



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.

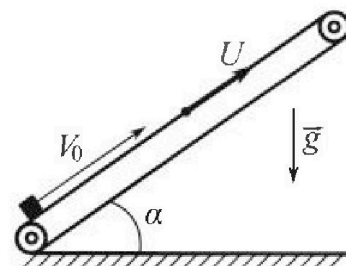
1) Найдите начальную скорость V_0 мяча.

2) Теннисист посылает 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 $g = 10$ м/с². 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 $V_0 = 4$ 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 $S = 1$ м?

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

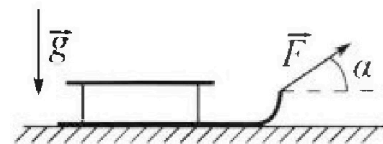
2) На каком расстоянии L от точки старта скорость коробки во втором опыте будет равна $U = 2$ м/с?

3) На какой высоте H , отсчитанной от точки старта, скорость коробки во втором опыте станет равной нулю? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Все кинематические величины измерены в лабораторной системе отсчета.

3. Санки дважды разгоняют из состояния покоя до одной и той же 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 .

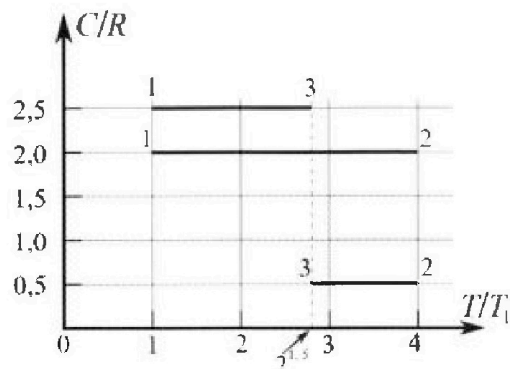
Санки находятся на горизонтальной поверхности. Движение санок прямолинейное.

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-01

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

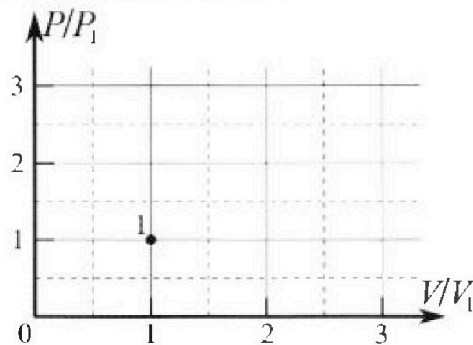
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной R) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1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



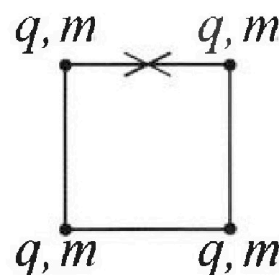
5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной b (см. рис.). Масса каждого шарика m , заряд q .

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 рас стоянии d от точки старта будет находиться в этот момент любой из двух шариков, изначально расположенных сверху (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
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

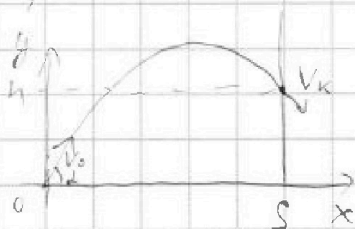
МФТИ

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

л 1.

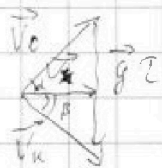
1) Мяч достигнет максимальной высоты, когда его скорость станет равна нулю. Тогда $V_0 = gT = 20.4 \text{ м/с}$

2)



Посмотрим преобразования скоростей

V_k - конечная скорость,



α, β - углы $\vec{V}_0$ и $\vec{V}_k$ к горизонту

V_x - проекция V_0 и V_k на Ox

Запишем уравнения:

T - общее время полета

$$V_0 \cdot \cos \alpha = V_k = V_k \cdot \cos \beta \Rightarrow V_k = \frac{V_0 \cos \alpha}{\cos \beta}$$

$$\frac{1}{2} V_k \cdot g \cdot T = \frac{1}{2} V_0 \cdot V_k \cdot \frac{\sin}{\cos} (\alpha + \beta) \quad - \text{исходя из преобразования}$$

$$S \cdot g = V_0 V_k \cdot \frac{\sin}{\cos} (\alpha + \beta) = V_0^2 \cdot \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} \cdot (\sin \alpha \cos \beta + \sin \beta \cos \alpha) =$$

