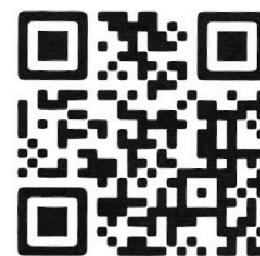




Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

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.

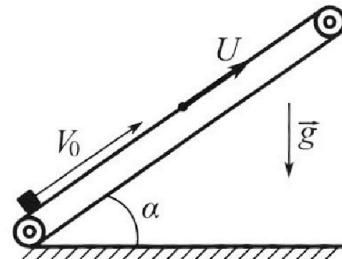
1) Найдите начальную скорость V_0 мяча.

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 покоящуюся ленту транспортера и сообщают коробке начальную скорость $V_0 = 4 \text{ м/с}$. Коэффициент трения скольжения коробки по ленте $\mu = \frac{1}{3}$. Движение коробки прямолинейное.



1) За какое время T после старта коробка пройдет в *первом опыте* путь $S = 1 \text{ м}$?

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

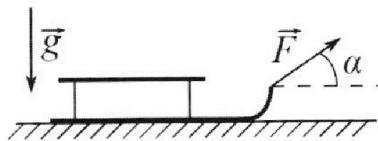
2) На каком расстоянии L от точки старта скорость коробки во *втором опыте* будет равна $U = 2 \text{ м/с}$?

3) На какой высоте H , отсчитанной от точки старта, скорость коробки во *втором опыте* станет равной нулю? Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$. Все кинематические величины измерены в лабораторной системе отсчета.

3. Санки дважды разгоняют из состояния покоя до одной и той же скорости V_0 за одинаковое время.

В первом случае санки тянут, действуя постоянной по модулю силой, направленной под углом α к горизонту (см. рис.).

Во втором случае такая же по модулю сила, приложенная к санкам, направлена горизонтально. После достижения скорости V_0 действие внешней силы прекращается.



- 1) Найдите коэффициент μ трения скольжения санок по горизонтальной поверхности.
- 2) Через какое время T после прекращения действия силы санки остановятся? Ускорение свободного падения g .
- Санки находятся на горизонтальной поверхности. Движение санок прямолинейное.



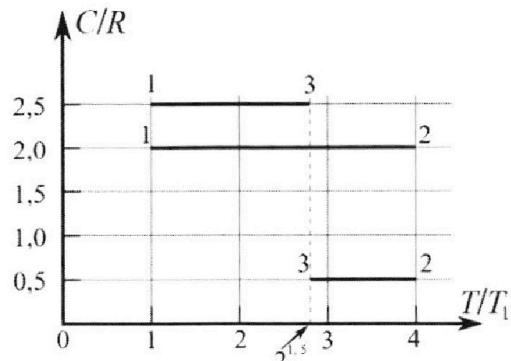
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-01

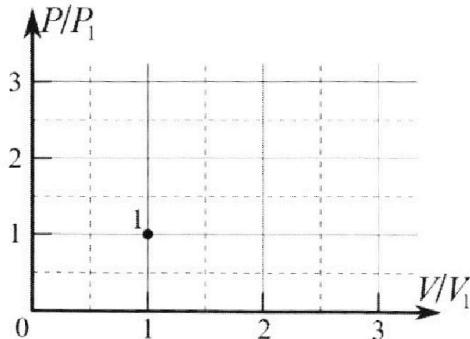


Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной R) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1 (см. рис.). Температура газа в состоянии 1 $T_1 = 400$ К, универсальная газовая постоянная $R = 8,31$ Дж/(моль·К).

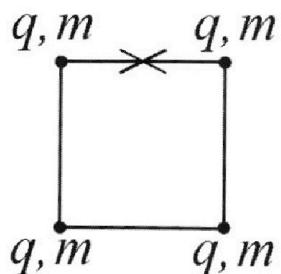


- 1) Найдите работу A_{12} газа в процессе 1-2.
- 2) Найдите КПД η цикла.
- 3) Постройте график цикла в координатах $(P/P_1, V/V_1)$, где P_1 и V_1 давление и объём в состоянии 1. Для построения графика перенесите шаблон (см. ниже) в чистовик своей работы. Точка 1 на графике соответствует состоянию 1 газа в цикле.



5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной b (см. рис.). Масса каждого шарика m , заряд q .

- 1) Найдите силу T натяжения нитей.
- Одну нить пережигают.
- 2) Найдите скорость V любого, выбранного Вами шарика, в тот момент, когда шарики будут находиться на одной прямой.
- 3) На каком расстоянии d от точки старта будет находиться в этот момент любой из двух шариков, изначально расположенных вверху (на рисунке)?



