



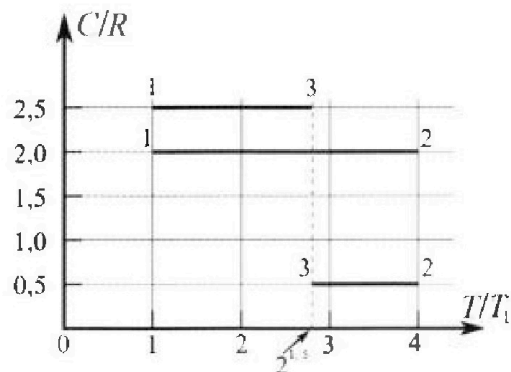
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 10-01

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



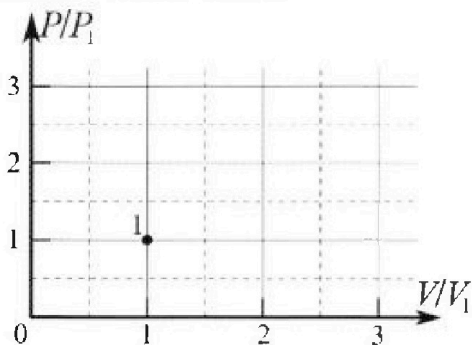
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости  $C$  газа (в единицах универсальной газовой постоянной  $R$ ) от температуры в процессах: 1-2,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



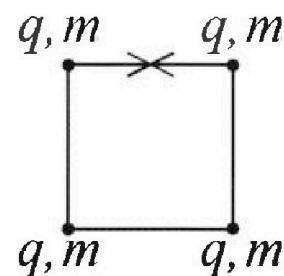
1) Найдите работу  $A_{12}$  газа в процессе 1-2.

2) Найдите КПД  $\eta$  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 расстоянии  $d$  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.



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.

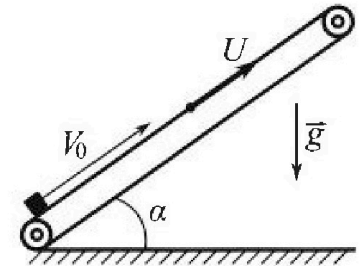
1) Найдите начальную скорость  $V_0$  мяча.

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. Сопр отвлечение 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.

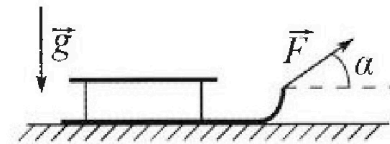
2) На каком расстоянии  $L$  от точки старта скорость коробки во втором опыте будет равна  $U = 2$  м/с?

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.

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 непустима!



Дано:  
 $g = 10 \frac{м}{с^2}$   
 $T = 2 с.$

$S = 20 м$

1)  $V_0 = ?$

2)  $h_{max} = ?$  (Максимальная высота зрака о стену)

5 1

Решение:



Пл.м. мэр поднялся на максимальную высоту т.е. в самой верхней точке параллельно  $v_0$  скорость равна 0,  $\Rightarrow v_B = 0$   
 $(v_B - \text{вектор скорости в верхней точке})$

Плечо движется равноускоренно ~~вверх~~ с ускорением свободного падения  $g$ :  
 $\vec{v}_0 = \vec{v}_0$  и  $v_0 = V_0$

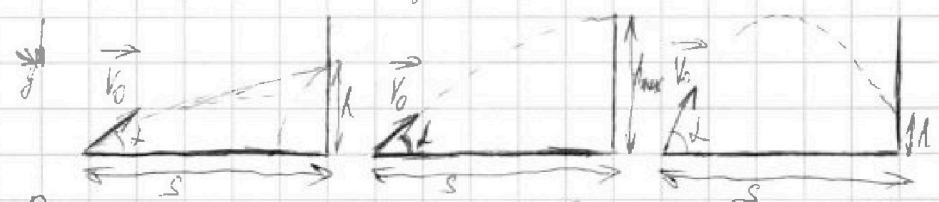
$$\vec{v}_k = \vec{v}_0 + \vec{g} \cdot T$$

$$0_y: 0 = v_0 - gT$$

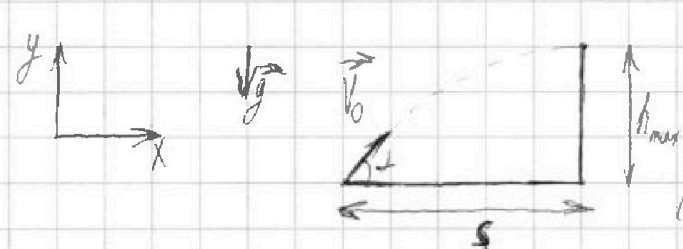
$$v_0 = gT$$

$$v_0 = 10 \frac{м}{с^2} \cdot 2 с = 20 \frac{м}{с} \Rightarrow V_0 = 20 \frac{м}{с}$$

2) Возможные ситуации:



Высота удара о стену будет максимальной, если удар произойдет в высшей точке параллельно мэр (1 в высшей параболы, по которой летит мэр). Тогда нас интересует вторая картинка.



