



# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

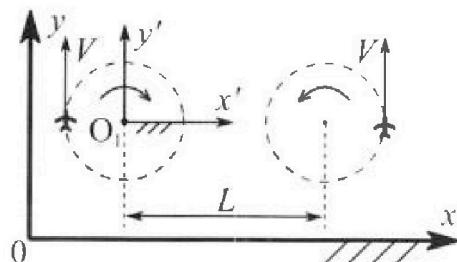


## Вариант 10-02

*В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.*

1. Во время выполнения пилотажного упражнения два самолёта летят в горизонтальной плоскости с одинаковыми по модулю скоростями  $V = 70 \text{ м/с}$  (см. рис.) по окружностям одинакового радиуса. Радиус окружности, по которой движется каждый самолёт,  $R=700 \text{ м}$ . Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .

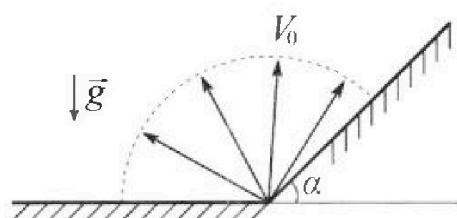
1. Определите отношение  $\frac{P}{mg}$ , где  $P$  – сила, с которой летчик действует на пилотское кресло,  $mg$  – сила тяжести летчика.



В некоторый момент времени самолеты оказались на прямой, проходящей через центры окружностей, в положении максимального удаления. Расстояние между центрами окружностей  $L=2,1 \text{ км}$ . Вектор скорости каждого самолета показан на рис.

2. Найдите в этот момент скорость  $\vec{U}$  второго (правого на рис.) самолёта во вращающейся системе отсчёта  $x' O_1 y'$ , связанной с первым (левым на рис.) самолётом. В ответе укажите модуль и направление вектора  $\vec{U}$ .

2. У подножья склона разрывается фейерверк. Осколки летят во всевозможных направлениях с одинаковыми по модулю скоростями. Наибольшее перемещение за время полета осколков, упавших на горизонтальную поверхность, равно  $S_1 = 160 \text{ м}$ , упавших на склон,  $S_2 = 120 \text{ м}$ . Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ . Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым.

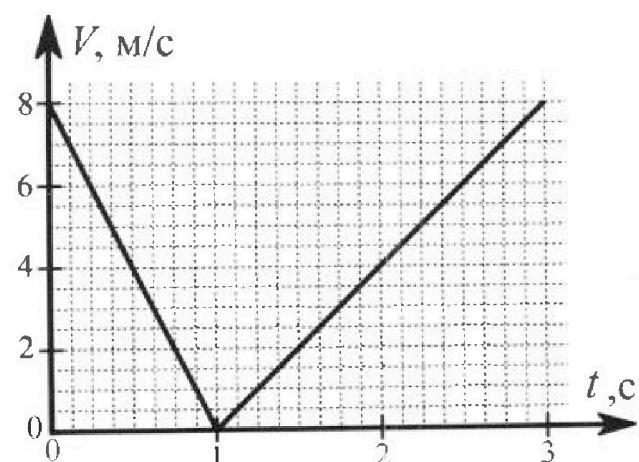


1. Найдите начальную скорость  $V_0$  осколков.
2. Найдите угол  $\alpha$ , который плоская поверхность склона образует с горизонтом.

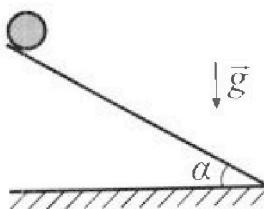
3. В первом опыте на шероховатую наклонную плоскость кладут шайбу и сообщают шайбе начальную скорость. Часть зависимости модуля скорости шайбы от времени представлена на графике к задаче. Движение шайбы до и после остановки происходит вдоль одной и той же прямой. Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .

1. Найдите  $\sin \alpha$ , где  $\alpha$  – угол, который наклонная плоскость образует с горизонтом.

Во втором опыте с той же наклонной плоскости скатывается без проскальзывания тонкостенная однородная цилиндрическая бочка, полностью заполненная водой. Начальная скорость нулевая. Масса воды в  $n=2$  раза больше массы бочки. Воду считайте идеальной жидкостью. Масса торцов бочки пренебрежимо мала.



2. С какой по величине скоростью  $V$  движется бочка после перемещения относительно наклонной плоскости на  $L=0,6 \text{ м}$ ?
3. Найдите ускорение  $a$ , с которым движется бочка.
4. При каких величинах коэффициента  $\mu$  трения скольжения бочка катится без проскальзывания?



# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

## Вариант 10-02

*В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.*

4. В изохорическом процессе от смеси идеальных газов гелия и азота отводят  $Q = 780$  Дж теплоты. Температура смеси уменьшается на  $|\Delta T_1| = 31,2$  К. Если в изобарическом процессе от той же смеси отвести то же самое количество теплоты, то температура смеси уменьшится на  $|\Delta T_2| = 20$  К.

1. Найдите работу А внешних сил в изобарическом процессе.
2. Найдите теплоемкость  $C_p$  смеси в изобарическом процессе.
3. Найдите отношение  $\frac{N_1}{N_2}$  числа атомов гелия к числу молекул азота в смеси.

Указание: внутренняя энергия двухатомного газа азота  $U = \frac{5}{2} PV$ .

5. Частица с удельным зарядом  $\gamma = \frac{q}{m} < 0$  движется между обкладками плоского конденсатора. Конденсатор заряжен до напряжения  $U$ , расстояние между обкладками  $d$ . В некоторый момент частица движется параллельно обкладкам на расстоянии  $d/8$  от отрицательно заряженной обкладки. Радиус кривизны траектории в этот момент времени равен  $R$ .

1. Найдите скорость  $V_0$  частицы в рассматриваемый момент времени.

Через некоторое время после вылета из конденсатора частица пересекает серединную плоскость конденсатора (плоскость, равноудаленную от обкладок).

2. С какой по величине скоростью  $V$  движется в этот момент частица?



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

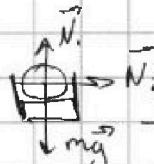
- |                                     |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------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

СТРАНИЦА  
1 из 2

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

На лётном поле сбрасывают только 2 самолёта

Рассмотрим лётника и пересло. Манёвр происходит в горизонтальной плоскости  $\Rightarrow \vec{N}_1 + \vec{N}_2$



По 2 закону Ньютона:

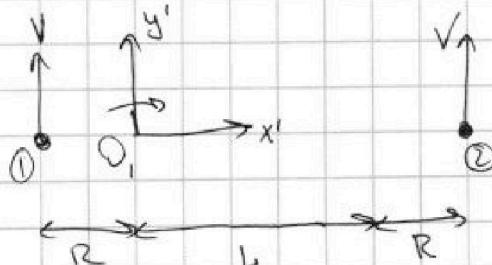
По 3 закону Ньютона сила Равна силе  $\vec{N}_1 + \vec{N}_2$

$$P = \sqrt{N_1^2 + N_2^2}$$

$$N_1 = mg \quad \Rightarrow P = m \sqrt{g^2 + \left(\frac{v^2}{R}\right)^2}, \text{ тогда}$$

$$\frac{P}{mg} = \sqrt{1 + \left(\frac{v^2}{gR}\right)^2}$$

$$\frac{P}{mg} = \sqrt{1 + \left(\frac{70^2 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{7000 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}\right)^2} = \sqrt{1 + \left(\frac{20 \cdot 70}{70 \cdot 100}\right)^2} = \\ = \sqrt{1 + 0,49} = 0,7 \sqrt{149}$$



Отк. точки 0, 2 этот момент времени 1-й самолёт имеет угловую скорость  $\omega_1 = \frac{v}{R}$ , а 2-й —

$$\omega_2 = \frac{v}{R+b}. \omega_1 \text{ по часовой}, \omega_2 \text{ - против час рис.}$$

При переходе во вращающуюся CO y'0,x' (она вращается с  $\omega' = \omega_1$ ) получаем новую угловую скорость 2-го самолёта (здесь 0 стоит (0) не двигается):  $\omega = \omega_2 + \omega_1 = \frac{v}{R+b} + \frac{v}{R}$

$$\text{Тогда скорость } U = \omega \cdot (b+R) = \sqrt{1 + \frac{b+R}{R}} = \sqrt{2 + \frac{b}{R}} = |\vec{U}|$$

Модуль вектор этой скорости совпадает с вектором скорости второго самолёта (также направлен вверх на рисунке)



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1

2

3

4

5

6

7

СТРАНИЦА

2 из 2

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$|\vec{U}| = 70 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \left( 2 + \frac{2100 \text{ м}}{700 \text{ м}} \right) = 70 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 5 = 350 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Ответ: 1)  $0,1\sqrt{145}$ ; 2)  $350 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ , направление вверх.