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

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



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

МФТИ

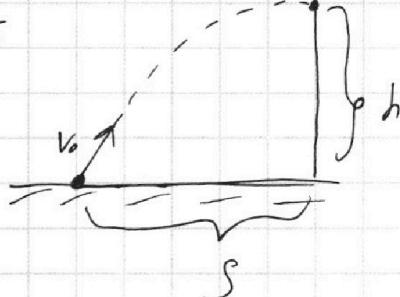
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

Доказательство формулы $V_{min}^2 = g(b + \sqrt{b^2 + S^2})$

При малых перемещениях и скоростях

Δ скоростей: $S = V_0 \cdot V_k \cdot \sin(\alpha)$

$$S = \frac{g t \cdot \frac{\delta}{2}}{2} = \frac{g \delta}{2}$$



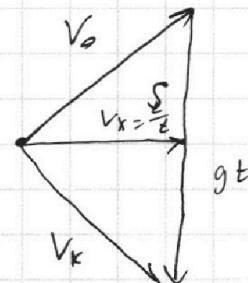
Тогда $g \delta = V_0 V_k \sin(\alpha)$

также $\delta = \max \sin(\alpha) = \max \Rightarrow \alpha = 90^\circ \Rightarrow$

$$\Rightarrow V_0 \perp V_k \text{ (таким } V_0 = \min)$$

$$V_0 V_k = g S$$

Из 3 С: $V_0^2 = V_k^2 + 2gh$



$$V_k^2 = V_0^2 - 2gh$$

$$V_0 \sqrt{V_0^2 - 2gh} = g S$$

$$V_0^2 (V_0^2 - 2gh) = g^2 S^2; \quad V_0^4 - V_0^2 \cdot 2gh - g^2 S^2 = 0$$

$$V_{0,1,2} = \frac{2gh \pm \sqrt{4gh^2 + 4g^2 S^2}}{2} = gh \pm g\sqrt{h^2 + S^2}$$

также $S \rightarrow \infty: V_0 \rightarrow \infty$ при $a \neq -\infty \Rightarrow V_0 = \min_{min} = gh + g\sqrt{h^2 + S^2}$

\Rightarrow формула справедлива



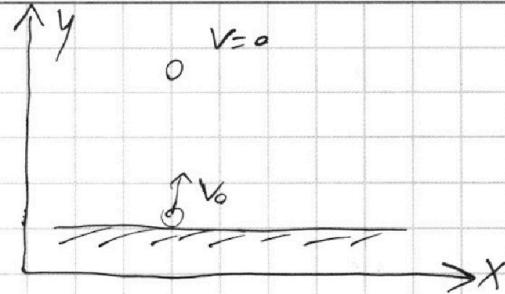
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

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



1) Закон движения оси y

$$h = V_0 t - \frac{g t^2}{2}$$

$$V_y = V_0 - g t$$

Если мяч на макс высоте, то $V_y = 0$

$$\boxed{V_0 = g T}$$

$$\text{т.к. } V_0 = 10 \cdot 2 = 20 \text{ м/с}$$

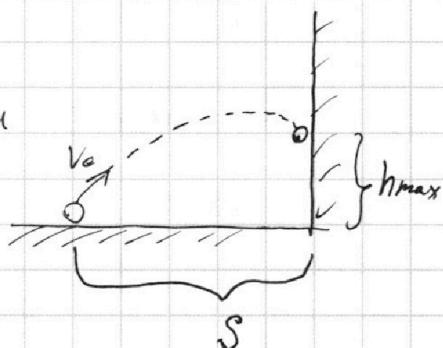
начальная

h - высота
 t - время
 V_y - вертикальная компонента скорости

2) Есть формула для минимальной скорости

для попадания в цель по координатам ($A; S$)

$$V_{min}^2 = g \left(h + \sqrt{h^2 + S^2} \right)$$



Если V_0 , g , S заданы, то мы можем максимизир.

Функция высоты { в этой формуле она уже максимизирована}

$$g^2 T^2 = g \left(h + \sqrt{h^2 + S^2} \right); \quad g T^2 = h + \sqrt{h^2 + S^2} \quad |^{12}$$

$$g^2 T^4 = h^2 + h^2 + S^2 + 2h\sqrt{h^2 + S^2} = 2h^2 + S^2 + 2h\sqrt{h^2 + S^2}$$

$$g^2 T^4 - S^2 = 2h \left(h + \sqrt{h^2 + S^2} \right) \Rightarrow 2h = \frac{g^2 T^4 - S^2}{g T^2}$$

$$\boxed{h_{max} = \frac{1}{2} \left(g T^2 - \frac{S^2}{g T^2} \right)} = \frac{1}{2} \left(10 \cdot 4 - \frac{400}{40} \right) = \frac{1}{2} (40 - 10) = 15 \text{ м}$$

Ответ: $V_0 = g T = 20 \text{ м/с}$

$$h_{max} = \frac{1}{2} \left(g T^2 - \frac{S^2}{g T^2} \right) = 15 \text{ м}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