$h_{max} = h$   
 Плечо движется равноускоренно с ускорением  $g$ :

$$(1) \vec{v}_0 \cdot t + \frac{\vec{g} \cdot t^2}{2} = \vec{S}$$

$$(2) \vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{g}t$$

$\vec{v}$  - вектор скорости в той момент  $t$  - время полета от начала до удара

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!



~~$S_x = S$~~   
 $S_y = h$

(1)  $O_x: V_0 \cdot \cos \alpha \cdot t = S$

~~$t = \frac{S}{V_0 \cos \alpha}$~~   
 $t = \frac{S}{V_0 \cos \alpha}$

$O_y: V_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{g \cdot t^2}{2} = h$

~~$V_0^2 \sin^2 \alpha \cdot t^2 - 2g \cdot t \cdot S = 2hS$~~

(2)  $O_y: V_y = V_0 \sin \alpha - g \cdot t$   
в верхней точке  $V_y = 0$ :  
 $g \cdot t = V_0 \sin \alpha$   
 $t = \frac{V_0 \sin \alpha}{g}$

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

$t = \frac{V_0 \sin \alpha}{g}$   
 $t = \frac{S}{V_0 \cos \alpha}$  } no  $\frac{V_0 \sin \alpha}{g} = \frac{S}{V_0 \cos \alpha}$

$\frac{\sin \alpha \cdot 20 \frac{m}{s}}{20 \frac{m}{s^2}} = \frac{20 m}{20 \frac{m}{s^2} \cdot \cos \alpha}$

$2 \sin \alpha \cos \alpha = \frac{1}{\cos \alpha} \quad | \cdot \cos \alpha \quad (\cos \alpha \neq 0, \text{ т.к. } \alpha \neq 90^\circ)$

$2 \sin \alpha \cos \alpha = 1$

$\sin 2\alpha = 1$

$2\alpha = 90^\circ$

$\alpha = 45^\circ$

$h_{\max} = h = \frac{V_0^2 \cdot \sin^2 \alpha}{2g} = \frac{(20 \frac{m}{s})^2 \cdot (\frac{\sqrt{2}}{2})^2}{2 \cdot 10 \frac{m}{s^2}} = \frac{400 \cdot \frac{1}{2}}{20}$

$= \frac{400}{40} \text{ м} = 10 \text{ м}$

Ответ: 1)  $V_0 = 20 \frac{m}{s}$ ; 2)  $h_{\max} = 10 \text{ м}$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

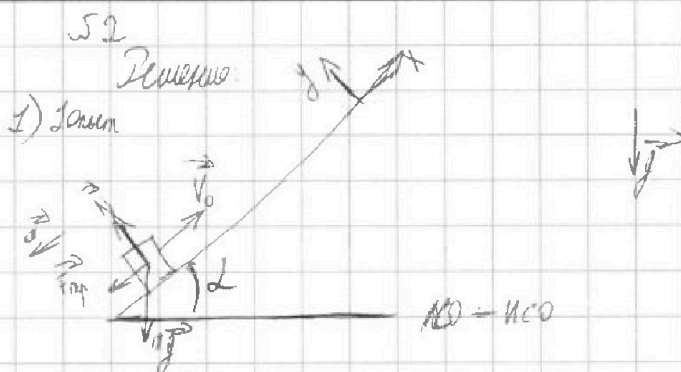
1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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



Дано:  
 $g = 10 \frac{м}{с^2}$   
 $\sin \alpha = 0,8$   
 $V_0 = 1 \frac{м}{с}$   
 $\mu = \frac{1}{3}$



1)  $u = 0$   
 $S = 1 \text{ м}$  (пусть)  
 $T = ?$  (после старта)

II Задача Ньютона:  $m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{тр} = \vec{a} \cdot m$

2)  $u = 2 \frac{м}{с}$   
 $v_{тр} = u = 2 \frac{м}{с}$  (скорость трения)  
 $L = ?$

$O_y: N = mg \cdot \cos \alpha$

$O_x: -F_{тр} - mg \cdot \sin \alpha = -a \cdot m$

$F_{тр} = \mu \cdot N = \mu mg \cos \alpha$ ,  $m$  к тело скатывается  
 ( $F_{тр}$  скатывается)

3)  $v_k' = 0$  (во второй точке)  
 $H = ?$

$am = mg \sin \alpha + \mu mg \cos \alpha$   
 $a = g \sin \alpha + g \mu \cos \alpha$