$$= V_0^2 \sin \alpha \cos \alpha + V_0^2 \cos^2 \alpha \operatorname{tg} \beta;$$

$$\frac{Sg - V_0^2 \sin \alpha \cos \alpha}{V_0^2 \cos^2 \alpha} = \operatorname{tg} \beta;$$

$$\frac{mV_0^2}{2} \equiv mgh + \frac{mV_k^2}{2} \quad - \text{закон сохранения энергии, } m - \text{масса мяча}$$

$$V_0^2 = 2gh + V_0 \frac{\cos^2 \alpha}{\cos^2 \beta} = 2gh + V_0^2 \cos^2 \alpha (1 + \operatorname{tg}^2 \beta)$$

$$V_0^2 - V_0^2 \cos^2 \alpha = 2gh + V_0^2 \cos^2 \alpha \cdot \operatorname{tg}^2 \beta$$

$$V_0^2 \sin^2 \alpha = 2gh + \frac{(Sg - V_0^2 \sin \alpha \cos \alpha)^2}{V_0^2 \cos^2 \alpha}$$

$$\frac{V_0^4 \sin^2 \alpha \cos^2 \alpha - S^2 g^2 + 2SgV_0^2 \sin \alpha \cos \alpha - V_0^4 \sin^2 \alpha \cos^2 \alpha}{V_0^2 \cos^2 \alpha} = 2gh$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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

$$\frac{2sgV_0^2 \sin \alpha \cos \alpha - s^2 g^2}{V_0^2 \cos^2 \alpha} = 2gh$$

$$s \cdot \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} - \frac{s^2 g}{2V_0^2 \cos^2 \alpha} = h$$

$$h = 20 \cdot \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} - \frac{20^2 \cdot 10}{2 \cdot 20^2 \cdot \cos^2 \alpha} = 20 \operatorname{tg} \alpha - 5 \cdot \frac{1}{\cos^2 \alpha} = 20 \operatorname{tg} \alpha - 5 \operatorname{tg}^2 \alpha - 5$$

Чтобы h был максимальным, $\operatorname{tg} \alpha = \frac{-20}{2(-5)} = 2$

$$h = 20 \cdot 2 - 5 \cdot 4 - 5 = 15 \text{ м}$$

Ответ: 1) 20 м/с; 2) 15 м.

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

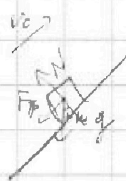
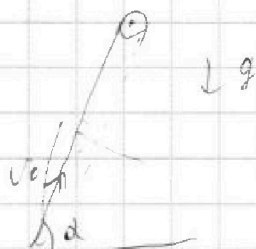
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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)



$$N = \cos \alpha \cdot mg = 0,6 mg$$

$$F_{\text{тр}} = \mu N = 0,2 mg$$

$$m a_1 = F_{\text{тр}} + mg \sin \alpha = (0,2 + 0,8) mg$$

$$a_1 = g$$

$$S = v_0 T - \frac{g T^2}{2}; \quad 1 = 4T - 5T^2; \quad 5T^2 - 4T + 1 = 0$$

$$\frac{D}{4} = 4 - 5 = -1 < 0 \Rightarrow \text{коробка не дойдёт до 1 м. уровня}$$

После остановки она пройдёт путь $S_1 = \frac{v_0^2}{2g} = \frac{4}{5} \text{ м}$, достигая

$$\frac{1}{5} \text{ м.} \quad \frac{1}{5} = \frac{g}{2} T'^2 \Rightarrow T'^2 = \frac{1}{2,5} \Rightarrow T' = \sqrt{0,4} \text{ с, ещё время -}$$

$$T = T_0 + T' = 0,6 \text{ с.}$$

2) Пока лента движется вверх медленнее, чем коробка, те силы, действующие на коробку, не изменяются.

После ускорения коробки всё ещё $a_1 = g$.

$$L = \frac{v_0^2 - v_2^2}{2g} = \frac{16 - 4}{20} = \frac{12}{20} = \frac{3}{5} \text{ м}$$

3) Если скорость коробки меньше u , то коробка движется вниз отн. ленты, и $F_{\text{тр}}$ направлена вверх



$$F_{\text{тр}} = 0,2 mg;$$

$$m a_2 = mg - F_{\text{тр}} = 0,8 mg \Rightarrow a_2 = 0,8 g$$

$$L = \frac{u^2 - 0^2}{2 \cdot 0,8 g} = \frac{4}{16} = \frac{1}{2} \text{ м}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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

$$L_{\text{общ}} = L + L' = \frac{5}{5} + \frac{1}{3} = \frac{14}{15} \text{ м}$$

$$H = L_{\text{общ}} \cdot \sin \alpha = \frac{14}{15} \cdot 0,8 = \frac{14 \cdot 4}{15 \cdot 5} = \frac{56}{75} \text{ м}$$



Ответ. 1) 0,60; 2) $\frac{3}{5}$ м; 3) $\frac{56}{75}$ м.