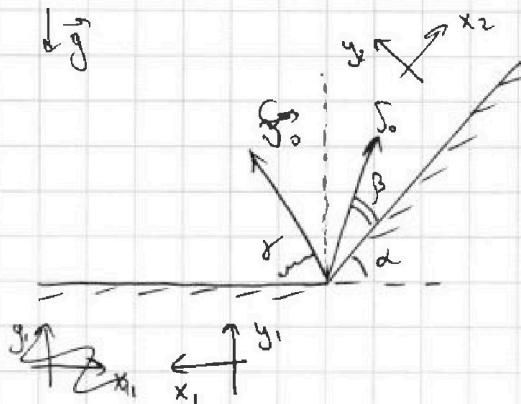


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- |                            |                                       |                            |                            |                            |                            |                            |
|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <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 |
|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|

СТРАНИЦА  
1 ИЗ 3

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



Максимальная дальность полёта  
шареда на горизонтальной  
плоскости достигается при угле  $45^\circ$ .

$$\vec{S} = \vec{S}_0 t + \frac{\vec{g} t^2}{2}$$

$$O_{x_1} + S_{x_1} = S_0 \cos \alpha \cdot t_1$$

$$O_{y_1}: 0 = S_0 \sin \alpha \cdot t_1 - \frac{g t_1^2}{2} \Rightarrow t_1 = \frac{2 S_0 \sin \alpha}{g}$$

$t_1 \neq 0$

$$S_{x_1 \max} = S_1 = \frac{S_0^2}{g}$$

$$S_{x_1} = \frac{S_0^2 2 \sin \alpha \cos \alpha}{g} = \frac{S_0^2}{g} \sin 2\alpha \leq \frac{S_0^2}{g}$$

$$S_0 = \sqrt{g S_1}$$

$$S_0 = \sqrt{10 \frac{m}{s^2} \cdot 160 m} = 40 \frac{m}{s}$$

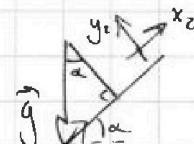
Ось  $O_{x_2}$  ~~перпендикулярна~~ параллельна склону. Основано, полет винил  
от ~~склона~~ склона, не упал на него. Рассмотрим склон,   
полетевший в сторону склона.  $\vec{S} = \vec{S}_0 t + \frac{\vec{g} t^2}{2}$

$$O_{x_2}: S_{x_2} = S_0 \cos \beta \cdot t_2 - \frac{g \sin \alpha \cdot t_2^2}{2}$$

$$O_{y_2}: 0 = S_0 \sin \beta \cdot t_2 - \frac{g \cos \alpha \cdot t_2^2}{2} \Rightarrow S_0 \sin \beta = \frac{g \cos \alpha \cdot t_2^2}{2}$$

$t_2 \neq 0$

$$t_2 = \frac{2 S_0 \cdot \sin \beta}{g \cos \alpha}$$



$$S_{x_2} = \frac{S_0 \cos \beta \cdot 2 S_0 \sin \beta}{g \cos \alpha} - \frac{g \sin \alpha}{2} \cdot \frac{2 S_0^2 \sin^2 \beta}{g^2 \cos^2 \alpha} = \frac{S_0^2 \sin 2\beta}{g \cos \alpha} -$$

$$- \frac{2 S_0^2 \sin^2 \beta}{g \cos \alpha} \cdot \operatorname{tg} \alpha = \frac{S_0^2}{g \cos \alpha} (\sin 2\beta - 2 \sin^2 \beta \operatorname{tg} \alpha)$$

$$-2 \sin^2 \beta = -2(1 - \cos^2 \beta) = -2 + 2 \cos^2 \beta = -2 + 1 + \cos 2\beta = \cos 2\beta - 1$$

$$\cos 2\beta = \cos^2 \beta - \sin^2 \beta = \cos^2 \beta - \sin^2 \beta = \cos^2 \beta - 1 + \cos^2 \beta = -1 + 2 \cos^2 \beta$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- |                            |                                       |                            |                            |                            |                            |                            |
|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <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 |
|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|

СТРАНИЦА  
2 ИЗ 3

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

Получаем:

$$S_{x2} = \frac{S_0^2}{g \cos \alpha} \cdot (\sin 2\beta + (\cos 2\beta - 1) \operatorname{tg} \alpha)$$

$S_{x2}(\beta)$  — монотонная функция

$$S'_{x2\beta} = \frac{S_0^2}{g \cos \alpha} \cdot (2 \cos 2\beta + 2 \sin 2\beta \operatorname{tg} \alpha) = 0$$

$$\cos 2\beta = \sin 2\beta \operatorname{tg} \alpha$$

$$1 = \operatorname{tg} 2\beta \cdot \operatorname{tg} \alpha$$

$$\beta + \alpha \leq 90^\circ$$

если  $\cos 2\beta = 0$ , то  $\operatorname{tg} \alpha = 0$ ,  
что не может  
быть