$\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = \sqrt{1 - \left(\frac{8}{10}\right)^2} = \sqrt{1 - \frac{64}{100}} =$   
 $= \sqrt{\frac{36}{100}} = \sqrt{\left(\frac{6}{10}\right)^2} = 0,6$

$\vec{V}_0 = T + \frac{a \cdot T^2}{2} = S$   $dx = S$   
 $S = S$

$O_x: V_0 T - \frac{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) T^2}{2} = S$

$\frac{T^2 \cdot g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}{2} - V_0 T + S = 0$

$T = \frac{V_0 \pm \sqrt{V_0^2 - 2gS(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}}{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}$

Для начала,  $m$  к тело прыгнет сверху и  $m$  не пошел  
 два фазы:  $\frac{2L}{11}$   $\frac{11}{11}$   $\frac{11}{11}$   $\frac{11}{11}$   
 На второй фазе после старта, а.с. (1),  $\Rightarrow$  Берем со знаком "-"

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!



$$T = \frac{v_0 - \sqrt{v_0^2 - 2gS(\sin\alpha + \mu \cos\alpha)}}{g(\sin\alpha + \mu \cos\alpha)}$$

№ (Установка)

$$T = \frac{4 \frac{m}{c} - \sqrt{(4 \frac{m}{c})^2 - 2 \cdot 10 \frac{m}{c^2} \cdot 1 m \cdot (0,8 + \frac{1}{3} \cdot 0,6)}}{10 \frac{m}{c^2} (0,8 + \frac{1}{3} \cdot 0,6)}$$

$$= \frac{4 - \sqrt{16 - 20}}{10} c = \frac{4 - \sqrt{4}}{10} c$$

малое T не учитываем →

⇒ тело не придет  $S = 1 m$  за один проход в путь.

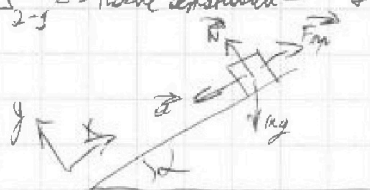
$$S(t) = v_0 T - \frac{g(\sin\alpha + \mu \cos\alpha)}{2} T^2$$

(это расстояние в поезде пути)

$$T_{\text{до остановки}} = \frac{v_0}{g(\sin\alpha + \mu \cos\alpha)} \quad T_{\text{до старта}} = \frac{4 \frac{m}{c}}{10 \frac{m}{c^2} (0,8 + \frac{1}{3} \cdot 0,6)} = \frac{4}{10} c = \frac{2}{5} c$$

$$S(\frac{2}{5} c) = 4 \frac{m}{c} \cdot \frac{2}{5} c - \frac{10 \cdot 1}{2} \cdot (\frac{2}{5})^2 = \frac{8}{5} - \frac{4}{5} = \frac{4}{5} m = 0,8 m$$

$$S_{2-3} = S_{\text{полное расстояние}} = 1 m - 0,8 = 0,2 m$$



$$\vec{N} + m\vec{g} + \vec{F}_{fr} = \vec{d}m$$

$$Oy: N = mg \cos\alpha$$

$$Ox: F_{fr} - mg \sin\alpha = -d'm$$

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

$$d'm = mg \sin\alpha - mg \cos\alpha \mu$$

$$d' = g(\sin\alpha - \cos\alpha \mu)$$

$$\vec{v}_0 \cdot \vec{T}_2 + \frac{\vec{a} \cdot \vec{T}_2}{2} = S_{\text{зад}}$$

$$Ox: \frac{g(\sin\alpha - \cos\alpha \mu) T_2^2}{2} = S_{2-1}$$

$v_0' = 0$  (мг тела останавливается)

$d'$  - ускорение после остановки.

$T_2$  - время от остановки.

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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



$$\frac{g(\sin\alpha - \cos\alpha\mu)}{2} \cdot T_2^2 = S_2 - l$$

$$T_2^2 = \frac{2 \cdot S_2 - l}{g(\sin\alpha - \cos\alpha\mu)}$$

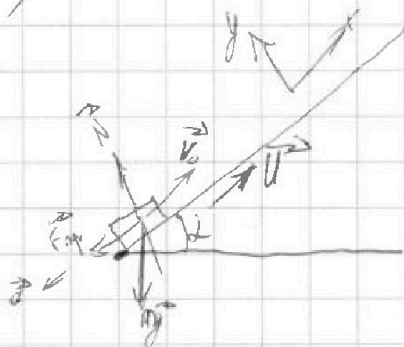
$$T_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot S_2 - l}{g(\sin\alpha - \cos\alpha\mu)}}$$

$$T_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,2 \text{ м}}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot (0,8 - \frac{1}{3} \cdot 0,8)}} = \sqrt{\frac{0,4}{10(0,8 - 0,267)}} \text{ с} =$$

$$= \sqrt{\frac{0,4}{10 \cdot 0,533}} \text{ с} = \sqrt{\frac{4}{50 \cdot 5}} = \sqrt{\frac{1}{15}} = \frac{\sqrt{15}}{15} \text{ с}$$

$$T = T_1 + T_2 = \frac{2}{5} \text{ с} + \frac{\sqrt{15}}{15} \text{ с} = \frac{6 + \sqrt{15}}{15} \text{ с}$$

