



# 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.

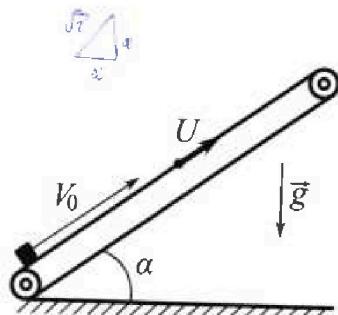
1) Найдите начальную скорость  $V_0$  мяча.

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.).

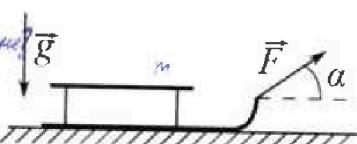
2) Через какое время  $T_1$  после старта скорость коробки во втором опыте будет равна  $U = 1$  м/с?

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. *на одинаковых участках*

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  $g$ .

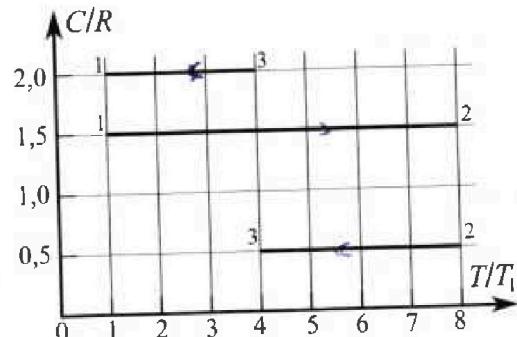
Санки находятся на горизонтальной поверхности. Движение санок прямолинейное.

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

**Вариант 10-02**

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

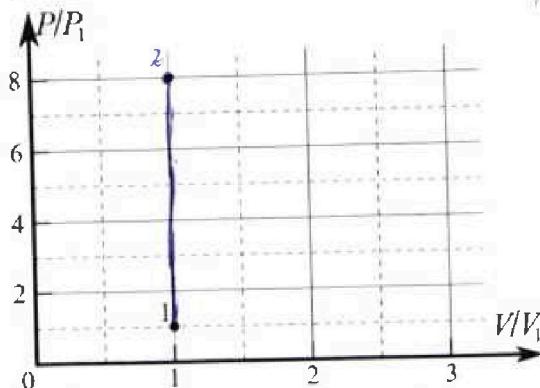
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости  $C$  газа (в единицах универсальной газовой постоянной) от температуры в процессы: 1-2, 2-3, 3-1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



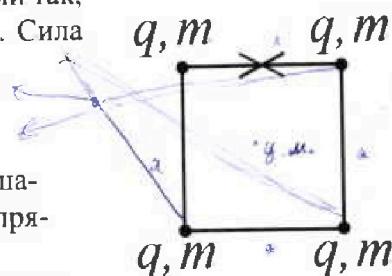
$$\begin{aligned} Q &= \frac{3}{2} p_1 (V_2 - V_1) = \frac{3}{2} \times 8 \times (V_2 - V_1) \\ Q &= \frac{3}{2} p_1 (V_1 - V_3) + p_3 (V_3 - V_2) = \frac{5}{2} p_3 (V_3 - V_2) \\ C_p &= C_V + R \end{aligned}$$

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.



$$\begin{aligned} 2\sqrt{2}r &= 35 \text{ cm} \\ r &= \frac{35}{2\sqrt{2}} = \frac{35}{4\sqrt{2}} \text{ cm} \end{aligned}$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

- |                                       |                            |                            |                            |                            |                            |                            |
|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input 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!

Задача №1

1)



t\_n - время полета мяча

Найти время полета б  
мяча если тангенс угла —  
наработка. За время  
найти высоту подъема мяча.