$$\operatorname{tg} 2\beta = \frac{\sin 2\beta}{\cos 2\beta}$$

тогда экстремум  $S_{x2}(\beta)$  — также  $2\beta < 90^\circ$ , иначе  $\alpha = 0^\circ$

$$S_{x2}(\beta)$$

на промежутке  $\alpha + \beta \in (0^\circ, 90^\circ)$   
этой также будет быть максимум  
пути

$$1 + \frac{\sin^2 2\beta}{\cos^2 2\beta} = \frac{1}{\operatorname{tg}^2 \alpha} \frac{\cos^2 \alpha}{\sin^2 \alpha} + 1$$

$$\frac{1}{\cos^2 2\beta} = \frac{1}{\sin^2 \alpha} \Rightarrow \sin \alpha = \cos 2\beta$$

$$\text{аналогично } 1 + \frac{\cos^2 2\beta}{\sin^2 2\beta} = \frac{\sin^2 \alpha}{\cos^2 \alpha} + 1$$

$$\frac{1}{\sin^2 2\beta} = \frac{1}{\cos^2 \alpha} \Rightarrow \sin 2\beta = \cos \alpha$$

поставляем  $S_{x2}(\beta) \geq S_2$   $S_{x2}(\beta)$  и получаем

$$S_{x2\max} = S_2 = \frac{S_0^2}{g \cdot \cos \alpha} (\cos \alpha + (\sin \alpha - 1) \operatorname{tg} \alpha) = \frac{S_0^2}{g} +$$

$$+ \frac{S_0^2}{g \cos \alpha} \left( \frac{\sin^2 \alpha}{\cos^2 \alpha} - \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} \right) = \frac{S_0^2}{g} + \frac{S_0^2}{g} \left( \operatorname{tg}^2 \alpha - \frac{\operatorname{tg} \alpha \sin \alpha}{\cos^2 \alpha} \right) =$$

$$- \frac{S_0^2}{g} \left( \frac{1}{\cos^2 \alpha} - \frac{\sin \alpha}{\cos^2 \alpha} \right) = \frac{S_0^2}{g} \cdot \frac{1 - \sin \alpha}{\cos^2 \alpha}$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- |                            |                                       |                            |                            |                            |                            |                            |
|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <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 |
|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|

СТРАНИЦА  
3 ИЗ 3

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$S_2 \cos(1 - \sin^2 \alpha) = \frac{S_0^2}{g} \cdot (1 - \sin \alpha)$$

$$S_2 = S_0 \sin^2 \alpha + \frac{S_0^2}{g} - \frac{S_0^2}{g} \sin \alpha, \text{ замена } p = \sin \alpha$$

$$p^2 - \frac{S_0^2}{g S_2} \cdot p + \left( \frac{S_0^2}{g S_2} - 1 \right) = 0$$

$$p = \frac{S_0^2}{2g S_2} \pm \sqrt{\frac{S_0^4}{4g^2 S_2^2} - \frac{4S_0^2}{g S_2} + 1}$$

$$\frac{S_0^2}{g S_2} = \frac{14^2}{2 \cdot 10 \frac{m}{s^2} \cdot 150m} = \frac{1}{15}$$

$$\begin{aligned} p &= \frac{1}{15 \cdot 2} \pm \sqrt{\frac{1}{900} - \frac{1}{15} + 1} = \frac{1}{30} \pm \sqrt{\frac{1}{900} + \frac{14 \cdot 2 \cdot 30}{15 \cdot 2 \cdot 30}} = \frac{1}{30} \pm \sqrt{\frac{841}{900}} \\ &= \frac{1}{30} \pm \frac{29}{30} \end{aligned}$$

$$14 \cdot 2 \cdot 30 = 28 \cdot 30 = 840$$

$$2g^2 = (30 - 1)^2 = 900 + 1 - 60 = 841$$

841/29

$$p = \frac{1}{30} \pm \frac{29}{30} = \frac{1 \pm 29}{30} \quad \sin \alpha = 1 \quad \alpha = 90^\circ$$

$$p > 0, \quad p = 1$$

Ответ: 1)  $40 \frac{m}{s}$ ; 2)  $90^\circ$

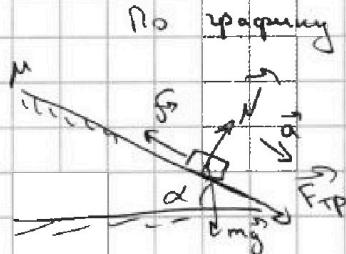


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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

СТРАНИЦА  
1 ИЗ 2

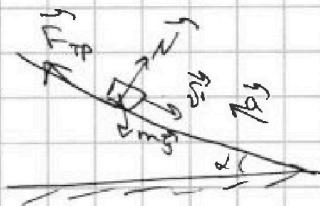
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



По графику видно, что движение равноускоренное

Сначала шайба тормозила, после остановки началась ускорение. Запишем II закон Ньютона для шайбы, когда она тормозила.

$$ma_1 = \mu mg \cos \alpha + mg \sin \alpha$$



$$a_1 = \mu g \cos \alpha + g \sin \alpha \quad (1)$$

Запишем второй закон Ньютона во время разгона шайбы.