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

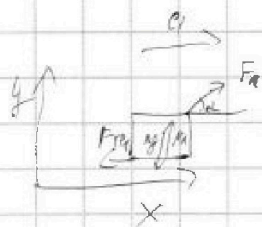
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

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

МФТИ

№3.

1) Первый случай:



m - масса саней, N_1 - сила реакции опоры
 $F_{тр1}$ - сила трения, a - ускорение саней

$$\text{по оси } y: mg - N_1 - F \sin \alpha = 0$$

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

$$\text{по оси } x: F \cos \alpha - F_{тр1} = ma$$

$$F_{тр1} = N_1 \cdot \mu = \mu mg - \mu F \sin \alpha$$

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

Второй случай:



N_2 - сила реакции во втором случае

$F_{тр2}$ - сила трения во 2-ом случае

Ускорение саней a такое же, поскольку

они разогнаны за то же время до той же скорости

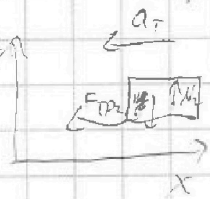
$$\text{по оси } y: mg - N_2 = 0 \Rightarrow N_2 = mg$$

$$\text{по оси } x: F - F_{тр2} = ma; \quad F_{тр2} = \mu N_2 = \mu mg$$

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

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

2) 3)



a_T - ускорение, с которым заведется санки

$$F_{тр3} = ma_T = \mu mg \Rightarrow a_T = \mu g$$

$$T = \frac{V_0}{a_T} = \frac{V_0}{\mu g} = \frac{V_0 \sin \alpha}{(1 - \cos \alpha) g}$$

$$\text{Ответ: 1) } \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}; \quad 2) \frac{V_0 \sin \alpha}{(1 - \cos \alpha) g}$$

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!

нч.

$$\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T$$

$$Q = A + \Delta U = C_M \cdot \nu \cdot$$

$$Q = A + \Delta U = C \cdot \nu \cdot \Delta T$$

$$A + \frac{3}{2} \nu R \Delta T = \frac{C}{R} \cdot \nu \cdot R \cdot \Delta T$$

$$A = \nu R \Delta T \cdot \left(\frac{C}{R} - 1,5 \right)$$

ΔU - изменение внутренней энергии,

ν - кол-во вещества (в молях)

A - работа газа

C - теплоемкость, которую подводит газ

ΔT - разность температур.

$$1) A_{12} = \nu R (T_2 - T_1) \left(2 - 1,5 \right) = \nu R \cdot 0,5 = 8,31 \cdot (4T_1 - T_1) \cdot 0,5 = 8,31 \cdot 3 \cdot 0,5 \cdot 400 =$$

$$= 600 \cdot 8,31 = 5 \cdot 831 = 4155 \text{ Дж}$$

2) Температура газа растет на участке 1-2, падает на 2-3 и 3-1,
а поскольку теплоемкость всегда положительная, на участке
1-2 тепло подводится, 2-3 и 3-1 - тепло забирают у газа.

$$Q_{12} = (T_2 - T_1) \cdot \nu R \cdot \frac{C_{12}}{R} = 3 \cdot 1 \cdot 8,31 \cdot 2 \cdot 400 = 6 \cdot 8,31 \cdot 400 = 19924 =$$

$$= 19924 \text{ Дж} = 3 T_1 \cdot \nu R \cdot 2 = 6 T_1 \nu R$$

$$Q_{23} = (T_3 - T_2) \cdot \nu R \cdot \frac{C_{23}}{R} = (2^{0,5} - 4) \cdot T_1 \cdot 8,31 \cdot 0,5 = (2^{0,5} - 2) \cdot T_1 \cdot 8,31 =$$

$$Q_{31} = (T_1 - T_3) \cdot \nu R \cdot \frac{C_{31}}{R} = (1 - 2^{0,5}) \cdot T_1 \cdot 8,31 \cdot 2,5 = 5 \cdot 8,31 \cdot T_1 \cdot (1,5 - 2^{0,5})$$