2) 20 м/с



$$v_{\text{вправо}} = v = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$a = g(\sin\alpha + \cos\alpha\mu) \quad (\text{в } \downarrow \text{ направлении})$$

CO-закон:

$$\vec{v}_{\text{конт. лентки}} = \vec{v}_{\text{вправо}} - \vec{u}$$

$$v_{\text{конт. лентки}} = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$O_x: v_{\text{конт. лентки}} = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}} - 2 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 0 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\vec{v}_{\text{один лентки}} = \vec{v}_{\text{конт. лентки}} - \vec{u}$$

$$O_x: v_{\text{один лентки}} = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}} - 2 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\vec{v}_{\text{конт. лентки}} = \vec{v}_{\text{один лентки}} + \vec{a} \cdot t$$

$$O_x: \vec{v}_{\text{конт. лентки}} = \vec{v}_{\text{один лентки}} + g(\sin\alpha + \cos\alpha\mu) \cdot t$$

t - время спуска.  
 $d_x = \vec{v} \cdot t - d$



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!

$$0 \frac{u}{c} = 2 \frac{u}{c} - 10 \frac{u}{c^2} (0,8 + \frac{1}{3} \cdot 0,6) \cdot t$$

$$2 \frac{u}{c} = 10 \frac{u}{c^2} t$$

$$t = \frac{1}{5} c$$

$$V_{\text{отн}} = 10: \quad \vec{s} = \vec{V}_0 \cdot t + \frac{g \cdot t^2}{2}$$

$$2x: \quad l = \sqrt{\frac{u}{c}} \cdot \frac{1}{5} c = \frac{10 \frac{u}{c} (0,8 + 0,6 \cdot \frac{1}{3}) \cdot (\frac{1}{5} c)^2}{2} = \frac{4}{3u} \cdot \frac{10}{2 \cdot 25} u = \frac{4}{3u} \cdot \frac{1}{5} u =$$
$$= \frac{4}{15} u = 0,6 u$$

3) Из второго уравнения

$$V'_{\text{отн лентки}} = 0 \frac{u}{c} - 2 \frac{u}{c} = -2 \frac{u}{c}$$

$$V_0 \text{ отн лентки} = 2 \frac{u}{c}$$

$$V'_{\text{отн лентки}} = V_0 \text{ отн лентки} - g(\sin \alpha + \cos \mu) \cdot \tau \quad \tau - \text{время полета}$$

$$-2 \frac{u}{c} = 2 \frac{u}{c} - 10 \frac{u}{c^2} \cdot (0,8 + \frac{1}{3} \cdot 0,6) \tau$$

$$10 \frac{u}{c^2} \tau = 4 \frac{u}{c}$$

$$\tau = \frac{4}{10} c = 4 \frac{1}{5} c$$

$$\vec{s} = \vec{V}_0 \cdot \tau - \frac{g \cdot \tau^2}{2}$$

$$s(\tau) = 4 \frac{u}{c} \cdot \frac{2}{5} c - \frac{10 \frac{u}{c^2} (0,8 + \frac{1}{3} \cdot 0,6) \cdot \frac{4}{25} c^2}{2} = \frac{8}{5} u - \frac{10 \cdot 4}{25 \cdot 2} u =$$

$$= \frac{8}{5} u - \frac{4}{5} u = \frac{4}{5} u$$

$$H = \sin \alpha \cdot s(\tau) = \frac{8}{10} \cdot \frac{4}{5} = \frac{8 \cdot 2}{5 \cdot 5} = \frac{16}{25} = \frac{64}{100} = 0,64 \text{ м}$$

$$\text{Ответ: 1) } T = \frac{6 + \sqrt{15}}{15} \text{ с}$$

$$2) l = 0,6 \text{ м}$$

$$3) H = 0,64 \text{ м}$$



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!

