



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.

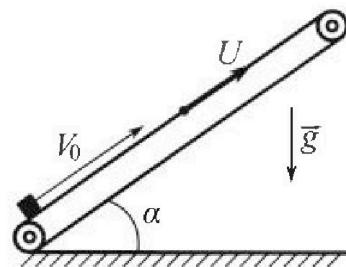
1) Найдите начальную скорость V_0 мяча.

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 $S = 1 \text{ м}$?

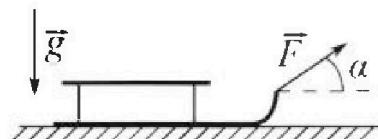
Во втором опыте коробку ставят на ленту транспортера, движущуюся со скоростью $U = 2 \text{ м/с}$, и сообщают коробке скорость $V_0 = 4 \text{ м/с}$.

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

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

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

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



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

1) Найдите коэффициент μ трения скольжения санок по горизонтальной поверхности.

2) Через какое время T после прекращения действия силы санки остановятся? Ускорение свободного падения g .

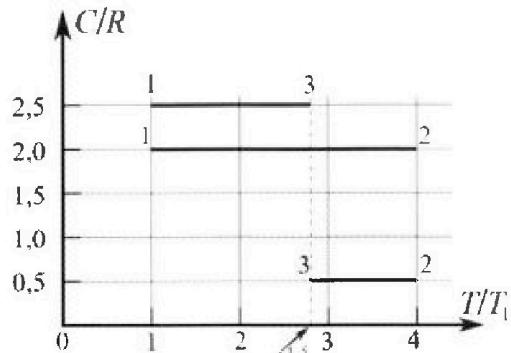
Санки находятся на горизонтальной поверхности. Движение санок прямолинейное.

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

Вариант 10-01

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

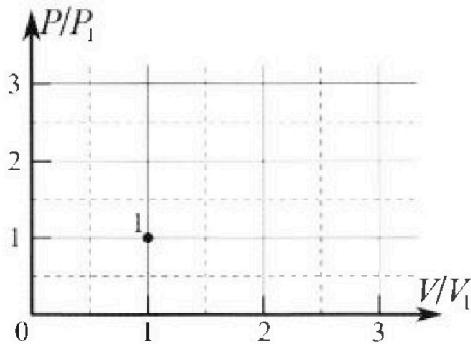
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной R) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1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



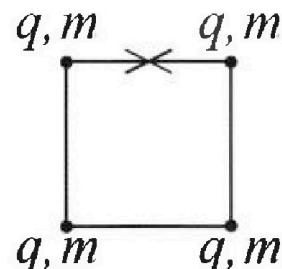
5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной b (см. рис.). Масса каждого шарика m , заряд q .

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:



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

МФТИ

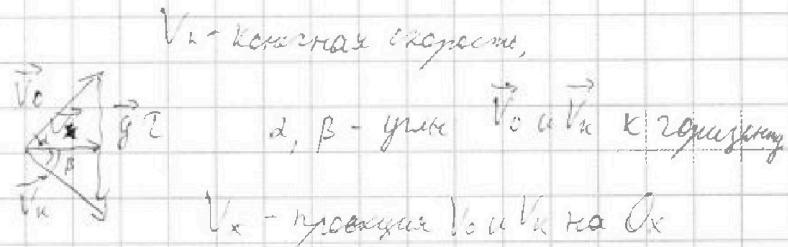
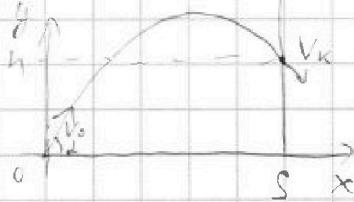
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порта QR-кода недопустима!

№ 1.

