



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.

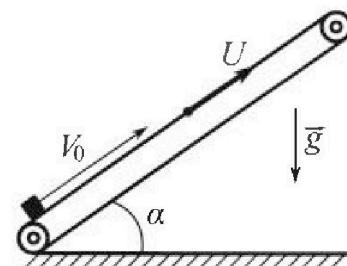
1) Найдите начальную скорость  $V_0$  мяча.

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/с<sup>2</sup>. 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  $\alpha$  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.

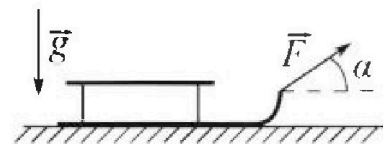
2) На каком расстоянии  $L$  от точки старта скорость коробки во втором опыте будет равна  $U = 2$  м/с?

3) На какой высоте  $H$ , отсчитанной от точки старта, скорость коробки во втором опыте станет равной нулю? Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. 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  $\alpha$  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  $\mu$  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.

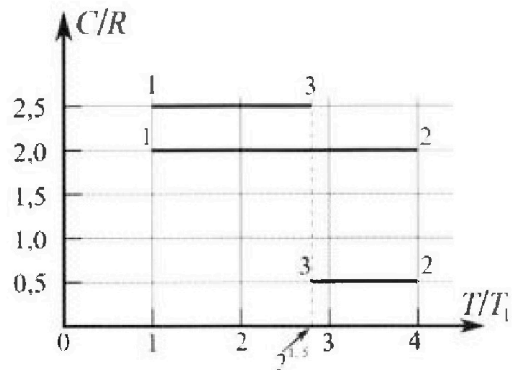
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 10-01

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



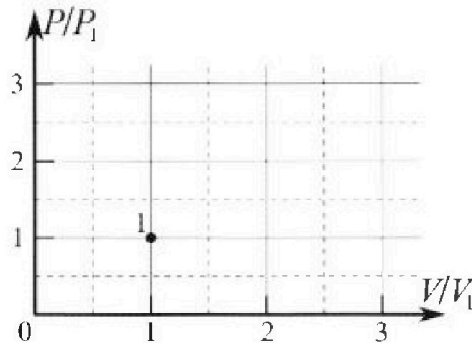
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости  $C$  газа (в единицах универсальной газовой постоянной  $R$ ) от температуры в процессах: 1-2,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



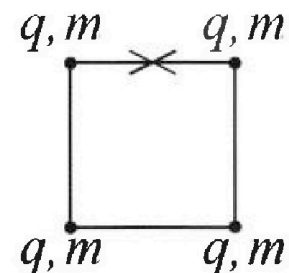
1) Найдите работу  $A_2$  газа в процессе 1-2.

2) Найдите КПД  $\eta$  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
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

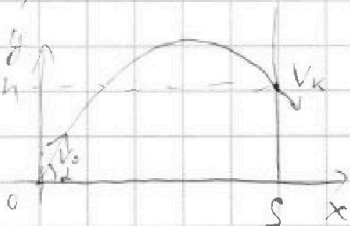


Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

л 1.

1) Мяч достигнет максимальной высоты, когда его скорость  
 станет равна нулю. Тогда  $V_0 = gT = 20 \text{ м/с}$

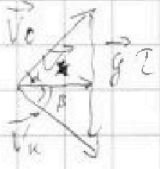
2)



Рассмотрим преобразования скорости

$V_k$  - конечная скорость,

$\alpha, \beta$  - 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

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

$$\frac{1}{2} V_x \cdot g \cdot T = \frac{1}{2} V_0 \cdot V_k \cdot \sin(\alpha + \beta) \quad \text{- площадь треугольника}$$

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

$$= V_0^2 \sin \alpha \cos \alpha + V_0^2 \cos^2 \alpha \cdot \tan \beta;$$

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

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

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

$$V_0^2 - V_0^2 \cos^2 \alpha = 2gh + V_0^2 \cos^2 \alpha \cdot \tan^2 \beta$$

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

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:



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

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

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

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

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

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

Ответ: 1) 20 м/с; 2) 15 м.

