

Моржикова
Юлия
Борисовна

 /profiziku

 /morzhikova

 morzhikova@tpu.ru

<http://portal.tpu.ru/SHARED/m/MORZHIKOVA>



Про Физику и не только 
вы подписаны

Вы подписаны



**Сделать ЕГЭ по физике
привлекательным. Ожидаемые
результаты должны быть лучше.
Почему?**

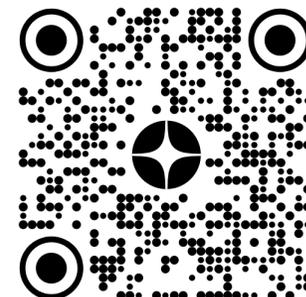
https://dzen.ru/a/ZRPBamrEphT39i_I?share_to=link



Юлия Моржикова
Про физику и не только



Подписаться





Подготовка к ЕГЭ по физике

Преподаватель:

к.ф.-м.н, эксперт ЕГЭ, доцент отделения экспериментальной физики ТПУ

Моржикова Юлия Борисовна

 [/profiziku](#)

 [/morzhikova](#)

 morzhikova@tpu.ru

<http://portal.tpu.ru/SHARED/m/MORZHIKOVA>



Юлия Моржикова

Про физику и не только

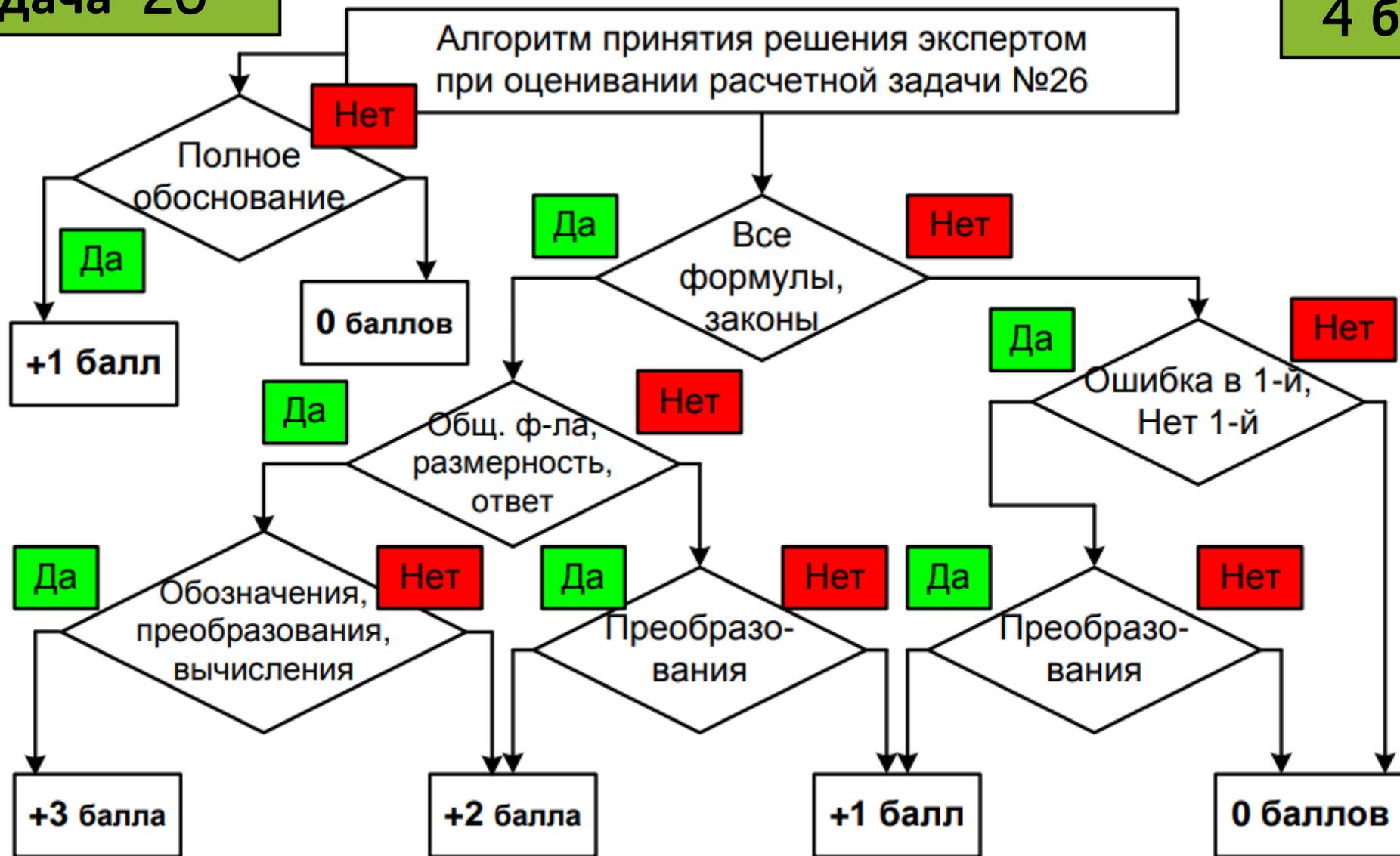


Подписаться



Задача 26

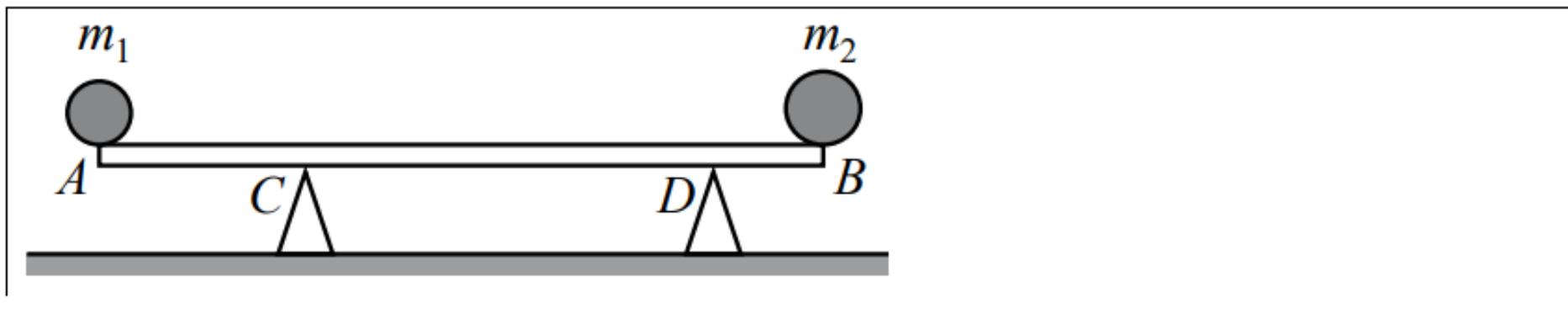
4 балла



2023

4 балла

- № 1.** Два небольших массивных шара массами $m_1 = 0,2$ кг и $m_2 = 0,3$ кг закреплены на концах невесомого стержня AB , лежащего горизонтально на опорах C и D . Длина стержня AB $L = 1$ м, а расстояние AC равно $0,2$ м. Сила давления стержня на опору D в 2 раза больше, чем на опору C . Каково расстояние между опорами CD ? Сделайте рисунок с указанием внешних сил, действующих на систему тел «стержень и шары». Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.



Ответ: 0,6 м

- *выбор ИСО,*
- *модель абсолютно твёрдого тела,*
- *условия равновесия твёрдого тела относительно поступательного и вращательного движения,*
- *третий закон Ньютона*

Стержень *не движется поступательно*, поэтому векторная сумма сил, действующих на него, равна нулю.

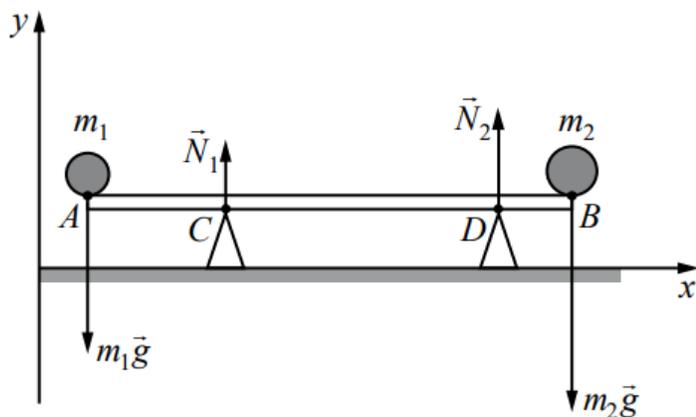
Стержень *не вращается*, поэтому сумма моментов сил *относительно оси*, проходящих через точку *A* перпендикулярно плоскости рисунка, равна нулю.

Обоснование

1. Рассмотрим задачу в системе отсчёта, связанной с Землёй. Будем считать эту систему отсчёта инерциальной (ИСО).
2. Описываем стержень с шарами моделью твёрдого тела (форма и размеры тела неизменны, расстояние между любыми двумя точками тела остаётся неизменным).
3. Стержень не движется поступательно, поэтому сумма сил, действующих на него, равна нулю.
4. Стержень не вращается, поэтому сумма моментов сил относительно оси, проходящих через точку A перпендикулярно плоскости рисунка, равна нулю.
5. Согласно третьему закону Ньютона силы, с которыми шары и стержень взаимодействуют друг с другом, равны по модулю и направлены в противоположные стороны.

Решение

1. На твёрдое тело, образованное стержнем и двумя шарами, действуют силы тяжести $m_1\vec{g}$ и $m_2\vec{g}$, приложенные к центрам шаров, и силы реакции опор \vec{N}_1 и \vec{N}_2 . По третьему закону Ньютона модули сил реакции равны соответствующим модулям сил давления стержня на опоры, поэтому $N_2 = 2N_1$ (в соответствии с условием задачи).