Из графика в условии можно найти  $a_1$  и  $a_2$ :

$$ma_2 = \mu mg \cos \alpha - mg \sin \alpha$$

$$a_2 = \mu g \cos \alpha - g \sin \alpha \quad (2)$$

$$a_1 = 8 \frac{m}{c^2} \quad a_2 = \frac{8}{2} \frac{m}{c^2} = 4 \frac{m}{c^2}$$

Подставляем (2) в (1):  $a_1 = a_2 + g \sin \alpha + g \sin \alpha$

$$a_1 - a_2 = 2g \sin \alpha$$

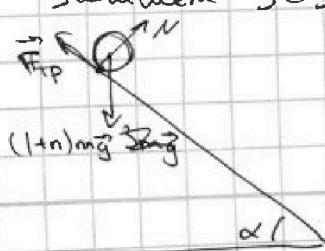
$$\sin \alpha = \frac{a_1 - a_2}{2g} = \frac{4 \frac{m}{c^2}}{20 \frac{m}{c^2}} = 0,2$$

Во втором эксперименте:

Бокса движется без проскальзывания  $\Rightarrow A_{TP} = 0$  дин.

Потенциальная энергия переходит только в поступательную цилиндра и его вращение. Бокс не вращается.

Запишем 3СД:



$$(1+n)mg \sin \alpha = \frac{nmg \dot{\theta}^2}{2} + \frac{m\dot{\theta}^2}{2} + \frac{m\dot{\theta}^2}{2}$$

поступательное движение      вращение цилиндра

$$2(1+n)g \sin \alpha = (n+2)\dot{\theta}^2$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

 1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА  
2 ИЗ 2

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$\boxed{\Delta = \sqrt{\frac{2n+2}{n+2} g \sin \alpha}}$$

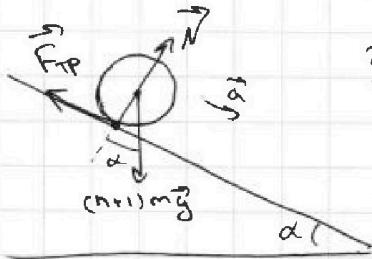
$$\Delta = \sqrt{\frac{2 \cdot 2+2}{2+2} \cdot 10 \frac{m}{s^2} \cdot 0,6m \cdot 0,2} = \\ = \sqrt{\frac{6}{4} \cdot 6 \frac{m^2}{s^2} \cdot 0,2} = \frac{6 \frac{m}{s}}{2} \sqrt{0,2} = \cancel{3}$$

$$\Delta = 3\sqrt{0,2} \frac{m}{s} = \frac{3\sqrt{2}}{10} \frac{m}{s} = 0,3\sqrt{20} \frac{m}{s} = 0,6\sqrt{5} \frac{m}{s}$$

Продифференцировав ЗСЭ по времени, получаем

$$2(1+n)g\Delta \sin \alpha = 2(n+2)\Delta \cdot a, \text{ отсюда}$$

$$\boxed{a = \frac{1+n}{2+n} g \sin \alpha} \Rightarrow a = \frac{3}{4} \cdot 10 \frac{m}{s^2} \cdot 0,2 = 1,5 \frac{m}{s^2}$$



Запишем II закон Ньютона для блока с вогнутой

Проскальзывание наступает, когда  $mg \sin \alpha > F_{tp} \Rightarrow$

$$\Rightarrow mg \sin \alpha \leq F_{tp} \leq \mu N = \mu mg \cos \alpha$$

$$\sin \alpha \leq \mu \cos \alpha \Rightarrow \boxed{\mu \geq \operatorname{tg} \alpha = \frac{\sin \alpha}{\sqrt{1 - \sin^2 \alpha}}}$$

$$\mu \geq \frac{0,2}{\sqrt{1 - 0,04}} = \frac{2}{\sqrt{96}} = \frac{1}{\sqrt{24}} = \frac{\sqrt{24}}{24} = \frac{\sqrt{6}}{12}$$

$$\text{Ответ: 1) } 0,2; 2) \cancel{1,5 \frac{m}{s^2}}; 3) 0,6\sqrt{5} \frac{m}{s}; 4) \mu \geq \frac{\sqrt{6}}{12}$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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

