



# 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.

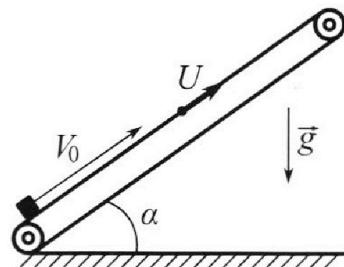
Если футболист направляет мяч под различными углами к горизонту, из той же точки с начальной скоростью  $V_0$  к высокой вертикальной стенке, то наибольшая высота, на которой происходит соударение мяча со стенкой, равна  $H = 3,6$  м.

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

Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ . 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  $V_0 = 6 \text{ м/с}$ . Коэффициент трения скольжения коробки по ленте  $\mu = 0,5$ .

Движение коробки прямолинейное.



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

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

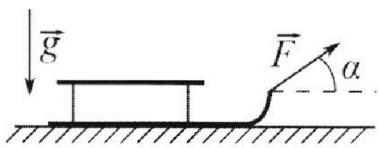
2) Через какое время  $T_1$  после старта скорость коробки во втором опыте будет равна  $U = 1 \text{ м/с}$ ?

3) На каком расстоянии  $L$  от точки старта скорость коробки обратится в ноль во втором опыте? Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ . Все кинематические величины измерены в лабораторной системе отсчета.

3. Санки дважды разгоняют из состояния покоя до одной и той же 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  $g$ .

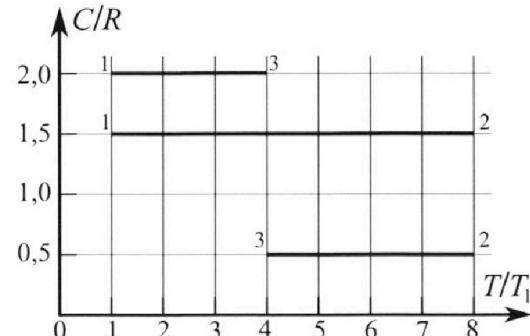
Санки находятся на горизонтальной поверхности. Движение санок прямолинейное.

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

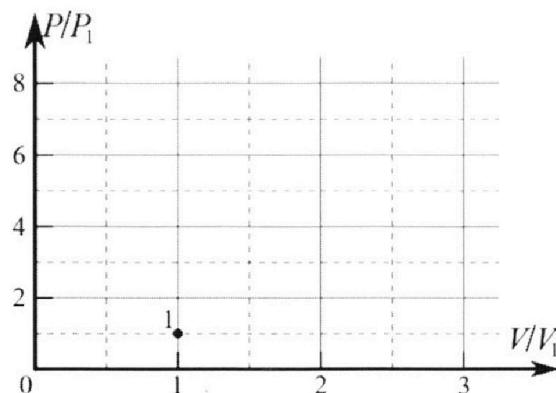
**Вариант 10-02**

*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).

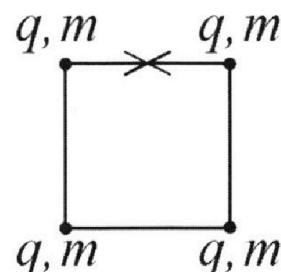


- 1) Найдите работу  $A_{31}$  внешних сил над газом в процессе 3-1.
- 2) Найдите КПД  $\eta$  цикла.
- 3) Постройте график цикла в координатах  $(P/P_1, V/V_1)$ , где  $P_1$  и  $V_1$  давление и объём в состоянии 1. Для построения графика перенесите шаблон (см. ниже) в чистовик своей работы. Точка 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 каком расстоянии  $d$  от точки старта будет находиться в этот момент любой из двух шариков, изначально расположенных вверху (на рисунке)? Электрическая постоянная  $\epsilon_0$ . 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"/> |

**МФТИ**

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

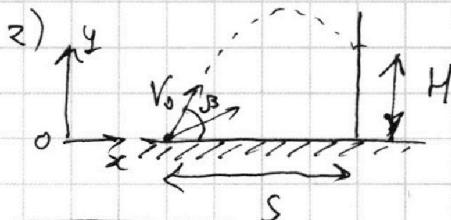
Ур. 1 из 6 [Черновик]