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

МФТИ

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

Поставим численные значения

$$V_0 = 4 \text{ м/c} \quad \mu = \frac{1}{3} \quad \sin \alpha = 0,8 \quad \cos(\alpha) = \sqrt{1 - (\frac{4}{5})^2} = \frac{3}{5}$$

$$U = 2 \text{ м/c} \quad g = 10 \text{ м/c}^2 \quad S = 1 \text{ м}$$

$$a_1 = -g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) = -10 \left(\frac{4}{5} + \frac{1}{3} \cdot \frac{3}{5} \right) = -10 \text{ м/c}^2$$

$$a_2 = g(\mu \cos \alpha - \sin \alpha) = 10 \left(\frac{1}{3} \cdot \frac{3}{5} - \frac{4}{5} \right) = -\frac{3}{5} \cdot 10 = -6 \text{ м/c}^2$$

$$T = t_1 = -\frac{V_0}{a_1} - \sqrt{\frac{V_0^2}{a_1^2} + \frac{2S}{a_1}} = \frac{4}{10} - \sqrt{\frac{16}{100} + \frac{2}{10}} \Rightarrow$$

\Rightarrow ~~тычка~~ ~~затормозил~~ ~~затормозил~~, как тело проходит $S = 1 \text{ м}$ оно проходит момент, когда $V = 0$

$$\text{До разворота пружина } L = \frac{V_0^2 - 0}{2a_1} = \frac{16}{20} = 0,8 \text{ м}$$

$$t_1 = \frac{V_0}{a_1} = \frac{4}{10} = 0,4 \text{ с}$$

После разворота аналогично расчетами пункта 3 $a_2 = g(\mu \cos \alpha - \sin \alpha)$

$$S - L = -\frac{V_K^2}{2a_2} \Rightarrow V_K^2 = 2a_2(S - L) = 2a_2 \left(S - \frac{V_0^2}{2a_1} \right) = 2 \cdot 6 \cdot 0,2 = \frac{12}{5}$$

$$3-\text{к звум: } -V = 0 + a_2 t_2 = V_K; \quad t_2 = -\frac{V_K}{a_2} = \frac{\sqrt{2a_2(S - \frac{V_0^2}{2a_1})}}{a_2} =$$

$$= -\sqrt{\frac{2(S - \frac{V_0^2}{2a_1})}{a_2}}$$

Ответы:

$$T = t_1 + t_2 = \frac{V_0}{a_1} + \sqrt{\frac{2(S - \frac{V_0^2}{2a_1})}{a_2}} = 0,4 \text{ с} + \sqrt{\frac{2(1 - 0,8)}{6}} =$$

$$= 0,4 \text{ с} + \sqrt{\frac{4}{60}} = \boxed{0,4 \text{ с} + \frac{1}{\sqrt{15}} \text{ с}}$$

Пункты 1 и 2

$$L_1 = \frac{V_0(U - V_0)}{a_1} + \frac{(U - V_0)^2}{2a_1} = \frac{4 \cdot 2}{10} - \frac{4}{20} = \frac{8}{10} - \frac{1}{5} = \boxed{\frac{3}{5} \text{ м}}$$

$$H = (L_1 + L_2) \sin(\alpha); \quad L_2 = \frac{U^2}{2a_2} = \frac{4}{2 \cdot 6} = \frac{1}{3} \text{ м}$$

$$H = (L_1 + L_2) \sin(\alpha) = \left(\frac{3}{5} + \frac{1}{3} \right) \cdot 0,8 = \frac{8+5}{15} \cdot 0,8 = \frac{14}{15} \cdot \frac{4}{5} = \boxed{\frac{56}{75} \text{ м}}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



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

МФТИ

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

N2 (продолжение)

Задача 3:

$$L(t) = V_0 t + \frac{a_1 t^2}{2}$$

$$\text{Подставляем } t = \frac{(U - V_0)}{a_1}$$

$$L(t) = V_0 t + \frac{a_1}{2} \frac{(U - V_0)^2}{a_1^2} = \left[\frac{V_0(U - V_0)}{a_1} + \frac{(U - V_0)^2}{2a_1} \right]$$

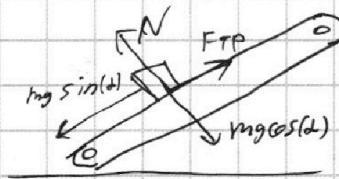
$$\text{тогда } a_1 = -g(\sin(\alpha) + \mu \cos(\alpha))$$

Когда $V = U$:

Будет ли тело и дальше ехать с $V = U$?

