \vec{F}_{34} = m\vec{a}$$

$$a_{y.c} = \frac{V^2}{a/2} \quad (\text{точка 4 движется от точки М в данный момент})$$

рассмотрим систему зарядов (1 и 2);

(3 и 4), тогда

T_2 - уравновешивает
кулоновские взаимодействия между
системами

$$T_2 = \frac{kq^2}{2a^2} + \frac{kq^2}{a^2} + \frac{kq^2}{9a^2} + \frac{kq^2}{4a^2} = \frac{kq^2}{a^2} \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{9} + 1 \right)$$

Учитывая что 3 нет ускорения в проекции

на ось \rightarrow $T_1 + r$

(3)



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 моль однодатомного газа.

$C_p =$

$$-\frac{Q}{V\Delta T} = \frac{1}{2}R + \frac{A}{V\Delta T}$$

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

$$n = \frac{C - C_p}{C - C_V} = \frac{C - 2,5R}{C - 1,5R}$$

$$\begin{array}{r|rr} 5 & 0 & 2 \\ 4 & 2 & 0 \\ \hline & 0 & 2 \\ & 0 & 1 \\ \hline & 6 & 3 \\ & 1 & 7 \\ \hline & 6 & 8 \\ \hline & 2 & 0 \end{array}$$

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

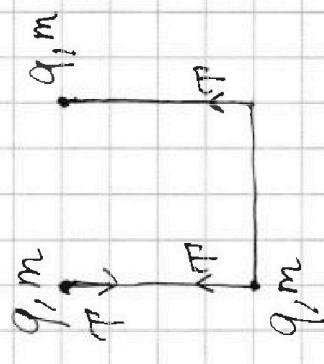
$$PT^{-1} = \text{const}$$

$$\frac{P}{V} = \text{const}$$

$$\frac{-2R}{-1R} = 2$$

$$PV^2 = \text{const}$$

$$PV^2 = 8$$



$$T = 2,25$$

$$\frac{38}{9}$$

$$\begin{array}{r|rr} 32 & 9 \\ 27 & 35 \\ \hline 50 & 45 \end{array}$$

$$\begin{array}{r|rr} 200 & 36 \\ 180 & 6,5 \\ \hline 200 & 6,5 \end{array}$$

$$V = 1,2 = \frac{6}{5}$$

$$\frac{8 \cdot 25}{36} = \frac{200}{36}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

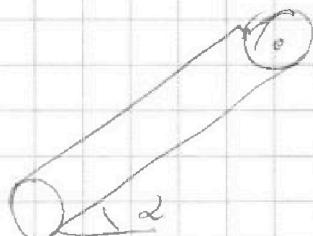


- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <input type="checkbox"/> |

МФТИ

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

2.

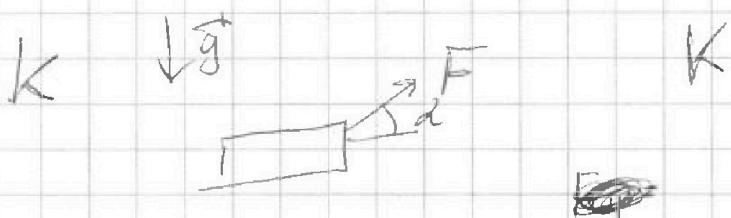


1) $\sin \alpha = 0,6 \quad \tan \alpha = 0,75$
 $\cos \alpha = 0,8$

$$\mu mg \cos \alpha + mg \sin \alpha$$

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

$$g (0,4 + 0,6) = g$$



$$F_f \cos \alpha - b \gamma (mg -$$

$$\frac{F_f \cos \alpha - \mu (mg - F_f \sin \alpha)}{m} = \frac{\gamma K}{ms}$$

$$\frac{F_f - \mu mg}{m} = \frac{K}{ms}$$

$$\frac{F_f \cos \alpha - \mu mg + \mu F_f \sin \alpha}{m} = \frac{K}{ms}$$

$$\cos \alpha + \mu \sin \alpha = 1$$

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

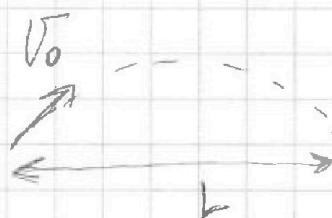
решение которой представлено на странице:



