

Динамика.
Законы Ньютона.
Подготовка к ЕГЭ

26.09.2018

1.2.1. **Инерциальные системы отсчёта. Первый закон Ньютона.** В некоторых системах отсчёта свободное тело движется равномерно и прямолинейно или покоится. Такие системы отсчёта существуют и называются инерциальными. Тело называется свободным, если на него не действуют другие тела либо воздействие других тел на это тело взаимно уравновешено.

Если система отсчёта 1 является инерциальной, то система отсчёта 2, которая движется относительно системы отсчёта 1 поступательно с постоянной скоростью $\vec{v} = \text{const}$ (т. е. равномерно и прямолинейно), тоже является инерциальной.

ПЕРВЫЙ ЗАКОН НЬЮТОНА

- Существуют такие системы отсчёта, относительно которых поступательно движущееся тело сохраняет свою скорость постоянной, если на него не действуют другие тела (или действия других тел компенсируются).



Принцип относительности Галилея. Во всех ИСО любое механическое явление при одинаковых внешних условиях (включая начальные условия) протекает одинаково.

Это значит, что 1) результаты механических опытов не дают возможности обнаружить движение одной ИСО относительно другой ИСО и поэтому не позволяют выбрать выделенную ИСО — все ИСО равноправны; 2) закономерности, установленные на основе механических опытов, во всех ИСО одинаковы.

1.2.2. Масса тела m : 1) мера инертности тела (инертная масса); 2) величина, от которой зависит гравитационное притяжение данного тела к другим массивным телам (гравитационная масса). Экспериментальные данные (в частности, одинаковое ускорение свободного падения тел разной массы в одной и той же точке пространства) приводят к выводу о равенстве инертной и гравитационной масс тела (принцип эквивалентности).

Масса тела — собственная характеристика тела, не зависящая от его движения.

Масса тела — аддитивная величина: масса тела равна сумме масс всех его частей.

Плотность вещества ρ : для тела массой m и объёмом V из однородного вещества $\rho = \frac{m}{V}$.

1.2.3. Сила \vec{F} — векторная величина, описывающая воздействие одного тела на другое (или воздействие внешнего поля на тело). Силы могут зависеть только от взаимного расположения тел и скорости их относительного движения. В физике для описания воздействия на тело других тел или полей используется и скалярная величина — потенциальная энергия.

Принцип суперпозиции сил: воздействие нескольких сил на тело, описываемое моделью материальной точки, равносильно воздействию на это тело равнодействующей этих сил: $\vec{F}_{\text{равн}} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots$

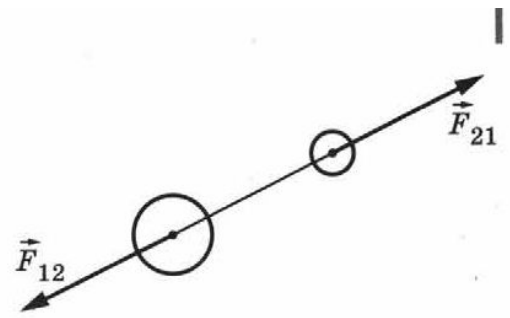
1.2.4. **Второй закон Ньютона:** в инерциальной системе отсчёта материальная точка постоянной массы m под действием силы \vec{F} (равнодействующей приложенных к телу сил) движется с ускорением $\vec{a} = \frac{1}{m} \vec{F}$.

Более общей, применимой и в случае тела переменной массы (например, при реактивном движении), является следующая формулировка: в ИСО скорость изменения импульса (см. ниже) материальной точки $\left. \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t} \right|_{\Delta t \rightarrow 0} = \vec{F}$.

Отсюда следует часто применяемая формулировка: в ИСО изменение импульса материальной точки (как постоянной, так и переменной массы) за время Δt $\Delta \vec{p} = \vec{F} \Delta t$, если $\vec{F} = \text{const}$ или если интервал времени Δt достаточно мал, чтобы можно было пренебречь изменениями \vec{F} за это время.