Время полета мяча  
и высота подъема  
изменяются

$$- V_0 \sin \alpha = V_0 \sin \alpha - g t_n,$$

$$t_n = \frac{2 V_0 \sin \alpha}{g}$$

$V_0 \cos \alpha$  — разглаж. сдвиг. мяча на проекцию бисера полета.

$$L = V_0 \cos \alpha \cdot t_n$$

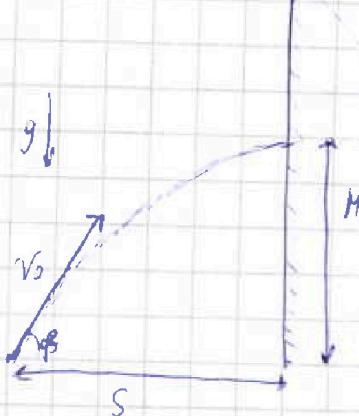
$$L = V_0 \cos \alpha \cdot \frac{2 V_0 \sin \alpha}{g} \Rightarrow L = \frac{2 V_0^2 \cos \alpha \sin \alpha}{g}$$

$$V_0 = \sqrt{\frac{L \cdot g}{2 \cos \alpha \sin \alpha}} = \sqrt{\frac{20 \text{ м} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}{2 \cdot \cos 45^\circ \sin 45^\circ}} =$$

$$= \sqrt{\frac{200 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{2 \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{1}{\sqrt{2}}}} = \sqrt{200 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}$$

Одн.  $V_0 = 10\sqrt{2} \frac{\text{м}}{\text{с}}$

Одн.  $V_0 = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$



Найденная выше формула  
наработка проекции мяча — на верхние  
ограничения в движении, т.е. б. на  
стену в заборе, когда мяч удаляется  
стеной радиус криво.

$$0 = V_0 \sin \beta - g t_{cm};$$

$$t_{cm} = \frac{V_0 \sin \beta}{g}$$

т.е. время полета мяча

— высота максимума  
мяча с забором.

$$H = V_0 \sin \beta \cdot t_{cm} - \frac{g t_{cm}^2}{2},$$

$$H = V_0 \sin \beta \frac{V_0 \sin \beta}{g} - \frac{g V_0^2 \sin^2 \beta}{2 g^2}$$

$$H = \frac{1}{2} \frac{V_0^2 \sin^2 \beta}{g}$$

(зарядка на сим. струннице)

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



1

2

3

4

5

6

7

МФТИ.

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

Задача №1 продолжение.

$$H = \frac{1}{2} \frac{V_0^2 \sin^2 \beta}{g}, \Rightarrow \sin \beta = \sqrt{\frac{2H \cdot g}{V_0^2}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 3,6 \cdot 10}{20^2 \cdot (\sqrt{2})^2}} = \sqrt{\frac{72}{200}}$$

$$t_{\text{cm}} = \frac{V_0 \cdot \sin \beta}{g}$$

$V_0 \cos \beta$  - горизонт. сост. скор. мяча в этом случае.

$$S = V_0 \cdot \cos \beta \cdot t_{\text{cm}} = \cancel{V_0}$$

$$S = V_0 \cdot \sqrt{1 - \sin^2 \beta} \cdot \frac{V_0}{g} \cdot \sin \beta = \frac{V_0^2}{g} \sqrt{1 - \sin^2 \beta} \cdot \sin \beta = \frac{(10 \sqrt{2})^2}{10} \sqrt{1 - \frac{72}{200}} \cdot \sqrt{\frac{72}{200}}$$

$$\begin{aligned} & \textcircled{3} \quad \frac{200}{10} \sqrt{\frac{128}{200}} \sqrt{\frac{72}{200}} = \frac{\sqrt{128 \cdot 72}}{10} = \frac{\sqrt{12 \cdot 16 \cdot 9 \cdot 8}}{10} = \frac{4 \cdot 3 \cdot 2 \cdot \sqrt{8}}{10} \\ & = \frac{\sqrt{4 \cdot 3 \cdot 8 \cdot 8}}{10} = \frac{3 \cdot 2 \cdot \sqrt{32}}{10} = \frac{4 \cdot 8}{10} \cdot 2\sqrt{2} = 6,4 \sqrt{2} \text{ м.} \end{aligned}$$

Отв:  $S = 6,4 \sqrt{2} \text{ м.}$

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:



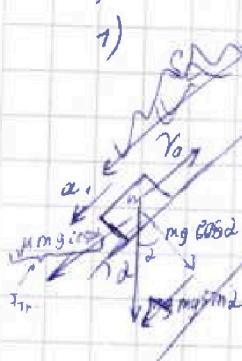
- |                          |                                     |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------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

Задача №2

1)