$Q_1 = Q_{12}$ - подводимое тепло

$$Q = Q_{12} + Q_{23} + Q_{31} = 8,31 \cdot T_1 \cdot \left(2 \cdot 2^{0,5} - 2 + 2,5 - 5 \cdot 2^{0,5} \right) =$$

$$= 8,31 \cdot T_1 \cdot (0,5 - 4\sqrt{2}) = 8,31 \cdot T_1 \cdot (-5,61) = -46,54 \cdot T_1$$

$$= -46,54 \cdot (25,11) = -1178,5 \text{ Дж} - отводимое тепло$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

МФТИ

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



$$\eta = \frac{Q_+ + Q_-}{Q_+} = \frac{10024 - 10025}{10024} = \frac{8,17}{8} = 1,022 \approx 1 - \frac{4\sqrt{2} - 0,5}{6} = 1 - \frac{8\sqrt{2} - 1}{12} = \frac{13 - 8\sqrt{2}}{12}$$

3) $C_p = \frac{5}{2} R$ C_p - постоянная теплоемкости

Процесс изобарный процесс

$$\mu = \frac{3}{2} OR \Delta T$$

$$A = P \cdot \Delta V = \Delta(PV) = OR \Delta T$$

$$Q = \frac{5}{2} OR \Delta T = \frac{C_p}{R} \cdot OR \Delta T \Rightarrow \text{изобарный процесс,}$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow V_2 = 2^{1,5} V_1$$

Получим на участке 1-2 $P(V) = C \cdot V^k$, где C, k - константы.

$$\text{Получим } A_{12} = \int_{V_1}^{V_2} C \cdot V^k \cdot dV = \left. \frac{C}{k+1} \cdot V^{k+1} \right|_{V_1}^{V_2} = \frac{C}{k+1} (V_2^{k+1} - V_1^{k+1})$$

$$\text{С другой стороны, } A_{12} = Q_{12} - \Delta U_{12} = 0,5 \cdot OR \Delta T = 0,5 \cdot \Delta(PV) = 0,5$$

$$= 0,5 (C V_2^{k+1} - C V_1^{k+1})$$

$$\frac{C}{k+1} (V_2^{k+1} - V_1^{k+1}) = 0,5 C (V_2^{k+1} - V_1^{k+1})$$

$$2 = k+1 \Rightarrow k=1$$

$$\text{Получим } P = C V; \quad \frac{P}{P_1} = \frac{C V}{C V_1} = \frac{C \cdot V_1}{P_1} \cdot \frac{V}{V_1} \Rightarrow \frac{C \cdot V_1}{P_1} = 1$$

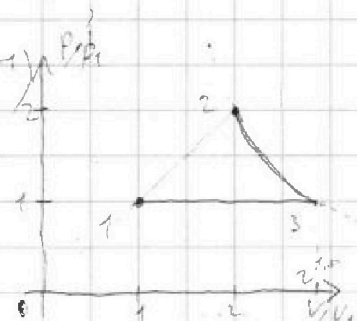
$$PV = ORT; \quad P_1 V_1 = ORT_1, \quad P_2 V_2 = ORT_2 = 4 ORT_1$$

$$C V_1^2 = ORT_1, \quad C V_2^2 = 4 ORT_1 \Rightarrow V_2 = 2 V_1$$

Аналогично, если на участке 2-3 $P(V) = C' \cdot V^{k'}$

$$A_{23} = \frac{C'}{k'+1} (V_3^{k'+1} - V_2^{k'+1}) = -C' (V_3^{k'+1} - V_2^{k'+1})$$

$$\frac{1}{k'+1} = -1 \Rightarrow k' = -2$$



$$\text{Получим } P = \frac{OR}{V^2} \Rightarrow \frac{12 - 8\sqrt{2}}{12}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

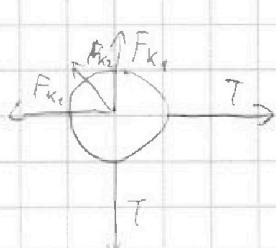
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

МФТИ

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

NS.