Дано:

$v_0, l, m$

~~$t_1 = t_2 = \tau$  (время разгона)~~

и 3

Ищем:

$t_1 = t_2 = \tau$  (время разгона)  $v_{k1} = v_{k2} = v$   
 $F_1 = F_2 = F$  (сила)

1 ступень:  $L$

$\vec{F} = \text{const}$

1) 1 ступень:



2 ступень:  $L = 0^\circ$

$(\vec{F}) = \text{const}$

$$\vec{N} + m\vec{g} + \vec{F} + \vec{F}_{\text{тр}} = \vec{a}_1 m$$

$$v_{k1} = t_1 \cdot a_1$$

f)  $\mu$

2)  $v_{k1} = 0$  T-?

$$O_y: N = mg - F \cdot \sin L$$

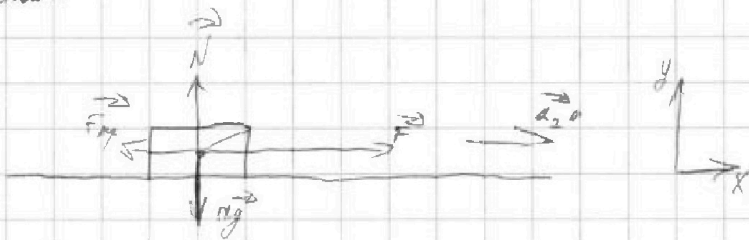
$$O_x: am = F \cdot \cos L - F_{\text{тр}}$$

$$F_{\text{тр}} - F_{\text{тр}}^{\text{сбаланс}} = N\mu$$

$$a_1 = \frac{F \cdot \cos L - \mu \cdot mg + \mu F \sin L}{m}$$

$$a_1 = \frac{F \cos L - \mu mg + \mu F \sin L}{m}$$

2 ступень:



$$\vec{N} + m\vec{g} + \vec{F}_{\text{тр}} + \vec{F} = \vec{a}_2 m$$

$$O_y: N = mg$$

$$F_{\text{тр}} - F_{\text{тр}}^{\text{сбаланс}} = N\mu$$

$$O_x: F - F_{\text{тр}} = a_2 m$$

$$a_2 = \frac{F - mg\mu}{m}$$

$$v_{k2} = t_2 \cdot a_2$$

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!

$$\sqrt{v_{k1}} = t_1 \cdot a_1 \Rightarrow a_1 = \frac{\sqrt{v_{k1}}}{t_1} = \frac{v_0}{2}$$

$$\sqrt{v_{k2}} = t_2 \cdot a_2 \Rightarrow a_2 = \frac{\sqrt{v_{k2}}}{t_2} = \frac{v_0}{2} \Rightarrow a_1 = a_2$$

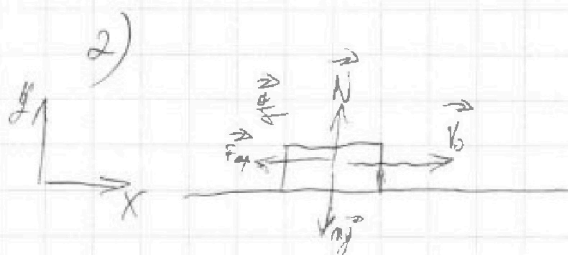
$$a_1 = a_2: \frac{F \cos \alpha + (F \sin \alpha - mg) \mu}{m} = \frac{F - mg \mu}{m}$$

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

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

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

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



$$\vec{v}_0 + \vec{a}T = \vec{v}_x \quad v_x = 0$$

$$\partial_x: v_0 - aT = 0$$

$$aT = \frac{v_0}{a}$$

$$\vec{N} + m\vec{g} + \vec{F}_{fr} = \vec{a} \cdot m$$

$$\partial_y: N = mg$$

$$\partial_x: -F_{fr} = -a \cdot m \quad F_{fr} = F_{fr \text{ max}} = N \cdot \mu$$

$$a \cdot m = \mu \cdot mg$$

$$a = \mu \cdot g$$

$$T = \frac{v_0}{\mu g} = \frac{v_0 \cdot \sin \alpha}{g \cdot (1 - \cos \alpha)}$$

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

2)  $T = \frac{v_0 \cdot \sin \alpha}{g \cdot (1 - \cos \alpha)}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

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

Дано:

График зависимости  $\frac{C}{R}$  от  $\frac{T}{T_1}$

$$v = 1 \text{ моль}$$

$$T_1 = 400 \text{ К}$$

$$R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}}$$

$c$  - коэффициент теплоемкости

584

Решено

1)

I Закон термодинамики

$$Q_{1-2} = A_{1-2} + \Delta U_{1-2}$$

Из уравнений и уравнений  $\Rightarrow$

$$\Delta U_{1-2} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{1-2}$$

$$\Delta T = \Delta T_{1-2} = (4-1) \cdot T_1$$

$$\Delta T_{1-2} = 3 \cdot 400 \text{ К} = 1200 \text{ К}$$

1)  $A_{1-2}$  (1-2) (работы газа)