СТРАНИЦА  
1 из 3

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

Запишем I начало термодинамики для смеси газов при  $T = \text{const}$

$$\delta Q = dU + \delta A = \frac{3}{2} \underbrace{\int_{\text{He}} R dT}_{\text{для He}} + \frac{5}{2} \underbrace{\int_{N_2} R dT}_{\text{для } N_2} + p dV^0$$

Температура газов одинакова (одна смесь)  $\Rightarrow$

$$\Rightarrow -Q = (3J_{\text{He}} + 5J_{N_2}) \frac{R(-\Delta T_1)}{2} \Rightarrow 3J_{\text{He}} + 5J_{N_2} = \frac{2Q}{R|\Delta T_1|} \quad (1)$$

Запишем I начало термодинамики для смеси газов при  $p = \text{const}$

$$\delta Q = dU + \delta A = \frac{3}{2} \int_{\text{He}} R dT + \frac{5}{2} \int_{N_2} R dT + p dV$$

Газы идеальные:  $pV = JRT = (J_{\text{He}} + J_{N_2})RT$

$$pdV + \cancel{Vdp}^0 = (J_{\text{He}} + J_{N_2})RdT, \text{ при } p = \text{const}$$

$$pdV = (J_{\text{He}} + J_{N_2})RdT \quad (3)$$

Получаем:  $\delta Q = \left( \frac{3}{2} J_{\text{He}} + \frac{5}{2} J_{N_2} + J_{\text{He}} + J_{N_2} \right) RdT$

$$-Q = \left( \frac{5}{2} J_{\text{He}} + \frac{7}{2} J_{N_2} \right) \frac{R(-\Delta T_1)}{2} \Rightarrow 5J_{\text{He}} + 7J_{N_2} = \frac{2Q}{R|\Delta T_1|} \quad (2)$$

$$\frac{(2)-(1)}{2}: J_{\text{He}} + J_{N_2} = \frac{Q}{R} \left( \frac{1}{|\Delta T_2|} - \frac{1}{|\Delta T_1|} \right) = \frac{Q}{R} \cdot \frac{|\Delta T_2| - |\Delta T_1|}{|\Delta T_1||\Delta T_2|} \quad (4)$$

Преинтегрировав (3), получаем  $A_{\text{газа}} = (J_{\text{He}} + J_{N_2})R(|\Delta T_1|)$ ,  
подставив (4):

$$A_{\text{газа}} = Q \cdot \frac{|\Delta T_2| - |\Delta T_1|}{|\Delta T_1|}, \text{ так как } A_{\text{газа}} = -A, \text{ то}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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

СТРАНИЦА  
2 ИЗ 3

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$A = Q \frac{|\Delta T_1| - |\Delta T_2|}{|\Delta T_1|}$$

$$A = 780 \text{Дж} \cdot \frac{31,2 \text{K} - 20 \text{K}}{31,2 \text{K}} =$$

$$\frac{112}{312} = \frac{56}{156} = \frac{28}{78} = \cancel{\frac{28}{39}}$$

$$= 780 \text{Дж} \cdot \frac{11,2}{31,2} = 780 \text{Дж} \cdot \frac{28}{78} = 280 \text{Дж}$$

В изобарическом процессе теплоемкость газа всегда равна  $\frac{i+2}{2} = C_p$ ,  
что вытекает из 1-й канона термодинамики.

$$\delta Q = C_p dT = (J_{He} + J_{N_2}) R dT$$

$$J = J_{He} + J_{N_2} = Q$$

отвесь

В изобарическом процессе ~~выделяется~~ тепло  $Q$ , значит

$$(J_{He} + J_{N_2}) C_p (-|\Delta T_2|) = -Q, \text{ подставив (4), получаем}$$

$$C_p = \frac{Q}{|\Delta T_2|} \cdot \frac{R |\Delta T_1| / |\Delta T_2|}{Q (|\Delta T_1| - |\Delta T_2|)} = \boxed{\frac{R |\Delta T_1|}{|\Delta T_1| - |\Delta T_2|} = C_p}$$

$$C_p = R \cdot \frac{39}{14} \approx 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot \frac{39}{14} \approx 23 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \quad \frac{-831}{-131} \quad \frac{14}{5} \quad \frac{70}{126} \quad \frac{14}{59}$$