Если да, то $a = 0$:

$$\text{Тогда: } 0 = mg \sin(\alpha) - F_{TP}$$



$$F_{TP} = mg \sin(\alpha)$$

$$mg \sin(\alpha) = m \cdot 10 \cdot 9,8 = 8 \text{ m}$$

$$F_{TP \max} = \mu mg \cos(\alpha) = m \cdot \frac{1}{3} \cdot 10 \cdot \cos(\alpha) = \frac{10}{3} m \cos(\alpha)$$

$$F_{TP \max} < mg \sin(\alpha) \Rightarrow$$

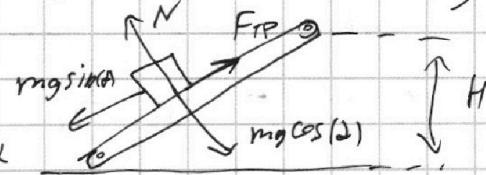
⇒ тело не будет в равновесии

До момента, когда $V = U$ тело пройдет L (из пункта 2)

Тогда: $V = U$

$$\text{Тогда: } N = mg \cos(\alpha); F_{TP} = \mu N$$

$$\text{Тогда: } ma = F_{TP} - mg \sin(\alpha) = \mu mg \cos(\alpha) - mg \sin(\alpha)$$



$$a_2 = g(\mu \cos(\alpha) - \sin(\alpha))$$

~~$$3^{\text{-}} \text{ движение: } V_x = V_0 + a_1 t = U; U = a_1 t; t = \frac{U}{a_1} = \frac{U}{-g(\sin(\alpha) + \mu \cos(\alpha))}$$~~

~~$$3^{\text{-}} \text{ движение: } L(t) = U t + \frac{a_1 t^2}{2} = \frac{U^2}{-2a_1} + \frac{U^2}{2} \frac{\sin(\alpha) + \mu \cos(\alpha)}{2}$$~~

~~$$L(t) = L_1 + L_2 = \frac{V_0^2 - U^2}{-2a_1} = \frac{U^2 - 0}{-2a_2} = -\frac{U^2}{2a_2}$$~~

$$H = \sum L_x \cdot \sin(\alpha) = (L_1 + L_2) \sin(\alpha) = \left[\left(-\frac{U^2}{2a_2} + \frac{V_0(U - V_0)}{a_1} + \frac{(U - V_0)^2}{2a_1} \right) \cdot \sin(\alpha) \right]$$

$$\text{тогда } a_1 = -g(\sin(\alpha) + \mu \cos(\alpha)) \quad a_2 = g(\mu \cos(\alpha) - \sin(\alpha))$$

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"/> |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

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

МФТИ

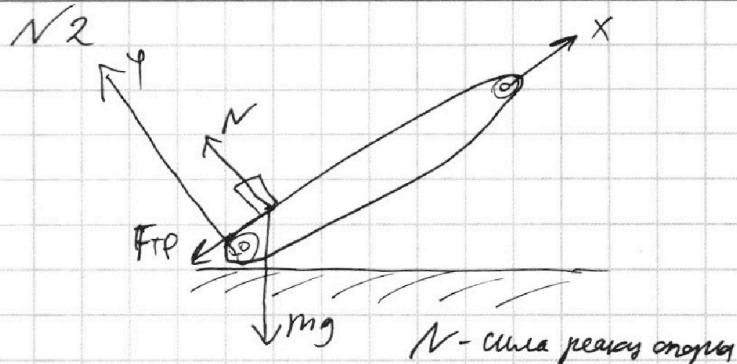
① Первый опыт

II ЗН на ось Y:

$$0 = N - mg \cos(\alpha);$$

$$N = mg \cos(\alpha)$$

$$F_{TP} = \mu N = \mu mg \cos(\alpha)$$



$$\text{II ЗН ось X: } ma = -mg \sin(\alpha) - F_{TP} = -mg \sin(\alpha) - \mu mg \cos(\alpha)$$

$$a_x = -g \sin(\alpha) - \mu g \cos(\alpha) \quad \text{значит } a_x = -g$$

З-к движении по оси X:

$$V_x(t) = V_0 + a_x t = V_0 - g t \sin(\alpha) - \mu g t \cos(\alpha)$$

$$S(t) = V_0 t + \frac{a_x t^2}{2}; \quad -\frac{a_x t}{2}^2 - V_0 t + S = 0$$

$$t^2 + \frac{2V_0}{a_x} t - \frac{2S}{a_x} = 0; \quad t_{1,2} = \frac{-\frac{2V_0}{a_x} \pm \sqrt{\frac{4V_0^2}{a_x^2} + \frac{8S}{a_x}}}{2}$$

$$t_{1,2} = -\frac{V_0}{a_x} \pm \sqrt{\frac{V_0^2}{a_x^2} + \frac{2S}{a_x}}$$

$$T = \boxed{t_1 = -\frac{V_0}{a_x} - \sqrt{\frac{V_0^2}{a_x^2} + \frac{2S}{a_x}}},$$

$$\text{згд } a_x = -g (\sin(\alpha) + \mu \cos(\alpha))$$

② Второй опыт

$$\text{II ЗН: } N = mg \cos(\alpha)$$

$$\text{II ЗН: } ma = -mg \sin(\alpha) - \mu N \Rightarrow$$

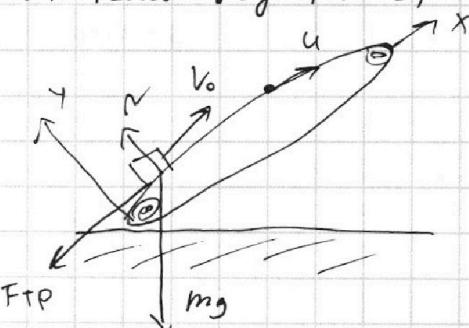
$$\Rightarrow a_x = -g (\sin(\alpha) + \mu \cos(\alpha))$$