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



$$L = \frac{V_0^2 \cdot \sin 2\alpha}{g} \rightarrow \frac{V_0^2}{g} = \frac{L}{\sin 2\alpha}$$
$$V_0^2 = \frac{gL}{\sin 2\alpha} \quad V_0 = \sqrt{\frac{gL}{\sin 2\alpha}}$$



$$V_0 t - \frac{gt^2}{2} = L$$

$$V_0 \cos \beta t = L$$

$$H = V_0 \sin \beta \cdot t$$

$$Y = x \tan \beta - \frac{gx^2}{2V_0^2 \cos^2 \beta}$$

$$Y = L \left(\frac{\tan \beta}{\sin \beta} - \frac{gL}{2V_0^2 \cos^2 \beta} \right)$$

$$Y = \frac{L}{2V_0^2} \left(\frac{2V_0^2 \sin \beta \cos \beta}{\cos^2 \beta} - gL \right) = \frac{L}{2V_0^2} \left(\frac{V_0^2 \sin 2\beta - gL}{\cos^2 \beta} \right)$$

$$\cos^2 \frac{\alpha}{2} = \frac{1 + \cos \alpha}{2}$$

$$\cos^2 120^\circ$$

$$\cos^2 60^\circ = 1 - \frac{\cos 120^\circ}{2}$$

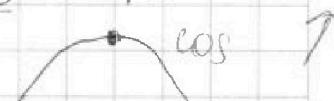
$$\cos^2 \frac{\alpha}{2} = 1 + \cos \alpha$$

$$\sin^2 2\beta = 1 -$$

$$0 \ 45^\circ \ \pi$$

$$\sin^2 60^\circ = 1 - \frac{\cos \alpha}{2} \quad \alpha = 45^\circ, 90^\circ$$

$$Y = \frac{L}{V_0^2} \left(\frac{V_0^2 \sin 2\beta - gL}{1 + \cos 2\beta} \right)$$



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!

$$Y_{\max} = \frac{L}{V_0^2} (V_0^2 - gL) \quad H = \frac{L}{V_0^2} (V_0^2 - gL)$$

$$V_0^2 H = V_0^2 L - \frac{gL^2}{V_0^2} \cancel{L} \quad V_0^2 H = L V_0^2 - gL^2$$

$$g L^2 - V_0^2 L + V_0^2 H = 0$$

$$L = V_0^4 - 4 \cdot V_0^2 g H = V_0 \sqrt{V_0^2 - gH}$$

$$L = V_0^2 +$$

$$20 - 14,4 = 5,6$$

$$\frac{6}{10} =$$

$$\frac{10 \cdot 0,36}{2}$$

$$\begin{array}{r} \times 36 \\ 4 \overline{)144} \\ \hline \end{array}$$

$$\frac{56}{200} = \frac{28}{100}$$

$$\frac{7}{25}$$

$$\sqrt{7}$$

$$5$$

$$28$$

$$10 \left(1 + \frac{\sqrt{7}}{5}\right)$$

$$5,2$$

$$2,6$$

$$\begin{array}{r} \times 26 \\ 26 \\ \hline \end{array}$$

$$2,65$$

$$\begin{array}{r} \times 53 \\ 53 \\ \hline 159 \\ 265 \\ \hline 2809 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 156 \\ 156 \\ \hline 646 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 265 \\ 265 \\ \hline 1325 \end{array}$$



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!



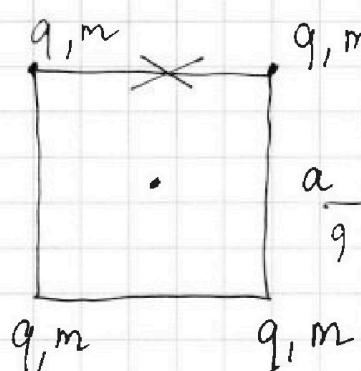
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

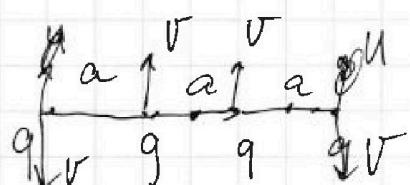
МФТИ

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



В силу симметрии

$a/2$ $a/2$



$$\frac{q^2}{a^2}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1

2

3

4

5

6

7

МФТИ

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

