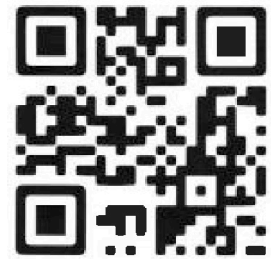




Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-02

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



1. Футболист наносит удар по мячу, лежащему на горизонтальной площадке. Вектор начальной скорости мяча образует угол $\alpha = 45^\circ$ с горизонтальной плоскостью. Горизонтальное перемещение мяча за время полета $L = 20$ м.

1) Найдите начальную скорость V_0 мяча.

Если футболист направляет мяч под различными углами к горизонту, из той же точки с начальной скоростью V_0 к высокой вертикальной стенке, то наибольшая высота, на которой происходит соударение мяча со стенкой, равна $H = 3,6$ м.

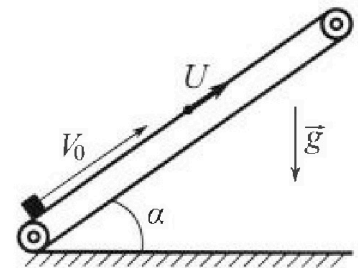
2) На каком расстоянии S от точки старта находится стенка?

Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Мяч движется в плоскости перпендикулярной стенке. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

2. Лента транспортера, предназначенного для подъема грузов, образует с горизонтальной плоскостью угол α такой, что $\sin \alpha = 0,6$ (см. рис.).

В первом опыте небольшую коробку ставят на покоящуюся ленту транспортера и сообщают коробке начальную скорость $V_0 = 6$ м/с. Коэффициент трения скольжения коробки по ленте $\mu = 0,5$.

Движение коробки прямолинейное.



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

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

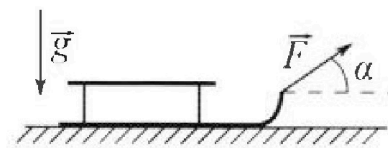
2) Через какое время T_1 после старта скорость коробки во втором опыте будет равна $U = 1$ м/с?

3) На каком расстоянии L от точки старта скорость коробки обратится в ноль во втором опыте? 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 кинетической энергии K на одинаковых участках пути.

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

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



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

2) Найдите перемещение S санок в процессе торможения до остановки. Ускорение свободного падения g . Санки находятся на горизонтальной поверхности. Движение санок прямолинейное.



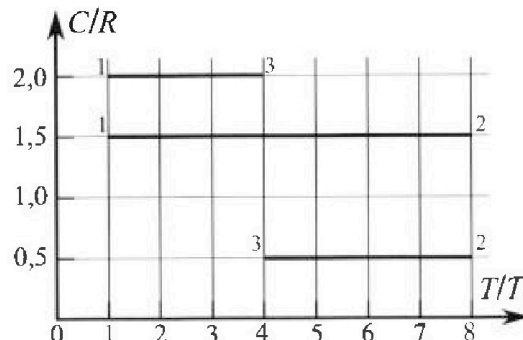
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 10-02



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

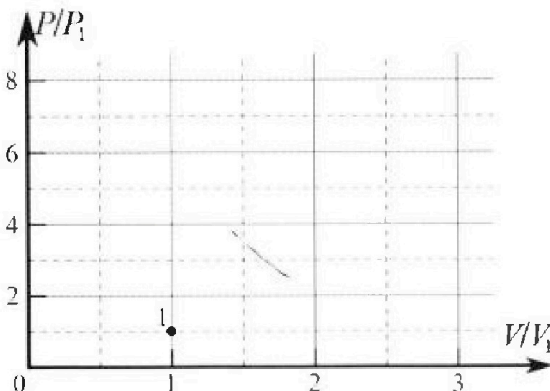
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1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



1) Найдите работу A_{31} внешних сил над газом в процессе 3-1.

2) Найдите КПД η цикла.

3) Постройте график цикла в координатах $(P/P_1, V/V_1)$, где P_1 и V_1 давление и объём в состоянии 1. Для построения графика перенесите шаблон (см. ниже) в чистовик своей работы. Точка 1 на графике соответствует состоянию 1 газа в цикле.