1.2.5. **Третий закон Ньютона** для материальных точек. Силы воздействия материальных точек друг на друга: $\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$, т. е. эти силы

- лежат на одной прямой,
- направлены в противоположные стороны,
- равны по модулю,
- имеют одну природу.



Этот результат наблюдается в любой системе отсчёта, не только в инерциальной.

1.2.6. **Закон всемирного тяготения:** все массивные тела притягиваются друг к другу. В случае точечных масс m_1 и m_2 (тел, чьи размеры много меньше расстояния R между ними) силы гравитационного притяжения между ними равны

$$F = G \frac{m_1 m_2}{R^2}.$$

Та же формула справедлива, если

- 1) тело малых размеров находится около однородного шара или шара с изотропным относительно его центра распределением плотности вещества. Тогда R — расстояние от центра шара до тела;
- 2) рассматриваются два однородных шара или два шара с изотропным относительно их центров распределением плотности вещества. Тогда R — расстояние между центрами шаров.

Сила тяжести $m\vec{g}$ — равнодействующая гравитационных сил, приложенных к телу. Поэтому вблизи поверхности Земли это практически сила притяжения к Земле, вблизи поверхности Луны это практически сила притяжения к Луне, и т. д.

Зависимость силы тяжести от высоты h над поверхностью планеты массой M и радиусом R_0 : $mg = G \frac{Mm}{(R_0 + h)^2}$.

1.2.7. Движение небесных тел и их искусственных спутников. Первая космическая скорость $v_{1к}$ — скорость движения спутника по круговой орбите в непосредственной близости от поверхности небесного тела под действием только силы тяжести. Поэтому

$$mg_0 = G \frac{Mm}{R_0^2} = \frac{mv_{1к}^2}{R_0} \Rightarrow v_{1к} = \sqrt{g_0 R_0} = \sqrt{\frac{GM}{R_0}}.$$

1.2.8. Сила упругости — сила, возникающая при упругой деформации тела. Упругая деформация — изменение формы тела, связанное однозначным образом с приложенными внешними силами. Как следствие, остаточная деформация после снятия приложенных сил при упругой деформации равна нулю.

Закон Гука: при удлинении (сжатии) упругого стержня или пружины они действуют на внешние тела силой, направленной противоположно изменению длины стержня (пружины) и прямо пропорциональной величине этого изменения:

$$F_{\text{упр } x} = -kx.$$

1.2.9. **Сила трения** — касательная составляющая силы реакции опоры. Различают случаи вязкого и сухого трения. Вязкое трение наблюдается при движении твердого тела в жидкости или при наличии жидкой смазки между двумя твердыми телами. При вязком трении сила трения возникает только при движении тела относительно окружающей среды, эта сила направлена против скорости относительного движения тела в среде, модуль этой силы зависит от геометрии тела и растёт с увеличением модуля относительной скорости (далеко не всегда соблюдается прямая пропорциональность). Сила трения покоя при вязком трении равна нулю.

Сухое трение наблюдается при непосредственном контакте двух твердых тел. В этом случае сила трения отлична от нуля не только при наличии относительного движения тел, но и, в общем случае, при его отсутствии. Считается, что модуль силы сухого трения не зависит от площади соприкосновения тела с опорой. Модельное описание сухого трения выглядит так.

Сила трения скольжения направлена против скорости движения тела относительно опоры. Модуль $F_{\text{тр}}$ силы трения связан с модулем N нормальной составляющей силы реакции опоры равенством $F_{\text{тр}} = \mu N$, где μ — **коэффициент трения**, определяемый только свойствами соприкасающихся поверхностей и не зависящий от скорости относительного движения. Отсюда видно, что сила реакции опоры $\vec{R} = \vec{F}_{\text{тр}} + \vec{N}$ образует с нормалью к плоскости опоры угол $\alpha = \arctg \mu$, не зависящий от массы и скорости тела и приложенных к нему других сил.

