



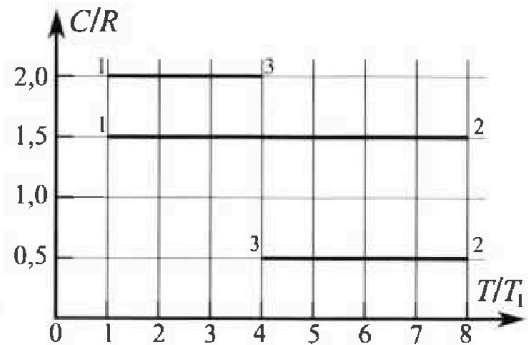
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 10-02

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



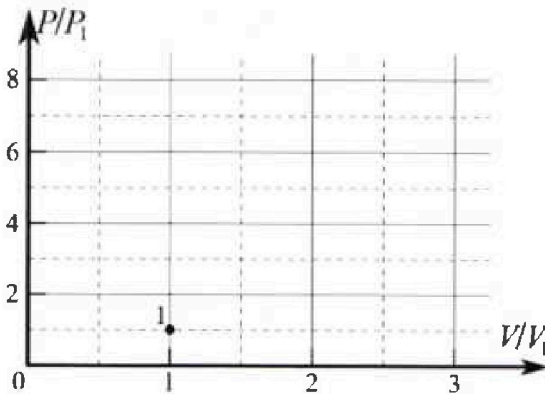
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости  $C$  газа (в единицах универсальной газовой постоянной) от температуры в процессах: 1-2, 2-3,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

3) Постройте график цикла в координатах  $(P/P_1, V/V_1)$ , где  $P_1$  и  $V_1$  давление и объем 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  $T$ .

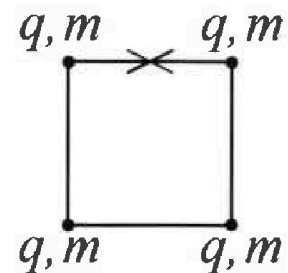
1) Найдите абсолютную величину  $|q|$  заряда каждого шарика.

Одну нить пережигают.

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

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

Элементарная постоянная  $\epsilon_0$ . Действие сил тяжести считайте пренебрежимо малым.





# 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.

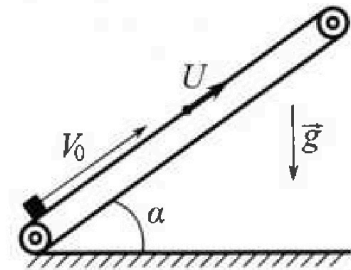
Если футболист направляет мяч под различными углами к горизонту, из той же точки с начальной скоростью  $V_0$  к высокой вертикальной стенке, то наибольшая высота, на которой происходит соударение мяча со стенкой, равна  $H = 3,6$  м.

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

Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. Мяч движется в плоскости перпендикулярной стенке. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

2. Лента транспортера, предназначенного для подъема грузов, образует с горизонтальной плоскостью угол  $\alpha$  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.).

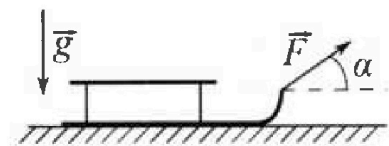
2) Через какое время  $T_1$  после старта скорость коробки во втором опыте будет равна  $U = 1$  м/с?

3) На каком расстоянии  $L$  от точки старта скорость коробки обратится в ноль во втором опыте? Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. 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  $\alpha$  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  $\mu$  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.

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

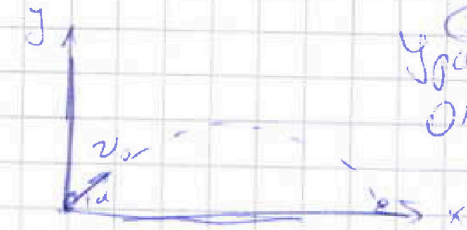
Отметьте крестиком номер задачи,

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. Печать QR-кода недоступна!



4 часть  
Уравнения движения в проекции

Ox:  $v_0 \cos \alpha \cdot t = x$ ,  $g_x = 0$ ,  $v_{0x} = v_0 \cos \alpha$

$x = v_0 \cos \alpha \cdot t$

Oy:  $v_0 \sin \alpha \cdot t - g \frac{t^2}{2} = y$ ,  $g_y = -g$ ,  $v_{0y} = v_0 \sin \alpha$

$y = v_0 \sin \alpha \cdot t - g \frac{t^2}{2}$

Пусть  $t_{пол}$  — время полета

тогда  $y(t_{пол}) = 0 = v_0 \sin \alpha \cdot t_{пол} - g \frac{t_{пол}^2}{2}$  / :  $t_{пол} \neq 0$  /

$-v_0 \sin \alpha - \frac{g t_{пол}}{2} = 0 \Rightarrow t_{пол} = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g}$

$x(t_{пол}) = L = 2v_0 \cos \alpha \cdot \frac{2v_0 \sin \alpha}{g} = \frac{4v_0^2 \sin \alpha \cos \alpha}{g}$

$\Rightarrow v_0 = \sqrt{\frac{Lg}{4 \sin \alpha \cos \alpha}}$ ;  $v_0 = \sqrt{\frac{20 \cdot 10}{4 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2}}} = \sqrt{200} \frac{m}{s}$

$x = v_0 \cos \alpha \cdot t$ ;  $y = v_0 \sin \alpha \cdot t - g \frac{t^2}{2}$  Плеча и радиуса-вектора этого угла  $\alpha$ :