Предположим, что сила сопротивления движению равна  $F_{fr} = \mu mg \cos \alpha$

Скорость снизится до нуля за время  $T$

$$s = V_0 T - \frac{1}{2} a T^2$$

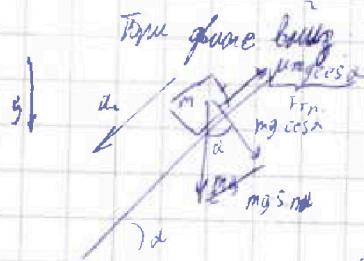
$$0 = V_0 - a T \quad T = \frac{V_0}{a}$$

$$a = g (\sin \alpha + \mu \cos \alpha) = g (0,6 + 0,5 \cdot 0,8) = 9,7 \text{ м/с}^2$$

$$0 = V_0 - a T \quad T = \frac{V_0}{a} = \frac{6}{9,7} = 0,6 \text{ с}$$

$s_n$  - путь при погружении

$$s_n = V_0 \cdot t - \frac{1}{2} a t^2$$



При движении вниз

$$m a_2 = m g \sin \alpha - \mu m g \cos \alpha$$

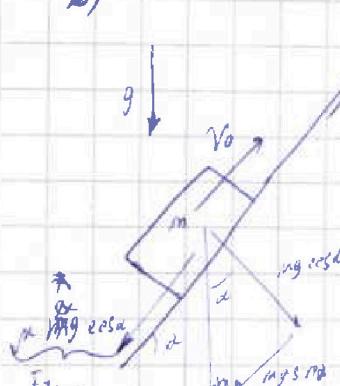
$$a_2 = g (\sin \alpha - \mu \cos \alpha) = g (0,6 - 0,5 \cdot 0,8) = 0,2 \text{ м/с}^2$$

$s_n$  - путь при спуске.

$$s_n = \frac{a_2 t^2}{2} = \frac{0,2 \cdot 0,6^2}{2} = 0,036 \text{ м}$$

$$S = S_n \neq S_n = V_0 t - \frac{1}{2} a t^2 + \frac{1}{2} a_2 t^2 = (6 \cdot 0,6 - \frac{10 \cdot 0,6^2}{2}) + \frac{0,2 \cdot 0,6^2}{2} = 3,6 - 5 \cdot 0,36 + 0,16 = 0,52 - 1,8 = 0,34 \text{ м.}$$

2)



Скорость снизится до нуля за время  $T$ , т.е. движение складывается из движения по горизонтале и движения по вертикали.

Когда же движение закончится (после движения вниз), то движение по горизонтали прекратится, т.е. скорость  $V_x = 0$ , но останется движение по вертикали (т.е. движение вниз).

$$0 = V_0 - a_1 T \quad T = \frac{V_0}{a_1}$$

$$T_1 = \frac{V_0}{a_1} = \frac{6 - 5,1}{10} = 0,5 \text{ с}$$

Однако движение вниз продолжается.



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

- |                            |                                       |                            |                            |                            |                            |                            |
|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input checked="" type="checkbox"/> 2 | <input 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!

Задача № 2 торможение.

14.03.12

3) Тормозим в с.о. транспорт. В этот момент начали движение  
пешеходы - скакалки - медведи, когда её скорость  $U$  (изг. вид),  
~~с.о. транспорт~~

тогда скак (от с.о. транспорт) остановил. Скакалка (пешеход)  
скакалка тормозит с док  $a_1 = 9$  и проходит путь  $L_1$ , и  
затем замедляет движение  $a_2$ .

Тогда скакалка останавливается (транспорт) на расстоянии от  
о. до и. вниз, она движется с ускорением  $a_2 = 0,2 g$  и проходит  
путь  $L_2$  за время  $t_2$ .

$$0 = (V_0 - U) - a_1 t_1;$$

$$(L_1 = (V_0 - U) t_1 - \frac{a_1 \cdot t_1^2}{2} = \frac{1(V_0 - U)^2}{2 \cdot 9})$$

$$U = a_2 \cdot t_2; \quad t_2 = \frac{U}{0,2g}$$

$$L_2 = \frac{a_2 \cdot t_2^2}{2} = \frac{U^2}{2 \cdot 0,2g}$$

~~инач. вид. скакалка~~ ~~свободное падение~~ ~~свободное падение~~

$$L = (L_1 + L_2) + U \cdot (t_1 + t_2) = \frac{1(V_0 - U)^2}{2 \cdot 9} + \frac{U^2}{2 \cdot 0,2g} + U \left( \frac{V_0 - U}{0,2g} + \frac{U}{0,2g} \right)$$