1) При достижении максимальной высоты, когда его скорость
становится равна нулю. Тогда $V_0 = gT = 2 \cdot 0.4 / c$

2)

Построим треугольник скоростей



Зависимое уравнение:

Линейное уравнение

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

$$\frac{1}{2} V_x \cdot g \cdot t^2 = \frac{1}{2} V_0 \cdot V_0 \cdot \frac{\sin \alpha}{\cos \beta} \cdot (\cos \alpha + \cos \beta)^2 - \text{расстояние проекции}$$

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

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

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

$$\frac{m V_0^2}{2} \equiv mgh + \frac{m v_k^2}{2} - \text{закон сохранения энергии, } v_k \text{- масса импульса}$$

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

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

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

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



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

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

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

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

Чтобы h быть 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:

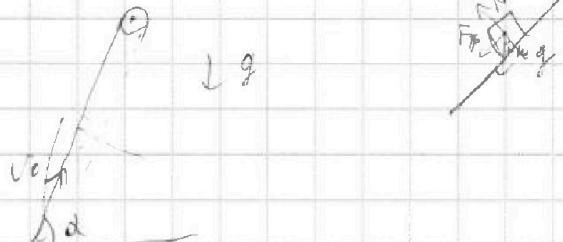
- | | | | | | | |
|--------------------------|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <input type="checkbox"/> | X | <input type="checkbox"/> |

МФТИ.



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

1)



$$N = C \cos \alpha \cdot g = 0,6 m g$$

$$F_{TP} = \mu N = 0,2 m g$$

$$m a_1 = F_{TP} + m g \sin \alpha = (0,2 + 0,8) m g$$

$$a_1 = g$$

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

$$\frac{D}{4} = 4 - 5 = -1 < 0 \Rightarrow \text{коробка не дойдет до гор. откоса}$$

Тогда где остановки она пройдет путь $S_1 = \frac{v_0^2}{2g} = \frac{4}{2g} = \frac{2}{5} \text{ м}$, остановка

$$\frac{1}{5} \text{ м: } \frac{1}{5} = \frac{g}{2} T^2 \Rightarrow T^2 = \frac{1}{5g} \Rightarrow T = \text{ок } \frac{1}{\sqrt{5}} \text{ с, } \text{тогда время -}$$

$$T = T_0 + T' = 0,6 \text{ с.}$$

2) Пока лента движется вверх мгновенно, т.е. коробка, т.е. сила, действующие на коробку, не изменились.

Тогда ускорение коробки всё еще $a_1 = g$.

$$L = \frac{v_0^2 - u_0^2}{2g} = \frac{16 - 4}{2g} = \frac{12}{2g} = \frac{3}{5} \text{ м}$$

3) Если скорость коробки ,меньше U , то коробка движется
вниз отн. ленты, и F_{TP} направлена вверх

$$F_{TP} = 0,2 m g;$$



$$m a_2 = m g - F_{TP} = 0,6 m g \Rightarrow a_2 = 0,6 g$$

$$L' = \frac{U^2 - 0^2}{2 \cdot 0,6g} = \frac{4}{12} = \frac{1}{3} \text{ м}$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

$$L_{\text{сум}} = L + L' = \frac{3}{5} + \frac{1}{2} = \frac{14}{15} \text{ м}$$

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



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:



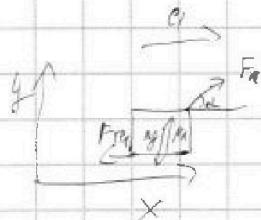
- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>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

№3.