$$\text{З-к движении: } V_x = V_0 + a_x t;$$

$$V_x = u = V_0 + a_x t; \quad t = \frac{u - V_0}{a_x}$$

Это верно при $V \geq u$ т.е. $V_{min} > 0$

t_2 соответствует
обратному движению \Rightarrow
 \Rightarrow начало бегуще t_1 ,





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

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

① Первый случай

З-и движения:

$$V_x = at$$



$$\text{II зи осб } x: ma = F \cos(\alpha) - \mu N$$

N - сила реакции опоры
m - масса саней
a - ускорение

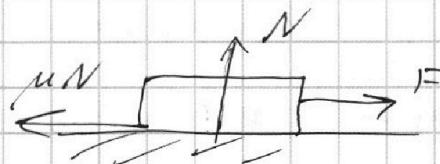
$$\text{II зи осб } y: 0 = N + F \sin(\alpha) - mg; N = mg - F \sin(\alpha)$$

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

② Второй случай

$$\text{II зи: } ma = F - \mu N$$

$$\text{II зи: } 0 = N - mg; N = mg$$



$$ma = F - \mu mg$$

$$\text{З-и движения: } V_x = at \quad \text{T.к. } V_x \text{ однозначное } \Rightarrow \text{a const}$$

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

$$1 - \mu \cos(\alpha) = \cos(\alpha) + \mu \sin(\alpha); \mu \sin(\alpha) = 1 - \cos(\alpha)$$

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

③

Сани останавливаются, когда $V_x = 0$

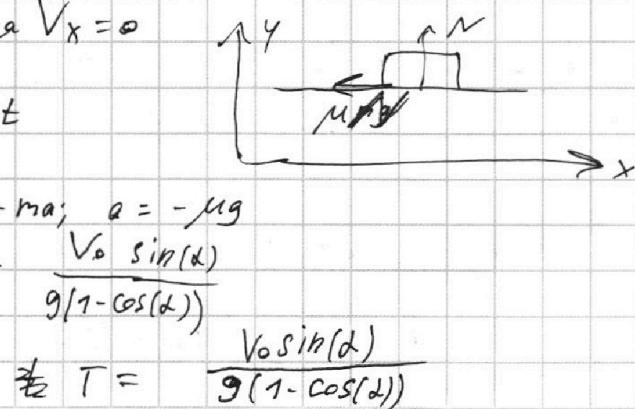
$$\text{З-и движения: } V_x = V_0 + at$$

$$\text{II зи: } \mu N = -ma?$$

$$\text{II зи: } N = mg \quad \mu mg = -ma; a = -\mu g$$

$$V_0 - \mu g t = 0; t = \frac{V_0}{\mu g} = \frac{V_0 \sin(\alpha)}{g(1 - \cos(\alpha))}$$

$$\text{Отвем: } \mu = \frac{1 - \cos(\alpha)}{\sin(\alpha)}$$



$$\boxed{t = \frac{V_0 \sin(\alpha)}{g(1 - \cos(\alpha))}}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



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

$$\eta = \eta - \frac{Q_x}{Q_H} = \frac{A_f}{Q_H}$$

Q_x - тепло переданное
от системы
 Q_H = тепло переданное
системе

~~$dA_{23} = -VR\Delta T \Rightarrow A_{23} = -VR\Delta T$~~

~~$A_{23} = VR(4 - 2^{0.5})T$~~

~~$A_{12} =$~~

Q_H Система получает тепло только от B (1-2)

$$\text{I HTD: } Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12} = Q_H$$

$$P_{\text{жид}} \frac{P_i}{V_i} = \text{const} = \frac{P}{V}$$

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} VR\Delta T = \frac{9}{2} VRT_1$$

$$A_{12} = \int P \cdot dV =$$

$$Q_{12} = 4,5 VRT_1 + 7,5 VRT_1 = [6 VRT_1]$$

$$= \int_{V_1}^{2V_1} \frac{P_i}{V_i} V dV = \frac{P_i}{V_i} \frac{(2V_1)^2 - V_1^2}{2} =$$

$$Q_x = Q_{23} + Q_{31}$$

$$= \frac{P_i}{V_i} \cdot \frac{3V_1^2}{2} = 7,5 P_i V_1$$

$$Q_{23} = \cancel{A_{23} + Q_{23}} C \cdot V \Delta T = 0,5 RV(2^{0.5} - 4) T_1$$