1) Рассчитать силы, действующие на каждую шарик



F_{k1} - силы Кулона от двух соседей,

F_{k2} - от противоположного шарика

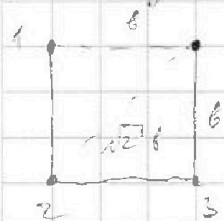


$$F_{k1} = k \cdot q^2 \cdot \frac{1}{b^2}, \quad F_{k2} = k \cdot q^2 \cdot \frac{1}{2b^2}$$

$$T = F_{k1} + \sin 45^\circ F_{k2} = k \cdot q^2 \cdot \frac{1}{b^2} \left(1 + \frac{\sqrt{2}}{2} \right) = \frac{4 + \sqrt{2}}{4} \cdot \frac{k \cdot q^2}{b^2}$$

2) На любой шарик действуют только 2 силы - поперечная сила Кулона и сила натяжения нити T . Если нить пере-
счит, то $T=0 \rightarrow A=0$, иначе шарик движется по окружности
перпендикулярно нити, и $A=0$.

Тогда на шарик только сила Кулона.



Рассмотрим правый верхний шарик.

$$\text{В нити } E_{n1} = q \cdot (\varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3) = q^2 k \cdot \left(\frac{1}{b} + \frac{1}{b} + \frac{1}{\sqrt{2}b} \right),$$

$$\text{В нити } E_{n2} = q^2 k \cdot \left(\frac{1}{b} + \frac{1}{2b} + \frac{1}{3b} \right)$$

$$E_{n1} = E_{n2} + E_k$$

$$E_k = q^2 k \cdot \left(\left(\frac{1}{b} + \frac{1}{b} + \frac{1}{\sqrt{2}b} \right) - \left(\frac{1}{b} + \frac{1}{2b} + \frac{1}{3b} \right) \right) = q^2 k \cdot \left(\frac{\sqrt{2}+1}{b\sqrt{2}} - \frac{5}{6b} \right) = q^2 k \cdot \left(\frac{\sqrt{2}+6}{6\sqrt{2}b} \right)$$

$$E_k = \frac{mv^2}{r} \Rightarrow v^2 = \frac{2}{m} \cdot q^2 k \cdot \frac{\sqrt{2}+6}{6\sqrt{2}b}$$

$$v = \sqrt{\frac{q^2 k (\sqrt{2}+6)}{3\sqrt{2} m b}}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

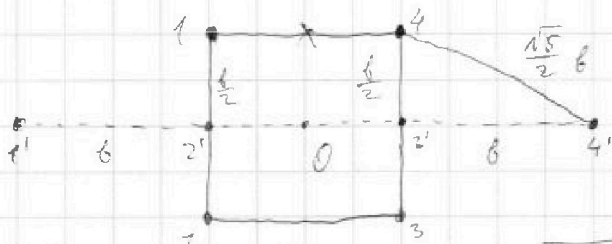
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

МФТИ

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



- 3) Для системы из 4 шаров все силы являются консервативными,
все силы, действующие на шары, являются парными,
следовательно, их векторная сумма равна нулю. Тогда
центр масс остается неподвижным. Тогда 1 и 4 шары
перемещаются на $\frac{\sqrt{5}}{2} b$.



Ответ: 1) $\frac{4+\sqrt{2}}{4} \cdot \frac{kq^2}{b^2}$; 2) $\sqrt{\frac{q^2 k (\sqrt{2}+6)}{3\sqrt{2} m b}}$; 3) $\frac{\sqrt{5}}{2} b$