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

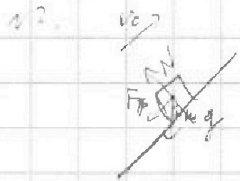
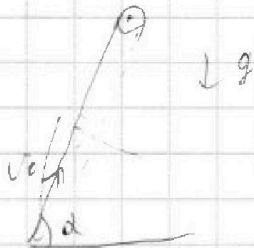
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

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)



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

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

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

$$a_1 = g$$

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

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

Когда же остановится она пройдёт путь  $s_1 = \frac{v_0^2}{2g} = \frac{4}{5}$  м, останется

$$\frac{1}{5} \text{ м.}; \quad \frac{1}{5} = \frac{g}{2} T'^2 \Rightarrow T'^2 = \frac{1}{2,5} \Rightarrow T' = \text{то } \frac{1}{5} \text{ с, } \text{сбросит время -}$$

$$T = T_0 + T' = 0,6 \text{ с.}$$

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

Когда скорость ленты всё ещё  $a_1 = g$ .

$$L = \frac{v_0^2 - v_1^2}{2g} = \frac{16 - 4}{20} = \frac{12}{20} = \frac{3}{5} \text{ м}$$

3) Если скорость коробки меньше  $u$ , то коробка движется вниз от ленты, и  $F_{TP}$  направлена вверх



$$F_{TP} = 0,2 mg;$$

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

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

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

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

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



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:

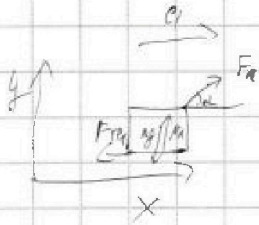
1  2  3  4  5  6  7

**МФТИ**

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

№3.

1) Первой случай:



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

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

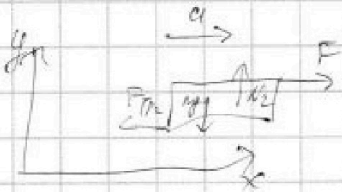
$$N_1 = mg - F \sin \alpha$$

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

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

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

Второй случай:



$N_2$  - сила реакции во втором случае

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

Ускорение саней  $a$  такое же, поскольку

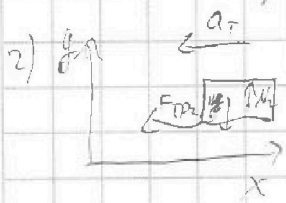
они рассчитались за то же время до той же скорости

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

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

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

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



$a_t$  - ускорение, с которым замедляется санки

$$F_{тр2} = ma_t = \mu mg \Rightarrow a_t = \mu g$$

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

Ответ: 1)  $\frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}$ ; 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



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

нч.

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

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

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

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

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

$$1) A_{12} = \nu R (T_2 - T_1) (2 - 1,5) = \nu R \cdot 0,5 = 8,31 \cdot (4T_1 - T_1) \cdot 0,5 = 8,31 \cdot 3 \cdot 0,5 \cdot 400 = 600 \cdot 8,31 = 5046 \text{ Дж}$$

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.

$$Q_{12} = (T_2 - T_1) \cdot \nu R \cdot \frac{C_{12}}{R} = 3 \cdot 1 \cdot 8,31 \cdot 2 \cdot 400 = 6 \cdot 8,31 \cdot 400 = 49824 \text{ Дж} = 3 T_1 \cdot \nu R \cdot 2 = 6 T_1 \nu R$$

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

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

$Q_1 = Q_{12}$  - подведенное тепло

$$Q = Q_{23} + Q_{31} = 8,31 \cdot T_1 \cdot \left( 2^{0,5} - 2 + 2,5 - 5 \cdot 2^{0,5} \right) = 8,31 \cdot T_1 \cdot (0,5 - 4\sqrt{2}) = 8,31 \cdot T_1 \cdot (0,5 - 5,61) = 5529 \cdot (0,5 - 11) = -5529 \cdot 10,5 \text{ Дж} - отведенное тепло$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:



1  2  3  4  5  6  7



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

$$\eta = \frac{Q_1 + Q_2}{Q_1} = \frac{10024 + 16925}{10024} = 2.685$$

$$3) C_p = \frac{5}{2} R \quad \text{Процесс изохорный} \Rightarrow \eta = 1 - \frac{4\sqrt{2}-0.5}{6} = 1 - \frac{8\sqrt{2}-1}{12} = \frac{13-8\sqrt{2}}{12}$$