$$[1,5 VRT_1]$$

$$= 0,5 R C (2^{0.5} - 2) VRT_1 ; |Q_{23}| = (2 - \sqrt{2}) VRT_1$$

$$Q_{31} = C V \Delta T_1 = 2,5 VR(T_1 - 2^{0.5} T_1) ; |Q_{31}| = (2^{0.5} - 1) 2,5 VRT_1$$

$$\eta = \eta - \frac{Q_x}{Q_H} = 1 - \frac{Q_{31} + Q_{23}}{Q_{31} + Q_{23}}$$
 ~~$6 VRT_1$~~

$$= 1 - \frac{2,5(2^{0.5} - 1) + (2 - \sqrt{2})}{6}$$

$$= 1 - \frac{2,5 \cdot 2^{0.5} - 0,5 - \sqrt{2}}{6}$$

Ответ: $\eta = 1 - \frac{2,5 \cdot 2^{0.5} - 0,5 - \sqrt{2}}{6}$

$$A_{12} = 7,5 VRT_1 = 7,5 \cdot 8,31 \cdot 400 = [600 \cdot 8,31] \approx 5000 \text{ гм}$$



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

N4 (продолжение)

Построим статикальный график

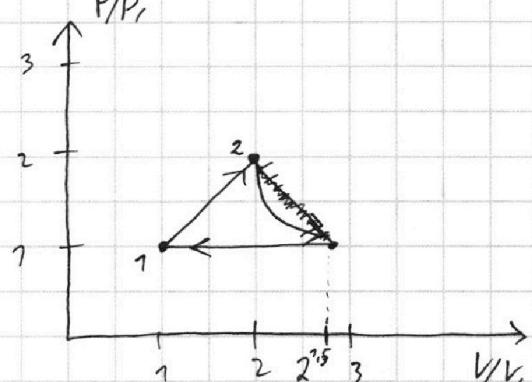
$$\text{Из пункта 1 } P_2 = 2P_1, \\ V_2 = 2V_1$$

$$\frac{P}{V} = \text{const} \Rightarrow \text{это прямая}$$

Процесс 2-3

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

каспидон + угл. коэффициенты



$$\frac{2P_1 \cdot 2V_1}{P_2} = \sqrt{RT_2} ; \quad P_1V_1 = VRRT_1$$

$$\frac{P_3V_3}{P_1V_1} = 2^{1.5}$$

$$P_3V_3 = VRRT_3 = 2^{1.5} VRRT_1$$

$$\frac{P_3V_3}{P_1V_1} = 8 \frac{V_1}{V_3} \Rightarrow V_3$$

$$2^{1.5} = 8 \frac{V_1}{V_3} ; \quad V_3 = \frac{2^{3}}{2^{1.5}} V_1 = 2^{1.5} V_1$$

$$P_3V_3^2 = 8P_1V_1^2 ; \quad P_3 \cdot (2^{1.5} V_1)^2 = 8P_1V_1^2 ;$$

$$P_3 \cdot 2^3 = 8P_1 ; \quad P_3 = P_1 \frac{\text{const}}{V^2}$$

$$\eta = 1 - \frac{Q_x}{Q_H} = \frac{A_r}{Q_H}$$

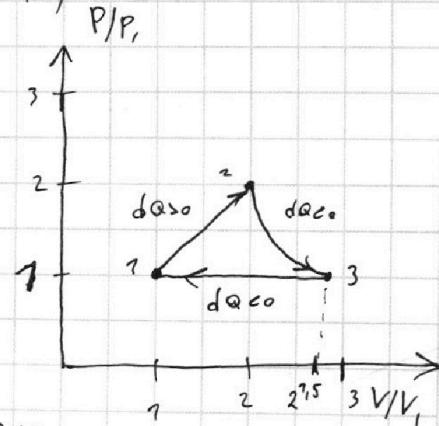
I KTD граф 2-3: $Q = \Delta U + A$

$$dQ = dU + dA, \quad dU = \frac{3}{2} VRdT$$

$$dQ = C \cdot VRdT = 0.5 VRdT$$

$$VR \quad 0.5 VRdT = 1.5 VRdT + dA; \quad dA = - VRdT$$

$$dQ = \frac{3}{2} VRdT + dA = \frac{3}{2} VRdT - VRdT = 0.5 VRdT, \quad \text{но } T \text{ уменьшился} \\ \Rightarrow dA < 0$$





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!