2. В инерциальной системе отсчёта Oxy , связанной с Землёй, условия равновесия тела приводят к системе уравнений:

$$\begin{cases} N_1 + N_2 - m_1g - m_2g = 0 & \text{— центр масс не движется вдоль } Oy; \\ N_1x + N_2(l+x) - m_2gL = 0 & \text{— нет вращения вокруг точки } A. \end{cases}$$

Здесь $l = CD$, x — плечо силы N_1 ($x = AC$).

3. С учётом условия $N_2 = 2N_1$ систему уравнений переписем в виде:

$$\begin{cases} 3N_1 = (m_1 + m_2)g; \\ (3x + 2l)N_1 = m_2gL. \end{cases}$$

Поделив второе уравнение на первое, получим:

Поделив второе уравнение на первое, получим:

$$x + \frac{2}{3}l = \frac{m_2}{m_1 + m_2}L, \text{ откуда } l = \frac{3}{2} \left(\frac{m_2}{m_1 + m_2}L - x \right).$$

4. Подставляя значения физических величин, получим ответ:

$$l = \frac{3}{2} \left(\frac{0,3}{0,2 + 0,3} \cdot 1 - 0,2 \right) = 0,6 \text{ м.}$$

Ответ: $l = 0,6$ м

Примечание для экспертов: при отсутствии указания на использование третьего закона Ньютона в обосновании или решении по критерию 2 ошибка классифицируется как пропуск в преобразованиях

2023

4 балла

№ 2.

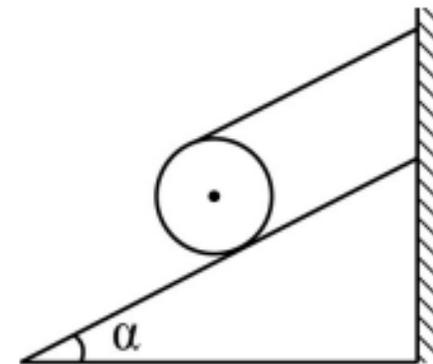
Единый государственный экзамен

ФИЗИКА

(319 - 11 / 13)

26

Цилиндр массой $m = 1$ кг и радиусом $R = 20$ см, на который намотана нерастяжимая невесомая нить, положили на наклонную плоскость, а конец нити прикрепили к вертикальной стенке. Нить не скользит по цилиндру, параллельна наклонной плоскости и перпендикулярна оси цилиндра (см. рисунок).



Коэффициент трения между цилиндром и плоскостью $\mu = 0,5$. При каком максимальном угле наклона плоскости к горизонту α цилиндр будет находиться в равновесии? Сделайте схематический рисунок с указанием сил, действующих на цилиндр.

Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.

Возможное решение

Обоснование

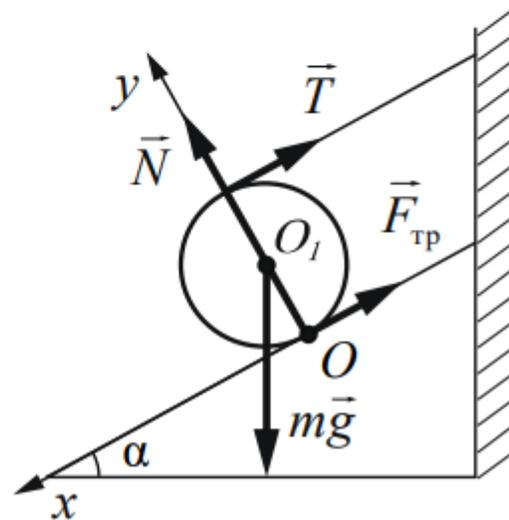
1. Рассмотрим задачу в системе отсчёта, связанной с Землёй. Будем считать эту систему отсчёта инерциальной (ИСО).
2. Описываем цилиндр моделью твёрдого тела (форма и размеры тела неизменны, расстояние между любыми двумя точками тела остаётся неизменным).
3. Поскольку тело не движется поступательно, то векторная сумма сил, действующих на тело, равна нулю.
4. Поскольку тело не вращается, то алгебраическая сумма моментов сил относительно оси, проходящей перпендикулярно рисунку через центр, равна нулю.

Решение

1. На цилиндр действуют четыре силы: сила тяжести $m\vec{g}$, нормальная составляющая силы реакции опоры \vec{N} , сила натяжения нити \vec{T} и сила трения $\vec{F}_{\text{тр}}$. Запишем условия равновесия цилиндра. Второй закон Ньютона в проекциях на оси инерциальной системы отсчёта Oxy имеет вид:

$$Ox: 0 = mg \sin \alpha - T - F_{\text{тр}}; \quad (1)$$

$$Oy: 0 = N - mg \cos \alpha. \quad (2)$$



2. Запишем уравнение моментов сил относительно оси, проходящей через точку O_1 перпендикулярно плоскости рисунка. O_1 – центр цилиндра (плечи сил реакции опоры и тяжести равны нулю, а сил трения и натяжения нити – радиусу цилиндра R):

$$T \cdot R - F_{\text{тр}} \cdot R = 0, \text{ откуда } T = F_{\text{тр}}. \quad (3)$$

3. Поскольку в задаче спрашивают величину максимального угла наклона плоскости, рассмотрим максимальное значение модуля силы трения покоя, которая равна силе сухого трения скольжения. Для модуля силы сухого трения скольжения запишем:

$$F_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg \cos \alpha. \quad (4)$$

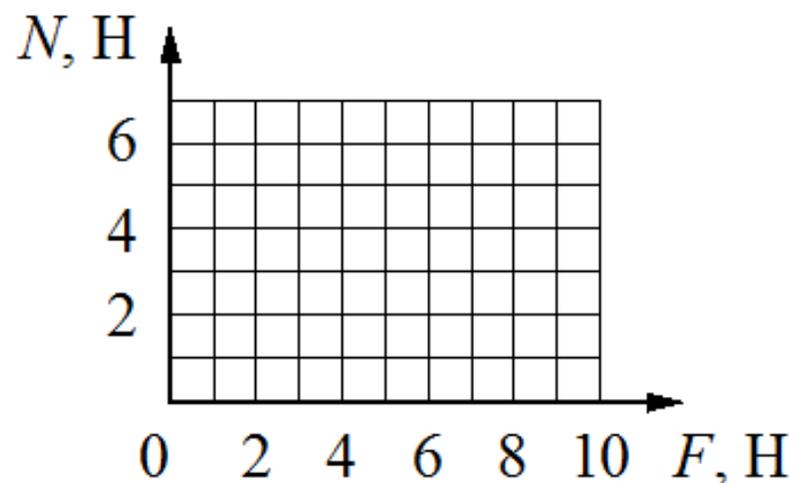
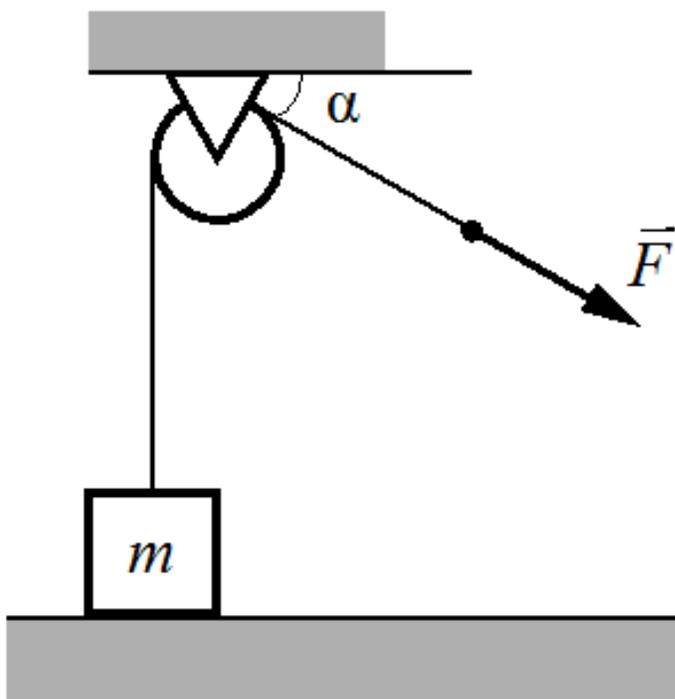
4. Из формул (1)–(4) получаем: $mg \sin \alpha = 2F_{\text{тр}} = 2\mu mg \cos \alpha$.

Окончательно получим: $\text{tg} \alpha = 2\mu = 2 \cdot 0,5 = 1$, следовательно, $\alpha_{\text{max}} = 45^\circ$.

Ответ: $\alpha_{\text{max}} = 45^\circ$

Лёгкая нить, привязанная к грузу массой $m = 0,3$ кг, перекинута через идеальный неподвижный блок. К правому концу нити приложена постоянная сила \vec{F} . Левая часть нити вертикальна, а правая наклонена под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту (см. рисунок).

Постройте график зависимости модуля силы реакции стола N от F на отрезке $0 \leq F \leq 10$ Н. Ответ поясните, указав, какие физические явления и закономерности Вы использовали для объяснения.