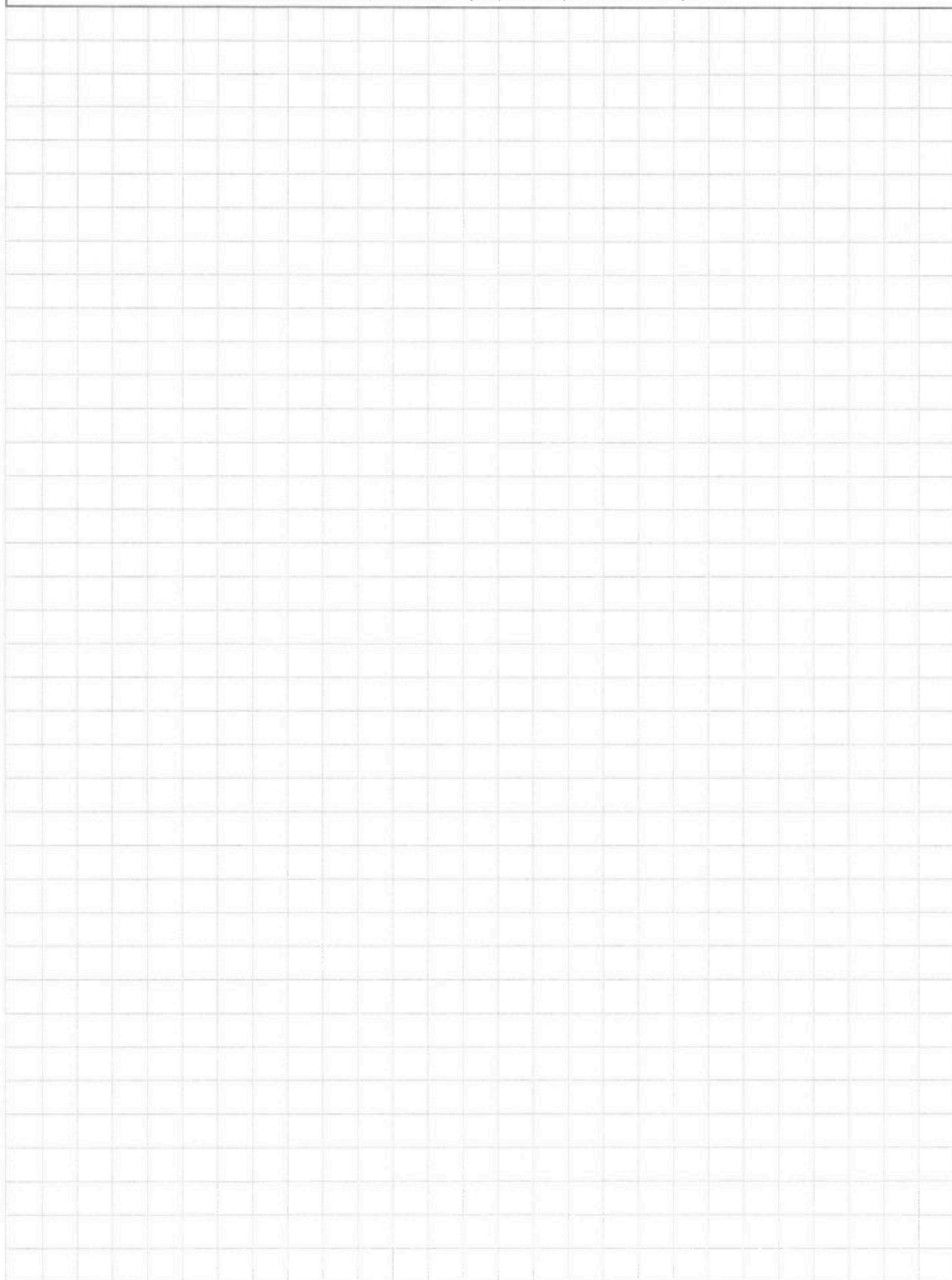
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

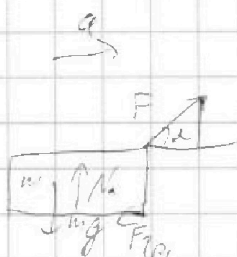
Отметьте крестиком номер задачи,

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!



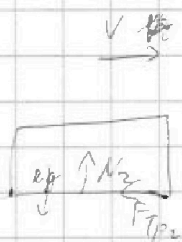
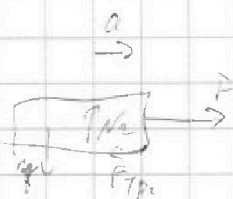
$$mg = N + F \sin \alpha$$

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

$$F \cos \alpha - F_{Tp} = ma$$

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

$$mg = N \quad F_{Tp} = \mu mg \quad F - \mu mg = ma$$



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

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

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

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

$$a_T = \mu g$$

$$T = \frac{V_0}{a_T} = \frac{V_0}{\mu g} = \frac{V \sin \alpha}{g(1 - \cos \alpha)}$$

$$\frac{29}{3} = \frac{29 \frac{2}{3}}{2}$$

$$\Delta u = \frac{1}{2} V R \Delta T = \frac{1}{2} \Delta (PV)$$

$$\text{используем: } \Delta u = \frac{1}{2} V R \Delta T = \frac{1}{2} \Delta (PV) = \frac{1}{2} P \Delta V$$

$$A = \int_{V_1}^{V_2} P(V) dV$$

$$A = P_0 \Delta V$$

$$B = \frac{1+2}{2} P_0 \Delta V = \frac{1+2}{2} V R \Delta T$$

$$C_p = \frac{5}{2} V R = 2,5 V R$$

$$C_p = \frac{1+2}{2} V R$$

$$C_v = 1,5 V R$$

используем

$$\Delta u = \frac{1}{2} V R \Delta T$$

$$A = 0$$

$$C_v = \frac{1}{2} V R$$



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!