1) Первый склон:



m - масса блоков, N_1 - сила реакции склона

F_{Tp1} - сила трения, a_1 - ускорение склона

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

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

$$\text{по оси } x: F \cos \alpha - F_{Tp1} = ma_1$$

$$F_{Tp1} = \mu_1 \cdot N_1 = \mu_1 mg - \mu_1 F \sin \alpha$$

$$F \cos \alpha - \mu_1 mg + \mu_1 F \sin \alpha = ma_1$$

Второй склон:



N_2 - сила реакции со стороны склона

F_{Tp2} - сила трения со 2-ого склона

Ускорение склонов a может не совпадать

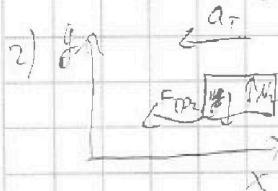
она различается за то же время где меньшее склон

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

$$\text{по оси } x: F - F_{Tp2} = ma_2; F_{Tp2} = \mu_2 N_2 = \mu_2 mg$$

$$F - \mu_2 mg = ma_2 = F(\cos \alpha + \mu_2 \sin \alpha) - \mu_2 mg$$

$$1 = \cos \alpha + \mu_2 \sin \alpha \Rightarrow \mu_2 = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}$$



a_2 - ускорение склонов различаются склонов

$$F_{Tp2} = ma_2 = \mu_2 mg \Rightarrow a_2 = \mu_2 g$$

$$T = \frac{V_0}{a_2} = \frac{V_0}{\mu_2 g} = \frac{V_0 \sin \alpha}{(1 - \cos \alpha) g} \quad (\text{для } 1) \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}; 2) \frac{\sin \alpha}{(1 - \cos \alpha) g}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

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

№4.

$$\Delta U = \frac{3}{2} VR_a T$$

$$Q = A + \Delta U = C_u \cdot \Delta T$$

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

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

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

$$1) A_{12} = VR(T_2 - T_1)(2 - 0,5) = 248 \cdot (4T_2 - T_1) \cdot 0,5 = 8,31 \cdot 3 \cdot 0,5 \cdot 400 = \\ = 609 \cdot 8,31 = 6 \cdot 831 = 4986 \text{ Дж}$$

2) Максимальные газорасходы на участке 1-2, найдем на 2-3 и 3-1,

а поскольку температура всегда постоянна, то участок 1-2 имеет наименьшую, 2-3-1 - имеет наибольшую температуру газа.

$$G_{12} = (T_2 - T_1) \cdot VR \cdot \frac{C_{12}}{R} = 2 \cdot 8,31 \cdot 2 \cdot 400 = 6 \cdot 8,31 \cdot 400 = 49864 = \\ = 49864 \text{ кг/с} = 3 T_1 \cdot VR \cdot 2 = 6 T_1 \cdot VR$$

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

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

$G_1 = G_{12}$ - подведенное тепло

$$G_1 = (G_{12} + G_{31}) = 8,31 \cdot T_1 \cdot (2^{0,5} - 2 + 2,5 - 5 \cdot 2^{-0,5}) = \\ = 8,31 \cdot T_1 (1,5 - 4\sqrt{2}) = 8,31 \cdot (1,5 - 4\sqrt{2}) \cdot 8,31 (1,5 - 5,61) = \\ = 5584 \cdot (1,5 - 5,61) = 18035,74 \text{ - подведенное тепло}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <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. Ничья QR-кода недопустима!

$$n = \frac{C_1 + C_2}{C_1} = \frac{13.024 + 16.585}{13.024} = 1 + \frac{4.569}{13.024} = 1 + \frac{4.569 \cdot 0.5}{6} = 1 + \frac{8.12 - 1}{12} = \frac{13 - 8.12}{12}$$

3) $C_3 = \frac{5}{2} R$. Равнодействующая избыточности

При изобарном процессе

$$\Delta U = \frac{3}{2} nRT$$

$$A = P \cdot \Delta V = \Delta(PV) = nRT$$

$$Q = \frac{5}{2} nRT = \frac{13}{2} \cdot nRT \Rightarrow 13.333 - \text{изобарный процесс},$$

$$\frac{V_3}{V_1} = \frac{T_3}{T_1} \Rightarrow V_3 = 2^{1.5} V_1$$

Несмотря на условие 4-2 $P(V) = C \cdot V^k$, где C, k константы.