**3 балла**

Снаряд массой 2 кг разорвался в полёте на две равные части, одна из которых продолжила движение в направлении движения снаряда, а другая – в противоположную сторону. В момент разрыва суммарная кинетическая энергия осколков увеличилась за счёт энергии взрыва на величину ΔE . Модуль скорости осколка, летящего по направлению движения снаряда, равен 900 м/с, а модуль скорости второго осколка – 100 м/с. Найдите величину ΔE . **Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.**

- законы сохранения энергии и импульса

Ответ: $\Delta E = 250$ кДж

Снаряд массой 2 кг разорвался в полёте на две равные части, одна из которых продолжила движение в направлении движения снаряда, а другая – в противоположную сторону. В момент разрыва суммарная кинетическая энергия осколков увеличилась за счёт энергии взрыва на величину ΔE . Модуль скорости осколка, летящего по направлению движения снаряда, равен 900 м/с, а модуль скорости второго осколка – 100 м/с. Найдите величину ΔE . **Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.**

- *выбор инерциальной системы отсчёта;*
- *все тела считаются материальными точками;*
- *условия применимости законов сохранения импульса и энергии*

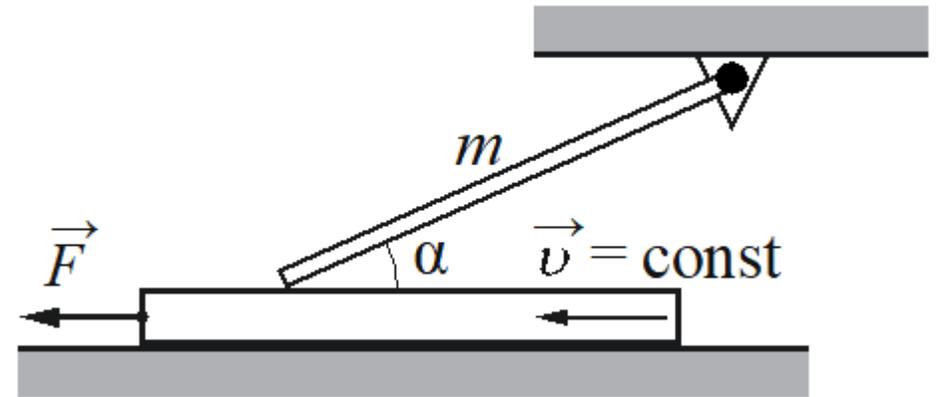
Поскольку **время разрыва снаряда мало**, импульсом внешних сил (сил тяжести) можно пренебречь, а значит, для решения задачи можно воспользоваться законом сохранения импульса

- *законы сохранения энергии и импульса*

Так как при решении задачи мы **пренебрегаем силой трения**, то можно использовать закон сохранения энергии для снаряда с учётом энергии разрыва.

Однородный тонкий стержень массой m одним концом шарнирно прикреплен к потолку, а другим концом опирается на массивную горизонтальную доску, образуя с ней угол $\alpha=30^\circ$. Под действием горизонтальной силы F доска движется поступательно влево с постоянной скоростью (см. рисунок). Стержень при этом неподвижен. Найдите m , если $F = 2$ Н, а коэффициент трения стержня по доске $\mu = 0,2$. Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на стержень и доску. Трением доски по опоре и трением в шарнире пренебречь.

Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.



- *второй и третий законы Ньютона,*
- *выражение для силы трения скольжения,*
- *условие равновесия твёрдого тела*

Ответ: $m \approx 2,2$ кг

26

Пластилиновый шарик в момент $t = 0$ бросают с горизонтальной поверхности Земли под углом α к горизонту. Одновременно с некоторой высоты над поверхностью Земли начинает падать из состояния покоя другой такой же шарик. Шарик сталкиваются в воздухе. Сразу после столкновения скорость шариков направлена горизонтально. Время от столкновения шариков до их падения на Землю равно τ . Считая удар абсолютно неупругим, определите, с какой начальной скоростью v_0 был брошен первый шарик. Сопротивлением воздуха пренебречь.

Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.



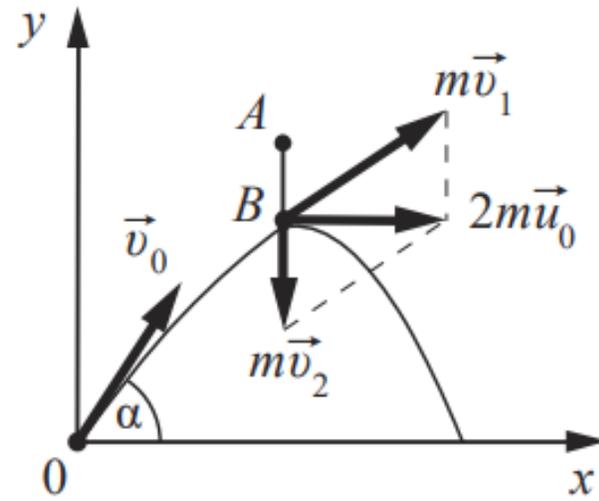
Обоснование

1. Выберем инерциальную систему отсчёта, связанную с Землёй. За начало отсчёта координат примем первоначальное положение первого шарика.

2. Шарики будем считать материальными точками.

3. Так как сопротивлением воздуха можно пренебречь, то движение шариков можно считать свободным падением.

4. Считаем время взаимодействия шариков при неупругом столкновении малым. Следовательно, импульсом внешней силы (силы тяжести) за это время можно пренебречь. Значит, импульс системы двух шариков при столкновении сохраняется.



Решение

1. Первый шарик начинает движение из начала координат, а второй – из точки A . До и после столкновения (происходящего в точке B) шарики свободно падают. Поэтому до столкновения для первого шарика

$$y_1(t) = v_{0y}t - \frac{gt^2}{2} = v_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2},$$
$$v_{1y}(t) = v_0 \sin \alpha - gt,$$

а для второго шарика

$$v_{2y}(t) = -gt.$$

2. Шарики сталкиваются в момент t_1 , при этом импульс системы двух шариков сохраняется: $m\vec{v}_1 + m\vec{v}_2 = 2m\vec{u}_0$, а скорость \vec{u}_0 шариков после удара согласно условию горизонтальна. Поэтому $v_{1y}(t_1) + v_{2y}(t_1) = 0$, или

$$(v_0 \sin \alpha - gt_1) + (-gt_1) = 0, \text{ откуда } t_1 = \frac{v_0 \sin \alpha}{2g}.$$

3. Столкновение шариков происходит на высоте

$$h = y_1(t_1) = v_0 \sin \alpha \cdot t_1 - \frac{gt_1^2}{2} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} - \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{8g} = \frac{3}{8} \cdot \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{g}.$$

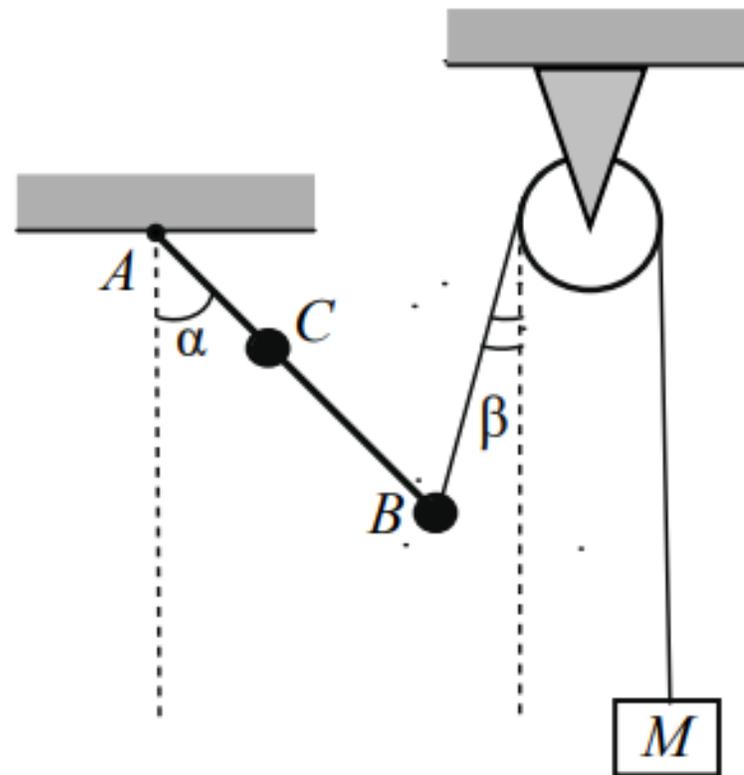
4. Поскольку скорость \vec{u}_0 шариков после удара горизонтальна, интервал времени τ от столкновения шариков до их падения на Землю находится из

$$\text{условия } h = \frac{g\tau^2}{2}, \text{ откуда } \tau = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{3} \cdot \frac{v_0 \sin \alpha}{2g}. \text{ Отсюда: } v_0 = \frac{2g\tau}{\sqrt{3} \cdot \sin \alpha}.$$

$$\text{Ответ: } v_0 = \frac{2g\tau}{\sqrt{3} \cdot \sin \alpha}$$

26

Невесомый стержень AB с двумя малыми грузиками массами $m_1 = 100$ г и $m_2 = 200$ г, расположенными в точках C и B соответственно, шарнирно закреплён в точке A . Груз массой $M = 200$ г подвешен к идеальному блоку за невесомую и нерастяжимую нить, другой конец которой соединён с нижним концом стержня, как показано на рисунке. Вся система находится в равновесии, если стержень отклонён от вертикали на угол $\alpha = 45^\circ$, а нить составляет угол с вертикалью, равный $\beta = 15^\circ$. Расстояние $AC = b = 25$ см. Определите длину l стержня AB , пренебрегая трением в шарнире. Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на груз M и стержень. Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.