$t = \frac{x}{v_0 \cos \alpha}$

$\rightarrow y = v_0 \sin \alpha \cdot \frac{x}{v_0 \cos \alpha} - g \frac{x^2}{2v_0^2 \cos^2 \alpha}$

$y = x \tan \alpha - \frac{g x^2}{2v_0^2 \cos^2 \alpha}$  (Аугер)  
 $\frac{1}{\cos^2 \alpha} = \frac{\cos^2 \alpha + \tan^2 \alpha}{\cos^2 \alpha} = 1 + \tan^2 \alpha \Rightarrow$

$\Rightarrow y = x \tan \alpha - \frac{g x^2}{2v_0^2} (1 + \tan^2 \alpha)$

при  $x = S \Rightarrow h = S \tan \alpha - \frac{g S^2}{2v_0^2} (1 + \tan^2 \alpha)$

где  $h$  — высота центра о стенки  
 $h(x) = S \tan \alpha - \frac{g x^2}{2v_0^2} (1 + \tan^2 \alpha)$  — квадратичная зависимость с ветвью  
вниз  $\rightarrow$  есть максимум в вершине параболы  
для  $x_0 = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$ ;  $x_{0max} = \frac{S}{\tan \alpha}$ ;  $x_{0max} = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g \tan \alpha}$

Поставим  $x_{0max}$  в  $y(x)$   $\rightarrow$  при  $x_{0max}$  — максимальная  
высота  $\rightarrow$  в нашей задаче это  $h \rightarrow$   
 $\Rightarrow h = \frac{v_0^2 \sin^2 2\alpha}{2g} - \frac{g S^2}{2v_0^2} (1 + \frac{v_0^4 \sin^2 2\alpha}{g^2 S^2})$

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!

$$\Rightarrow H = s \cdot \frac{v_0^2}{g s} - \frac{g s^2}{2 v_0^2} \left( 1 + \frac{v_0^2}{g s^2} \right)$$

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

$$H = \frac{v_0^2}{g} - \frac{g s^2}{2 v_0^2} - \frac{v_0^2}{2g}$$

$$H = \frac{v_0^2}{2g} - \frac{g s^2}{2 v_0^2} \Rightarrow \frac{g s^2}{2 v_0^2} = -H + \frac{v_0^2}{2g}$$

$$s^2 = \frac{2 v_0^2}{g} \left( \frac{v_0^2}{2g} - H \right)$$

$$s^2 = \frac{v_0^2}{g} \left( \frac{v_0^2}{g} - 2H \right)$$

$$s = v_0 \sqrt{\frac{v_0^2 - 2H}{g}}$$

$$s = \sqrt{200} \frac{m}{c} \cdot \sqrt{\frac{200 g}{10} - 2 \cdot 3,6 m}$$

$$s = \sqrt{200} \cdot \sqrt{12,8 m} = \sqrt{20 \cdot 12,8} m$$

$$s = \sqrt{256} m \Rightarrow s = 16 m$$

Ответ: 1)  $v_0 = \sqrt{\frac{2gH}{\sin^2 \alpha}} = \sqrt{200} \frac{m}{c}$

2)  $s = v_0 \sqrt{\frac{v_0^2 - 2H}{g}} = 16 m$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

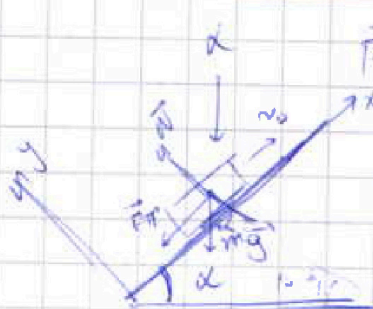
Отметьте крестиком номер задачи,

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 часть)  
 $\vec{F}_{тр}$  направлена вверх в другую сторону относительно движения вниз

Выберем ось Ox вдоль накл и Oy перпенд. ей

по II закону Ньютона  $=$

$N + mg + \vec{F}_{тр} = m\vec{a}$ , движение с постоянной скоростью (0x)

$\rightarrow$  в проекции на Ox:  $F_{тр} + mg_x = ma_x = 0$

Ox:  $-F_{тр} - mg \sin \alpha = ma_x$  (проеция N=0 т.к.  $\perp$ )

Oy:  $N + mg_y = ma_y = 0$ , т.к.  $a = a_x$  (проеция  $F_{тр}=0$  т.к.  $\perp$ )

Oy:  $N - mg \cos \alpha = 0 \Rightarrow N = mg \cos \alpha$

$F_{тр} = F_{тр \max} = \mu N$  - формула силы трения скольжения т.к. тело движется  $\rightarrow$

$\Rightarrow F_{тр} = \mu mg \cos \alpha$

Ox:  $ma_x = -\mu mg \cos \alpha - mg \sin \alpha \rightarrow$

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

$\sin \alpha = 0.6 = \frac{3}{5}$ ;  $\cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha = 1 \rightarrow \cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha}$

$\cos \alpha = \sqrt{1 - \frac{9}{25}} = \sqrt{\frac{16}{25}} = \frac{4}{5}$

$\rightarrow a_x = -g \left( \frac{1}{2} \cdot \frac{4}{5} + \frac{3}{5} \right) \Rightarrow a_x = -g = -10 \frac{м}{с^2}$

вдоль Ox движение с ускорением  $\rightarrow x = v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}$

$x = v_0 t + \frac{a_x t^2}{2} \Rightarrow |x| = S = v_0 T + \frac{a_x T^2}{2}$

$S = v_0 T - \frac{g T^2}{2} = 6 \frac{м}{с} \cdot 1 \text{с} - \frac{10 \frac{м}{с^2} \cdot 1^2 \text{с}^2}{2}$

$S = 1 \text{м}$

$\vec{v}_{\text{век}} = \vec{v}_{0x} + \vec{v}_{0y}$  т.к.  $\vec{a} \rightarrow \vec{v}_{\text{век}x} = \vec{v}_{0x} + \vec{v}_{0y}$

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!