2)  $J$

$$Q_{1-2} = \Delta T_{1-2} \cdot \frac{C}{R_{1-2}} \cdot R \cdot \nu$$

$$\frac{C}{R_{1-2}} = 2$$

$$A_{1-2} = Q_{1-2} - \Delta U_{1-2}$$

$$A_{1-2} = \Delta T_{1-2} \cdot \nu \cdot R \cdot \frac{C}{R_{1-2}} - \frac{3}{2} \nu R \cdot \Delta T_{1-2}$$

$$= \nu R \Delta T_{1-2} \left( \frac{C}{R_{1-2}} - \frac{3}{2} \right)$$

$$A_{1-2} = 1 \text{ моль} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}} \cdot 1200 \text{ К} \cdot (2 - 1,5) =$$

$$= 8,31 \cdot 600 \text{ Дж} = 4986 \text{ Дж}$$

$$= 8,31 \cdot 600 \text{ Дж} = 4986 \text{ Дж}$$

$$2) J = \frac{Q_{2-1} - |Q_{1-2}|}{Q_{2-1}} \cdot 100\%$$

~~$A_{1-2} = 4986 \text{ Дж}$~~

$$Q_{1-2} = 4986 \text{ Дж} \text{ (с нулем)} \quad Q_{1-2} > 0$$

(8,31 · 600 Дж)



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!

$$\overline{R_{2-3}} = \Delta T_{23} \cdot \frac{C}{R_{2-3}} \cdot R \cdot \nu$$

$$\frac{C}{R_{2-3}} = 0,5 = \frac{1}{2}$$

$$\begin{aligned} \Delta T_{2-3} &= 1 \cdot (2^{\frac{3}{2}} - 4) \cdot T_f = -T_f \cdot (4 - \sqrt{8}) = \\ &= -T_f \cdot (4 - 2\sqrt{2}) = -T_f \cdot 2(2 - \sqrt{2}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta T_{2-3} &= -400 \text{ k} \cdot 2 \cdot (2 - \sqrt{2}) = -800(2 - \sqrt{2}) = \\ &= 800\sqrt{2} - 1600 \text{ k} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{2-3} &= (800\sqrt{2} - 1600) \text{ k} \cdot \frac{1}{2} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{K} \cdot \text{моль}} \cdot 1 \text{ моль} = \\ &= (400\sqrt{2} - 800) \cdot 8,31 \text{ Дж} \end{aligned}$$

$$Q_{2-3} < 0$$

$$Q_{3-1} = \Delta T_{3-1} \cdot \frac{C}{R_{3-1}} \cdot R \cdot \nu$$

$$\frac{C}{R_{3-1}} = 2$$

$$\Delta T_{3-1} = (1 - 2^{\frac{3}{2}}) \cdot T_f$$

$$\Delta T_{3-1} = (1 - 2\sqrt{2}) \cdot 400 \text{ k} = \cancel{400 - 800\sqrt{2}} \text{ k}$$

$$\begin{aligned} Q_{3-1} &= (100 - 800\sqrt{2}) \text{ k} \cdot 2 \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{K} \cdot \text{моль}} \cdot 1 \text{ моль} = \\ &= (800 - 1600\sqrt{2}) \cdot 8,31 \text{ Дж} \quad Q_{3-1} < 0 \end{aligned}$$



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!



$$Q_{\text{выпуск}} = Q_{2-3} + Q_{3-1}$$

$$Q_{\text{перез}} = Q_{1-2}$$

$$J = \frac{Q_{1-2} - (Q_{2-3} + Q_{3-1})}{Q_{1-2}} \cdot 100\%$$

$$J = \frac{8,31 \cdot 600 \text{ шт} - ((600 \text{ шт} - 400) \cdot 6,31 \text{ шт} + (1600 \text{ шт} - 600) \cdot 4,36 \text{ шт})}{8,31 \cdot 600 \text{ шт}}$$

$$\cdot 100\% =$$

$$= \frac{600 - 600 \text{ шт} + 400 - 1600 \text{ шт} + 600}{600} \cdot 100\% =$$

$$= \frac{2400 - 2400 \text{ шт}}{600} \cdot 100\% = \frac{24 - 24 \text{ шт}}{6} \cdot 100\% =$$

$$= \frac{4}{3} - 4 \text{ шт}$$

$$\text{ответ: } J) I_{1-2} = 4,966 \text{ шт.}$$

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!

Дано:

$g, q, m, k$

1)  $T$  - ?

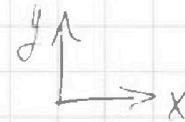
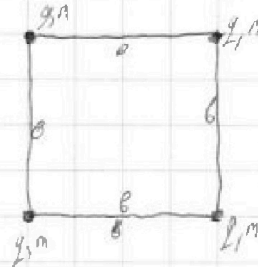
2)  $V$  - ?