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{(J_{He})}{(J_{He} + J_{N_2})} = \frac{J_{He}}{J_{N_2}}$$

$$59 \cdot 39 \cdot (60-1)/(40-1) = \\ = 2400 - 100 + 1 = 2301$$

Решим систему уравнений (1) и (4)

$$(1) \left\{ 3J_{He} + 5J_{N_2} = \frac{2Q}{R |\Delta T_1|} \right. \Rightarrow \left\{ J_{N_2} = \frac{Q}{R} \left( \frac{1}{|\Delta T_1|} - \frac{2 \cdot 7}{13 |\Delta T_2|} \right) \right.$$

$$(4) \left\{ J_{He} + J_{N_2} = \frac{Q}{R |\Delta T_2|} \cdot \frac{14}{39} \right. \Rightarrow \left. J_{He} = \frac{Q}{R} \left( \frac{14}{39 |\Delta T_2|} + \frac{7 \cdot 3}{439 |\Delta T_2|} - \frac{1}{|\Delta T_1|} \right) \right.$$

$$2J_{N_2} = \frac{2Q}{R |\Delta T_1|} - \frac{Q}{R |\Delta T_2|} \cdot \frac{2 \cdot 14}{39 \cdot 13} = \frac{Q}{R k_B} \left( \frac{2}{|\Delta T_1|} - \frac{14}{13 |\Delta T_2|} \right)$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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

СТРАНИЦА

3 ИЗ 3

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

Получаем:

$$J_{N2} = \frac{Q}{R} \left( \frac{1}{15T_1} - \frac{7}{13|15T_2|} \right)$$

$$J_{Ne} = \frac{Q}{R} \left( \frac{35}{39|15T_2|} - \frac{1}{15T_1} \right)$$

$$\begin{aligned} \frac{N_1}{N_2} &= \frac{J_{Ne}}{J_{N2}} = \frac{\left( \frac{35}{39|15T_2|} - \frac{1}{15T_1} \right)}{\left( \frac{1}{15T_1} - \frac{7}{13|15T_2|} \right)} = \frac{\left( \frac{35}{39 \cdot 20} - \frac{1}{31,2} \right)}{\left( \frac{1}{31,2} - \frac{7}{13 \cdot 20} \right)} = \\ &= \frac{\left( \frac{35 \cdot 31,2 - 39 \cdot 20}{39 \cdot 20 \cdot 31,2} \right)}{\left( \frac{13 \cdot 20 - 7 \cdot 31,2}{31,2 \cdot 13 \cdot 20} \right)} = \frac{\frac{104}{35 \cdot 31,2} - \frac{13}{39 \cdot 20}}{\frac{13 \cdot 20 - 7 \cdot 31,2}{31,2}} \cdot \frac{\frac{1}{31,2} \cdot \frac{1}{13 \cdot 20}}{\frac{1}{39 \cdot 20 \cdot 31,2}} = \frac{35 \cdot 104 - 2600}{2600 - 7 \cdot 31,2} \\ &= \frac{3640 - 2600}{2600 - 2184} = \frac{1040}{416} = \frac{520}{208} = \\ &\quad \begin{array}{r} 35 \times 104 \\ + 320 \\ \hline 3640 \end{array} \quad \begin{array}{r} 1 \\ \times 31,2 \\ \hline 312 \\ 7 \\ \hline 2184 \end{array} \quad \begin{array}{r} 1 \\ \times 13 \cdot 20 \\ \hline 130 \\ 20 \\ \hline 2600 \end{array} \quad \begin{array}{r} 1040 \\ - 2184 \\ \hline 416 \end{array} \quad \begin{array}{r} 1 \\ \times 39 \cdot 20 \\ \hline 390 \\ 20 \\ \hline 7800 \end{array} \quad \begin{array}{r} 1 \\ \times 13 \cdot 20 \\ \hline 130 \\ 20 \\ \hline 2600 \end{array} \quad \begin{array}{r} 1 \\ \times 31,2 \\ \hline 312 \\ 2 \\ \hline 62 \\ 4 \\ \hline 2600 \end{array} \quad \begin{array}{r} 1 \\ \times 13 \cdot 20 \\ \hline 130 \\ 20 \\ \hline 2600 \end{array} \quad \begin{array}{r} 1 \\ \times 31,2 \\ \hline 312 \\ 7 \\ \hline 2184 \\ 2600 \\ \hline 416 \end{array} \end{aligned}$$

Ответ: 1) 280  $\Omega$ ; 2)  $\frac{39}{14} R \approx 23 \frac{\Omega}{\text{моль}} \text{к}; 3) } \frac{75}{26}$