Сила трения покоя: $F_{\text{тр}} \leq \mu N$. Модуль и направление $\vec{F}_{\text{тр}}$ определяются из решения динамической задачи о состоянии покоя тела относительно опоры.

1.2.10. **Давление** — скалярная удельная величина, равная отношению модуля нормальной составляющей контактной силы, действующей на площадку, к площади её поверхности: $p = \frac{F_{\perp}}{S}$.

Если сила распределена по поверхности площадки неравномерно, то для определения давления площадь площадки должна быть уменьшена: $p = \left. \frac{\Delta F_{\perp}}{\Delta S} \right|_{\Delta S \rightarrow 0}$.

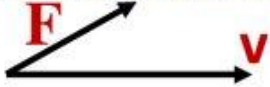
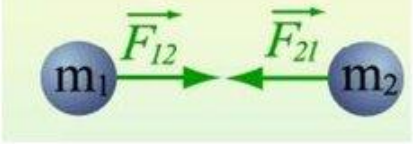
УПРОЩЕННАЯ ФОРМУЛИРОВКА ЗАКОНОВ НЬЮТОНА

- *Тело находится в покое или движется равномерно и прямолинейно, если действие других тел скомпенсированы (уравновешены)*
- *Ускорение движущегося тела пропорционально сумме приложенных к нему сил и обратно пропорционально его массе.*
- *При взаимодействии двух тел, силы равны по величине и противоположны по направлению.*

Законы Ньютона

Сила (**F**) возникает при взаимодействии двух тел

F – причина изменения $\begin{cases} \text{скорости} \\ \text{формы} \end{cases} \xrightarrow{\text{тела}} \begin{cases} (F_T, F_{TP}) \\ (F_{упр}, P) \end{cases}$

| | | | | |
|-----|----------------------|---------------------------------|--|---|
| I | закон инерции | $F = 0$ ($\Sigma F = 0$) | <i>равномерное</i> | <i>прямолинейное</i> |
| | | | инерциальные системы отсчета | |
| II | закон движения | $F \neq 0$ $a = \frac{F}{m}$ | <i>неравномерное</i> равноуск. $F \uparrow \uparrow v$ $a > 0$ | <i>прямолинейное</i> $\vec{F} \parallel \vec{v}$ |
| | | | равнозам. $F \uparrow \downarrow v$ $a < 0$ | <i>криволинейное</i>  |
| III | закон взаимодействия | $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$ | $\frac{a_1}{a_2} = \frac{m_2}{m_1}$ | Приложены к разным телам  |

ЗАДАНИЕ 2 ЧАСТИ 1

Второй закон Ньютона

1 Тележку массой $m = 3$ кг, движущуюся по гладкому горизонтальному столу, толкают с силой $\vec{F} = 6$ Н в направлении движения. Чему равно ускорение тележки в инерциальной системе отсчёта?

Ответ: _____ м/с².

2 Тележку массой 4 кг толкают по гладкой поверхности стола с силой 12 Н. Чему равно ускорение тележки в инерциальной системе отсчёта?

Ответ: _____ м/с².

3 В инерциальной системе отсчёта сила \vec{F} сообщает телу массой m ускорение 4 м/с². Чему равно ускорение тела массой $2m$ под действием силы $\frac{1}{2}\vec{F}$ в этой системе отсчёта?

Ответ: _____ м/с².

4 В инерциальной системе отсчёта сила \vec{F} сообщает телу массой m ускорение 12 м/с^2 . Определите ускорение тела массой $2m$ под действием силы $\frac{1}{3}\vec{F}$ в этой системе отсчёта.

Ответ: _____ м/с^2 .

5 В инерциальной системе отсчёта сила \vec{F} сообщает телу массой m ускорение \vec{a} . Во сколько раз нужно уменьшить массу тела, чтобы вдвое меньшая сила сообщала ему вдвое большее ускорение?