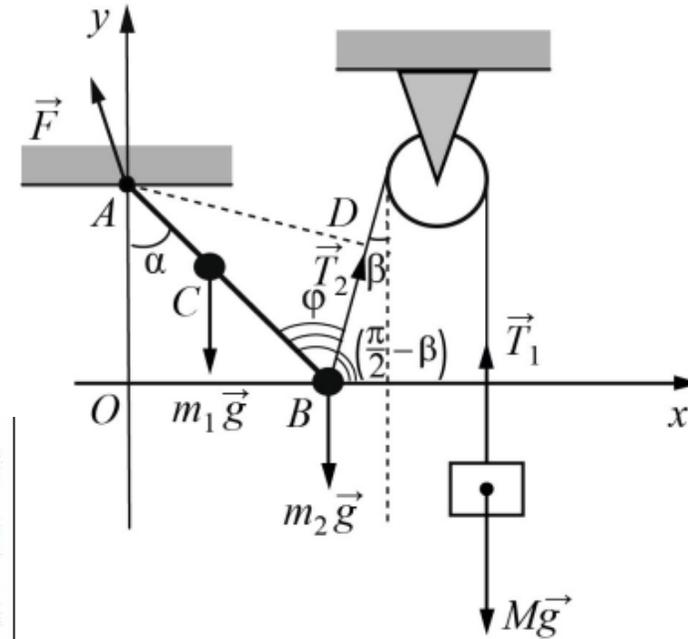
Возможное решение

Обоснование

1. Рассмотрим задачу в системе отсчёта, связанной с Землёй. Будем считать эту систему отсчёта инерциальной (ИСО).
2. Описываем стержень моделью твёрдого тела (форма и размеры тела неизменны, расстояние между любыми двумя точками тела остаётся неизменным).
3. Стержень находится в равновесии относительно вращательного движения, поэтому сумма моментов сил относительно оси, проходящей перпендикулярно плоскости рисунка через точку A , равна нулю.
4. Груз описываем моделью материальной точки.
5. Нить нерастяжима, поэтому, если покоится груз, то покоится и стержень.
6. Груз находится в покое относительно поступательного движения, следовательно, сумма сил, действующих на него, равна нулю.
7. Нить невесома, блок идеален (масса блока ничтожна, трения нет), поэтому модуль силы натяжения нити в любой её точке один и тот же.

1. Введём декартову систему координат xOy , как показано на рисунке. Поскольку груз находится в равновесии, согласно второму закону Ньютона

$$T_1 - Mg = 0. \quad (1)$$



2. На стержень с грузами m_1 и m_2 действуют силы $m_1 \vec{g}$ и $m_2 \vec{g}$, а также сила натяжения нити \vec{T}_2 , $|\vec{T}_1| = |\vec{T}_2| = |T|$. Кроме того, на стержень действует сила \vec{F} со стороны шарнира. Запишем условие равенства нулю суммы моментов этих сил относительно оси вращения, проходящей через точку A – точку шарнирного закрепления стержня:

$$m_1 g \cdot b \sin \alpha + m_2 g \cdot l \sin \alpha - T \cdot AD = 0. \quad (2)$$

3. Решая систему уравнений (1) и (2), с учётом

$$AD = l \sin \varphi = l \sin(\alpha + \beta),$$

получим:

$$l = \frac{m_1 \cdot b \sin \alpha}{M \sin(\alpha + \beta) - m_2 \sin \alpha} = \frac{100 \cdot 25 \frac{\sqrt{2}}{2}}{200 \frac{\sqrt{3}}{2} - 200 \frac{\sqrt{2}}{2}} \approx 55,6 \text{ см.}$$

Ответ: $l \approx 55,6$ см

26

Снаряд массой 4 кг, летящий со скоростью 400 м/с, разрывается на две равные части, одна из которых летит в направлении движения снаряда, а другая – в противоположную сторону. В момент разрыва суммарная кинетическая энергия осколков увеличивается на 0,5 МДж. Найдите скорость осколка, летящего по направлению движения снаряда. Сопротивлением воздуха пренебречь. *Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.*

Обоснование

1. Введём инерциальную систему отсчёта, связанную с Землёй, и направим ось Ox системы координат в направлении начальной скорости движения снаряда.
2. При описании движения снаряда и осколков используем модель материальной точки.
3. Для описания разрыва снаряда использован закон сохранения импульса системы тел. Он выполняется в инерциальной системе отсчёта, если сумма внешних сил, приложенных к телам системы, равна нулю. В данном случае из-за отсутствия сопротивления воздуха внешней силой является только сила тяжести $m\vec{g}$, которая не равна нулю. Но этим можно пренебречь, считая время разрыва снаряда малым. За малое время разрыва импульс каждого из осколков меняется на конечную величину за счёт больших внутренних сил, разрывающих снаряд при взрыве. По сравнению с этими большими силами конечная сила тяжести пренебрежимо мала.
4. Так как время разрыва снаряда считаем малым, то можно пренебречь и изменением потенциальной энергии снаряда и его осколков в поле тяжести в процессе разрыва.

Решение

1. Запишем для снаряда закон сохранения импульса в проекциях на ось Ox и закон сохранения энергии для снаряда:

$$2m \cdot v_0 = mv_1 - mv_2; \quad (1)$$

$$2m \cdot \frac{v_0^2}{2} + \Delta E = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2}, \quad (2)$$

где

$2m$ – масса снаряда до взрыва;

v_0 – модуль скорости снаряда до взрыва;

v_1 – модуль скорости осколка, летящего вперёд;

v_2 – модуль скорости осколка, летящего назад.

2. Выразим v_2 из первого уравнения: $v_2 = v_1 - 2v_0$ – и подставим во второе уравнение. Получим: $v_1^2 - 2v_0v_1 + v_0^2 - \frac{\Delta E}{m} = 0$.

3. Из двух корней этого квадратного уравнения $(v_1)_{1,2} = v_0 \pm \sqrt{\frac{\Delta E}{m}}$ выбираем больший, что соответствует условию задачи: $v_1 > v_0$.

4. Отсюда следует: $v_1 = v_0 + \sqrt{\frac{\Delta E}{m}} = 400 + \sqrt{\frac{0,5 \cdot 10^6}{2}} = 900$ м/с.

Ответ: $v_1 = 900$ м/с

Критерии оценивания выполнения задания

Критерий 1

Верно обоснована возможность использования законов (закономерностей). В данном случае: *выбор ИСО, материальная точка, условия применения закона сохранения импульса и закона сохранения энергии*

Критерий 2

1) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае: *закон сохранения импульса, закон сохранения энергии*);

Преподаватель: Юлия Борисовна Моржикова

Пример 29

Небольшое тело массой $M = 0,99$ кг лежит на вершине гладкой полусферы радиусом $R = 1$ м. В тело попадает пуля массой $m = 0,01$ кг, летящая горизонтально со скоростью $v_0 = 200$ м/с, и застревает в нём. Пренебрегая смещением тела за время удара, определите высоту h , на которой это тело оторвётся от поверхности полусферы. Высота отсчитывается от основания полусферы. Сопротивлением воздуха пренебречь. Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.

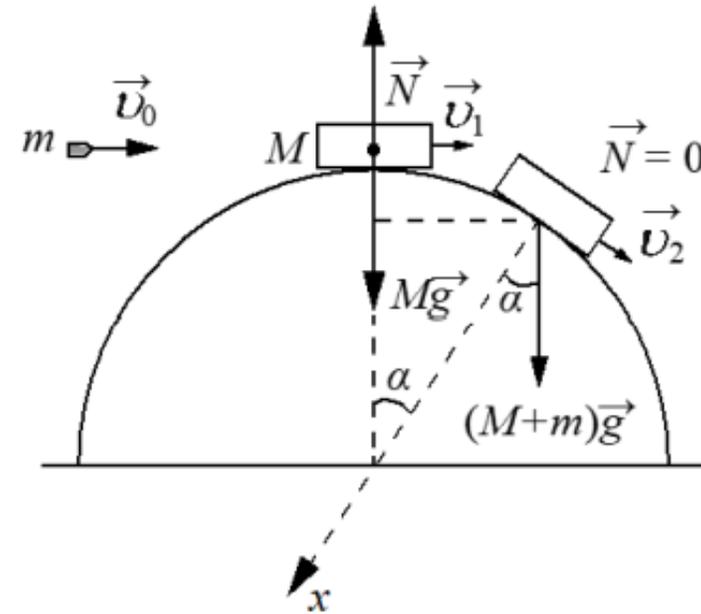
В этой задаче выделяется **три процесса**: неупругое взаимодействие пули и тела, движение тела по полусфере без трения и отрыв тела от сферы. Соответственно, в обосновании должны быть описаны условия применимости законов для всех трех этапов:

- ? инерциальная система отсчета;
- ? модель материальной точки;
- ? условие применимости закона сохранения импульса (в данном случае его выполнение в проекции на горизонтальную ось;
- ? условие применимости закона сохранения энергии при движении тела по полусфере;
- ? условие отрыва тела от поверхности полусферы. Рисунок с указанием сил в задаче не требуется, но он помогает здесь и для обоснования, и для решения.

Рисунок с указанием сил в задаче не требуется, но он помогает здесь и для обоснования, и для решения.

Обоснование

1. Систему отсчета, связанную с Землей, будем считать инерциальной. Тела можно считать материальными точками, так как их размеры пренебрежимо малы в условиях задачи.



2. При соударении для системы «пуля – тело» в ИСО выполняется закон сохранения импульса в проекциях на горизонтальную ось, так как внешние силы (сила тяжести и сила реакции опоры) вертикальны.