N4

Т.к. 2-й однократный $\Rightarrow i = 3$ (свободы)

$C = \text{const}$ в полиграфических процессах т.е. $PV^n = \text{const}$

$$C = \frac{iR}{2} + \frac{R}{1-n} \quad - \text{Изотермическая температура в зависимости от } n$$

$$\text{Так } i = 3 : \quad C = 1,5R + \frac{R}{1-n}$$

$$\text{Процесс 1-3} \quad C = 2,5R = 1,5R + \frac{R}{1-n} ; \quad n = \frac{1}{1-n}$$

$$PV^0 = \text{const} \Rightarrow [1-3 - \text{изобары}] \quad 1-n = 1; \quad n = 0$$

Процесс 1-2

$$C = 2R = 1,5R + \frac{R}{1-n} ; \quad 0,5 = \frac{1}{1-n} ; \quad 0,5 - 0,5n = 1 \\ -0,5n = 0,5 \\ n = -1$$

$$[PV^{-1} = \text{const}]$$

Процесс 2-3

$$C = 0,5R = 1,5R + \frac{R}{1-n} ; \quad -1 = \frac{1}{1-n} ; \quad 1-n = -1 \\ n = 2$$

~~$A_{12} = P \Delta V \quad (\text{т.к. } P = \text{const})$~~

Процесс 1-2 Квазивирон-Клоденхефа + упр-е полиграфики

$$\left\{ \begin{array}{l} P_1 V_1 = VRT_1 \\ P_2 V_2 = VRT_2 = 4VRT_1 \\ \frac{P_1}{V_1} = \frac{P_2}{V_2} ; \quad \frac{P_2}{P_1} = \frac{V_2}{V_1} \end{array} \right. \quad \frac{P_2 V_2}{P_1 V_1} = 4 \Rightarrow \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^2 = 4 \\ \frac{P_2}{P_1} = 2 \\ \frac{V_2}{V_1} = 2$$

$$\text{I KTD: } dQ = \delta Q = dU + dA ; \quad Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12}$$

$$\Delta U_{12} = \frac{1}{2} (VRT_2 - VRT_1) = \frac{3}{2} \cdot 3VRT_1 = \frac{9}{2} VRT_1 = 4,5 VRT_1$$

$$Q_{12} = C \cdot V \cdot \Delta T = 3 C V T_1 = 6 VRT_1$$

$$A_{12} = Q_{12} - \Delta U_{12} = 6 VRT_1 - 4,5 VRT_1 = [1,5 VRT_1]$$

- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <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 |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|

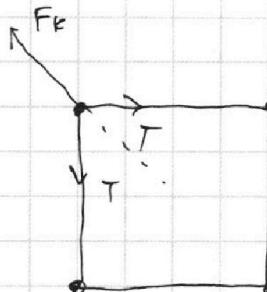


Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

N 5

1) В силу симметрии все массы
одинаково контактируют

$$\sum F_K \parallel z_k: \sum F_K = 2T \cos(45^\circ) = \sqrt{2} T$$



$$\sum F_{Kz} = 2 \frac{kq^2}{b^2} \cos(45^\circ) + \frac{kq^2}{(\sqrt{2}b)^2} = \sqrt{2} \frac{kq^2}{b^2} + \frac{kq^2}{2b^2} = \frac{kq^2}{b^2} \left(\frac{1}{2} + \sqrt{2} \right)$$

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

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

2) **N.B.** Разделим шариками две системы

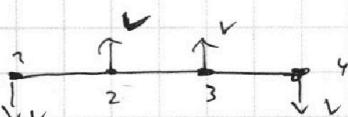
2 верхних
2 нижних

по 3 зк. Использовать силу F_3 - я равна 0 и т.к. масса равна \Rightarrow

\rightarrow скорости системы одинаковы, а в силу симметрии
у всех шариков одинаковые скорости

$$3) E_K = E_K + T.K. A_{sh} = 0$$

$$E_K = \sum W_{ij} = \frac{\sum q_i q_j}{2}$$



$$\text{Формула} \quad \Phi_{\text{удал}} = 2 \frac{kq}{b} + \frac{kq}{\sqrt{2}b} = \frac{kq}{b} \left(2 + \frac{1}{\sqrt{2}} \right)$$

$$\frac{\sum q_i q_j}{2} = 4 \cdot \frac{kq^2}{2b} \left(2 + \frac{1}{\sqrt{2}} \right) = \frac{4kq^2}{b} \left(1 + \frac{1}{2\sqrt{2}} \right) = E_{\text{п0}}$$

Проверь когда шарикки на одной прямой

$$E_K = \sum W_{ij} = \frac{\sum q_i q_j}{2}; \quad \Phi_{\text{удал}} = \frac{kq}{b} \left(1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} \right) \text{ вр}$$

$$E_K = \frac{2}{2} \sum q_i q_j (q \cdot \Phi_{\text{удал}} + q \Phi_{\text{вр}}) \quad \Phi_{\text{шариков}, 2, 3} = \frac{kq}{b} \left(2 + \frac{1}{2} \right) = 2,5 \frac{kq}{b}$$

$$= \frac{kq^2}{b} \left(3 + 1 + \frac{1}{3} \right) = \frac{kq^2}{b} \left(4 + \frac{1}{3} \right)$$



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!