Ответ: в _____ раз(а).

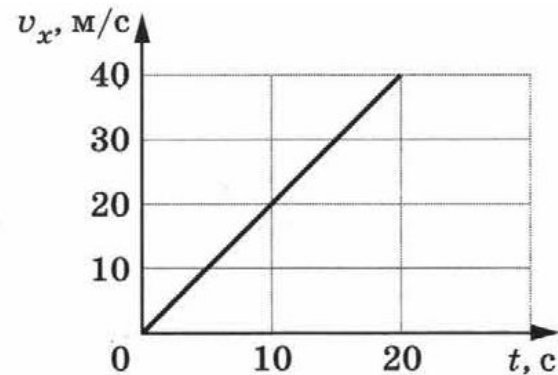
6 В инерциальной системе отсчёта сила \vec{F} , действуя на тело массой m , сообщает ему ускорение \vec{a} . Во сколько раз нужно уменьшить силу, чтобы, уменьшив массу тела в 2 раза, уменьшить его ускорение в 4 раза?

Ответ: в _____ раз(а).

$v_x, \text{ м/с} \blacktriangle$

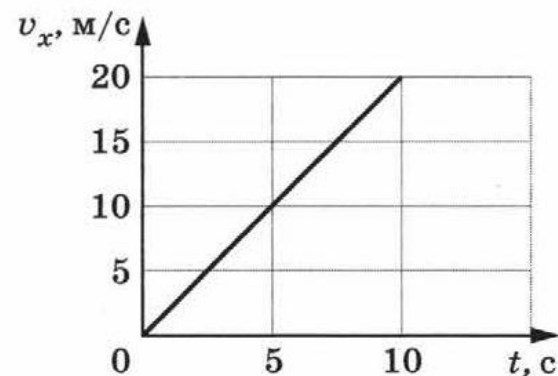
7 — Скорость тела массой 3 кг, движущегося вдоль оси X в инерциальной системе отсчёта, изменяется со временем в соответствии с графиком (см. рисунок). Определите равнодействующую приложенных к телу сил в момент времени $t = 10$ с.

Ответ: _____ Н.



8 — Скорость тела массой 5 кг, движущегося вдоль оси X в инерциальной системе отсчёта, изменяется со временем в соответствии с графиком (см. рисунок). Определите равнодействующую приложенных к телу сил в момент времени $t = 2,5$ с.

Ответ: _____ Н.



Третий закон Ньютона

1 Земля притягивает к себе подброшенный мяч с силой 5 Н. С какой силой этот мяч притягивает к себе Землю?

Ответ: _____ Н.

2 Мальчик медленно поднимает гирю, действуя на неё с силой 100 Н. С какой силой гиря действует на руку мальчика?

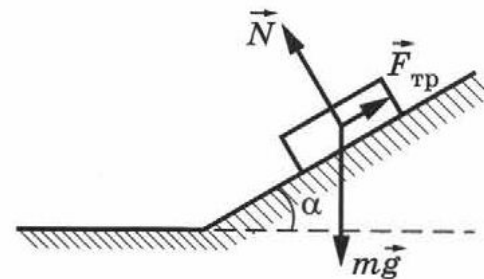
Ответ: _____ Н.

3 Подъёмный кран поднимает груз с постоянным ускорением. На груз со стороны каната действует сила, равная 8000 Н. Определите силу, действующую на канат со стороны груза.

Ответ: _____ Н.

- 4 Брусок массой $m = 2$ кг положили на шероховатую наклонную опору (см. рисунок). На него действуют три силы: сила тяжести $m\vec{g}$, сила нормальной реакции опоры \vec{N} и сила трения $\vec{F}_{\text{тр}}$. Чему равен модуль равнодействующей сил $\vec{F}_{\text{тр}}$ и \vec{N} , если брусок покоится?

Ответ: _____ Н.