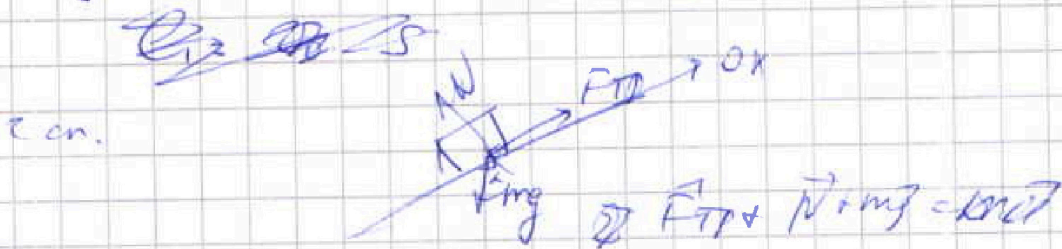
равнозамед. движ (2 части)  $a_k = -g$

$$u = v_0 + a_k T_1 \Rightarrow u = v_0 - g T_1 \Rightarrow T_1 = \frac{v_0 - u}{g} = 0,5 \text{ c}$$

Заметим, что когда  $v_{\text{зад}} = u$ , то далее

при замедлении  $F_{\text{тр}}$  направлена вверх  
т.к. есть скорость (вн. центр)

$v_{\text{зад}} = v_{\text{зад}} - \Delta v_{\text{тр}} = u - u = 0$ , а дальше  
уменьшение скорости  $\rightarrow$  процесс  $v_{\text{зад}} = 0$  в  
длина  $l_1$  - путь до  $v_{\text{зад}} = u$



$$F_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg \cos \alpha$$

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

$$a_k = g \left( \frac{1}{2} \cdot \frac{4}{5} - \frac{3}{5} \right) = -\frac{1}{5} g$$

$$\text{Далее } v_0 = 0 \rightarrow 0 = u - \frac{1}{5} g T_2 \Rightarrow T_2 = 5u$$

$$l_2 = u T_2 - \frac{g}{2} T_2^2; l_2 = u \cdot 5u - \frac{1}{2} g \cdot \frac{25u^2}{g^2}$$

$$l_2 = \frac{5}{2} u^2$$

$$L = l_1 + l_2 = \frac{u^2}{2g} + \frac{5}{2} u^2 = \frac{u^2}{2g} (1 + 5g)$$

$$s = \frac{v_0^2 - g T^2}{2}, T = \frac{v_0 - u}{g} = 0,5 \text{ c}$$

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!

$$e_1 = v_0 \Delta t - \frac{g \Delta t^2}{2}; \text{ выр. к. } \Delta t \text{ (Значит)} \quad v_{\text{адв}} = u.$$

$$e_1 = \frac{v_0(v_0 - u)}{g} - \frac{(v_0 - u)^2}{g^2}$$

$$e_1 = \frac{v_0^2}{g} - \frac{v_0 u}{g} - \frac{v_0^2}{2g} - \frac{u^2}{2g} + \frac{2v_0 u}{g}$$

$$e_1 = \frac{v_0^2}{2g} - \frac{u^2}{2g} = \frac{36 - 4}{2 \cdot 10} = \frac{32}{20} = 1.6 \text{ м}$$

$$L = e_1 + e_2 = \frac{v_0^2 - u^2}{2g} + \frac{u^2}{2g} = \frac{v_0^2}{2g} + \frac{2u^2}{2g}$$

$$L = \frac{v_0^2 + 4u^2}{2g} = \frac{36 + 4}{2 \cdot 10} = 2 \text{ м.}$$

Ответ: 1)  $S = v_0 \Delta t - \frac{g \Delta t^2}{2} = 1 \text{ м}$

2)  $T_1 = \frac{v_0 - u}{g} = 0,5 \text{ с}$

3)  $L = \frac{v_0^2 + 4u^2}{2g} = 2 \text{ м.}$

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!



Реш.

(1 часть)

$K_2 = K_1 = A$ ; угол  $K_1, K_2$  разности сил напряжений в момент  $t_1 = t_2$ ,  $A$  - высота башки сеп.

Разном с  $0 \text{ до } v \rightarrow v - 0 = at = t = \frac{v}{a}$   
 $l = \frac{at^2}{2} = \frac{v^2}{2a} \rightarrow l = \frac{v^2}{2a} \rightarrow v^2 = 2al$

1 сл.



$$K = \frac{mv^2}{2} \quad (1)$$

$$v^2 = \frac{2K}{m}$$

$F_{тр.1} = \mu N_1$  (сила тр. скольжения) т.к. ось  $xy$  едет.

$\vec{N}_1 + \vec{F} + \vec{F}_{тр.1} + m\vec{g} = 0$ ; отсюда  $N_1 + F \sin \alpha = mg$   
 отсюда  $F \cos \alpha - F_{тр.1} = ma$

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

$K - 0 = A \cos \alpha + A \sin \alpha = \frac{mv^2}{2} \cos \alpha + \frac{mv^2}{2} \sin \alpha$

$l_1 = \frac{v^2}{2a}$ ;  $l_1 = \frac{K \cos \alpha}{2ma} = \frac{K \sin \alpha}{ma}$

$K = l_1 (-\mu mg + F \sin \alpha + F \cos \alpha)$

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

$2a_1 = -\mu g + \frac{F}{m} (\cos \alpha + \sin \alpha)$

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

2 сл.