№1

$$\alpha = 45^\circ \Rightarrow L = \frac{V_0^2}{g}$$

$$1) L - \text{дальность полёта} \Rightarrow L = \frac{V_0^2 \sin 2\alpha}{g}$$

$$V_0 = \sqrt{\frac{Lg}{\sin 2\alpha}} = \sqrt{200} \cdot \frac{\alpha}{\pi} = 10\sqrt{2} \frac{\alpha}{\pi} \text{ м/сек}$$



При  $\beta = 90^\circ$  при некотором достигаемых максимуме высоты  $H$  время, за которое мяч долетает до стены

Запишем упр-е движения вдоль осей  $x$  и  $y$ :  $V_0 \cos \beta t = S$

$$S = \frac{V_0 \cos \beta}{g} t^2$$

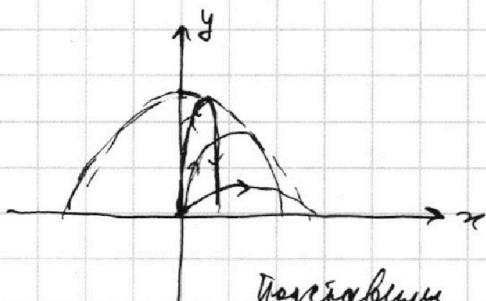
$$S \cdot \tan \beta - g \frac{S^2}{V_0^2 \cos^2 \beta} = H$$

$$1 - \tan^2 \beta = \frac{2gS}{V_0^2} \cdot \frac{\cos \beta \sin \beta}{\cos^3 \beta}$$

т.к.  $H = \max$ , то  $H'(B) = 0$ .

$$S \cdot (1 - \tan^2 \beta) - \frac{gS^2}{V_0^2} \cdot (-2) \cdot \cos^{-3} \beta (-2 \sin \beta) = 0$$

$H$ - макс. высота  $\Rightarrow$  точка с коорд.  $(S; H)$   $\in$  границе пространства этой области.



Уравнение границы крестик. обл.:

$$y = \frac{V_0^2}{2g} - \frac{g}{2V_0^2} \cdot x^2$$

Подставим в него наши координаты:

$$H = \frac{V_0^2}{2g} - \frac{g}{2V_0^2} \cdot S^2 ; \quad H = \frac{L}{2} - \frac{S^2}{2L} ; \quad S = \sqrt{2L \cdot \left(\frac{L}{2} - H\right)} = \sqrt{L^2 - 2LH} = \sqrt{400 - 144} = 16 \text{ м.}$$

$$\text{Ответ: } V_0 = \sqrt{\frac{Lg}{\sin 2\alpha}} = 10\sqrt{2} \frac{\alpha}{\pi} \text{ м/сек.}$$

$$S = \sqrt{L^2 - 2LH} = 16 \text{ м.}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



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

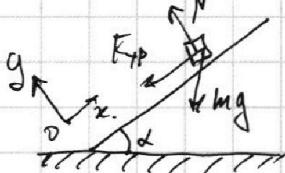
МФТИ

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

ч. 2 № 6

№ 2

$$\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = 0,8$$



$$F_{TP} = \mu N$$

a - ускорение бруска

1) Запишем II з. Ньютона в координатах на оси x и y.

$$\begin{cases} N = mg \cos \alpha \\ -\mu N - mg \sin \alpha = ma_1 \end{cases} \Rightarrow a_1 = -\mu g \cos \alpha - g \sin \alpha = -10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

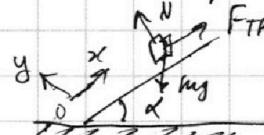
$V_0 + aT < 0 \Rightarrow$  норбина начнёт падать, и тогда

$F_{TP}$  будет в другую сторону.

$$\begin{cases} N = mg \cos \alpha \\ \mu N - mg \sin \alpha = ma_2 \end{cases} \Rightarrow a_2 = \mu g \cos \alpha - g \sin \alpha = -2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

После падения остановится за время  $T_1' = -\frac{V_0}{a_1} = 0,6 \text{ сек.}$ ,

$$\text{пройдя } S_1 = \frac{-V_0^2}{2a_1} = 1,8 \text{ м.}$$



и в шестые  $T_2' = T - T_1' = 0,4 \text{ сек.}$  будет скатываться, проходя  $L_2 =$

$$S_2 = \frac{a_2 T_2'^2}{2} = -0,16 \text{ м.}$$

$$S = S_1 + S_2 = 1,64 \text{ м.}$$

$$\text{Время: } S = 1,64 \text{ м; } T_1' = 0,5 \text{ сект.;$$

$$\text{Время: } L = 1 \text{ м.}$$

2) Третий закон С.О. Ильин (она инерциальная). Скорость норбины

останется неизменной  $V' = V_0 - 25 = 0$ . Нач. скор.  $V_0' = V_0 - 25 = 5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ .

закон равного замедления  $\Rightarrow T_1 = \frac{V' - V_0'}{a_1} = \frac{25 - 5}{-g \cdot (\mu \cos \alpha + \sin \alpha)} = 0,5 \text{ сек.}$

3) Останется неизменной  $V' = V - 25 = -1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ ; останется неизменной направление движения.

Когда  $V' = 0$   $L_1' = \frac{-V_0'^2}{2a_1} =$

$$= 1,25 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}; \text{ далее } L_2' = \frac{V'^2}{2a_2} = -0,25 \text{ м.} \therefore L = L_1' + L_2' = 1 \text{ м.}$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

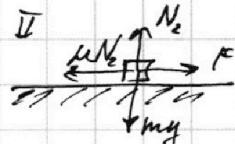
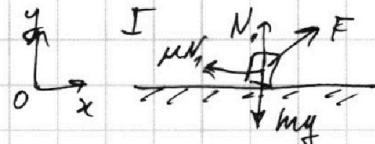
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

стр. 3 из 6 [чертёж]

№3

1) Если разгон на одинарном участке пути, то ускорение санок

(2) было одинарное.



Вспомним II з. Итог. что они у них

$$\begin{aligned} I \quad & \left\{ \begin{array}{l} N_1 = mg - F \sin \alpha \\ F \cos \alpha - \mu N_1 = ma. \end{array} \right. \\ & \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} II \quad & \left\{ \begin{array}{l} N_2 = mg \\ F - \mu N_2 = ma. \end{array} \right. \\ & \end{aligned}$$

∴

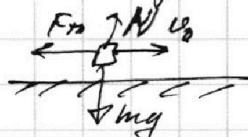
$$ma = F \cos \alpha - \mu mg + \mu F \sin \alpha = F - \mu mg.$$

$$\cos \alpha + \mu \sin \alpha = 1. \quad \therefore \mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}$$

Второй

V-<sup>max</sup> <sub>смог.-26</sub> бруска при разгоне до горизонтальных

2) При горизонтальном в горизонт. направл. действует  
равно  $F_{TP} = \mu N = \mu mg$



Значит, ускорение бруска будет  $- \frac{F_{TP}}{m} = -\mu g$

$$S = \frac{-V^2}{-\mu g} = \frac{V^2}{\mu g}. \quad \text{но } K = \frac{m V^2}{2} \Rightarrow V^2 = \frac{2K}{m}.$$

$$S = \frac{V^2}{\mu g} = \frac{\boxed{2K}}{\boxed{\mu g}} = \frac{\boxed{2K \sin \alpha}}{\boxed{mg(1 - \cos \alpha)}} = \frac{2K}{\mu mg} = \frac{2K \sin \alpha}{mg(1 - \cos \alpha)}$$

Ошибки?

Ошибки: ~~S = V^2 / (mu g)~~ 1)  $\mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}$

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

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



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

Задача 6 [частичный]

№ 4

1) Задача 3-1 изменение гипервагонов  $\Delta T = -3T_1$

изм. внутр. энергии  $\Delta U_{31} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T$ .

изм. подведенное тепло  $Q_{31} = \nu \cdot C \cdot \Delta T = 2\nu R \Delta T$ .

$$\Delta U = Q + A \Rightarrow A_{31} = \Delta U_{31} - Q_{31} = -\frac{\nu R \Delta T}{2} = \frac{3}{2} \nu R T_1$$