$$\frac{C}{V} = k \cdot R$$

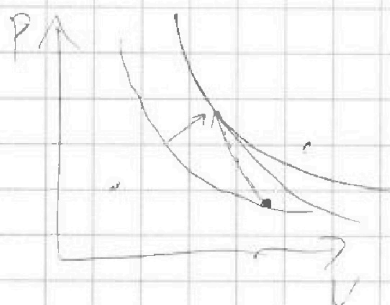
$$Q = C \cdot \Delta T$$

$$A = Q - \Delta U$$

$$C \cdot \Delta T - \frac{1}{2} C R \Delta T$$

$$A = Q - \Delta U = C R \Delta T \left(\frac{C}{R} - 1,5 \right) = -C R \Delta T = -\Delta(PV)$$

$$= 0,5 PV$$



$$P(V) = V^k$$

$$\int P dV = \frac{1}{k+1} V^{k+1}$$

$$PV = V^{k+1}$$

$$A_{32} = -\Delta(PV) = -\int P dV$$

$$= \left(V_2^{k+1} - V_1^{k+1} \right) = \frac{1}{k+1} \left(V_1^{k+1} - V_2^{k+1} \right)$$

$$\frac{1}{k+1} = -1$$

$$k+1 = -1 \Rightarrow k = -2$$

$$\int C V^{-2} dV = -\frac{C}{V}$$

$$P = C V^{-2}$$

4

$$P(V) = C \cdot V^k$$

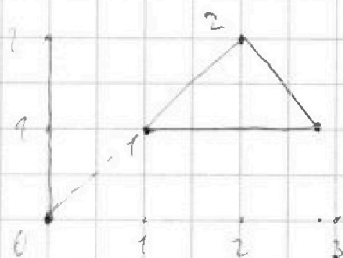
$$S = \frac{C}{k+1} V^{k+1}$$

$$PV = C V^{k+1}$$

$$0,5 = \frac{1}{k+1}$$

$$k+1 = 2$$

$$k = 1$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

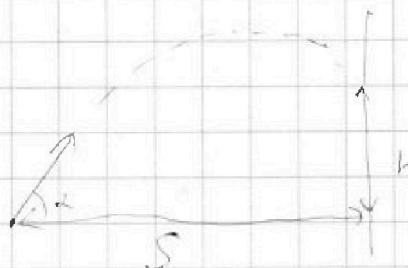
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порука QR-кода недопустима!

МФТИ



$$V_0 = gT$$

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



$\sin 0 = 0$	$\sin^2 0 = 0$
$\sin \frac{\pi}{2} = 1$	$\sin^2 \frac{\pi}{2} = 1$
$\sin \pi = 0$	$\sin^2 \pi = 0$
$\sin \frac{3\pi}{2} = -1$	$\sin^2 \frac{3\pi}{2} = 1$
$\sin 2\pi = 0$	

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

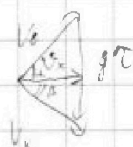
$$3 \cdot \cos 2\alpha - \cos 2\alpha \rightarrow \max, \alpha \in [0, \frac{\pi}{2}]$$

$$2 \cos 2\alpha - 2 \sin 2\alpha = 0$$

$$\sin \alpha - \cos \alpha \rightarrow \max, \alpha \in [0, \frac{\pi}{2}]$$

$$\cos \alpha + \sin \alpha = 0 \Rightarrow \alpha = \frac{3}{4}\pi$$

$$-\sin \alpha + \cos \alpha \leq 0$$



$$S = v_x T$$

$$v_x = \frac{v_0 \cos \alpha}{\cos \beta}$$

$$v_0^2 = 2gh + v_x^2$$

$$v_0^2 + v_0^2 = 2gh + v_{xy}^2 + v_x^2$$

$$S \cdot g = v_0 v_x \cdot \sin(\alpha + \beta)$$

$$v_x \cos \beta = v_0 \cos \alpha = v_y$$

$$Sg = v_0 v_x (\sin \alpha \cos \beta + \sin \beta \cos \alpha)$$

$$v_0^2 = 2gh + v_x^2$$

$$v_x = \frac{v_0 \cos \alpha}{\cos \beta}$$

$$Sg = v_0^2 \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} \cdot (\sin \alpha \cos \beta + \sin \beta \cos \alpha) = v_0^2 \sin \alpha \cos \alpha + v_0^2 \tan \beta \cos^2 \alpha$$