отсюда  $N_2 = mg$   
 $F - F_{тр.2} = ma_2$   
 $F - \mu mg = ma_2$   
 $a_2 = \frac{F}{m} - \mu g$



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!

$\omega \neq a_1, \neq a_2$   $e = \frac{v^2}{2a_1}$  (2 части)  $\ell, \omega = \omega_2, v = v_2 = v_1$

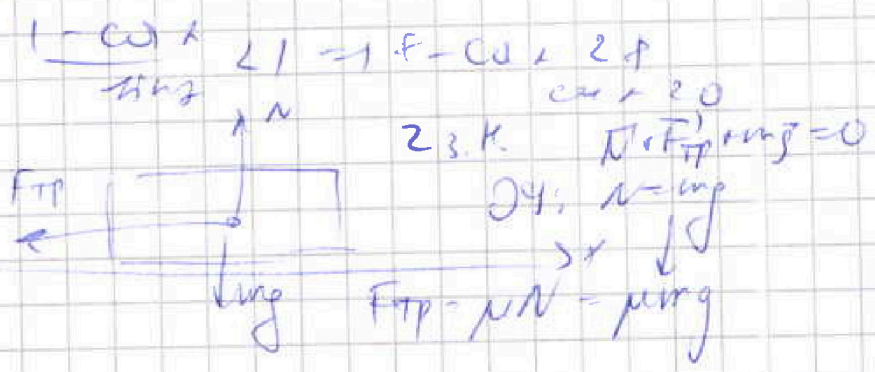
$\Rightarrow a_1 = a_2 = 1 \frac{F - \mu g}{m} = \mu \frac{F}{m}$  (сопротивл)

$\Rightarrow \frac{F}{m} = \frac{g}{\mu}$  (сопротивл)  $\Rightarrow$

$\Rightarrow \mu = 1 - \cos \alpha$   $\Rightarrow$

$\Rightarrow \mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha} > 0, \mu < 1$

$K = \frac{mv_0^2}{2}$



$-\mu mg = \max = 1 \Rightarrow a_x = -\mu g$   
равно замедл.

$S = v_0 t_1 + a_x t_1^2$   $v_0 - 0 = a_x t_1 \Rightarrow t_1 = \frac{v_0}{a_x}$

$S = \frac{v_0^2}{a_x} + a_x \frac{v_0^2}{2a_x^2} = \frac{v_0^2}{2a_x} = \frac{2K}{2\mu mg}$

$K = \frac{mv_0^2}{2} \Rightarrow v_0^2 = \frac{2K}{m} \Rightarrow S = \frac{2K}{2\mu mg} = \frac{K}{\mu mg}$

Ответ: 1)  $\mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}$  ;  $S = \frac{K \sin \alpha}{1 - \cos \alpha mg}$

2)  $S = \frac{K \sin \alpha}{(1 - \cos \alpha) mg}$

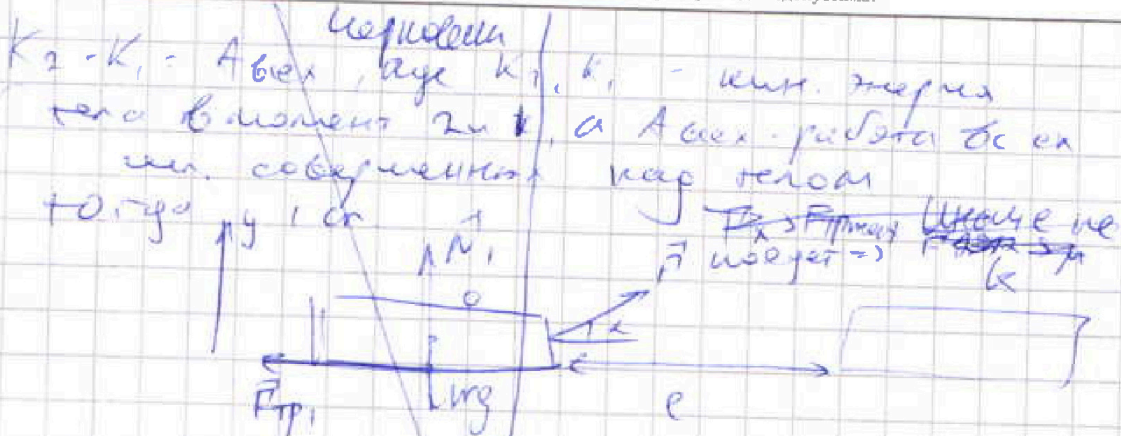
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



т.е. движется вправо засчет силы

$F \rightarrow F_{\text{тр}} \text{ влево и } F_{\text{тр}} = F_{\text{трmax}} = \mu N$   
и равно (сопоставимый) силе трения

III 3 В. Короточка  $\rightarrow \vec{F} + \vec{F}_{\text{тр}} + \vec{N} + m\vec{g} = m\vec{a}$

Возможна ли кат. ускорение вав.