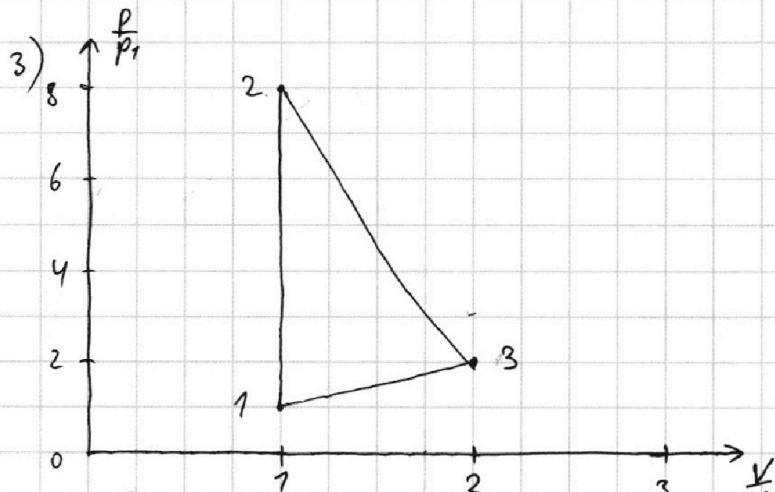
$$2) \eta = 1 - \frac{1-Q_1}{Q_1}$$

подведенное тепло за цикл:  $Q_{12} = \nu C_{12} \cdot \Delta T_{12} = +1,5 \nu R \cdot 4 T_1$

$$Q_{23} = \nu \cdot C_{23} \cdot \Delta T_{23} = -0,5 \nu R \cdot 4 T_1$$

$$Q_{31} = \nu \cdot C_{31} \cdot \Delta T_{31} = -2 \nu R \cdot 3 T_1$$

$$\begin{aligned} \eta &= 1 + \frac{Q_{23} + Q_{31}}{Q_{12}} = \\ &= 1 - \frac{8 \nu R T_1}{10,5 \nu R T_1} = \frac{2,5}{10,5} = \frac{5}{21}. \end{aligned}$$



(1)  $C_{12} = \frac{3}{2} \nu R$ , т.к. однодimensional  $\Rightarrow \beta \propto V$  процесс 1-2  $V = \text{const.} \Rightarrow$

из упр-ия состояния  $p = \frac{\nu R T}{V}$ ;  $\frac{p_2}{p_1} = \frac{T_2}{T_1} = 8$ ;  $p_2 = 8p_1$ ;  $V_2 = V_1$ .

(2)  $A_{23} = \Delta U_{23} - Q_{23} = \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{23} - \frac{1}{2} \nu R \Delta T_{23} = \nu R \Delta T_{23} \Rightarrow$

$$\rightarrow -pdV = pdV + Vdp$$

$$\frac{dp}{p} = -2 \frac{dV}{V}$$

$$\nu R dT = pdV + Vdp$$

(из упр-ия состояния)

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!

свр. 5 из 6 истовик №4 (продолжение)

$$\text{Значит, } \ln\left(\frac{P_3}{P_2}\right) = -2 \ln\left(\frac{V_3}{V_2}\right)$$

$$\frac{P_3}{P_2} = e^{-2} \cdot \frac{V_3}{V_2}$$

$$\frac{P_3}{8P_1} = e^{-2} \cdot \frac{V_3}{V_1}$$

(31)  $A_{31} = \Delta V_{31} - Q_{31} = -\frac{1}{2} \nabla R \Delta T_{31}$

$$-\nabla dV = -\frac{1}{2} \cdot (\nabla dV + V d\nu)$$

$$\frac{\nabla dV}{2} = V d\nu; 2 \frac{d\nu}{P} = \frac{dV}{V} \Rightarrow 2 \ln\left(\frac{P_1}{P_3}\right) = \ln\left(\frac{V_1}{V_3}\right)$$

$$e^{-2} \cdot \frac{P_1}{P_3} = \frac{V_1}{V_3}$$

$$A_{23} = \Delta V_{23} - Q_{23} = \left(\frac{3}{2} - \frac{1}{2}\right) \nabla R \Delta T_{23} = 4 \nabla R \Delta T_1 = -4 P_1 V_1$$

$$A_{31} = \Delta V_{31} - Q_{31} = \left(\frac{3}{2} - 2\right) \nabla R \Delta T_{31} = -\frac{3}{2} \nabla R \Delta T_1 = -\frac{3}{2} P_1 V_1$$