~~инач. вид. транспорт~~

$$L = \frac{(U-1)^2}{2 \cdot 0,2 \cdot 10} + \frac{1^2}{2 \cdot 0,2 \cdot 10} + 1 \cdot \frac{U-1}{0,2 \cdot 10} + \frac{1}{0,2 \cdot 10} = 1,25 - \frac{1}{4} + 0,5 + \frac{1}{2} = 1,75 \text{ м}$$

Отв:  $L = 1,75 \text{ м}$



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

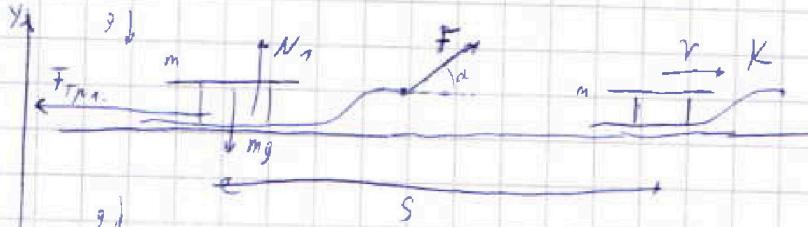
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

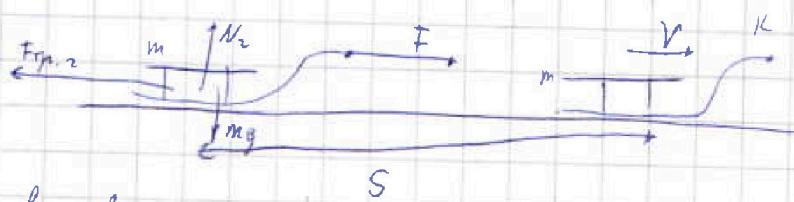
Задача № 3



$v$  - одн. сущ., самод. эл. к  
 $\checkmark$  5 из 10

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

Пусть S - длина  
участка пути изогр.



в первом случае

сила норм. реакции опред.  $N_1 = \sqrt{m}$ , а сила трения  $F_{r1} = \mu N_1$

$$\text{ox } 2 \text{ жд. } mg + N_1 + F \cdot \sin \alpha = 0$$

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

$$\text{б) } F_{r1} = \mu N_1 = \mu(mg - F \cdot \sin \alpha)$$

б) вогнут. случаи силы норм. реакции опред.  $N_2$ , а сила трения  $F_{r2} = \mu N_2$

$$F_r = \text{ox } 2 \text{ жд. } - mg + N_2 = 0$$

$$N_2 = mg$$

$$F_{r2} = \mu N_2 = \mu mg$$

4-е. 3 с. жд 1-го

$$(1) F \cdot \cos \alpha \cdot S - F_{r1} \cdot S = K \quad \begin{array}{l} \text{(изм. кин. зв. ровно сущ., нестаб.)} \\ \text{бесшар. сущ.} \end{array}$$

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

3. с. жд 2-го

$$(2) F \cdot S - F_{r2} \cdot S = K$$

$$F - \mu mg = \frac{K}{S}$$

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

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

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

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

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

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

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

Задача №3 предполагает.

16 из 10

$$(1) F \cdot \cos\alpha \cdot S - F_{Tn_2} \cdot S = K$$

$$(2) F \cdot S - F_{Tp_2} \cdot S = K$$

$$F = \frac{K - F_{Tp_2} \cdot S}{S}$$

изначально

$$\left( \frac{K}{S} - F_{Tp_2} \right) \cos\alpha \cdot S - F_{Tp_1} \cdot S = K;$$

$$\frac{K \cdot \cos\alpha}{S} \cdot S - F_{Tp_2} \cdot \cos\alpha \cdot S - F_{Tp_1} \cdot S = K$$