Oy:  $N + F \sin \alpha - mg = 0$

$\Rightarrow N = mg - F \sin \alpha \Rightarrow F_{\text{тр}} = \mu (mg - F \sin \alpha)$

K=0 =  $A_{\text{тр}} + A_F$  где  $A_{\text{тр}}$ ,  $A_F$  работы  $F_{\text{тр}}$  и  $F$  (за путь e)

$A_{\text{тр}} = F_{\text{тр}} \cdot e \cos(180^\circ)$  и  $e \uparrow \vec{F}_{\text{тр}} - A_{\text{тр}} = -F_{\text{тр}} \cdot e$

$A_{\text{тр}} = \mu (mg - F \sin \alpha) \cdot e$

Замечание  $F_x > F_{\text{трmax}}$  (иначе не скользит)

$F \cos \alpha > \mu (mg - F \sin \alpha) \Rightarrow$

$\Rightarrow F \cos \alpha > \mu mg - \mu F \sin \alpha \Rightarrow$

$\Rightarrow F (\cos \alpha + \mu \sin \alpha) > \mu mg$

$A_F = F e \cos \alpha \Rightarrow K = F e \cos \alpha - \mu (mg - F \sin \alpha) e$

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

$\Rightarrow \frac{K}{e} = F \cos \alpha - \mu mg + \mu F \sin \alpha$

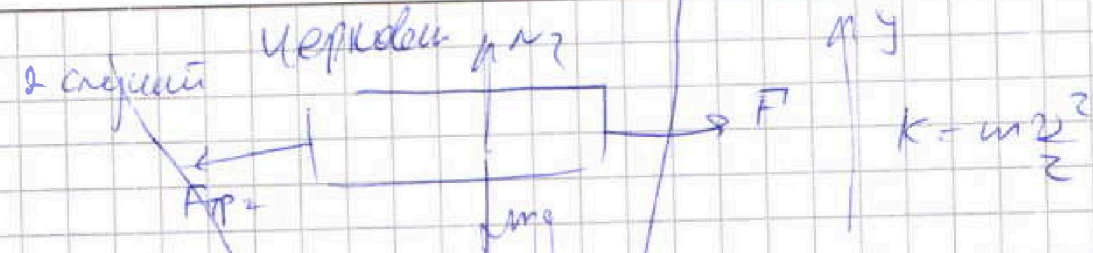
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



Аналогично (сл. из II з.к. ка  $\theta = \alpha$ )

$$\Rightarrow N_2 - mg = 0 \Rightarrow N_2 = mg$$

Аналог.  $F_{тр2} = F_{трmax} = \mu N_2 = \mu mg$

$K = 0 = F_{тр2} + F_F$ , где  $F_{тр2}$  и  $F_F$  — это

$F_{тр2}$  и  $K$

$$F_{тр2} = -\mu mg \quad F_F = F \cos \alpha$$

$$K = -\mu mg \cos \alpha + F \cos \alpha - K = F - \mu mg \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{K}{e} = F - \mu mg - F (\sin \alpha + \cos \alpha) - \mu mg \Rightarrow$$

сл. ускорения ка  $\alpha$ .  $F \cos \alpha - \mu mg = ma_1$   
 $a_1 = \mu g; \frac{F}{m} \cos \alpha$

ка  $\frac{v^2}{2} = a_1 t$  (равномерно ускор.)

$$e = a_1 \frac{v^2}{2a_1} \Rightarrow e = \frac{v^2}{2a_1} \Rightarrow e = \frac{v^2}{2(\frac{F \cos \alpha - \mu mg}{m})}$$

Аналог. 2 сл.

$$e = \frac{v^2}{2a_2}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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



$\delta Q = C dT$  - (идеаль) - малые изм. теплота,  $dT$  - темп

$Q = c \Delta T \Rightarrow$  теплота это мощность иор профисом, если  $\Delta T = 1$  кельв  $Q$  в  $1$  кельв,  $\Delta T = 1$  кельв  $Q$  в  $1$  кельв

$Q = A + \Delta U$  - 13 Термодинамика  
 в  $U$  - изм. внут. энерг.  $A$  - работа газа

$Q_{31} = C_{31} \Delta T = 2R \cdot (4T_1 - T_1) = -6RT_1$

$U = \frac{i}{2} \nu R T$ ;  $\nu = 1$  моль  $\Rightarrow U = \frac{3}{2} R T = 10U = \frac{3}{2} R \Delta T$   
 $i = 3$  (3 атомов)

$Q_{31} = \frac{3}{2} R (T_1 - 4T_1) + A_{31} \rightarrow$  работа газа

$\Rightarrow -6RT_1 = -\frac{9}{2} RT_1 + A_{31} \rightarrow$

$\Rightarrow A_{31} = -\frac{3}{2} RT_1$ ;  $A_{31} = -A_{13}$

Работа внут. сил. противоположна  
 по знаку работе газа  $\rightarrow A_{31} = \frac{3}{2} RT_1$

$A_{31} = \frac{3}{2} \cdot R \cdot 31 \cdot \frac{1000}{273} \cdot 1 \text{ моль}$

$A_{31} = 831 \cdot 3 \text{ Дж} = 2493 \text{ Дж}$

$\eta = 1 - \frac{Q_{out}}{Q_{in}}$ , где  $Q_{in}$  - полученная теплота  
 $Q_{out}$  - отданная теплота  
 (по модулю)

$Q_{12} = \frac{3}{2} R \cdot 4T_1 = 6RT_1$   $Q_{23} = \frac{3}{2} RT_1$

$Q_{23} = \frac{3}{2} R \cdot (-4T_1) = -6RT_1 < 0$

$Q_{31} = 2R \cdot (-3T_1) = -6RT_1 < 0$

$Q_{out} = |Q_{23} + Q_{31}| = 8RT_1$  (т.к.  $Q_{23} < 0, Q_{31} < 0$ )