$$\text{Несмотря } A_{12} = \int_{V_1}^{V_2} C \cdot V^k \cdot dV = V_2 \left[\frac{C}{k+1} \cdot V^{k+1} \right] = \frac{C}{k+1} (V_2^{k+1} - V_1^{k+1})$$

С другой стороны, $A_{12} = C_1 \cdot \Delta V_2 = 0.5 \cdot nRT = 0.5 \cdot \Delta(PV) = 0.5$

$$= 0.5 (C V_2^{k+1} - C V_1^{k+1})$$

$$\frac{C}{k+1} (V_2^{k+1} - V_1^{k+1}) = 0.5 C (V_2^{k+1} - V_1^{k+1})$$

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

$$\text{Несмотря } P = C V_1 : \quad \frac{P}{P_1} = \frac{C V}{P_1} = \frac{C \cdot k}{P_1} \cdot \frac{V}{V_1} \Rightarrow \frac{C \cdot V_1}{P_1} = 1$$

$$P \cdot V = nRT; \quad P_1 V_1 = nRT_1, \quad P_2 V_2 = nRT_2 = 4nRT_1$$

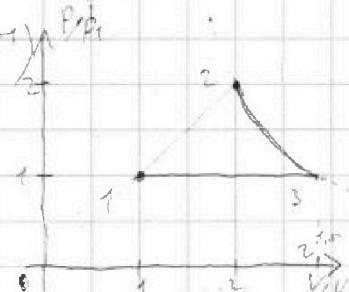
$$C k^2 = nRT_1, \quad C k^2 = 4 C R T_1 \Rightarrow V_2 = 2 V_1$$

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

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

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

$$\text{Однако } 14.98 \text{ (бесконечно)} \neq -\frac{13 - 8.12}{12} = \frac{13 - 8.12}{12}$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

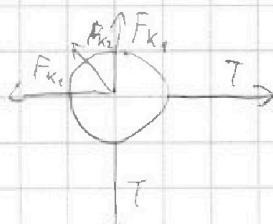
МФТИ



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

н5

1) Дисконтируем силы, действующие на один из шариков



F_{K1} - сила Кулона от другого шарика,
 F_{K2} - от притягивающего шарика

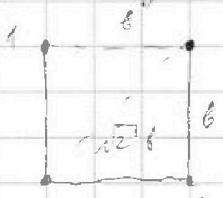


$$F_{K1} = k \cdot q^2 \cdot \frac{1}{l^2}, \quad F_{K2} = k \cdot q^2 \cdot \frac{1}{2l^2}$$

$$T = F_{K1} + S \cdot \sin 45^\circ \quad F_{K2} = k \cdot q^2 \cdot \frac{1}{l^2} \left(1 + \frac{\sqrt{2}}{2} \right) = \frac{4+\sqrt{2}}{4} \cdot \frac{k \cdot q^2}{l^2}$$

2) На моделей шариков действует только 2 силы - нормальная сила Кулона и сила притяжения массы T . Если написать уравнение, то $T=0 \Rightarrow A=0$, и тогда шарик вращается по окружности перпендикулярно плоскости, и $A=0$.

Нужна на шарике та же сила притяжения сила Кулона.



Дисконтируем притяжение верхний шарик.

$$\text{Вес шара } E_{T1} = q \cdot (q_1 + q_2 + q_3) = q^2 k \cdot \left(\frac{1}{l} + \frac{1}{\frac{l}{2}} + \frac{1}{\frac{3l}{2}} \right),$$

$$\text{Вес шара } E_{T2} = q^2 k \left(\frac{1}{l} + \frac{1}{\frac{3l}{2}} + \frac{1}{\frac{5l}{2}} \right)$$



$$E_{T3} = E_{T2} + E_K$$

$$E_K = q^2 k \cdot \left(\left(\frac{1}{l} + \frac{1}{\frac{l}{2}} + \frac{1}{\frac{3l}{2}} \right) - \left(\frac{1}{l} + \frac{1}{\frac{3l}{2}} + \frac{1}{\frac{5l}{2}} \right) \right) = q^2 k \left(\frac{\sqrt{2}+1}{6\sqrt{2}} - \frac{5}{6\sqrt{2}} \right) = q^2 k \left(\frac{\sqrt{2}-4}{6\sqrt{2}} \right)$$

$$E_K = \frac{m v^2}{2} \Rightarrow v^2 = \frac{2}{m} \cdot q^2 k \frac{\sqrt{2}+6}{6\sqrt{2}}$$