Значит, имея под у-кам 23 будет 4 ~~ПУСТЫНЯ~~, под

у-кам 31 будет 1,5 ~~ПУСТЫНЯ~~  $T_3 = 4T_1 \Rightarrow P_3 V_3 = 4 P_1 V_1$

Пусть  $\frac{V_3}{V_1} = x$ . тогда  $\frac{P_3}{P_1} = \frac{4}{x}$ . Тогда под у-кам 31 1,5  $\Rightarrow$

$$\Rightarrow \frac{(x-1) \cdot \left(\frac{4}{x} + 1\right)}{2} = 1,5 ; \quad (x-1)\left(\frac{4}{x} + 1\right) = 3 ; \quad (x-1)(x+4) = 3x. \\ x^2 + 3x - 4 = 0. 3x.$$

решение под у-кам

$$x = 2. \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V_3 = 2 V_1 \Rightarrow P_3 = 2 P_1$$

т.ч. на участках 23; 31  $c = \text{const}$ , то на участке это обознач.

$$\text{Решение: 1) } A_{31} = \frac{3}{2} \nabla R T_1 ; 2) \gamma = \frac{5}{27}$$



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 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!

**№ 2**

ЧЕРНОВЫЕ

$\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = 0,8$ .

$F_{\text{тр}} = \mu N$ .  
 $\alpha$  - ускорение бруска вдоль наклона.

1) Задачем № 3. Известно, что брусков движутся по склону.

$N = mg \cos \alpha$        $\Rightarrow a = -\mu g \cos \alpha = -4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

тогда  $V_0 + aT > 0 \Rightarrow$  скорость не изменяет направл. движения.

Значит,  $S = V_0 T + \frac{aT^2}{2} = \frac{V_0 T - \mu g \cos \alpha \cdot T^2}{2} = 4 \text{ м}$  (она инфинитесимальна)

2) Переидём в с.о. меньш. тогда скорость бруска останется  $V' = V_0 - VT = 0$ . Но нач. скорость бруска должна равна  $V_0' = V_0 - VT = 5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ . Это дает. равнускоренно.

$V' = V_0' + aT_1 ; T_1 = \frac{V' - V_0'}{a} = \frac{V_0 - V_0'}{-\mu g \cos \alpha} = 1,25 \text{ с}$ .

3) Скорость относительно земли  $V = 0 \Rightarrow$  относительно

$V' \neq V - VT = -1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ ; скорость земле. равнускоренно.

относительно земли меняется направление

Когда  $V' = 0$ , скорость приведена  $L_1 = \frac{V_0^2 - V_0'^2}{2a}$



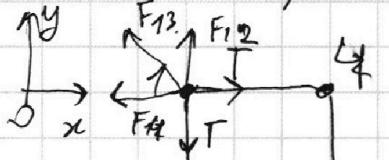
- |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------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

чертёжник № 6 из 6

№ 5



1) по II з. Когд в прямую на ось  $y$ :

$$T = F_{12} + F_{13} \cos 45^\circ.$$

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

$$F_{12} = F_{14} = \frac{kq^2}{a^2}, \text{ т.к. } k = 4\pi\epsilon_0$$

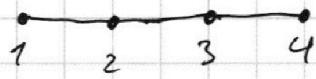
$$F_{13} = \frac{kq^2}{2a^2}, \text{ т.к. } k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

$$= \sqrt{\frac{4\pi\epsilon_0 \cdot T a^2}{1 + \frac{\sqrt{2}}{4}}}$$

$$T = \frac{kq^2}{a^2} \cdot \left(1 + \frac{\sqrt{2}}{4}\right)$$

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

2)



Несомн. энергия полупроводникового  
диодика при  $U = 0$  равна  
 $\frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{2a} = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 a} \cdot \left(2 + \frac{\sqrt{2}}{2}\right)$

Возможн 1 шаг

$$\text{т.к. } 3 \text{ ч. } \text{энергия } K_1 = \frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{2a} + \frac{kq^2}{3a} = \frac{11}{6} \frac{kq^2}{a} + k,$$

$$\text{тогда } K_1 = \frac{kq^2}{a} \cdot \left(2 + \frac{\sqrt{2}}{2} - \frac{11}{6}\right) = \frac{kq^2}{4\pi\epsilon_0 a} \cdot \frac{1+3\sqrt{2}}{6}$$