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

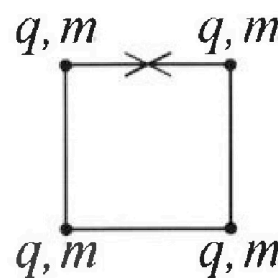
1) Найдите абсолютную величину $|q|$ заряда каждого шарика.

Одну нить пережигают.

2) Найдите кинетическую энергию K любого, выбранного Вами шарика, в тот момент, когда шарики будут находиться на одной прямой.

3) На как ом расстоянии d от точки старта будет находиться в этот момент любой из двух шариков, изначально расположенных сверху (на рисунке)?

Электрическая постоянная ϵ_0 . Действие сил тяжести считайте пренебрежимо малым.



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!

Задача №1

Дано: $\alpha = 45^\circ$; $L = 20 \text{ м}$

Найти: v_0 - ?

S - ?

Решение:

- 1) Введем систему координат xOy (Ox — земле; $Oy \perp Ox$)
тогда координаты шара в этих координатах

$$\begin{cases} x = v_{0x}t = v_0 \cos 45^\circ \cdot t \\ y = v_{0y}t - \frac{gt^2}{2} = v_0 \sin 45^\circ \cdot t - \frac{gt^2}{2} \end{cases}$$

В момент приземления $y = 0$, тогда если τ — время полета:

$$v_0 \sin 45^\circ \tau = \frac{g\tau^2}{2}$$

$$\tau = \frac{2v_0 \sin 45^\circ}{g}$$

Тогда дальность полета: $L = v_0 \cos 45^\circ \cdot \frac{2v_0 \sin 45^\circ}{g} = v_0^2 \cdot \frac{\sin 2\alpha}{g} = \frac{v_0^2}{g} \Rightarrow v_0 = \sqrt{Lg} = \sqrt{20 \cdot 10} = 10\sqrt{2} \approx 14,1 \text{ м/с}$

- 2) В силу симметрии траектории полета шара наибольшая высота удара, когда шар находится в высшей т. траектории:

$$t_{\text{max}} = \frac{v_0 \sin \beta}{g} \text{ — время полета до высшей точки}$$

$$H = v_0^2 \sin^2 \beta - \frac{g}{2} \cdot \frac{v_0^2 \sin^2 \beta}{g^2} = \frac{v_0^2 \sin^2 \beta}{2g}$$

$$\sin^2 \beta = \frac{2g \cdot H}{v_0^2} = \frac{2 \cdot 10 \cdot 3,6}{200} = \frac{72}{200}$$

$$\cos^2 \beta = 1 - \frac{72}{200} = \frac{128}{200}$$

$$S = \frac{v_0^2}{2g} \sin 2\alpha = \frac{v_0^2}{g} \sin \alpha \cdot \cos \alpha = \frac{200}{10} \cdot \frac{\sqrt{72}}{\sqrt{200}} \cdot \frac{\sqrt{128}}{\sqrt{200}} = \frac{\sqrt{2 \cdot 36 \cdot 2^2}}{10} =$$

$$= \frac{2^4 \cdot 6}{10} = \frac{16 \cdot 6}{10} = 9,6 \text{ м}$$

Ответ: $v_0 = 10\sqrt{2} \text{ м/с}$

$$S = 9,6 \text{ м}$$

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

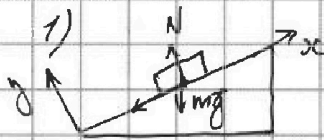
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

Задача №2

Дано: $\sin \alpha = 0,6$; $v_0 = 6 \text{ м/с}$; $\mu = 0,5$

Найти: s - ? L - ?
 T_1 - ?