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

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"/> |

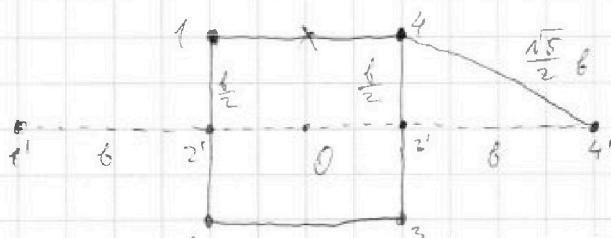
МФТИ



Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима¹.

3) Для состояния из 4 шагов все силы одинаковы и перпендикулярны,
все силы, действующие на шаге, одинаковы и перпендикулярны,
следовательно, итоговая сумма равна нулю. Тогда
центру масс стационарна кинетика. Тогда 4+ шаги

передвигаются на $\frac{\sqrt{5}}{2} \delta$.



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



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!

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

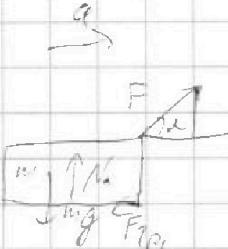
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



- 1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

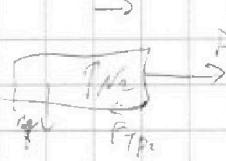
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



$$mg = N_1 + F_{1p} \sin \alpha$$

$$N_1 = mg - F_{1p} \sin \alpha$$

$$F_{1p} \cos \alpha - F_{1p} \sin \alpha = ma$$

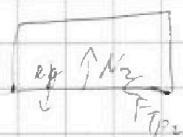


$$mg = N_2 + F_{2p} \sin \alpha$$

$$F_{2p} \cos \alpha - F_{2p} \sin \alpha = ma$$

↙

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



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

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

$$F_{3p} = \mu mg$$

$$a_3 = \mu g$$

$$T = \frac{V_0}{a_3} = \frac{V_0}{\mu g} = \frac{V \sin \alpha}{g(1 - \cos \alpha)}$$

$$\frac{2}{3}$$

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

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

$$\text{Установка: } \Delta u = \frac{i}{2} VR \cdot T = \frac{i}{2} (PV) = \frac{i}{2} P_A V$$

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

$$A = P_0 V$$

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

$$C_P = \frac{5}{2} VR = 2,5 VR$$

$$C_P = \frac{1+2}{2} VR$$

$$C_V = 1,5 VR$$

$$\text{Установка: } \Delta u = \frac{i}{2} VR \Delta T$$

$$A = 0$$

$$C_V = \frac{1}{2} VR$$

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!

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

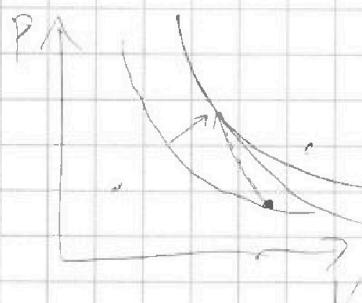
$$G = C \cdot \alpha T$$

$$A = G - \Delta U$$

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

$$A = G - \Delta U = \alpha R \alpha T \left(\frac{C}{R} - 1.5 \right) = -0.5 k R \alpha T = -0.5 k R \Delta V = -\Delta(S(PV))$$