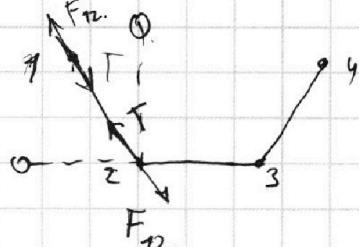
Возможн 2 шаг  $U = 0$  энергия  $K_2 + \frac{kq^2}{a} + \frac{kq^2}{2a} + \frac{kq^2}{3a}$

$$K_2 = kq^2 \cdot \left(2 + \frac{\sqrt{2}}{2} - \left(2 + \frac{1}{2}\right)\right) = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 a} \cdot \frac{\sqrt{2}-1}{2}$$

$$\text{тогда, } K_1 = K_4 = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 a} \cdot \frac{1+3\sqrt{2}}{24}$$

$$K_2 = K_3 = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 a} \cdot \frac{\sqrt{2}-1}{8}$$

3)



П.к. присутствует тока, шары 2 и 3 будут  
перемещаться. Значит, крайние шары  
имели расстояние  $d = \sqrt{2}a$ .

$$\text{Очевидно: 1) } q = \sqrt{\frac{16\pi\epsilon_0 T a^2}{4 + \sqrt{2}}}; 2) K_2 = \frac{(\sqrt{2}-1)q^2}{8\pi\epsilon_0 a}; 3) d = \sqrt{2}a.$$



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!

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



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

**МФТИ.**

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

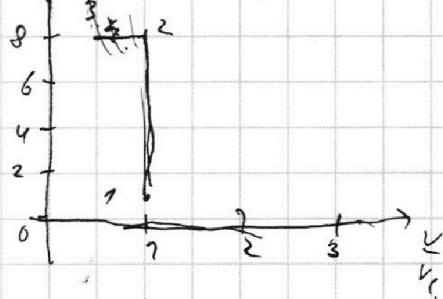
$$c = \frac{3}{2} R \Rightarrow V = \text{const}$$

$$C = 2R; \Delta U = \frac{3}{2} \cdot 2R \Delta T.$$

$$Q = 2 \cdot 2R \Delta T; \text{ Ansatz}$$

$$\Delta U = Q + A; A = \Delta U - Q = -\frac{\partial R \Delta T}{2} = -\frac{2R(-3T_1)}{2} = 1,5 \cdot 2RT_1,$$

$$\frac{P_2}{P_1} = 1 + \frac{Q-1}{A} = 1 - \frac{0,5 \cdot 2R \cdot 4T_1 + 2 \cdot 2R \cdot 3T_1}{1,5 \cdot 2R \cdot 4T_1} = 1 - \frac{8}{10,5} < \frac{9,5}{10,5}.$$



$$N = mg - F_{\text{friction}}$$

$$F_{\text{cos}\alpha} - \mu N \approx 0.$$

$$F_{\text{cos}\alpha} - \mu mg + \mu F_{\text{sin}\alpha} \approx F - \mu mg.$$

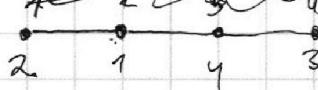
$$\cos\alpha - \mu \frac{g \sin\alpha}{mg} = 1.$$

$$A_{23} = 2R \cdot 4RT_1 = 4\mu V_1$$

$$F_{12} + F_{13} \cdot \cos 45^\circ = T.$$

$$k \frac{q^2}{a^2} + \frac{k q^2}{2a^2} = T.$$

$$\frac{3}{2} \frac{k q^2}{a^2} = T; |q| = \sqrt{\frac{2T a^3}{k}} = \sqrt{\frac{2}{3} T a^3 \cdot 4\pi E_0}$$



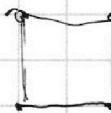
$$(2) \frac{k q^2}{2^2} + \frac{k q^2}{2^2} + \frac{k q^2}{2^2} = \frac{k q^2}{2^2} + \frac{k q^2}{2^2} + \frac{k q^2}{4^2} + \frac{k q^2}{2^2} k$$

$$\frac{k q^2}{4^2} = \frac{m \omega^2}{2}; \omega = \sqrt{\frac{k q^2}{2 m}}$$

$$\frac{k q^2}{2^2} + \frac{k q^2}{2^2} + \frac{k q^2}{2^2} = \frac{k q^2}{2^2} + \frac{k q^2}{2^2} + \frac{k q^2}{4^2} + \frac{k q^2}{2^2} k$$

$$K = \frac{k q^2}{4^2} = \frac{q^2}{16 \pi E_0 \cdot 2^2}$$

$$k = k q^2 \cdot (1 + \frac{1}{2} - \frac{1}{4} - \frac{1}{3}) = \frac{41}{36} k q^2$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