Сила тяжести. Закон всемирного тяготения

1 Мальчик массой 50 кг совершает прыжок в высоту. Чему равна сила тяжести, действующая на него во время прыжка?

Ответ: _____ Н.

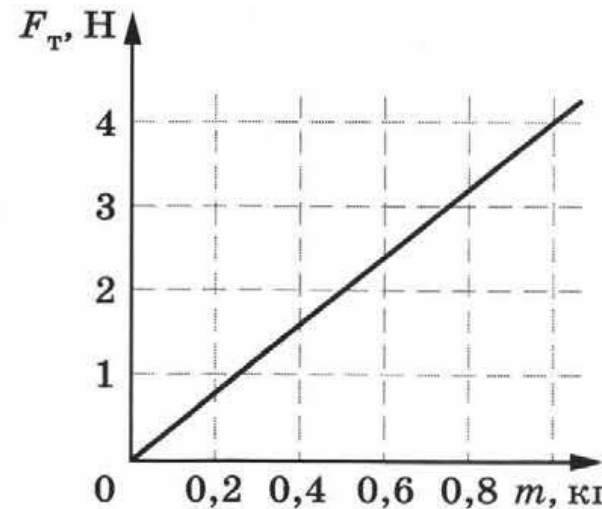
2 Камень массой 100 г брошен под углом 45° к горизонту с начальной скоростью $v_0 = 10$ м/с. Определите модуль силы тяжести, действующей на камень в момент броска.

Ответ: _____ Н.

3 Мячик массой 500 г брошен под углом 45° к горизонту с начальной скоростью $v_0 = 10$ м/с. Определите модуль силы тяжести, действующей на мячик в верхней точке траектории.

4 На графике показана зависимость силы тяжести от массы тела для некоторой планеты. Определите ускорение свободного падения на этой планете.

Ответ: _____ м/с².



5 Два маленьких шарика находятся на расстоянии 1 м друг от друга. На каком расстоянии друг от друга находятся шарики с вдвое большими массами, если величина силы их гравитационного притяжения такая же?

Ответ: _____ м.

6 Два шарика массой m каждый притягиваются друг к другу с силой 2 нН. Расстояние между центрами шариков равно r . Чему равен модуль сил гравитационного притяжения друг к другу двух других шариков, если масса одного $2m$, масса другого $\frac{m}{2}$, а расстояние между их центрами $\frac{r}{2}$?

Ответ: _____ нН.

7 Две звезды одинаковой массы m притягиваются друг к другу с силами, равными по модулю F . Во сколько раз будет больше модуль сил притяжения между другими двумя звёздами, если расстояние между их центрами такое же, как и в первом случае, а массы звёзд равны $3m$ и $4m$?

Ответ: в _____ раз(а).

8 Два одинаковых маленьких шарика находятся на некотором расстоянии друг от друга. Во сколько раз нужно увеличить массу каждого шарика, чтобы при увеличении расстояния между ними втрое величина сил гравитационного взаимодействия между ними осталась прежней?

Ответ: в _____ раз(а).

9 Расстояние от спутника до центра Земли равно двум радиусам Земли. Во сколько раз уменьшится сила притяжения спутника к Земле, если расстояние от него до центра Земли увеличится в 2 раза?

Ответ: в _____ раз(а).

10 Сила гравитационного притяжения между двумя шарами, находящимися на расстоянии 4 м друг от друга, равна 16 нН. Чему будет равна сила притяжения между ними, если расстояние уменьшить до 2 м? Ответ выразите в наноньютонах (нН).

Ответ: _____ нН.

11 Сила гравитационного притяжения между двумя шарами, находящимися на расстоянии 2 м друг от друга, равна 9 нН. Чему будет равна сила притяжения между ними, если расстояние увеличить до 6 м? Ответ выразите в наноньютонах (нН).

Ответ: _____ нН.