Решение:



По 1-му закону Ньютона на ось:

$$Ox: \Sigma \text{макс} \Sigma m g \sin \alpha - F_{\text{тр}}$$

$$Oy: N - m g \cos \alpha = 0$$

Так как сила трения скольжения: $F_{\text{тр}} = \mu N = \mu m g \cos \alpha$

Время за которое маляда остановится

$$T = \frac{v_0}{a_x} = \frac{v_0}{g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha} = \frac{6}{10 \cdot 0,6 + 0,5 \cdot 10 \cdot 0,8} = 0,6 \text{ с}$$

$$\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = 4/5 \quad \text{tg} \alpha = \frac{3}{4} > \mu = 0,5 \Rightarrow$$

т.е. через $T = 1 \text{ с}$ маляда успеет развернуться:

$$s = v_0 T - \frac{(g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha) T^2}{2} + \frac{(g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha) (T - t)^2}{2} =$$
$$= 6 \cdot 0,6 - \frac{10 \cdot 0,6^2}{2} + \frac{10 \cdot 0,4^2}{2} = 3,6 - 1,8 + 0,8 = 2,6 \text{ м}$$

2) Если транспортёр движется, то условие разворота маляды: $v \leq u$. Если перейти в ИСО транспорта, то в соотв. с зак. сл-я $ax = -u$:

$$T_1 = \frac{v_0 - u}{g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha} = \frac{5}{10} = 0,5 \text{ с}$$

3) После того, как $v = u$ маляда разворачивается относительно транспорта:

$$T_2 = \frac{v_0}{g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha} = 0,6 \text{ с} - \text{время до остано-}$$

вления в ИСО

$$4) L = v_0 T_2 - \frac{(g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha) T_2^2}{2} = 6 \cdot 0,6 - \frac{10 \cdot 0,6^2}{2} = 1,5 \text{ м}$$

Ответ: $s = 2,6 \text{ м}$
 $T_1 = 0,5 \text{ с}$
 $L = 1,5 \text{ м}$

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 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!

Задача №3

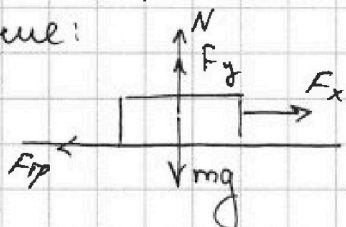
Дано: $k; \alpha; m$

Найти: μ - ?

s - ?

Решение:

1)



В первом случае:

$$a_1 = \frac{F_x - F_{\text{тр}}}{m} = \frac{F \cos \alpha - \mu (mg - F \sin \alpha)}{m}$$

Во втором случае α : $a_2 = \frac{F_x - F_{\text{тр}}}{m} = \frac{F - \mu mg}{m}$

из ур-ий кинематики:

$$L = \frac{v^2}{2a_1} = \frac{v^2}{2a_2} \Rightarrow a_1 = a_2$$

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

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

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

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

2) из ур-ий кинематики:

$$s = \frac{v^2}{2a}$$

после прекр. действ-я F :

$$a = \mu mg$$

$$s = \frac{v^2}{2\mu mg}$$

из ЗСЭ:

$$K = \frac{mv^2}{2}$$

округательно:

$$s = \frac{K}{m \cdot \mu mg} = \frac{K}{\mu m^2 g} = \frac{K \cos \alpha}{(1 - \sin \alpha) m^2 g}$$

Ответ: $\mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}$; $s = \frac{K \cos \alpha}{(1 - \sin \alpha) m^2 g}$

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!



Задача №4

Дано: $T_1 = 200\text{K}$; $R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}\cdot\text{K}}$

Найти: A_{31} ; η ; $f_1(\frac{V_1}{V_2})$

Решение:

1) Из I^{co} начала ТД:
 $\Delta Q = \Delta U + A$

$$\Delta Q = C\Delta T = 2R$$

$$\Delta U = C_v\Delta T$$

$$A = (C - C_v)\Delta T = \left(2R - \frac{3}{2}R\right)(T_3 - T_2) = \frac{1}{2}R \cdot 3T_1 =$$

$$= \frac{3}{2}RT_1 = \frac{3}{2} \cdot 8,31 \cdot 200 = 2500 \text{ Дж}$$

2) $\eta = \frac{A}{Q_+}$ В процессе 1-2: $c = C_v \Rightarrow$ процесс изохор. $\Rightarrow A = 0$
 $\Delta Q_{12} = \Delta U_{12} = C_v(T_2 - T_1) = C_v \cdot 7T_1 = \frac{3}{2}RT_1 \cdot 7 =$
 $= \frac{3}{2} \cdot 8,31 \cdot 200 \cdot 7 = 2500 \text{ Дж} \cdot 7 = 17,5 \text{ кДж}$