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

**МФТИ**

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

ЧЕРНОВИК

$$V_0 \sin \alpha t = \frac{gt^2}{2}; \quad t = \frac{2V_0 \sin \alpha}{g}$$

$$\angle = V_0 \cos \alpha t = \frac{2V_0^2 \sin \alpha \cos \alpha}{g} =$$

$$= \frac{V_0^2 \sin 2\alpha}{g}, \quad \frac{V_0^2}{g}.$$

$$V_0 \cos \alpha t = S. \quad V_0 = \sqrt{Sg}$$

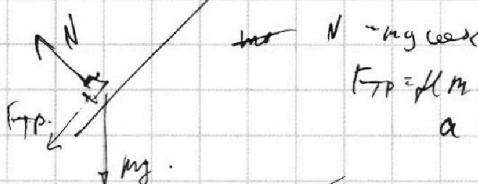
$$t_2 = \frac{S}{V_0 \cos \alpha} = \frac{V_0 \sin \alpha t_2 - gt_2^2}{g} = H.$$

$$\left(\frac{\sin}{\cos}\right)' = \frac{\sin' \cos - \cos' \sin}{\cos^2} = \frac{\cos^2 - \sin^2}{\cos^2} = \frac{S \cdot g \alpha - \frac{g S^2}{2V_0^2 \cos^2}}{2V_0^2 \cos^2} = H.$$

$\frac{k}{m}$  - малое,  $m \ll s$

$$S \cdot (1 - t_2^2 \alpha) + 2 \cdot \frac{g S^2}{2V_0^2} \cdot \cos^2(-\sin \alpha),$$

$$\frac{\cos^2 - \sin^2}{\cos^2} H + H^2 \frac{g S^2}{2V_0^2}.$$



$$F_P = \mu m g \cos \alpha.$$

$$a = -\mu g \cos \alpha = \frac{-0,8 \mu g}{V_0 - at} = -4 \frac{m}{s^2}.$$

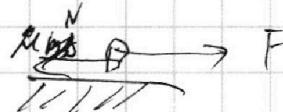
$$S = \frac{V_0^2}{g} \cdot V_0 \cdot t + \frac{at^2}{2} = 4m$$

с.о. шарик

$$\sqrt{400 - 144} = \sqrt{256} =$$

$$= 16 \frac{m}{s}$$

$F_{\cos}$



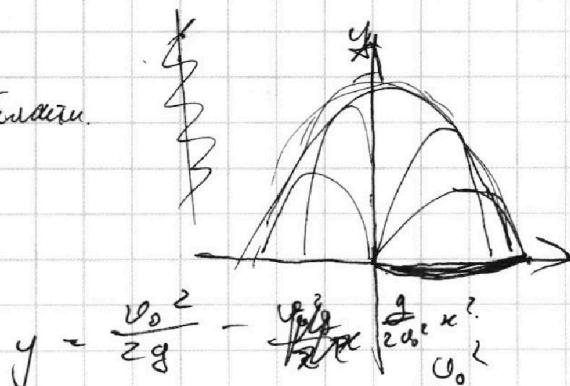
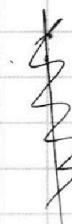
$$f_y^2 = \frac{\sin^2}{\cos^2} =$$

$$ma \hat{x} = F_{\cos} \alpha - \mu N = F_{\cos} \alpha - \mu mg + \mu F_{\sin} \alpha.$$

$$= \left( \frac{1}{\cos^2} - 1 \right)$$

$$F = F_{\cos} \alpha - \mu mg + \mu F_{\sin} \alpha.$$

Учитывая  
простран. симметрии.



$$\mu = \frac{F_{\cos} \alpha}{F_{\sin} \alpha - mg}$$

~~усл~~

$$y = k - ax^2.$$

$$y = 0; x = \sqrt{\frac{V_0^2}{g}} \cdot \frac{V_0}{g}.$$

$$k =$$

**I**