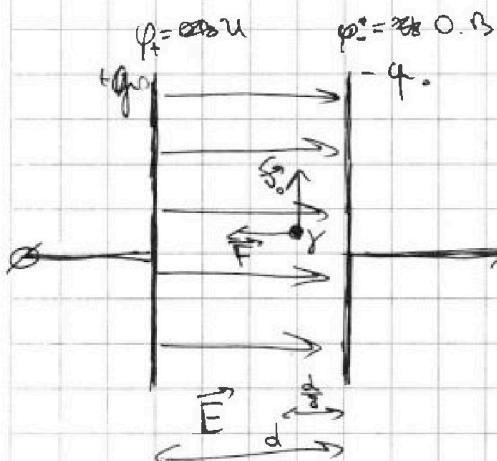


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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

СТРАНИЦА  
1 из 2

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



По теореме Гаусса напряженность поля бесконечной заряженной пластины равна:  $\sigma$  - поверхностный заряд

$$2ES = \frac{\sigma S}{\epsilon_0}$$

$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$$

$$\sigma = \frac{q}{A}, \text{ где } A = \text{площадь всей пластины}$$

Конденсатор - это 2 пластины,

находящиеся в ряду друг к другу. Напряженность поля между пластинами:  $E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} - \frac{(-\sigma)}{2\epsilon_0} = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$  (в силу суперпозиции)

Конденсатор заряжен до напряжения  $U$ . Оудачим на положительной обкладке  $\varphi_+ = \frac{U}{2}$ , а на отрицательной  $\varphi_- = \frac{U}{2}$ , тогда

$$U = E \cdot d = \frac{\sigma d}{\epsilon_0} \Rightarrow \frac{\sigma}{\epsilon_0} = \frac{U}{d} \Rightarrow E = \frac{U}{d}$$

Когда скорость частицы параллельна обкладкам, она находится на расстоянии  $\frac{7}{8}d$  от положительной обкладки  $\Rightarrow$  напряженность поля в этом месте  $E = \frac{U}{(\frac{7}{8}d)} = \frac{8U}{7d}$

$$F = m \cdot \frac{S_0^2}{R} = Eq_{\perp} \Rightarrow E = \frac{(q_i)}{m} = \frac{S_0^2}{R} \quad F < 0 \Rightarrow q < 0 \Rightarrow \vec{F} \uparrow \vec{E}$$

$$S_0^2 = \frac{8U}{7d} (-\gamma) \cdot R \Rightarrow S_0^2 = \sqrt{-\frac{8}{7d} \gamma U R}$$

$$\gamma < 0 \Rightarrow q_i < 0 \Rightarrow \vec{F} \uparrow \vec{E}$$

$$\vec{F} = m \frac{S_0^2}{R} = -Eq_{\perp} \Rightarrow -\frac{U}{d} = \frac{1}{\gamma} \frac{S_0^2}{R} \Rightarrow S_0 = \sqrt{-\frac{U \gamma R}{d}}$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- |                          |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 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"/> |

СТРАНИЦА  
2 ИЗ 2

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

Нахождение частичек в таком поле можно сравнять с находением частиц в гравитационном поле (в модели плоской Земли с постоянной  $\vec{g}$ ), тогда

$$F = ma = -Eq \Rightarrow a = -E\gamma$$

$$\vec{F} \parallel \vec{a}$$

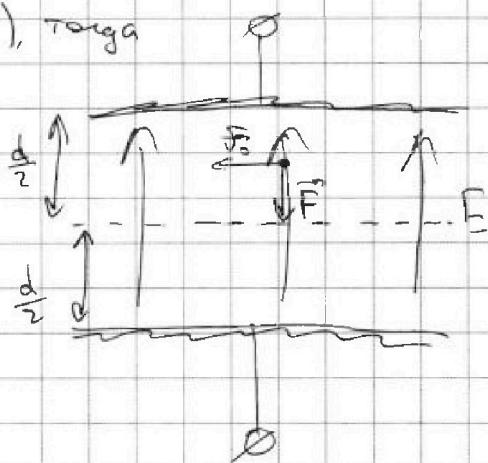
тогда

значим ЗС в где этой системе

$$\frac{m\dot{\gamma}^2}{2} + F \cdot \left(\frac{d}{2} - \frac{d}{8}\right) = \frac{m\dot{\gamma}^2}{2}$$

$$\dot{\gamma}^2 - E\gamma \cdot \frac{3}{4}d = \dot{\gamma}^2$$

$$-\frac{u\gamma R}{d} - \frac{u\gamma \frac{3}{4}d}{d} = \dot{\gamma}^2 \Rightarrow \boxed{\dot{\gamma} = \sqrt{-u\gamma \left(\frac{R}{d} + \frac{3}{4}\right)}}$$



$$\text{Ответ: 1)} \dot{\gamma}_0 = \sqrt{-u\gamma \frac{R}{d}}; 2) \dot{\gamma} = \sqrt{-u\gamma \left(\frac{R}{d} + \frac{3}{4}\right)}$$