Процесс изохорный

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

$$A = P \Delta V = \Delta(PV) = \nu R \Delta T$$

$$Q = \frac{5}{2} \nu R \Delta T = \frac{C_p}{R} \nu R \Delta T \Rightarrow \text{процесс изохорный}$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow V_2 = 2^{1.5} V_1$$

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

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

$$\text{С другой стороны, } A_{12} = Q_{12} - \Delta U_{12} = 0.5 \cdot \nu R \Delta T = 0.5 \cdot \Delta(PV) = 0.5$$

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

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

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

$$\text{Тогда } P_1 = C V_1; \quad \frac{P_1}{P_2} = \frac{C V_1}{C V_2} = \frac{C \cdot V_1}{P_2} \cdot \frac{V_2}{V_1} \Rightarrow \frac{C \cdot V_1}{P_2} = 1$$

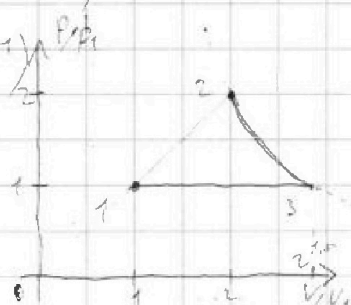
$$PV = \nu RT; \quad P_1 V_1 = \nu R T_1, \quad P_2 V_2 = \nu R T_2 = 4 \nu R T_1$$

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

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

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

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



$$\text{Ответ: } \frac{13-8\sqrt{2}}{12}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

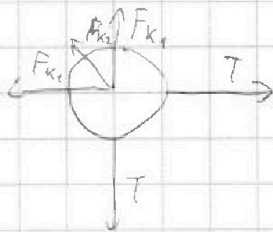
МФТИ

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



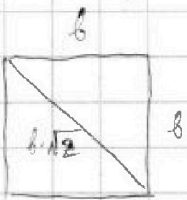
NS.

1) Рассчитать силы, действующие на каждую шарик



$F_{k1}$  - силы Кулона от двух соседей,

$F_{k2}$  - от противоположного шарика

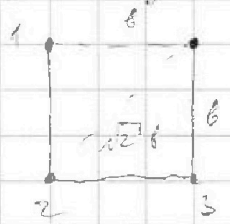


$$F_{k1} = k \cdot q^2 \cdot \frac{1}{b^2}, \quad F_{k2} = k \cdot q^2 \cdot \frac{1}{2b^2}$$

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

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

Тогда на шарике тела влияют только сила Кулона.



Рассмотрим правый верхний шарик.

Вверх  $E_{\pi 1} = q \cdot (\varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3) = q^2 k \cdot \left( \frac{1}{b} + \frac{1}{b} + \frac{1}{\sqrt{2}b} \right)$

Влево  $E_{\pi 2} = q^2 k \cdot \left( \frac{1}{b} + \frac{1}{2b} + \frac{1}{3b} \right)$



$$E_{\pi 1} = E_{\pi 2} + E_k$$

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

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

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

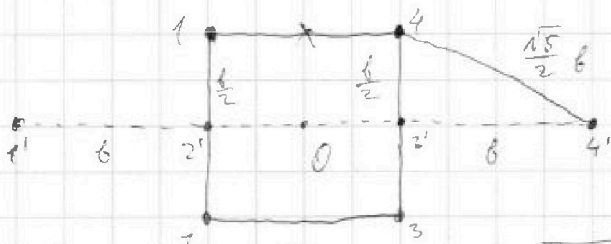
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<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!

- 3) Для системы из 4 шаров все силы являются центростремительными,  
все силы, действующие на шары, являются парными,  
следовательно, их векторная сумма равна нулю. Тогда  
центр масс системы находится. Тогда 1 и 4 шары  
перемещены 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.

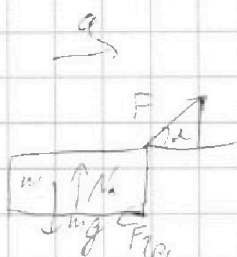
Отметьте крестиком номер задачи.

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!