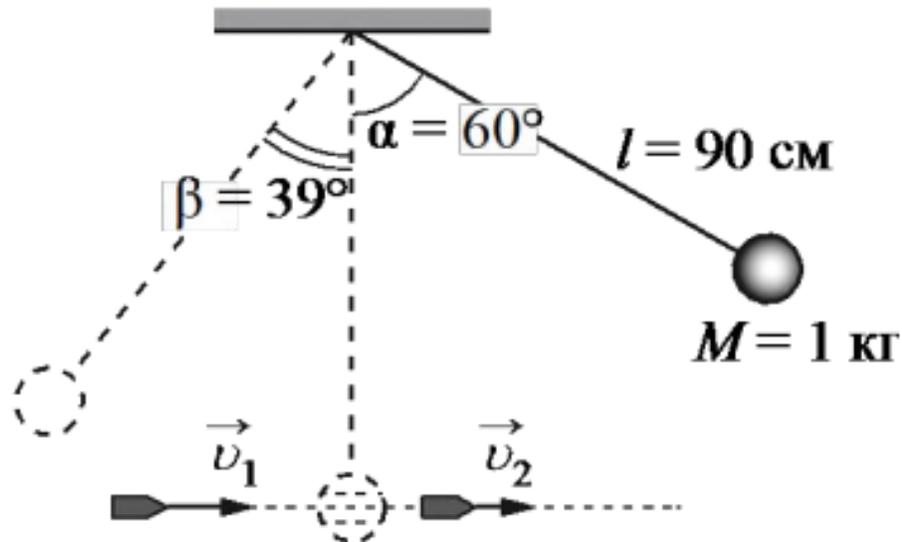
3. При движении составного тела от вершины полусферы выполняется закон сохранения механической энергии, так как полусфера гладкая, и работа силы реакции опоры равна нулю (эта сила перпендикулярна скорости тела).

4. В момент отрыва обращается в нуль сила реакции опоры \vec{N} .

5. Второй закон Ньютона выполняется в ИСО для модели материальной точки.

Шар массой 1 кг, подвешенный на нити длиной 90 см, отводят от положения равновесия на угол 60° и отпускают. В момент прохождения шара через положение равновесия в него попадает пуля, летящая навстречу шару, которая пробивает его и продолжает двигаться горизонтально (см. рисунок). Определите модуль изменения импульса пули в результате попадания в шар, если он, продолжая движение в прежнем направлении, отклоняется на угол 39° . (Массу шара считать неизменной; диаметр шара – пренебрежимо малым по сравнению с длиной нити; $\cos 39^\circ = \frac{7}{9}$.)

Сопротивлением воздуха пренебречь. *Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.*



Возможное решение

Обоснование

1. Систему отсчёта, связанную с Землёй, будем считать инерциальной.
2. Шар и пулю будем считать материальными точками, так как их размеры малы по сравнению с длиной нити.
3. При соударении для системы «пуля – шар» в ИСО выполняется закон сохранения импульса в проекциях на горизонтальную ось, так как внешние силы (силы тяжести и сила натяжения нити) вертикальны.
4. При движении шара на нити вниз и вверх выполняется закон сохранения механической энергии, так как сопротивлением воздуха по условию задачи можно пренебречь, и работа силы натяжения нити равна нулю (эта сила в любой точке траектории перпендикулярна скорости тела).

Решение

По закону сохранения полной механической энергии для движения шара вниз с высоты H получим:

$$MgH = \frac{Mu^2}{2}, \text{ где } \cos \alpha = \frac{l - H}{l}.$$

Таким образом, скорость шара в нижней точке его траектории перед попаданием в него пули:

$$u = \sqrt{2gl(1 - \cos \alpha)}.$$

Согласно закону сохранения импульса имеем:

$$Mu - mv_1 = Mu' - mv_2, \text{ где } M \text{ и } m - \text{массы шара и пули соответственно.}$$

Изменение импульса пули:

$$\Delta p = mv_2 - mv_1 = M(u' - u).$$

Шар после попадания в него пули получит кинетическую энергию и поднимется на новую высоту, равную h . По закону сохранения полной механической энергии имеем:

$$\frac{Mu'^2}{2} = Mgh, \text{ где } \cos\beta = \frac{l-h}{l}.$$

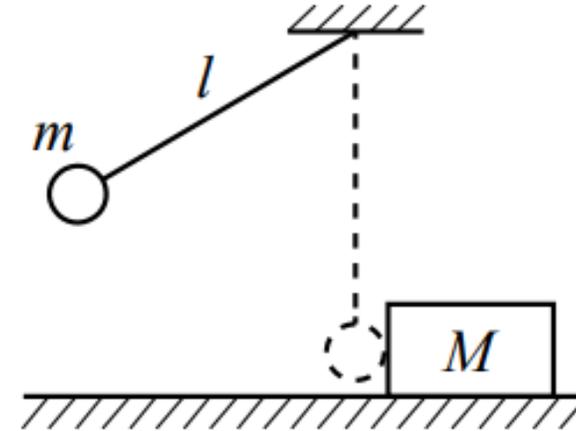
Таким образом, $u' = \sqrt{2gl(1 - \cos\beta)}$.

В итоге имеем:

$$\begin{aligned} |\Delta p| &= \left| M \left\{ \sqrt{2gl(1 - \cos\alpha)} - \sqrt{2gl(1 - \cos\beta)} \right\} \right| = \\ &= \left| 1 \cdot \left(\sqrt{2 \cdot 10 \cdot 0,9(1 - \cos 60^\circ)} - \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 0,9(1 - \cos 39^\circ)} \right) \right| = 1 \text{ кг} \cdot \text{м/с}. \end{aligned}$$

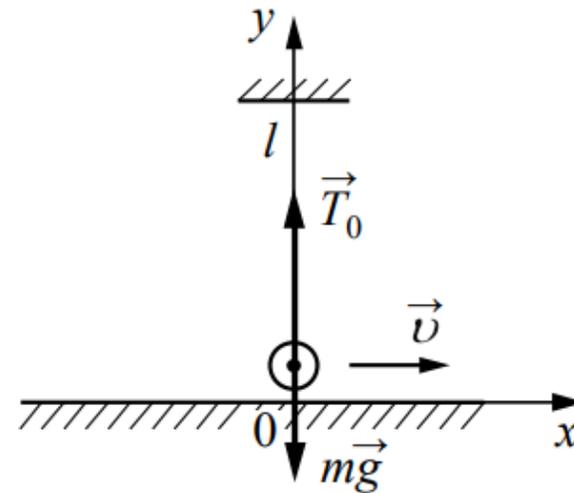
Ответ: $|\Delta p| = 1 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$

Маленький шарик массой $m = 0,3$ кг подвешен на лёгкой нерастяжимой нити длиной $l = 0,9$ м, которая разрывается при силе натяжения $T_0 = 6$ Н. Шарик отведён от положения равновесия (оно показано на рисунке пунктиром) и отпущен. Когда шарик проходит положение равновесия, нить обрывается, и шарик тут же абсолютно неупруго сталкивается с бруском массой $M = 1,5$ кг, лежащим неподвижно на гладкой горизонтальной поверхности стола. Какова скорость u бруска после удара? Считать, что брусок после удара движется поступательно.



Возможное решение

1. Непосредственно перед обрывом нити в момент прохождения положения равновесия шарик движется по окружности радиусом l со скоростью \vec{v} . В этот момент действующие на шарик сила тяжести $m\vec{g}$ и сила натяжения нити \vec{T}_0 направлены по вертикали и вызывают центростремительное ускорение шарика (см. рисунок). Запишем второй закон Ньютона в проекциях на ось Oy инерциальной системы отсчёта Oxy , связанной с Землёй:



$$\frac{mv^2}{l} = T_0 - mg, \text{ откуда: } v = \sqrt{\left(\frac{T_0}{m} - g\right)l}.$$

2. При прохождении положения равновесия нить обрывается, и шарик, движущийся горизонтально со скоростью \vec{v} , абсолютно неупруго сталкивается с покоящимся бруском. При столкновении сохраняется импульс системы «шарик + брусок». В проекциях на ось Ox получаем:

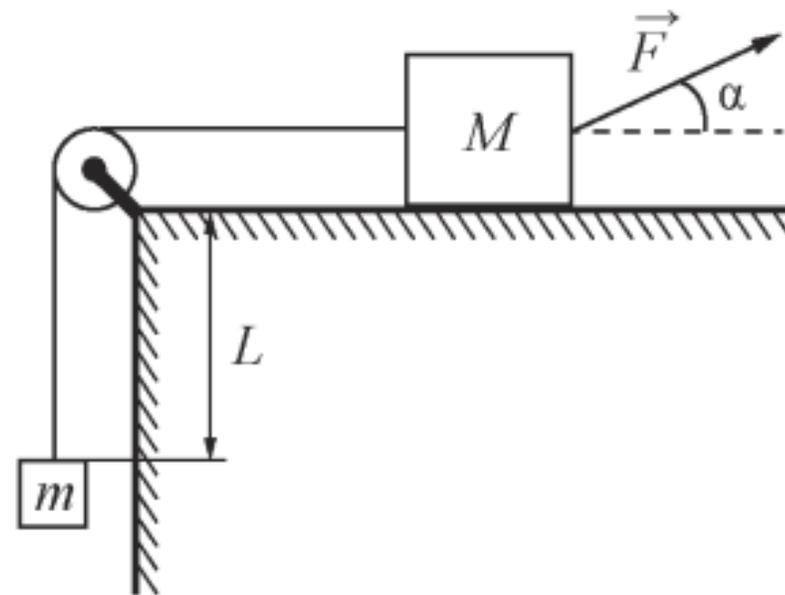
$$mv = (M + m)u,$$

где u – проекция скорости бруска с шариком после удара на эту ось. Отсюда:

$$u = \frac{m}{M + m}v = \frac{m}{M + m} \sqrt{\left(\frac{T_0}{m} - g\right)l} = \frac{0,3}{1,5 + 0,3} \sqrt{\left(\frac{6}{0,3} - 10\right) \cdot 0,9} = \frac{1}{6} \cdot 3 = 0,5 \text{ м/с.}$$

Ответ: $u = 0,5$ м/с

На горизонтальном столе находится брусок массой $M = 1$ кг, соединённый невесомой нерастяжимой нитью, перекинутой через гладкий невесомый блок, с грузом массой $m = 500$ г. На брусок действует сила \vec{F} , направленная под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту (см. рисунок), $F = 9$ Н. В момент начала движения груз