$Q_{in} = Q_{12} = 6RT_1$

$\eta = \frac{6RT_1 - 8RT_1}{6RT_1} = \frac{-2}{6} = -\frac{1}{3}$

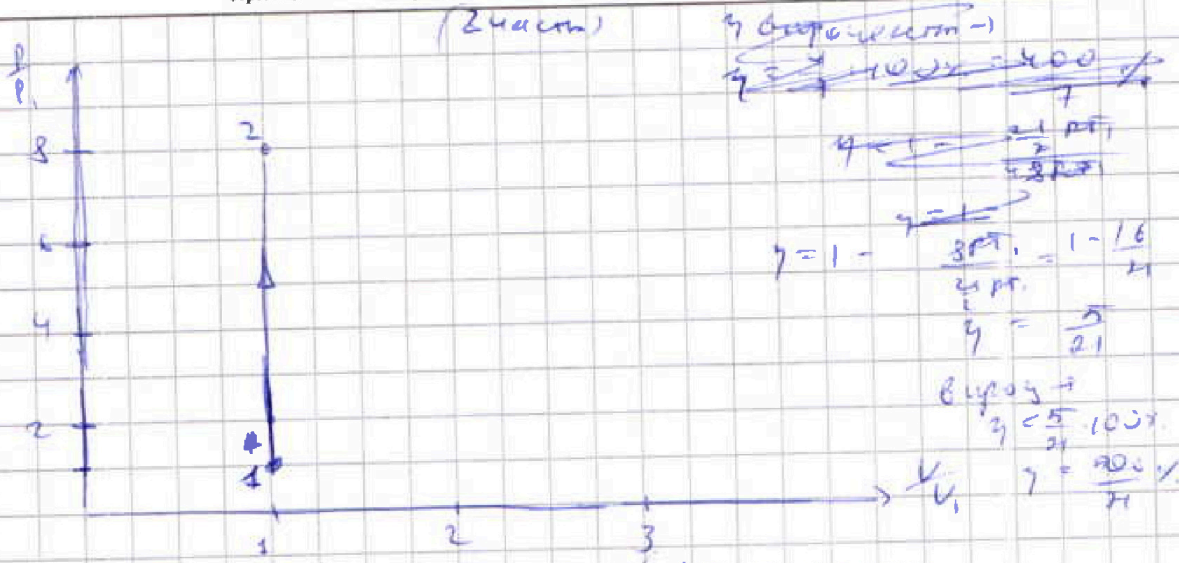
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



$$\textcircled{1} - \epsilon_{AT} = \frac{3 RT_1}{2(2-1)} + A \quad (1) \text{ из уравнения}$$

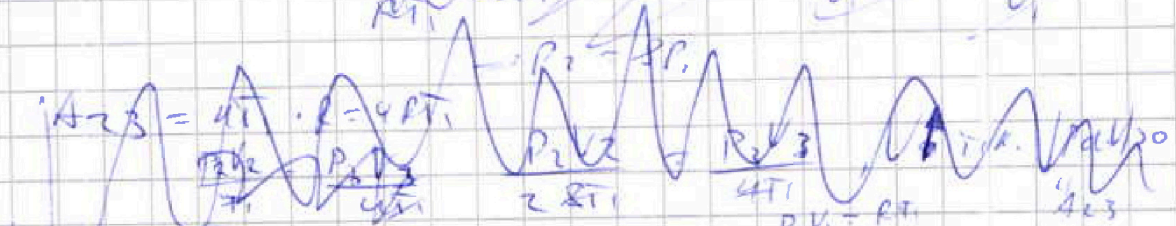
$$RT_1 \left( 1 - \frac{3}{2} R \right) = A$$

$$1 \rightarrow 2 \quad RT_1 \left( \frac{3}{2} R - \frac{3}{2} R \right) = A - 1A = 0 \Rightarrow \text{идеальный}$$

$\Rightarrow V < 100\%$  и наоборот.

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 \Rightarrow R \cdot \frac{P_1 V_1}{RT_1} = R \cdot \frac{P_2 V_2}{RT_2} \Rightarrow P_2 = 8 P_1$$

$$P_1 = RT_1, P_2 = 8 RT_2 \Rightarrow \frac{RT_1}{V_1} = \frac{8 RT_2}{V_2}$$



$$P_1 V_1 = RT_1 \quad A_{23} = -4 RT_1 \quad \left( \frac{1}{2} R - \frac{3}{2} R \right) \epsilon = 4 RT_1 \Rightarrow \text{идеальный}$$

$$\frac{P_3 V_3}{4 RT_1} = \frac{P_1 V_1}{RT_1} = R \cdot \frac{P_1 V_1}{RT_1} = R \cdot \frac{P_3 V_3}{4 RT_1} \Rightarrow P_3 V_3 = 4 P_1 V_1$$

$$A_{31} = -3 RT_1 \quad \left( \frac{1}{2} R - \frac{3}{2} R \right) \epsilon = -\frac{3}{2} RT_1 = -\frac{3}{2} P_1 V_1$$

Ответ: 1)  $A_{31} = \frac{3}{2} RT_1 = 24539 \text{ Дж}$   
 2)  $\gamma = \frac{5}{21} = \frac{500}{21} \%$