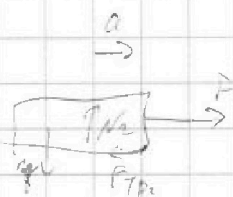


$$mg = N_1 + F \sin \alpha$$

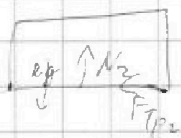
$$N_1 = mg - F \sin \alpha$$

$$F \cos \alpha - F_{\text{тр}} = ma$$

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



$$mg = N_2 \quad F_{\text{тр}} = \mu mg \quad F - \mu mg = ma$$



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

$$F(\cos \alpha + \mu \sin \alpha) = 1$$

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

$$F_{\text{тр}} = \mu mg$$

$$a_T = \mu g$$

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

$$\frac{20}{3} = \frac{20 \frac{2}{3}}{2} =$$

$$\Delta u = \frac{1}{2} U R \Delta T = \frac{1}{20} (PV)$$

Ускорения:  $\Delta u = \frac{1}{2} U R \Delta T = \frac{1}{20} (PV) = \frac{1}{2} P \Delta V$

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

$$A = P_0 V$$

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

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

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

$$C_v = 1,5 U R$$

Ускорения:

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

$$A = 0$$

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1   
  2   
  3   
  4   
  5   
  6   
  7



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



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

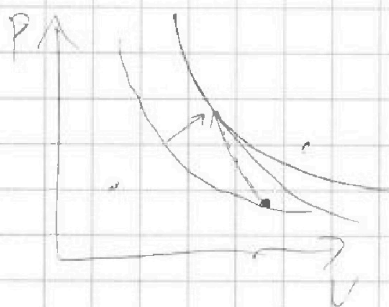
$$Q = C \cdot \Delta T$$

$$A = Q - \Delta U$$

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

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

$$= 0,5 PV$$



$$\begin{aligned}
 A_{32} &= -\Delta(PV) = -\int P dV \\
 &= (V_2^{k+1} - V_1^{k+1}) \cdot \frac{1}{k+1} (V_1^{k+1} - V_2^{k+1})
 \end{aligned}$$

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

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

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

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

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

$$\int c v^{-2} dV = -\frac{c}{v}$$

$$P = c v^{-2}$$

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

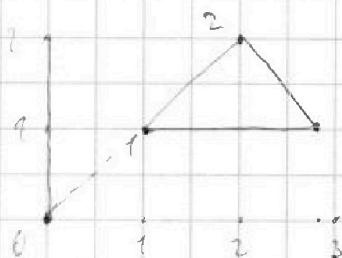
$$0,5 = \frac{1}{k+1}$$

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

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

$$k+1 = 2$$

$$k = 1$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

- 1  2  3  4  5  6  7

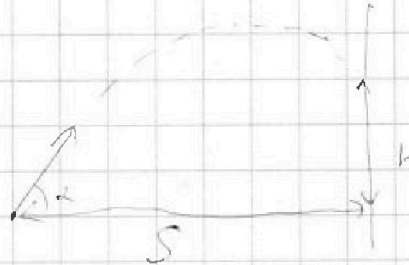
**МФТИ**

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



$$V_0 = gT$$

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



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

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



$$S = v_x T$$

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

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

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

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

$$v_{0y}^2 + v_x^2 = 2gh + v_{ky}^2 + v_x^2$$

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

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

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

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

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

$$v_0^2 = 2gh + v_x^2 \quad v_x = \frac{v_0 \cos \alpha}{\cos \beta}$$

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

$$\frac{Sg - v_0^2 \sin \alpha \cos \alpha}{v_0^2 \cos^2 \alpha} = \tan \beta \quad v_0^2 = 2gh + v_x^2 \quad \frac{\cos^2 \alpha}{\cos^2 \beta} = 2gh + v_0^2 \cos^2 \alpha (\tan^2 \beta + 1)$$

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

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

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7



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

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

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

$\alpha$	$\cos \alpha$	$\cos^2 \alpha$
0	1	1
$\frac{\pi}{2}$	0	0
$\pi$	-1	1
$\frac{3}{2}\pi$	0	0
$2\pi$	1	1

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

3324  
5,11  
3324  
4254  
0220  
169856

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

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

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

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

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

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

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

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