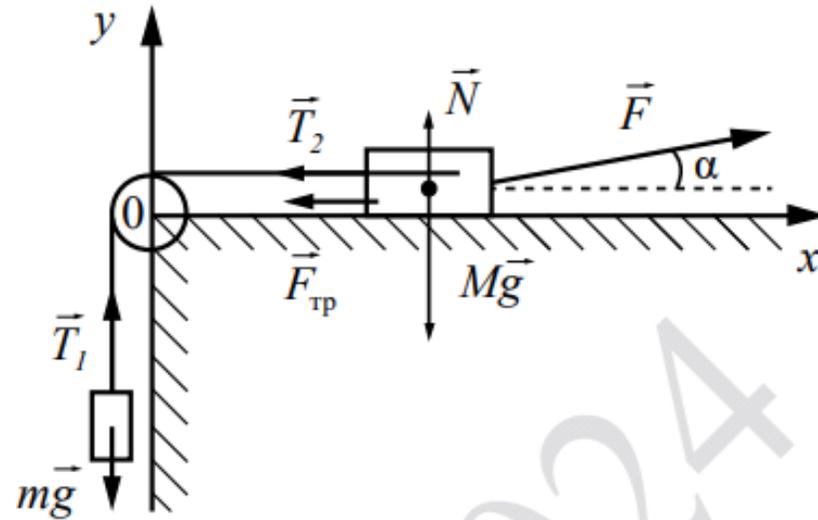


находится на расстоянии $L = 32$ см от края стола. Какую скорость V будет иметь груз в тот момент, когда он поднимется до края стола, если коэффициент трения между бруском и столом $\mu = 0,3$? Сделайте схематический рисунок с указанием сил, действующих на брусок и груз.

Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.

Обоснование

1. Задачу будем решать в инерциальной системе отсчёта, связанной со столом. При нахождении ускорений тел будем применять второй закон Ньютона, сформулированный для материальных точек, поскольку тела движутся поступательно. Трением в оси блока и о воздух пренебрежём; блок будем считать невесомым.



На рисунке показаны силы, действующие на брусок и груз.

2. Так как нить нерастяжима, ускорения бруска и груза равны по модулю:

$$|\vec{a}_1| = |\vec{a}_2| = a. \quad (1)$$

3. Так как блок и нить невесомы и трения в блоке нет, то силы натяжения нити, действующие на груз и брусок, одинаковы по модулю:

$$|\vec{T}_1| = |\vec{T}_2| = T. \quad (2)$$

Решение

1. Запишем второй закон Ньютона в проекциях на оси Ox и Oy выбранной системы координат. Учитывая (1) и (2), получим:

$$F \cos \alpha - T - F_{\text{тр}} = Ma,$$

$$N + F \sin \alpha = Mg,$$

$$T - mg = ma.$$

Сила трения, действующая на брусок, $F_{\text{тр}} = \mu N$.

Решая полученную систему уравнений, найдём ускорение тел:

$$a = \frac{F(\cos \alpha + \mu \sin \alpha) - mg - \mu Mg}{M + m}.$$

2. Так как начальная скорость груза была равна нулю, $L = \frac{V^2}{2a}$.

3. Окончательно получим:

$$\begin{aligned} V &= \sqrt{2aL} = \sqrt{2L \left(\frac{F(\cos \alpha + \mu \sin \alpha) - mg - \mu Mg}{M + m} \right)} = \\ &= \sqrt{2 \cdot 0,32 \cdot \left(\frac{9 \cdot (\sqrt{3}/2 + 0,3 \cdot 0,5) - 0,5 \cdot 10 - 0,3 \cdot 1 \cdot 10}{1 + 0,5} \right)} \approx 0,7 \text{ м/с}. \end{aligned}$$

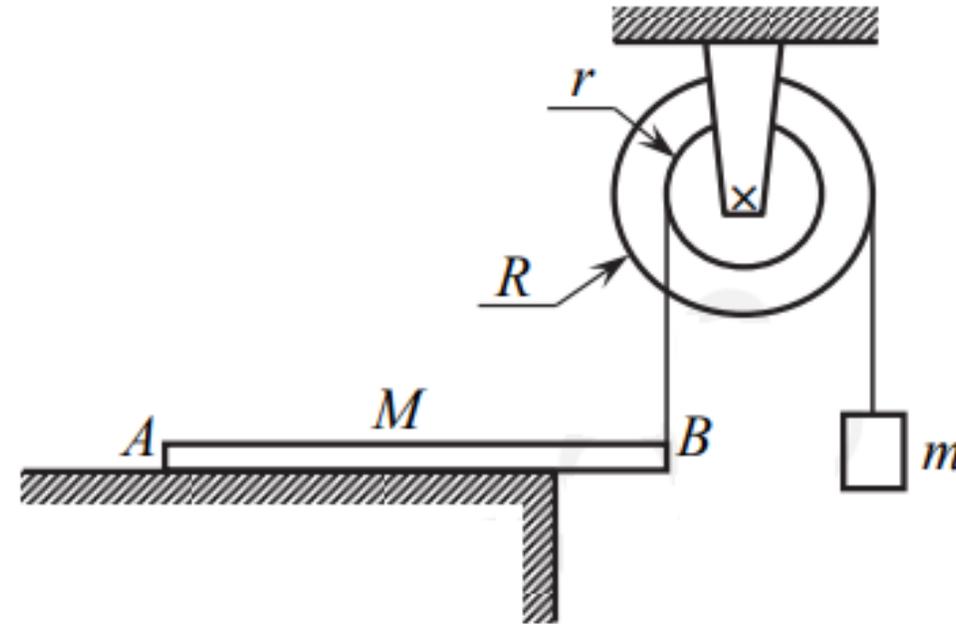
Ответ: $V \approx 0,7 \text{ м/с}$

Приведено полное решение, включающее следующие элементы:

Г) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае – II закон Ньютона, выражение для силы трения скольжения, кинематические соотношения);

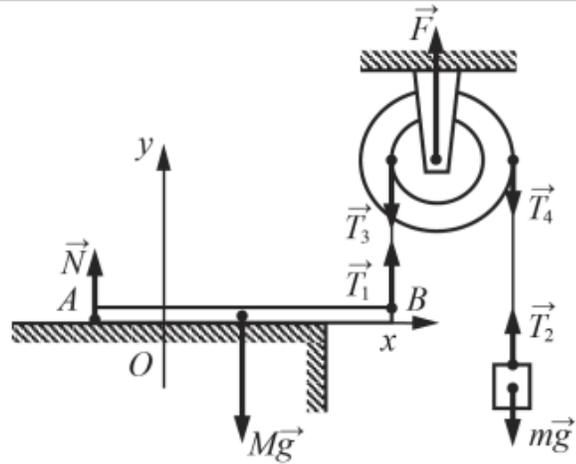
Преподаватель: Юлия Борисовна Моржикова

Однородный брусок AB массой M постоянного прямоугольного сечения лежит на гладкой горизонтальной поверхности стола, свешиваясь с него менее чем наполовину (см. рисунок). К правому концу бруска прикреплена лёгкая нерастяжимая нить. Другой конец нити закреплён на меньшем из двух дисков идеального составного блока. На большем диске этого блока закреплена другая лёгкая нерастяжимая нить, на которой висит груз массой $m = 1$ кг. Диски скреплены друг с другом, образуя единое целое. $R = 10$ см, $r = 5$ см. Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на брусок M , блок и груз m . Найдите минимальное значение M , при котором система тел остаётся неподвижной.



Обоснуйте применимость используемых законов к решению задачи.

1. Силы, действующие на брусок, блок и груз, показаны на рисунке для случая, когда масса бруска минимальна, и поэтому он ещё покоится на столе, но касается стола только в точке A . Поэтому сила \vec{N} приложена к бруску в точке A и направлена вертикально вверх, так как поверхность стола гладкая (трения нет).



2. Запишем уравнение моментов

сил для бруска в момент, когда он покоится, касаясь стола только в точке A :

$$T_1 \cdot AB - Mg \cdot \frac{AB}{2} = 0,$$

откуда

$$T_1 = \frac{Mg}{2}.$$

3. Запишем второй закон Ньютона для покоящегося груза в проекциях на ось Oy введённой ИСО:

$$T_2 - mg = 0,$$

откуда

$$T_2 = mg.$$

4. Условие равновесия блока на его оси:

$$T_3 \cdot r = T_4 \cdot R.$$

С учётом того, что $T_1 = T_3$, $T_2 = T_4$, получим отсюда

$$T_1 \cdot r = T_2 \cdot R.$$

5. Подставив в это равенство результаты п. 2 и 3, получим:

$$\frac{Mg}{2} \cdot r = mg \cdot R.$$

Отсюда

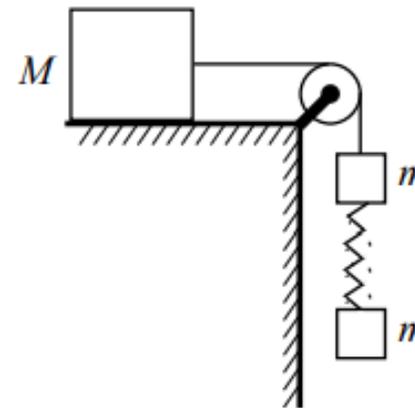
$$M = 2m \cdot \frac{R}{r} = 2 \cdot 1 \text{ кг} \cdot \frac{0,1 \text{ м}}{0,05 \text{ м}} = 4 \text{ кг}.$$

Ответ: $\min M = 4 \text{ кг}$

Преподаватель: Юлия Борисовна Моржикова

Пример 28

Груз массой $M = 800 \text{ г}$ соединен невесомой и нерастяжимой нитью, перекинутой через гладкий невесомый блок, с бруском массой $m = 400 \text{ г}$. К этому бруску на легкой пружине жесткостью $k = 80 \text{ Н/м}$ подвешен второй такой же брусок. Длина нерастянутой пружины $l = 10 \text{ см}$, коэффициент трения груза о поверхность стола $\mu = 0,2$.