$$\Delta Q_{23} = C\Delta T = \frac{1}{2}R \cdot -4T_1 < 0 \Rightarrow Q_+ = \Delta Q_{12}$$

$$A = A_{23} + A_{31} = (\Delta Q_{23} - \Delta U_{23}) = \frac{1}{2}R \cdot -4T_1 - \frac{3}{2}R \cdot -4T_1 + A_{31} =$$

$$= 4T_1 \left(\frac{3}{2}R - \frac{1}{2}R\right) + A_{31} = 4RT_1 - \frac{3}{2}RT_1 = \frac{5}{2}RT_1$$

$$\eta = \frac{\frac{5}{2}RT_1}{\frac{31}{2}RT_1} = \frac{5}{21}$$

3) процесс 1 \rightarrow 2 изохор. процесс

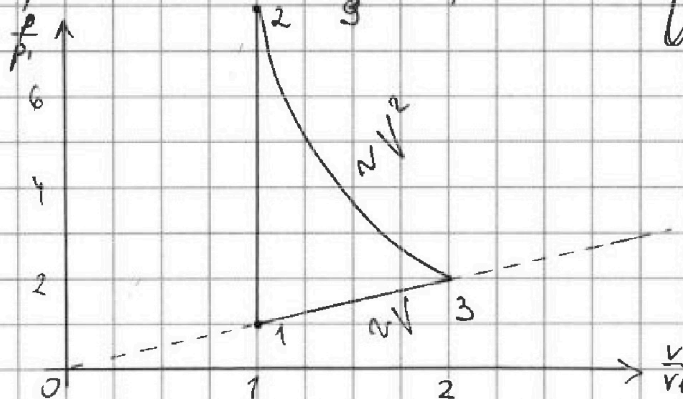
процесс 2 \rightarrow 3: $c = C_v + \frac{R}{1 + \frac{Vdp}{pdV}} \Rightarrow 1 + \frac{Vdp}{pdV} = \frac{C - C_v}{C} = 2$

$$\frac{Vdp}{pdV} = 2 \Rightarrow \frac{p}{p_2} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^2 \Rightarrow pV^{-2} = \text{const} \Rightarrow \text{полиномиальный процесс}$$

($p \sim V^{-2}$)

процесс 3 \rightarrow 1: $c = C_v + \frac{R}{1 + \frac{Vdp}{pdV}} \Rightarrow 1 + \frac{Vdp}{pdV} = \frac{C - C_v}{C} = 1$

$$\frac{Vdp}{pdV} = 1 \Rightarrow \frac{p}{V} = \frac{p_0}{V_0} \Rightarrow p \sim V$$



Ответ: $A_{31} = 2500 \text{ Дж}$

$$\eta = \frac{5}{21}$$

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

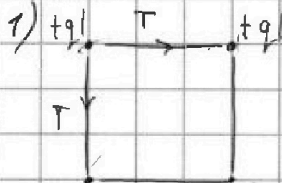
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

Задача 15

Дано: $T; a$

Найти: $|q|; k; d$

Решение:



Из условия равновесия шариков:

$$T\sqrt{2} = \sqrt{2} \cdot k \frac{q^2}{a^2} + k \frac{q^2}{(a\sqrt{2})^2}$$

$$T\sqrt{2} = k \frac{q^2}{a^2} \left(\sqrt{2} + \frac{1}{2} \right)$$

$$|q| = \sqrt{\frac{T a^2 \sqrt{2}}{k \left(\sqrt{2} + \frac{1}{2} \right)}} = \sqrt{\frac{2 T a^2 \sqrt{2}}{k (2\sqrt{2} + 1)}} = \sqrt{\frac{T a^2 (8 - 2\sqrt{2})}{k \cdot 7}}$$

2) Сила $F_{\text{в-в}}$ м/у шариками явл. внутр. силами \Rightarrow по т. о дв-ии ц.м. внутрен. система остается неизменной и равна 0, тогда в момент когда все шарики расположены на одной прямой кинетическая энергия всех частей одинакова и равна:

$$K = \frac{1}{2} \left(k \frac{q^2}{a} + k \frac{q^2}{a} + k \frac{q^2}{a\sqrt{2}} - k \frac{q^2}{2a} - k \frac{q^2}{2a} - k \frac{q^2}{3a} \right) \cdot 2$$