$$S \left( \frac{K \cdot \cos\alpha}{S} - F_{Tp_2} \cdot \cos\alpha - F_{Tp_1} \right) = K$$

$$S \left( \frac{K \cdot \cos\alpha}{S} - \mu mg - \mu (mg + F \cdot \sin\alpha) \right) = K$$

$$S \left( \frac{K \cdot \cos\alpha}{S} - \mu mg - \mu (mg - \left( \frac{K}{S} - F_{Tp_2} \right) \cdot \sin\alpha) \right) = K,$$

$$S \left( \frac{K \cdot \cos\alpha}{S} - \mu mg - \mu (mg - \frac{K}{S} \cdot \sin\alpha + \mu mg \cdot \sin\alpha) \right) = K$$

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

$$\cancel{\mu k \sin\alpha} + S \left( \frac{K \cdot \cos\alpha}{S} - 2 \mu mg + \mu^2 mg \sin\alpha \right) = K$$

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

~~$$S = \frac{K (1 + \mu \sin\alpha)}{\cancel{\frac{K \cdot \cos\alpha}{S} - \mu mg (2 - \mu \sin\alpha)}}$$~~

~~$$\frac{K \cdot \cos\alpha}{S} - \mu mg (2 - \mu \sin\alpha)$$~~

~~$$\text{Ошиб. } S = \frac{K (1 + \mu \sin\alpha)}{\cancel{\frac{K \cdot \cos\alpha}{S} - \mu mg (2 - \mu \sin\alpha)}}$$~~

~~$$S \mu mg (\mu \sin\alpha - 2) = K (1 + \mu \sin\alpha - \cos\alpha)$$~~

$$K \cos\alpha + S \left( - \mu mg - \mu mg + \frac{K}{S} \sin\alpha - \mu^2 mg \sin\alpha \right) = K \quad \text{Ошибка. } S = \frac{K (1 + \mu \sin\alpha - \cos\alpha)}{\cancel{mg (1 - \cos\alpha) (3 - \cos\alpha)}}$$

$$K \cos\alpha + K \sin\alpha + S \left( - 2 \mu mg - \mu^2 mg \sin\alpha \right) = K$$

$$S = \frac{K (1 - \cos\alpha - \sin\alpha)}{- \mu mg (2 + \mu \sin\alpha)} = \frac{K (1 - \cos\alpha - \sin\alpha)}{mg \frac{1 - \cos\alpha}{\sin\alpha} (2 + \frac{1 - \cos\alpha}{\sin\alpha} \sin\alpha)} = \frac{K (1 - \cos\alpha - \sin\alpha)}{(1 - \cos\alpha) (3 - \cos\alpha)}$$

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!

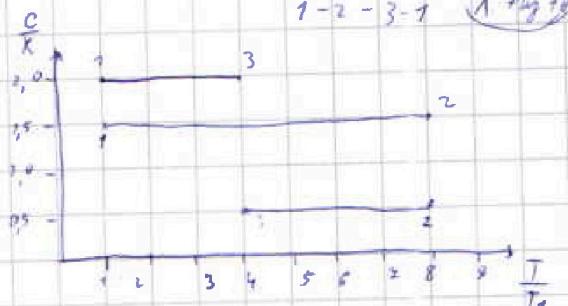
Задача № 4

$$\sqrt{=7 \text{ моль}}$$

# Пусть  $r_1, V_1, T_1, r_2, V_2, T_2, r_3, V_3, T_3$  –  
– ради, объема, темп в  $\text{секунд}$ .  
составления (также  $R$ ) в  $\text{запись}$ .

$$T_3 = 4T_1, \quad T_2 = 8T_1$$

~~–~~  $Q_{13} = \frac{\partial U_{13}}{\partial T_1}$  – работа  $\text{внешн}$  -го цикла на участке  $1-3$



$$1-2-3-1 \quad \checkmark$$

~~Для~~  $A_{13} = A_{12} + A_{23}$  изв. Внутр. эн. теплое участок  $1-3$ :

$$A_{13} = \partial U_{13} + A_{31} \quad \text{– работа внешн. сил под газом}$$

$$Q_{13} = C_{13} \cdot \lambda \cdot (T_3 - T_1) = -2R\lambda \cdot (T_1 - 4T_1) = -6RT_1$$

$$\partial U_{13} = \frac{3}{2} \lambda R T_1 - \frac{3}{2} \lambda R T_3 = \frac{3}{2} \lambda R (T_1 - 4T_1) = -\frac{9}{2} \lambda R T_1$$

$$A_{31} = \partial U_{13} - Q_{13} = -\frac{9}{2} \lambda R T_1 - (-6\lambda R T_1) = 1,5 \lambda R T_1 = 1,5 \cdot 1 \cdot 8,31 \cdot 200 \text{ Дж.}$$