$$Sg = v_0^2 \sin \alpha \cos \alpha \tan \beta$$

$$\frac{v_0^2}{\cos^2 \alpha} = 2gh + v_0^2 \frac{\cos^2 \alpha}{\cos^2 \beta} = 2gh + v_0^2 \cos^2 \alpha (\tan^2 \beta + 1)$$

$$v_0^2 (1 - \cos^2 \alpha) = 2gh + v_0^2 \cos^2 \alpha \tan^2 \beta$$

$$v_0^2 \sin^2 \alpha = 2gh + Sg - v_0^2 \sin \alpha \cos \alpha$$

$$\frac{v_0^2}{2} (1 - \cos 2\alpha) + \frac{Sg}{2} = 2gh + Sg = v_0^2 \left(\frac{1}{2} + \frac{\sin 2\alpha - \cos 2\alpha}{2} \right)$$



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!

$$v_0^2 \sin^2 \alpha = 2gh + \frac{(Sg - v_0^2 \sin 2\alpha \cos \alpha)^2}{v_0^2 \cos^2 \alpha}$$

$$v_0^2 \sin^2 \alpha = \frac{S^2 g^2 - 2Sg v_0^2 \sin 2\alpha \cos \alpha + v_0^4 \sin^2 2\alpha \cos^2 \alpha}{v_0^2 \cos^2 \alpha} = 2gh$$

$\cos^2 \alpha$

0	1	0	1
$\frac{\pi}{2}$	0	0	0
π	-1	1	1
$\frac{3}{2}\pi$	0	0	0
2π	1	1	1

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

$$\begin{pmatrix} 3324 \\ 511 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 3324 \\ 3324 \\ 3324 \\ 16620 \\ 16620 \end{pmatrix}$$

$$v_0^4 \sin^2 \alpha \cos^2 \alpha = S^2 g^2 + 2Sg v_0^2 \frac{\sin 2\alpha}{2} - v_0^4 \sin^2 2\alpha \cos^2 \alpha = 2gh$$

$$v_0^2 \frac{1 + \cos 2\alpha}{2}$$

$$\frac{2Sg v_0^2 \sin 2\alpha - S^2 g^2}{v_0^2 (1 + \cos 2\alpha)} = 2gh$$

$$\frac{S \sin 2\alpha}{1 + \cos 2\alpha} - \frac{S^2}{2v_0^2 (1 + \cos 2\alpha)} = h \rightarrow \max$$

$$\left(\frac{2Sg v_0^2 \sin 2\alpha - S^2 g^2}{v_0^2 \cos^2 \alpha} = 2gh \right)$$

$$\left(\frac{S \sin 2\alpha}{\cos 2\alpha} \right)' = (S \sin 2\alpha)' \cdot \frac{1}{\cos 2\alpha} + S \sin 2\alpha \cdot \left(\frac{1}{\cos 2\alpha} \right)' =$$

$$= \frac{1}{\cos^2 2\alpha} + S \sin 2\alpha \cdot \left(-\frac{1}{\cos^2 2\alpha} \right) \cdot (-\sin 2\alpha) =$$

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

$$\frac{S \sin 2\alpha}{\cos 2\alpha} - \frac{S^2 g}{2v_0^2 \cos^2 2\alpha} = h \rightarrow \max$$

$$\begin{pmatrix} 831 \\ 4 \\ 3324 \end{pmatrix}$$

$$\frac{1 + S^2 \sin^2 2\alpha}{\cos^2 2\alpha} - \frac{S^2 g}{2v_0^2} \cdot (-2) \cdot \frac{1}{\cos^3 2\alpha} \cdot (-\sin 2\alpha) = 0$$

$$1 + \sin^2 2\alpha = \frac{Sg}{2v_0^2} \cdot 2 \frac{\sin 2\alpha}{\cos 2\alpha} + \frac{Sg}{v_0^2} \cdot \frac{S \sin 2\alpha}{\cos 2\alpha}$$