$$= 0.5 \text{ Дж}$$



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

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

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

$$A_{32} = -\Delta(S(PV)) = -S(PV)$$

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

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

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

$$\int cV^{-2} dV = -\Delta V_C$$

$$P = cV^{-2}$$

$$\frac{1}{2}$$

$$P(V) = c \cdot V^{-2}$$

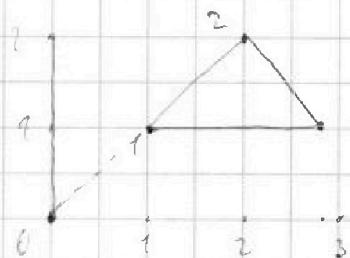
$$\int = \frac{c}{k+1} V^{k+1}$$

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

$$0.5 = \frac{1}{k+1}$$

$$k+1=2$$

$$k=1$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



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

$$V_0 = g T$$

$$\operatorname{tg}^2 \alpha + \frac{\sin^2 \alpha}{\cos^2 \alpha} + \frac{\cos^2 \alpha}{\cos^3 \alpha} = \frac{1}{\cos^2 \alpha}$$



$$\begin{cases} \sin \alpha = 0 \\ \sin \frac{\pi}{2} = 1 \\ \sin \pi = 0 \\ \sin \frac{3\pi}{2} = -1 \\ \sin 2\pi = 0 \end{cases} \quad \begin{cases} \sin^2 \alpha = 0 \\ \sin^2 \frac{\pi}{2} = 1 \\ \sin^2 \pi = 0 \\ \sin^2 \frac{3\pi}{2} = 1 \\ \sin^2 2\pi = 0 \end{cases}$$

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

$$3: \operatorname{tg}^2 \alpha - \cos 2\alpha \rightarrow \max, \alpha \in [0, \frac{\pi}{2}]$$

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

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

$$\cos 2\alpha + \sin 2\alpha = 0 \Rightarrow \alpha = \frac{3}{4}\pi$$

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



$$3: V_x T$$

$$V_x = \frac{V_0 \cdot \cos \alpha}{\cos \theta}$$

$$V_0^2 = 2gh + V_y^2$$

$$V_{y_0}^2 = 2gh + V_x^2 + V_y^2$$

$$Sg = v_0 V_x \cdot \sin(\alpha + \beta)$$

$$V_x \cos \beta = v_0 \cos \alpha = 0$$

$$Sg = v_0 V_x / \sin^2(\cos \beta + \sin \beta \cos \alpha)$$

$$V_0^2 = 2gh + V_y^2$$

$$V_x = \frac{V_0 \cos \alpha}{\cos \theta}$$

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

$$\frac{Sg - v_0^2 \sin \alpha \cos \beta}{v_0^2 \cos^2 \theta} = \frac{v_0^2}{\cos^2 \theta} \cdot \frac{\cos^2 \alpha}{\cos^2 \theta} = 2gh + \frac{v_0^2}{\cos^2 \theta} (\cos^2 \alpha (\operatorname{tg}^2 \beta + 1))$$

$$V_0^2 (1 - \cos^2 \alpha) = 2gh + v_0^2 \cos^2 \alpha + v_0^2 \beta^2$$

$$V_0^2 \sin^2 \alpha = 2gh + Sg - v_0^2 \sin \alpha \cos \alpha$$

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

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!

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

$\cos^2 \alpha$

$$C \quad \begin{matrix} \cos 1 & \sin^2 1 \\ -1 & 1 \\ 0 & 0 \\ 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{matrix} \quad \cos^2 \alpha = \frac{1 + \cos 2\alpha}{2}$$

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 2 & 2 & 2 \\ 1 & 2 & 2 & 2 & 2 \\ 1 & 2 & 2 & 2 & 2 \\ 1 & 2 & 2 & 2 & 2 \end{pmatrix}$$

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

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

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

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

$$= \frac{1}{\cos^2 \alpha} + \sin \alpha \cdot \left(-\frac{1}{\cos^3 \alpha} \right) \cdot (-\sin \alpha) = \frac{4}{3324}$$

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

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