работа внешн. газа (отрицательная)  
 $A_{13} = -A_{31} = -1,5 \lambda R T_1$

$$\text{Одн.: } A_{31} = 1,5 \lambda R T_1 = \frac{24,93}{300} \cdot 8,31 \text{ Дж.}$$

Значит, тепло на участке  $1-2$  тепло. падает, т.е. тепло поглощается,

а на участках  $2-3$  и  $3-1$  – тепло. падает, т.е. тепло сбрасывается.

$$2-3) \quad Q_{12} = \partial U_{12} + A_{12};$$

$$Q_{12} = C_{12} \lambda \cdot (T_2 - T_1) = 1,5R\lambda \cdot (8T_1 - T_1) = 10,5R\lambda T_1$$

$$\partial U_{12} = \frac{3}{2} \lambda R T_2 - \frac{3}{2} \lambda R T_1 = \frac{3}{2} \lambda R (8T_1 - T_1) = 10,5R\lambda T_1$$

$$(A_{12} = Q_{12} - \partial U_{12} = 10,5R\lambda T_1 - 10,5R\lambda T_1 = 0) \Rightarrow 1-2 - \underline{\text{изолированый процесс.}}$$

$$2-3) \quad Q_{23} = \partial U_{23} + A_{23}$$

$$Q_{23} = C_{23} \lambda (T_3 - T_2) = 0,5R\lambda (4T_1 - 8T_1) = -2R\lambda T_1$$

$$\partial U_{23} = \frac{3}{2} \lambda R T_3 - \frac{3}{2} \lambda R T_2 = \frac{3}{2} \lambda R (4T_1 - 8T_1) = -6R\lambda T_1$$

$$A_{23} = Q_{23} - \partial U_{23} = -2R\lambda T_1 + (-6R\lambda T_1) = 4R\lambda T_1$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:



- 1  2  3  4  5  6  7

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

МФТИ.

18 из 10

Задача 4 профильная.  
изменение состояния совершило 3 стадии.

$$A_n = A_{23} + A_{31} = 4RT_1 - 1,5 \sqrt{RT_1} = 2,5 \sqrt{RT_1}$$

если в профильной температуре

$$Q_{\text{запр.}} = \delta_{12} = 10,5 \text{ kJT}_1$$

$$\eta = \frac{A_n}{Q_{\text{запр.}}} = \frac{2,5 \sqrt{RT_1}}{10,5 \sqrt{RT_1}} = \frac{2,5}{21}$$

Ошиб  $\left[ \eta = \frac{5}{21} \right]$

1-2 - изотерм.,  $\Delta K_1 V_1 = V_2$

$$p_1 V_1 = \sqrt{RT_1} \Rightarrow \frac{p_1}{p_2} = \frac{T_1}{T_2} \Rightarrow p_2 = \frac{T_2}{T_1} p_1 = \frac{8R}{7} p_1$$

$$T_2 = 4T_1$$

$$p_1 V_1 = \sqrt{RT_1}, \quad p_1 V_2 = \sqrt{RT_1}, \quad p_2 V_2 = 4 \sqrt{RT_1}$$

$$p_2 V_2 = \sqrt{RT_2} \Rightarrow p_2 V_2 = 4 \sqrt{RT_1}$$

$$p_3 V_3 = \sqrt{RT_3}, \quad \Rightarrow p_2 V_2 = p_3 V_3^{\frac{1}{3}} \text{ и } p_2 V_2^2 = p_3 V_3^2, \text{ т.е.}$$

на профиль - изотермопроцесс.