3)  $d$  - ?

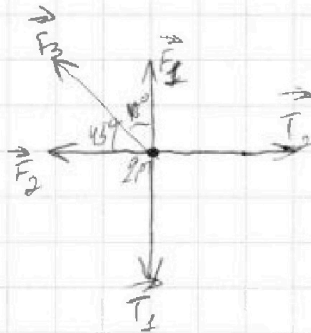
55

Решение:

$$T_1 = T_2 = T$$



✗ Левый верхний шарик:



По закону Кулона:

$$F_1 = k \cdot \frac{q \cdot q}{a^2} = k \cdot \frac{q^2}{a^2}$$

$$F_2 = k \cdot \frac{2q \cdot q}{a^2} = k \cdot \frac{q^2}{a^2}$$

$$F_3 = k \cdot \frac{q \cdot q}{(\sqrt{2}a)^2} = k \cdot \frac{q^2}{2a^2}$$

$$F_1 = F_2 = F; \quad F_3 = \frac{F}{2}$$

II Закон Ньютона:

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \vec{T}_1 + \vec{T}_2 = 0$$

$$O_y: F + \frac{F}{2} \cdot \cos 45^\circ = T$$

$$O_x: F + \frac{F}{2} \cdot \cos 45^\circ = T$$

$$T = F + \frac{F}{2} \cdot \cos 45^\circ = F \left( 1 + \frac{1}{2} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \right) = k \cdot \frac{q^2}{a^2} \cdot \left( 1 + \frac{\sqrt{2}}{4} \right) =$$

$$= k \cdot \frac{q^2}{a^2} \cdot \frac{4 + \sqrt{2}}{4} = \frac{k \cdot q^2 \cdot (4 + \sqrt{2})}{4a^2}$$

Ответ: 1)  $T = \frac{kq^2(4 + \sqrt{2})}{4a^2}$

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!



$$-5t^2 + 4t - 1 = 0$$

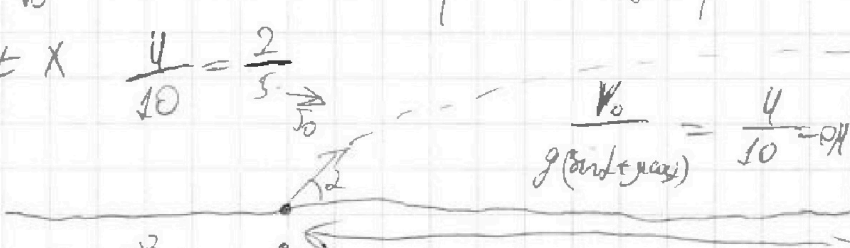
$$y^2 - 5t^2 + 4t - 1 = 0 \Rightarrow t_{\text{max}} = T = 2c$$

$$D = \sqrt{16 - 4 \cdot 5 \cdot (-1)} = 20 \Rightarrow t = \frac{50 \cos t}{g} \quad v_0 = gT = 20 \frac{m}{c}$$

$v_x, v_y$   
 $x, t, x$   
 $h = ?$

$$v_0 \cos t \cdot t = S \quad | \quad v_0 \sin t = g t$$

$$\frac{v_0^2 \sin^2 t}{2g} = S \quad | \quad h = \frac{v_0^2 \sin^2 t}{2g}$$



$$\frac{4}{10} = \frac{2}{5} \Rightarrow v_0 = 4$$

$$\frac{v_0}{g(\sin t + \cos t)} = \frac{4}{10} = 0.4$$

$H_{\text{max}}$

$$g + \frac{v_0^2}{g} = 8 + 2 = 10$$

$$\frac{2}{5} \cdot 4 - \frac{4}{5 \cdot 2} = \frac{8}{5} - \frac{4}{10} = \frac{16-4}{10} = \frac{12}{10} = 1.2$$

$$S = \frac{v_0^2 \sin 2t}{g}$$

$$h = S$$

$$g: v_0 \sin t = g t_{\text{max}}$$

$$t_{\text{max}} = \frac{v_0 \sin t}{g}$$

$$H = \frac{g \cdot t_{\text{max}}^2}{2} = \frac{v_0^2 \sin^2 t}{2g}$$

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

$\sin t = ?$

$$t = \frac{v_0 \sin t}{g}$$

$$4 \sin t = \frac{5 \sin t}{g}$$

$$2 \tan t =$$

$$l = \cos t \cdot v_0 \cdot t = \frac{1}{5} \cdot 5 \cdot 2 = 2$$

$$v_0 \cos t \cdot t = 2$$

$$t_{\text{max}} = \frac{\tan t}{2} \Rightarrow \tan t = \frac{v_0 \sin t}{g}$$

$$h = \frac{v_0^2 \sin^2 t}{2g}$$

$$l = v_0 \cos t \cdot 2 \cdot \frac{v_0 \sin t}{g} = \frac{2 v_0^2 \sin t \cos t}{g}$$