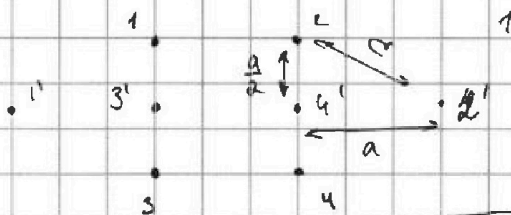
$$K = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{1}{\sqrt{2}} + \frac{1}{2} - \frac{1}{3} \right) k \frac{q^2}{a}$$

$$K = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{6} + \frac{1}{\sqrt{2}} \right) k \frac{q^2}{a} = \frac{6 + \sqrt{2}}{12\sqrt{2}} k \frac{q^2}{a}$$

3) Исходя из того, что ц.м. не меняет своего положения:

1, 2, 3, 4 - кон, кон - а

1', 2', 3', 4' - кон, кон - а



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

Ответ: $|q| \sqrt{\frac{T a^2 (8 - 2\sqrt{2})}{k \cdot 7}}$

$$k = \frac{6 + \sqrt{2}}{12\sqrt{2}} k \frac{q^2}{a}$$

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



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

Задача 3:

Дано: K ; ~~μ~~ ; α ; m

Найти: μ ; S

Решение:

1) В случае когда сила направлена под углом α :

$$F \cdot \cos \alpha \cdot L = \mu (mg - F \cos \alpha) L + K \quad \text{в соотв. с ЗСЭ}$$

2) Из ур-я кинематики:

$$L = \frac{v^2 \cdot m}{2(mg - F \cos \alpha) \mu}$$

3) Во втором случае:

$$L = \frac{v^2 \cdot m}{2 \mu mg}$$

$$\Delta Q = A + \Delta U$$

$$A = \Delta Q - \Delta U = (C - C_v) \Delta T = \int p dV$$
$$p dV + V dp = \int R dT$$

$$\frac{p}{T} = \frac{R}{V}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

МФТИ

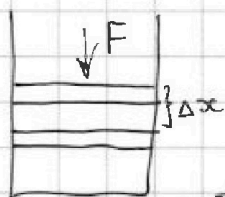
1 2 3 4 5 6 7

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



3) Скорость коробки обратится в 0 в ИСО, когда в выбранной нами ИСО, она равна $v_2 = 1 \text{ м/с}$ в соответствии с законом сложения скоростей тогда время движения до этого момента

$$T_2 = \frac{v_0 - u - v_2}{(g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha)} = \frac{6}{10} = 0,6 \text{ с}$$



$$\mathcal{A} = p \Delta x$$

$$\Delta Q = \mathcal{A}$$

$\mu = \text{const}$ $p = \text{const}$

$$\Delta U = 0$$

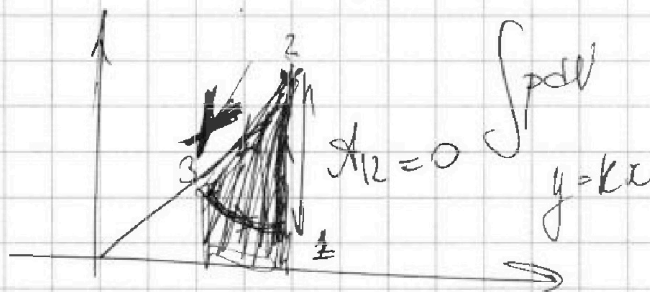
$$\Delta Q$$

$$\mathcal{A}_{12} = \mathcal{A}$$

$$C_p (T_k - T_n) = C_v (T_k - T_n) + \mathcal{A}$$

$$(C_p - C_v) (T_k - T_n) > 0 \quad \mathcal{A} > 0$$

$$C_p = C_v + R$$



$$\mathcal{A}_{23} + \mathcal{A}_{31}$$

$$-\frac{4}{2} + -4T_1 \left(\frac{1}{2} - \frac{3}{2} \right)$$

$$4 - \frac{3}{2} = 4,5 - 1$$

$$4T_1 R$$

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!