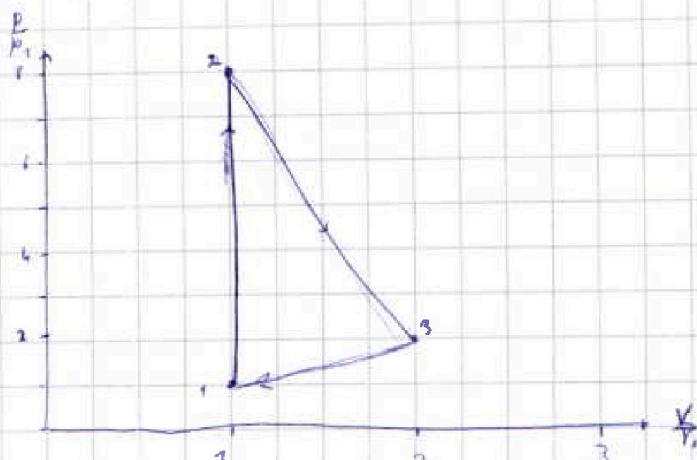
Точка в профиль - проекция под углом  $PM$  0-номеров паспорт  
2-3, а - показатель  
изотермопроцесса 3-1

$$\beta = \frac{C_{13}}{C_2} = \frac{0,5R}{1,5R} = \frac{1}{3}$$

$$\alpha = \frac{C_{13}}{C_2} = \frac{2R}{1,5R} = \frac{4}{3}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} 8p_1 \cdot V_1^{\frac{1}{3}} = p_3 \cdot V_3^{\frac{1}{3}} \\ p_3 V_3^{\frac{1}{3}} = p_1 V_1^{\frac{1}{3}} \end{array} \right.$$

$$p_3 V_3 = 4p_1 V_1$$





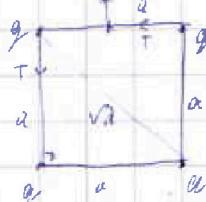
- |                          |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|-------------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

МФТИ

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

### Задача №5

Понятно, что при этом катушка, то шаржи ~~расположены~~ расположены друг от друга.



Действие, действующее на первый верхний шарж:



Т.к. шарж подвешен, равнодействующая всех сил равна нулю.

Гасим силы на ось о Z пропорционально через длину квадрата:

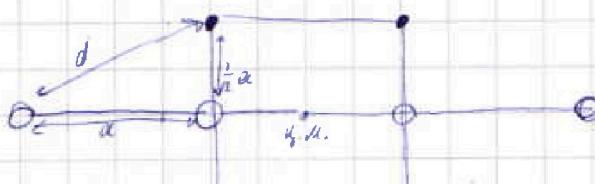
$$0.2. \quad K \frac{g^2}{(2a)^2} + K \frac{g^2}{a^2} \cos 45^\circ + K \frac{g^2}{a^2} \cos 45^\circ - T \cos 45^\circ - T \cos 45^\circ = 0,$$

$$K \frac{g^2}{a^2} \left( \frac{1}{2a^2} + \frac{1}{a^2} \cos 45^\circ \right) = 2T \cos 45^\circ$$

$$K \frac{g^2}{a^2} \left( \frac{1}{2} + \frac{2}{\sqrt{2}} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} \right) = 2 \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} T,$$

$$K \frac{g^2}{a^2} \left( \frac{1}{2} + \sqrt{2} \right) = \sqrt{2} \cdot T \Rightarrow g^2 = \frac{\sqrt{2} \cdot T a^2}{K \left( \frac{1}{2} + \sqrt{2} \right)} = \text{Omb. } g = \sqrt{\frac{\sqrt{2} T}{K \left( \frac{1}{2} + \sqrt{2} \right)}} a$$

T.k. временно силы  $\Rightarrow$  центр малое сопротивление переключает.  
После того переключение верхний нижний шаржи временно замыкает  
пересечение максимального удаления друг от друга, т.е. временно в  
линии (по горизонтали шаржи). Центр не соединяется.



$$d = \sqrt{(\frac{1}{2}a)^2 + a^2} = a\sqrt{1.25}$$

$$\text{Omb. } d = \sqrt{1.25} a$$

При переключении шаржей на землю - ~~затемнение~~ уменьшает переключение,  
т.е. минимальное значение напряженности переключение.



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!

110 из 10