$$= \frac{2 v_0^2 \sin 2t}{10}$$

$$\cos t \cdot t = 1$$

$$\frac{1}{\cos t} = 2 \sin t \cdot \frac{1}{\cos t}$$

$$\sin 2t = 2 \sin t \cos t$$

$$2 \sin t \cos t = \cos t \cdot t$$

$$2 \sin t \cdot \cos t = \cos t \cdot t$$

$$t = 2 \sin t$$

$$2t = 2 \sin t \Rightarrow t = \sin t$$

$$2 \sin t = \cos t$$

$$t = \frac{20}{10} \Rightarrow \frac{H}{2} = 5$$

$$\frac{400}{10} \cdot \sin^2 t = 20$$

$$\frac{20}{10} \cdot \sin^2 t = 1$$

$$2 \sin^2 t = 1$$

$$16 = 2 \cdot 10 \cdot \sin^2 t \Rightarrow \sin^2 t = \frac{16}{20} = \frac{4}{5} \Rightarrow \sin t = \frac{2}{\sqrt{5}}$$



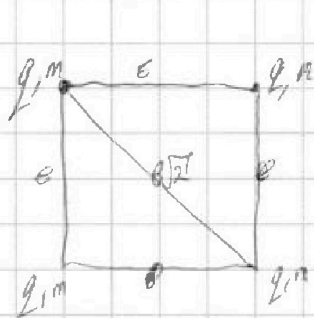
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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



$\frac{Dx}{k \cdot \Delta l}$

$F = k \cdot \frac{Dx}{\Delta l}$

$(X + \Delta X)^2 - (X - \Delta X)^2$   
 $X + 2\Delta X^2 + 2\Delta X X = X^2 + \Delta X^2$   
 $2X \cdot \Delta X = -\Delta X \cdot \Delta X$   
 $\Delta X = -\Delta X$

$F = \frac{Dx^2}{2\Delta l} \cdot k$

$Q = A' + \Delta l$

$\sqrt{2} \cdot \Delta l$

$\Delta l = 3 \cdot \Delta l$

$\Delta l = \sqrt{(2 \cdot 1000)^2} = 20 \cdot 20 \cdot 20 \cdot \sqrt{6}$

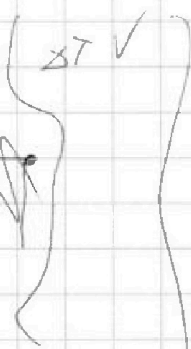
$Q = C \cdot m \cdot \Delta l$

C - Дав на 1 мм



$\frac{k \cdot Dx^2}{(B + \Delta l)^2}$

$\frac{1}{6} \cdot \frac{31}{4986}$



$A' = Q + \Delta l$

$Q = A + \Delta l$

$\Delta l = Q + A'$

$m \cdot g = F + \frac{F}{2} \cdot \frac{\Delta l}{2}$

$C = \frac{Q}{m \cdot \Delta l}$

$Q = -k \cdot \Delta l \cdot \Delta T$

$Q = \frac{k \cdot \Delta l \cdot \Delta T}{m \cdot \Delta l}$

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

$\frac{C}{R} = \frac{k}{M}$

P = const

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

$A' = P \cdot \Delta l$

$\frac{k \cdot Dx^2}{6 - \Delta l}$

$Q = -A + \Delta l$

$Q = A - \Delta l$

$\Delta l = Q + \Delta l$

$\Delta l \Rightarrow \Delta l$

$Q = A' + \Delta l$

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

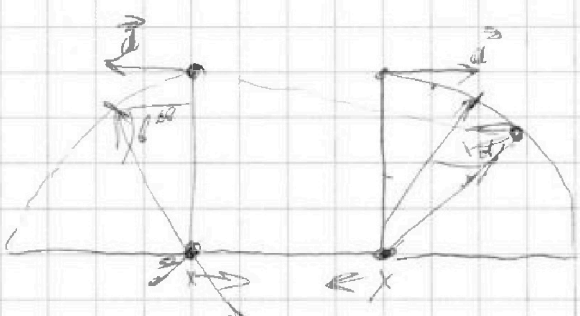
$= k \cdot \frac{R}{M} \cdot m \cdot \Delta T$

$Q = \frac{k \cdot \Delta l \cdot \Delta T}{m \cdot \Delta T} \cdot m \cdot \Delta T$

$F = F_1 + F_2$

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

$\Delta T = 3 \cdot 400k = 1200k$



$\frac{16}{24}$