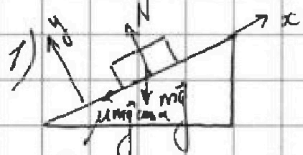


Задача 2

Дано: $\sin \alpha = 0,6$; $v_0 = 6 \text{ м/с}$; $\mu = 0,5$

Найти:

Решение:



III закон Ньютона в проекции на ось Ox :

$$m a_x = -mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha$$

III закон Ньютона в проекции на ось Oy :

$$N - mg \cos \alpha = 0$$

П.к. блок движется, то $F_{тр} = \mu N = \mu mg \cos \alpha$

Тогда: время за которое скорость коробки по Ox станет равной 0:

$$\tau = \frac{v_0}{g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha} = \frac{6}{10 \cdot 0,6 + 0,5 \cdot 10 \cdot 0,8} = \frac{6}{6 + 4} = 0,6 \text{ с}$$

$$\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = \sqrt{1 - \frac{9}{25}} = \frac{4}{5}$$

П.о. через $T = 1 \text{ с}$ коробка развернется и пойдет вниз \Rightarrow

$$s = v_0 \tau - \frac{(g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha) \tau^2}{2} + \frac{(g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha) (T - \tau)^2}{2} = 6 \cdot 0,6 - \frac{10 \cdot 0,6^2}{2} + \frac{10 \cdot 0,4^2}{2} = 3,6 - 2,1 + 0,8 = 2,3 \text{ м}$$

2) Перейдем в СО, движущуюся со скоростью транспорта u , со является инерциальной, а значит:

$$v_{\text{вс}} = v_{\text{вот}} + v_{\text{пер}}$$

$$v = (v_0 - u) - (g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha) t \quad v_{\text{вот}} = v - u$$

В этой СО если скорость коробки равна 0, то в ЛСО она равна $u \Rightarrow$

$$T_1 = \frac{v_0 - u}{g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha} = \frac{5}{10} = 0,5 \text{ с}$$

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!



Задача №1

Дано: $\alpha = 45^\circ$; $L = 20 \text{ м}$; $H = 3,6 \text{ м}$

Найти: v_0 - ?; s - ?

Решение:

- 1) Запишем уравнение зависимости координат мяча от времени:

$$\begin{cases} x = v_{0x}t = v_0 \cos 45^\circ \cdot t \\ y = v_{0y}t - gt^2 \cdot \frac{1}{2} = v_0 \sin 45^\circ \cdot t - \frac{gt^2}{2} \end{cases}$$

В момент приземления $y=0$:

$$v_0 \sin 45^\circ \cdot \tau = \frac{g\tau^2}{2}, \text{ где } \tau - \text{ время полета}$$

$$2v_0 \sin 45^\circ = g\tau$$

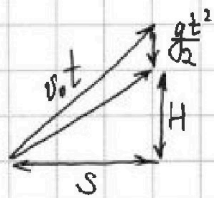
$$\tau = \frac{2v_0 \sin 45^\circ}{g}$$

$$s = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g} \quad t = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g}$$

Тогда для дальности полета имеем:

$$L = v_0 \cos 45^\circ \cdot \tau = \frac{v_0^2 \cdot 2 \sin 45^\circ \cos 45^\circ}{g} = \frac{v_0^2 \sin 90^\circ}{g} = \frac{v_0^2}{g}$$

- 2) Таким образом $v_0 = \sqrt{Lg} = \sqrt{200} = 10\sqrt{2} = 14,1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$
 Когда футболист запускает мяч к стене, кес изображим векторный треугольник перемещений к моменту удара:



Заметим, что в силу симметрии полета наибольшая высота удара достигается в случае, когда к моменту достижения высоты H тело находится в наивысшей точке траектории, тогда $t_{\text{пол}} = \frac{v_0}{g}$ - время полета, до момента удара

$$s = \sqrt{\left(\frac{v_0}{g}\right)^2 - \left(\frac{g}{2} \frac{v_0^2}{g^2} + H\right)^2} = \sqrt{20^2 - 13,6^2} =$$