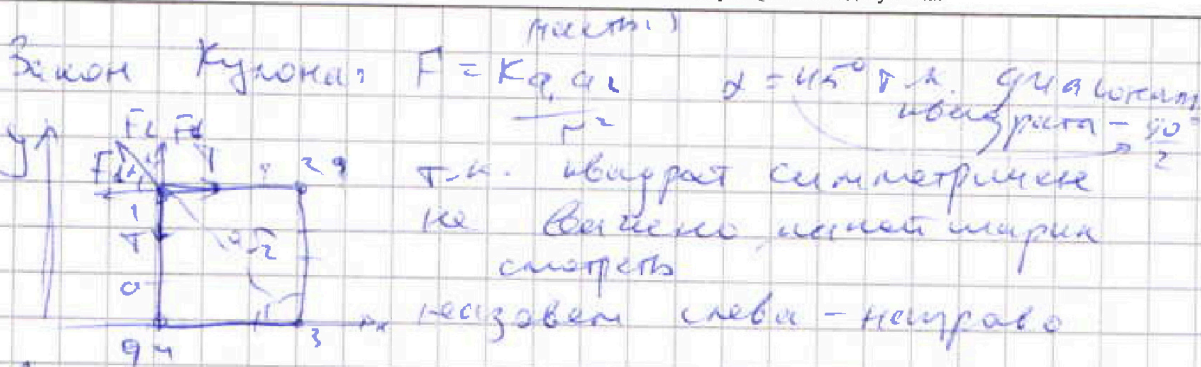
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



Верхнюю шарик от 1, 2, 4 с левой и посмотрим сил  $\Rightarrow$  1-ый  $\Rightarrow$  сил  $F_1$  от 2 и 4,  $F_1 = \frac{kq^2}{a^2}$

пот. Навара ра раз. между 1 и 3  $\Rightarrow$  1, 2, 4

сил  $F_2 = \frac{kq^2}{2a^2}$

$\sum \vec{F}_0 = 0$  и  $\sum \vec{M} = 0$   $\Rightarrow$  Ньютон

Думаю писать сразу на оси:

$$Ox: T = F_1 - F_2 \cos 45 = 0$$

$$T = \frac{kq^2}{a^2} + \frac{kq^2}{2a^2} \frac{\sqrt{2}}{2}$$

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

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

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \Rightarrow q = a \sqrt{\frac{4\pi\epsilon_0 T}{1 + \frac{1}{2\sqrt{2}}}}$$

Самое то, что у системы 4-х шариков нет внешней сил  $\Rightarrow$  центр масс находится,

т.е.  $\vec{M}_{\text{вн}} = \vec{F}_{\text{вн}} = 0$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи.

решение которой представлено на странице:



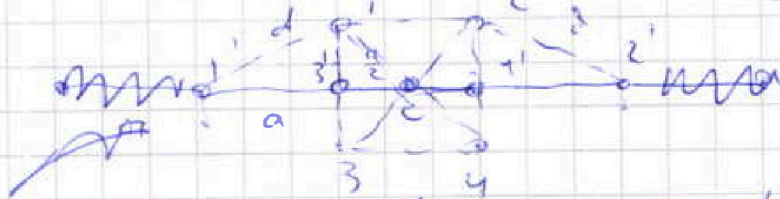
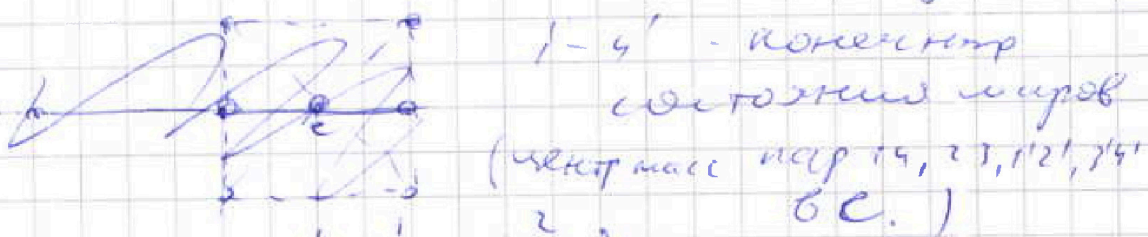
1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



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

(часть 2)

тогда ~~во~~ центр масс квадрата  
 в качестве точки пересечения  
 диагоналей т.к. массы одинаковые  
 закрепят когда система будет  
 на одной прямой с центром  
 масс тоже должен находиться  
 в этой точке и это получится



примем очевидно что  $12 // 34 // 1'2'$

т.к. 1 и 2 отстояют симметрично от ког. центра

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

Ответ: 1)  $|q| = a \sqrt{\frac{2\pi\epsilon_0 T}{1 + \frac{1}{25\epsilon}}}$

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



На одной странице можно оформлять только одну задачу.  
 Отметьте крестиком номер задачи,  
 решение которой представлено на странице:

- 1  2  3  4  5  6  7

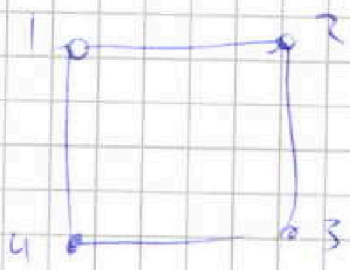


Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
 страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

(3 части)

$K_2 - K_1 = A$ ;  $A = -\Delta U$  (для сети ч.х / замкнут)

$K_2 = 4K$   
 $U_2 = U_1$



для 14, 23, 43, 41, 32  
 не мен

~~$U_2 = 4K$~~



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!