12 Две планеты с одинаковыми массами обращаются по круговым орбитам вокруг звезды. Для первой из них сила притяжения к звезде в 4 раза больше, чем для второй. Чему равно отношение $\frac{R_1}{R_2}$ радиусов орбит первой и второй планет?

Ответ: _____.

13 Две планеты с одинаковыми массами обращаются по круговым орбитам вокруг звезды. Для первой из них сила притяжения к звезде в 9 раз меньше, чем для второй. Чему равно отношение $\frac{R_1}{R_2}$ радиусов орбит первой и второй планет?

Ответ: _____.

14 Космонавт, стоя на Земле, притягивается к ней с силой 700 Н. С какой силой он будет притягиваться к Марсу на его поверхности, если радиус Марса в 2 раза, а масса в 10 раз меньше, чем у Земли?

Ответ: _____ Н.

15 Космонавт, находясь на Земле, притягивается к ней с силой 800 Н. С какой силой он будет притягиваться к Луне, находясь на её поверхности, если радиус Луны меньше радиуса Земли в 4 раза, а масса меньше массы Земли в 80 раз?

Ответ: _____ Н.

16 У поверхности Луны на космонавта действует сила тяготения 180 Н. Какая сила тяготения действует со стороны Луны на того же космонавта в космическом корабле, движущемся по круговой орбите вокруг Луны на расстоянии трёх лунных радиусов от её центра?

Ответ: _____ Н.

Сила упругости

1 Определите силу, под действием которой пружина жёсткостью 200 Н/м удлинится на 5 см.

Ответ: _____ Н.

2 Определите жёсткость пружины, если под действием силы 15 Н она удлинится на 2 см.

Ответ: _____ Н/м.

3 Определите удлинение пружины жёсткостью $k = 10^4$ Н/м под действием силы 1000 Н.

Ответ: _____ м.

4 В вашем распоряжении динамометр и линейка. Растянув пружину динамометра на 5 см, вы обнаружили, что его показания равны 2 Н. Чему равна жёсткость пружины динамометра?

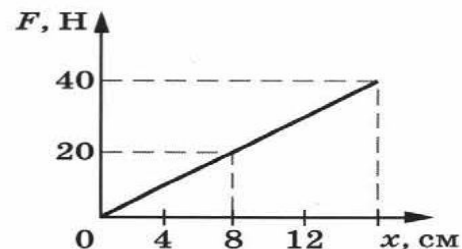
Ответ: _____ Н/м.

5 Под действием силы 3 Н пружина удлинилась на 4 см. Чему равен модуль силы, под действием которой удлинение этой пружины составит 6 см?

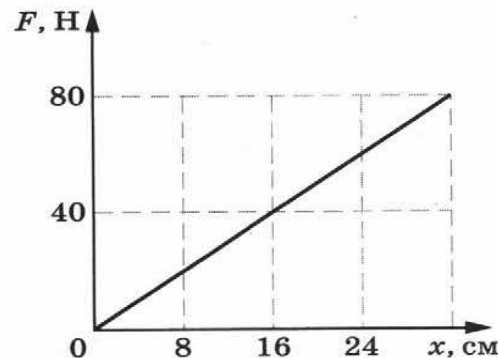
Ответ: _____ Н.

6 На рисунке представлен график зависимости модуля силы упругости от удлинения пружины. Чему равна жёсткость пружины?

Ответ: _____ Н/м.

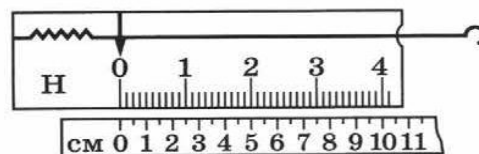


- 7 На рисунке представлен график зависимости модуля силы упругости от удлинения пружины. Чему равна жёсткость пружины?