Определите длину пружины при движении брусков, считая, что при этом движении она постоянна.

Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на тела.

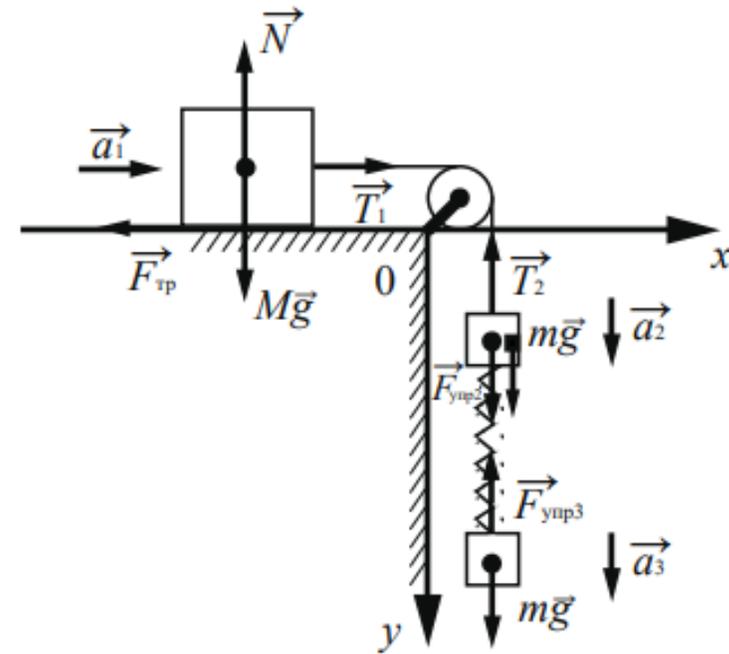
Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.

В этом случае обязательными элементами обоснования являются следующие:

- ? инерциальная система отсчета;
- ? модель материальной точки;
- ? условия равенства сил натяжения нитей и равенства упругих сил;
- ? равенства ускорений тел;
- ? рисунок с указанием сил, действующих на тела.

Обоснование

1. Задачу будем решать в инерциальной системе отсчета, связанной с поверхностью стола.
2. Будем применять для грузов и бруска законы Ньютона, справедливые для материальных точек, поскольку тела движутся поступательно.
3. Трением в оси блока и трением о воздух, а также массой блока пренебрежем.
4. Так как нить нерастяжима и длина пружины постоянна, ускорения обоих брусков и груза равны по модулю: $|\vec{a}_1| = |\vec{a}_2| = |\vec{a}_3| = a$.
5. На рисунке показаны силы, действующие на бруски и груз.
6. Так как блок и нити невесомы, а трение отсутствует, то модули сил натяжения нити, действующих на груз и верхний брусок, одинаковы: $|\vec{T}_1| = |\vec{T}_2| = T$.
7. Равны по модулю и силы $|\vec{F}_{\text{упр2}}| = |\vec{F}_{\text{упр3}}|$, так как пружина легкая.



Решение

1. Запишем второй закон Ньютона в проекциях на оси Ox и Oy выбранной системы координат. С учётом (1)–(3) получим:

$$Ox: Ma = T - F_{\text{тр}}$$

$$Oy: N = Mg, \quad ma = mg - T + F_{\text{упр}}, \quad ta = mg - F_{\text{упр}}.$$

Сложив эти уравнения, найдём ускорение тел: $a = \frac{2mg - F_{\text{тр}}}{M + 2m}$.

2. Сила трения $F_{\text{тр}} = \mu N = \mu Mg$.

3. Из последнего уравнения в п. 1 получим $F_{\text{упр}} = m(g - a) = \frac{mMg(1 + \mu)}{M + 2m}$.

По закону Гука $F_{\text{упр}} = k\Delta l = k(L - l)$, тогда

$$L = l + \frac{mMg(1 + \mu)}{k(M + 2m)} = 0,1 + \frac{0,4 \cdot 0,8 \cdot 10 \cdot (1 + 0,2)}{80 \cdot (0,8 + 2 \cdot 0,4)} = 0,13 \text{ м.}$$

Ответ: $L = 0,13$ м

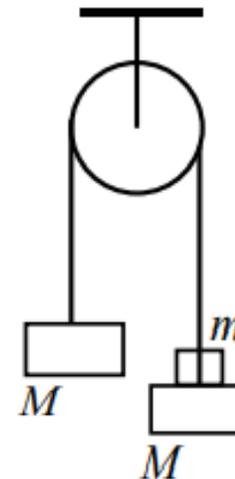
Приведено полное решение, включающее следующие элементы:

I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае: II закон Ньютона, закон Гука, закон трения скольжения);

На **позиции 26** в этом году предлагались **задания новой модели**: в расчетной задаче по механике необходимо было **представить** не только **математическое решение**, но и **обоснование законов**, которые использовались при решении задачи. Использовалось два типа задач: на движение связанных тел и на применение законов сохранения в механике.

Пример 23

Два одинаковых бруска массой $M = 500$ г связаны между собой невесомой нерастяжимой нитью, перекинутой через невесомый гладкий блок, неподвижно закреплённый на потолке (см. рисунок). На один из брусков кладут груз массой $m = 100$ г, и система приходит в движение. С какой силой F груз будет давить на брусок? Сделайте схематический рисунок с указанием сил, действующих на бруски и груз. Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.



В обосновании возможности использования законов в этих задачах необходимо было указать следующее:

- выбор инерциальной системы отсчета;
- использование модели материальной точки (для случаев связанных тел – поступательное движение тел и возможность использовать второй закон Ньютона в привычной форме);
- рисунок с указанием сил, действующих на тела, с соответствующими обозначениями сил, которые затем используются при записи системы уравнений;
- условие равенства сил натяжения нитей (блок и нити невесомы, а трение отсутствует);
- условие равенства модулей ускорений тел (нить нерастяжима).

Возможное решение

Обоснование

Задачу будем решать в инерциальной системе отсчёта, связанной с поверхностью Земли. Бруски и груз будем считать материальными точками. Трением о воздух пренебрежём. Будем считать, что в процессе движения груз не отрывается от бруска.

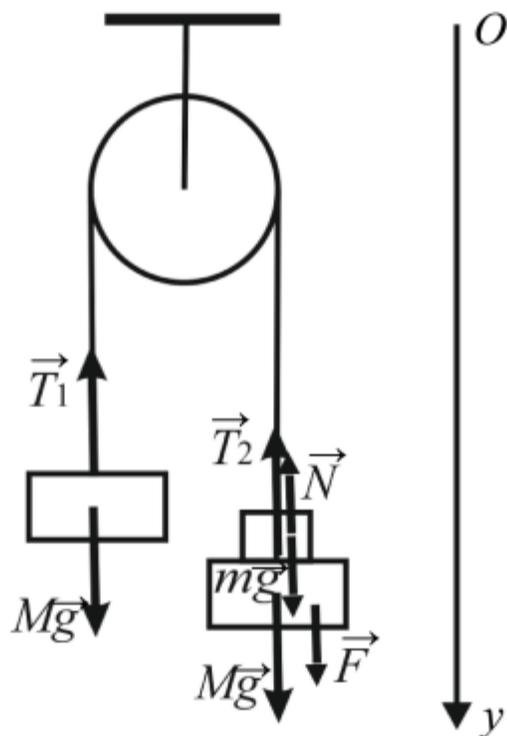
Так как нить нерастяжима, ускорения брусков равны по модулю и противоположны по направлению:

$$|\vec{a}_1| = |\vec{a}_2| = a, \quad \vec{a}_1 = -\vec{a}_2. \quad (1)$$

На рисунке показаны силы, действующие на бруски и груз. Так как блок и нити невесомы, а трение отсутствует, то силы натяжения нити, действующие на каждый из брусков, одинаковы:

$$\vec{T}_1 = \vec{T}_2 = \vec{T}. \quad (2)$$

На груз, помимо силы тяжести, действует сила реакции опоры \vec{N} со стороны бруска. По третьему закону Ньютона эта сила по модулю равна силе \vec{F} , с которой груз давит на брусок.



Решение

1. Запишем второй закон Ньютона в проекциях на ось Oy выбранной системы отсчёта. С учётом (1) и (2) получим:

$$(M + m)a = (M + m)g - T \quad \text{— брусок с грузом (можно считать одним телом),}$$

$$-Ma = Mg - T \quad \text{— брусок без груза.}$$

Вычитая второе уравнение из первого, найдём ускорение тел:

$$a = \frac{mg}{2M + m}.$$

2. Отдельно запишем второй закон Ньютона для груза m . В проекциях на ось Oy получим:

$$ma = mg - N.$$

Тогда сила реакции бруска, действующая на груз, равна:

$$N = m(g - a) = \frac{2Mmg}{2M + m}.$$

3. Окончательно получим $F = N = \frac{2Mmg}{2M + m} = \frac{2 \cdot 0,5 \cdot 0,1 \cdot 10}{2 \cdot 0,5 + 0,1} \approx 0,9 \text{ Н.}$

Ответ: $F \approx 0,9 \text{ Н}$

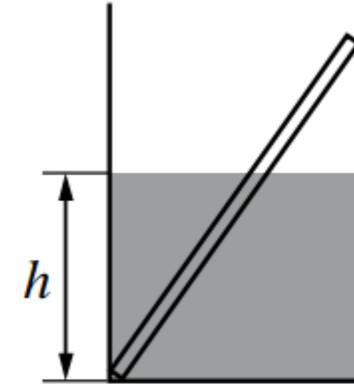
2024

4 балла

26

В гладкий высокий стакан радиусом 4 см поставили тонкую однородную палочку длиной 10 см и массой 1,8 г. До какой высоты h надо налить в стакан жидкость, плотность которой составляет 0,75 плотности материала палочки, чтобы модуль силы, с которой верхний конец палочки давит на стенку стакана, равнялся 0,008 Н? Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на палочку.

Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.



Обоснование

1. Рассмотрим задачу в системе отсчёта, связанной с Землёй. Будем считать эту систему отсчёта инерциальной (ИСО).
2. Описываем палочку моделью твёрдого тела (форма и размеры тела неизменны).
3. Поскольку палочка находится в покое относительно вращательного движения, сумма моментов внешних сил, действующих на неё, равна нулю относительно любой оси. Для удобства выберем ось, проходящую перпендикулярно плоскости рисунка через левый нижний конец палочки. Относительно этой оси сумма моментов внешних сил, действующих на палочку, равна нулю в равновесии.
4. Согласно третьему закону Ньютона силы, с которыми палочка и стакан взаимодействуют друг с другом, равны по модулю и направлены в противоположные стороны.

Обоснование

1. Рассмотрим задачу в системе отсчёта, связанной с Землёй. Будем считать эту систему отсчёта инерциальной (ИСО).
2. Описываем палочку моделью твёрдого тела (форма и размеры тела неизменны).
3. Поскольку палочка находится в покое относительно вращательного движения, сумма моментов внешних сил, действующих на неё, равна нулю относительно любой оси. Для удобства выберем ось, проходящую перпендикулярно плоскости рисунка через левый нижний конец палочки. Относительно этой оси сумма моментов внешних сил, действующих на палочку, равна нулю в равновесии.
4. Согласно третьему закону Ньютона силы, с которыми палочка и стакан взаимодействуют друг с другом, равны по модулю и направлены в противоположные стороны.

1. Высота конца палочки относительно дна стакана $H = \sqrt{l^2 - 4R^2} = \sqrt{0,1^2 - 4 \cdot 0,04^2} = 0,06$ м, где l – длина палочки, R – радиус стакана.

2. Модуль силы Архимеда

$$F_{\text{Арх}} = \rho_{\text{ж}} \left(\frac{h}{H} V \right) g = \frac{\rho_{\text{ж}}}{\rho} \frac{h}{H} mg,$$

где V – объём палочки, ρ – её плотность, $\rho_{\text{ж}}$ – плотность жидкости, m – масса палочки.

3. Поскольку палочка покоится, можно записать правило моментов так, чтобы исключить из него упоминание неизвестных сил \vec{F}_1 и \vec{F}_2 , т.е. записать это правило относительно оси, проходящей перпендикулярно рисунку через нижний конец палочки:

$$mgR - F_{\text{Арх}} \left(\frac{h}{2} \text{ctg} \alpha \right) - NH = 0, \text{ то есть}$$

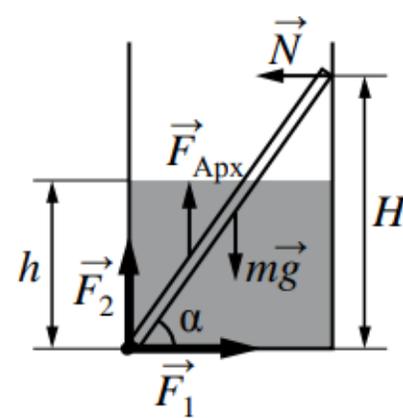
$$mgR - mg \frac{\rho_{\text{ж}}}{\rho} \frac{h^2}{2H} \text{ctg} \alpha - NH = 0, \text{ где } \text{ctg} \alpha = \frac{2R}{H}.$$

4. По третьему закону Ньютона сила \vec{N} по модулю равна силе, с которой верхний конец палочки давит на стенку стакана. Следовательно,

$$h = \sqrt{2H \text{tg} \alpha \frac{\rho}{\rho_{\text{ж}}} \left(R - H \frac{N}{mg} \right)} = \sqrt{\frac{H^2}{R} \cdot \frac{\rho}{\rho_{\text{ж}}} \left(R - \frac{N}{mg} H \right)} =$$

$$= \sqrt{\frac{36 \cdot 10^{-4}}{0,04} \cdot \frac{1}{0,75} \left(0,04 - \frac{0,06 \cdot 8 \cdot 10^{-3}}{1,8 \cdot 10^{-3} \cdot 10} \right)} = 0,04 \text{ м} = 4 \text{ см}.$$

Ответ: $h = 4$ см



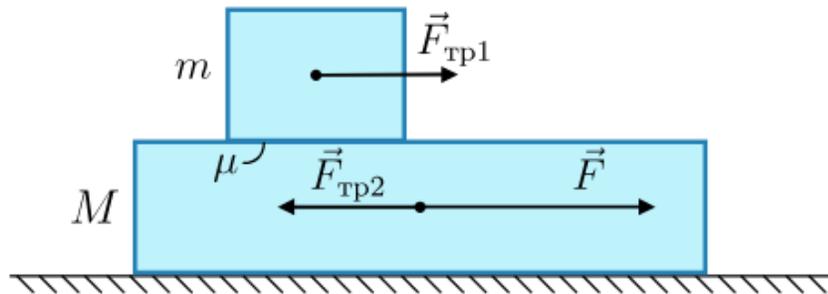
Задание 2

На горизонтальном столе покоится брусок массой 8 кг. Коэффициент трения между столом и бруском равен 0,15. К бруску в горизонтальном направлении прикладывают силу 7 Н. Какое ускорение приобретает брусок под действием этой силы?

0

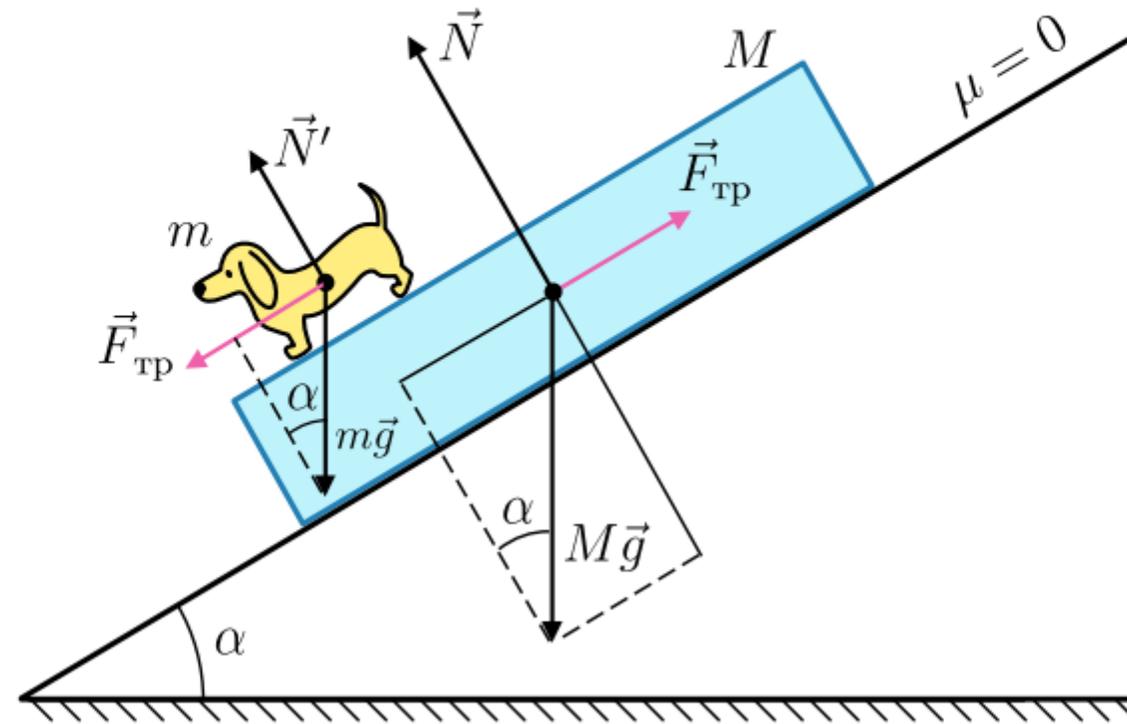
Задание 4

На доске массой 5 кг лежит брусок массой 2 кг (стол гладкий). Коэффициент трения между доской и бруском равен 0,2. С какой наибольшей горизонтальной силой можно действовать на доску так, чтобы не возникло скольжения доски и бруска друг по другу?



14 н

Задача. На гладкой наклонной плоскости с углом α находится доска массой M . С каким ускорением и в каком направлении должна бежать по доске собака массой m , чтобы доска не соскальзывала?



<https://phys.math.ru/lesson/44/19/337?content=theory&level=first&style=A&task=1>

ТВОЕ БУДУЩЕЕ
ЗАВИСИТ ОТ ТОГО,
ЧТО ТЫ ДЕЛАЕШЬ
СЕГОДНЯ ☺



ОБРАТНАЯ СВЯЗЬ ЖМИ

ВАША ОЦЕНКА ОЧЕНЬ ВАЖНА,
ОНА ПОМОЖЕТ УЛУЧШИТЬ КУРС

ПРЕЗЕНТАЦИЮ ПОДГОТОВИЛА

Юлия Борисовна МОРЖИКОВА

 /morzhikova

 morzhikova@tpu.ru

<http://portal.tpu.ru/SHARED/m/MORZHIKOVA>