Черновик  
 $K = \frac{mv^2}{2}$



$$F \sin \alpha + N = mg$$
$$K_1 = mg - F \sin \alpha$$
$$N_2 = mg$$

$$F \cos \alpha - F_1 = ma_1$$
$$K_1 - F_2 = ma_1$$
$$F - F_1 = F \cos \alpha - F_2$$

$$C_{AT} = \frac{3}{2} K_{AT} \mu A$$

$$C_{pAT} + C_{vAT} = C_{AT}$$

$$A = \rho \cdot \omega \cdot \Delta t$$

$$\Delta x = \rho \Delta V$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

- 1  2  3  4  5  6  7

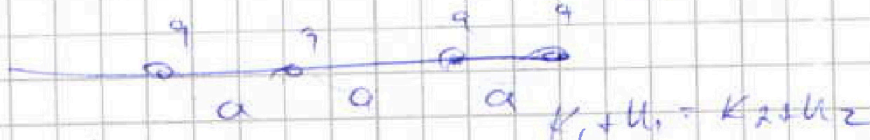
МФТИ

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

Черновик.

$$k_2 - k_1 = A = \Delta U.$$

$$q_1 + q_2 = k_2 + k_3$$



$$4k = \Delta U$$

$$U_2 = (2 + \sqrt{2}) q E a$$

$$\varphi E = \frac{GM}{R^2}$$

$$U_2 = R q^2 E (\dots + 2a + 3a)$$

$$2 \cdot 9 E + 2 \cdot 4 q E a$$

$$20 q E a$$

$$\frac{2851}{2443}$$

$$18 q E a - \sqrt{2} q E a = 4k$$

~~Сила~~



$$F_n = \frac{mv^2}{R}$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице.

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

Черновик

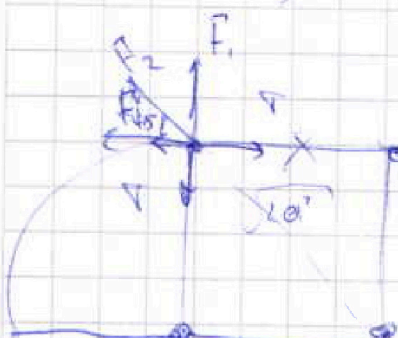
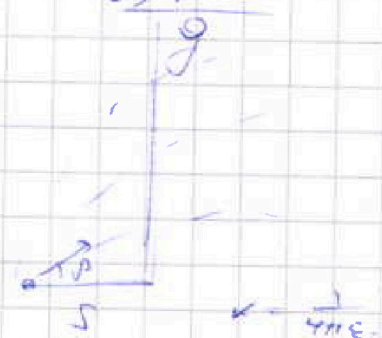
об  
а

$$v_0 \cos \alpha t_n = L$$

$$v_0 \sin \alpha t_n = \frac{g t_n^2}{2} = 0$$

$$t_n = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g}$$

$$L = \frac{2v_0^2 \sin \alpha \cos \alpha}{g}$$



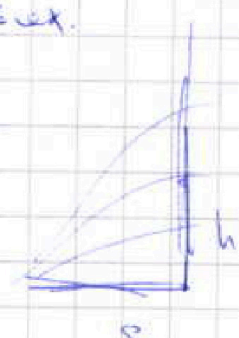
$$F_1 + F_2 \cos \alpha = \gamma$$
$$F_1 = \frac{\gamma r^2}{a^2}, F_2 = \frac{\gamma r^2}{2a^2}$$

$$\frac{\gamma r^2}{a^2} + \frac{\gamma r^2}{2a^2} \frac{1}{\sqrt{2}} = \gamma$$

$$\frac{\gamma r^2}{a^2} \left( 1 + \frac{1}{2\sqrt{2}} \right) = \gamma$$
$$r = a \sqrt{\frac{2\sqrt{2} + 1}{2\sqrt{2}}}$$

$$k_1 - k_2 = \frac{1}{2} \gamma \cos \alpha$$

$$\frac{m \omega^2 r}{2} =$$



$$y = x \tan \alpha - \frac{g x^2}{2v_0^2 \cos^2 \alpha}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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



Черновик



$N = mg \cos \alpha$

$F_f = \mu mg \cos \alpha$

$(\mu mg \cos \alpha - mg \sin \alpha) = ma_x$

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

$A_1 = \frac{1}{5} \Rightarrow \cos \alpha = \frac{4}{5}$

$a_x = -$

$Q = 8RT_1 = 2RT_1 +$

$mg \cdot \frac{2}{5}$

$F_{тр} \cos \alpha = \frac{4}{5} mg \cdot \frac{1}{2} = \frac{2}{5} mg$

$\frac{2}{5} + \frac{1}{2}$

$\delta Q = \sum \dot{X} + dU$

$Q = 2 \cdot \frac{3}{2} RT_1 + \frac{1}{2} RT_1 + 2mcdt$   
 $Q = \frac{5}{2} RT_1$

$\delta Q = C dT = (C_v + C_p) dt$

$\delta Q = C dT = Q = C \Delta T$

$\frac{C}{R} \cdot R \cdot \frac{T_2 - T_1}{T_1} = \frac{5}{2} RT_1 = Q$

$C = C_v + C_p$

$A = 9\varphi$

$\varphi = \frac{G \mu M}{m_2}$

$\frac{C_p}{C_v} = \gamma$   
 $(\gamma + 1) C_v = C$

$g = \frac{GM}{r^2}$

$\frac{C_v + C_p}{R} = \gamma$   
 $\frac{1}{2} R + \frac{3}{2} R = \frac{4}{2} R$

$E = \frac{kg^2}{r^2}$

$C dT = \frac{3}{2} R dT + p dV$

$C dT = \frac{3}{2} R dT + p dV$

$(C - \frac{3}{2} R) dT = p dV$

$(C - \frac{3}{2} R) dT = p dV$

$p dV + V dp = 0$

$1-3 \Rightarrow \frac{1}{2} R dT = p dV$

$A_{13} = \frac{1}{2} R dT$

$A_{21}$

$\frac{1}{2} R dT = p dV$