N5 (Предложение)

$$3(3): E_{\text{п.}} = E_0 = E_K$$

$$E_{\text{п.}} = E_{\text{п.к.}} + E_{\text{кин.}}$$

$$\frac{4kq^2}{8} \left(1 + \frac{1}{2\sqrt{2}}\right) = \frac{kq^2}{8} \left(4 + \frac{1}{3}\right) + 4 \cdot \frac{mv^2}{2}$$

$$2mv^2 = \frac{kq^2}{8} \left(4 + \sqrt{2} - 4 \cdot \frac{1}{3}\right) = \frac{kq^2}{8} \left(\sqrt{2} - \frac{1}{3}\right)$$

$$v^2 = \frac{kq^2(\sqrt{2} - \frac{1}{3})}{2mb} ; v = \sqrt{\frac{kq^2(\sqrt{2} - \frac{1}{3})}{2mb}}$$

3) Т.к. все силы внутренние \Rightarrow Ч.м. покажется \Rightarrow

\Rightarrow когда все заряды на одной прямой, эта прямая проходит через ч.м \Rightarrow русалка

В Видно, что верхние

заряды сместились на $\boxed{\sqrt{5}/8}$



$$\text{Ответ: } T = \frac{kq^2}{8^2} \left(1 + \frac{1}{2\sqrt{2}}\right)$$

$$\sqrt{2} = \frac{kq^2}{8}$$

$$V = \sqrt{\frac{kq^2(\sqrt{2} - \frac{1}{3})}{2mb}}$$

$$d = \sqrt{5}/8$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1

2

3

4

5

6

7

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

МФТИ

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

Черновик

$$V_{\min}^2 = g(b + \sqrt{b^2 + s^2})$$

$$h=0$$

$$V_0^2 = gs$$

$$L = \frac{V_0^2 \sin(2\theta)}{g} = t$$

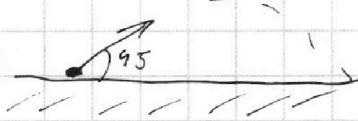
$$V_0 = Lg$$

$$gT^2 = b + \sqrt{b^2 + s^2}$$

$$g^2 T^4 = b^2 + b^2 + s^2 + 2b\sqrt{b^2 + s^2}$$

$$g^2 T^4 = 2b^2 + s^2 + 2b\sqrt{b^2 + s^2} =$$

$$g^2 T^4 - s^2 = 2b \underbrace{(b + \sqrt{b^2 + s^2})}_{gT^2}$$



$$2b = \frac{g^2 T^4 - s^2}{gT^2}$$

$$= \boxed{gT^2 - \frac{s^2}{gT^2}}$$

Также ~~или~~ $P = \text{const}$

$$C = \frac{i+2}{2} R \quad Q = \Delta U + A = \underbrace{\frac{i}{2} VR_{\Delta}T + P_{\Delta}V}_{PV = CRT}$$

$$\begin{cases} PV^n = \text{const} \\ T^{n-1} = \text{const} \end{cases}$$

$$P = \frac{VRT}{V} = \text{const} \quad \frac{1}{2}(P_{\Delta}V) + P_{\Delta}V = \frac{i+2}{2} P_{\Delta}V = \frac{i+2}{2} R$$

$$\text{Тогда адиабатич. } n = \frac{i+2}{i}$$

$$PV = VRT; \quad R \frac{T}{V} = \text{const}$$

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

$$T = \frac{PV}{DR} \Rightarrow PV$$

$$\frac{iR}{2} + \frac{R}{\frac{i+2}{i}} = \frac{iR}{2} + \frac{iR}{i+2} = \frac{iR}{2} + \frac{iR}{2}$$

$$\text{Тогда } P = \text{const} \quad n = \infty$$

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!

$$dQ = dU + \underbrace{dT}_{>0}$$

$$dQ = \frac{3}{2}VRdT + PdV$$

$$PV = VR\bar{T}$$

$$dQ = \frac{3}{2}PdV + VdP + PdV$$

$$dQ = \frac{5}{2}PdV + VdP$$

$$PdV + VdP = VRdT$$

$$dT = \frac{PdV + VdP}{VR}$$

$$(x^2)' = 2x$$

$$(x^{-2})' = -2x^{-3}$$

$$\frac{5}{2}PdV + VdP > 0; \quad \frac{5}{2}PdV > -VdP$$

$$\frac{5}{2}\frac{P}{V} + \frac{dP}{dV} < 0$$

$$\frac{5}{2}\frac{P_1}{V_1} + \frac{dP}{dV} = -2\frac{V_1}{V_1^2}$$

$$\frac{P_1}{V_1} + \frac{dP}{dV} = -2\frac{V_1}{V_1^2}$$

$$P = \frac{\text{const}}{V^2}$$

$$\frac{dP}{dV} = (\text{const} V^{-2})' = -2 \text{const} \cdot V^{-3}$$

$$\text{const} = P_1 V_1^{-2}$$

$$\frac{dP}{dV} = -2 \frac{P_1 V_1^{-2}}{V_1^3}$$

$$Q = \Delta U + A$$

$$dT = dT(PdV + VdP)$$

$$dQ = C \cdot dT = 0,5(PdV + VdP) = \frac{3}{2}(PdV + VdP) + A$$