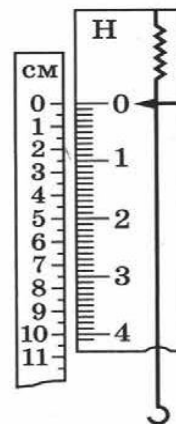
Ответ: _____ Н/м.

- 8 На рисунке изображён лабораторный динамометр. Шкала проградуирована в ньютонах. Каким будет растяжение пружины динамометра, если к ней подвесить груз массой 200 г?



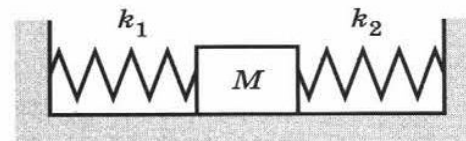
Ответ: _____ см.

- 9 На рисунке изображён лабораторный динамометр. Шкала проградуирована в ньютонах. Какой должна быть масса груза, подвешенного к пружине, чтобы она растянулась на 2,5 см?



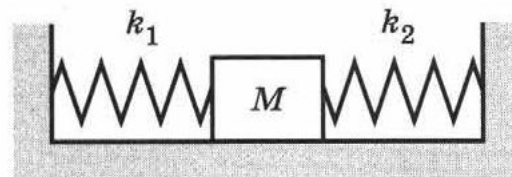
Ответ: _____ г.

- 10 Кубик массой 1 кг, сжатый с боков пружинами, покоится на гладком горизонтальном столе (см. рисунок): Левая пружина жёсткостью $k_1 = 400$ Н/м сжата на 4 см. С какой силой правая пружина действует на кубик?



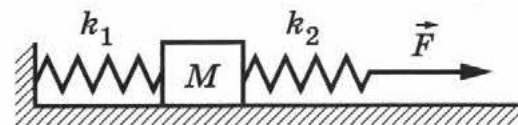
Ответ: _____ Н.

- 11 Кубик массой 1 кг покоится на гладком горизонтальном столе, сжатый с боков пружинами (см. рисунок). Первая пружина сжата на 4 см, а вторая сжата на 3 см. Жёсткость второй пружины $k_2 = 600$ Н/м. Чему равна жёсткость первой пружины k_1 ?



Ответ: _____ Н/м.

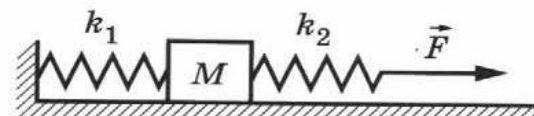
- 12 К системе из кубика массой 1 кг и двух пружин приложена постоянная горизонтальная сила $F = 9$ Н (см. рисунок). Система покоится. Между кубиком и опорой трения нет. Левый



край первой пружины прикреплен к стенке. Жёсткость первой пружины $k_1 = 300$ Н/м. Жёсткость второй пружины $k_2 = 600$ Н/м. Чему равно удлинение второй пружины?

Ответ: _____ см.

- 13 К системе из кубика массой 1 кг и двух пружин приложена постоянная горизонтальная сила $F = 9$ Н (см. рисунок). Система покоится. Между кубиком и опорой трения нет. Левый край первой пружины прикреплен к стенке. Жёсткость первой пружины $k_1 = 300$ Н/м. Жёсткость второй пружины $k_2 = 600$ Н/м. Чему равно удлинение первой пружины?



Ответ: _____ см.

Сила трения

- 1 Сила трения, действующая на скользящие по горизонтальной дороге стальные санки массой 8 кг, равна 16 Н. Чему равен коэффициент трения скольжения стали по льду?

Ответ: _____.

- 2 Конькобежец массой 70 кг скользит по льду. Чему равна сила трения, действующая на конькобежца, если коэффициент трения скольжения коньков по льду равен 0,02?

Ответ: _____ Н.

- 3 При движении по горизонтальной поверхности на тело массой 40 кг действует сила трения скольжения 10 Н. Какой станет сила трения скольжения после уменьшения массы тела в 5 раз, если коэффициент трения не изменится?

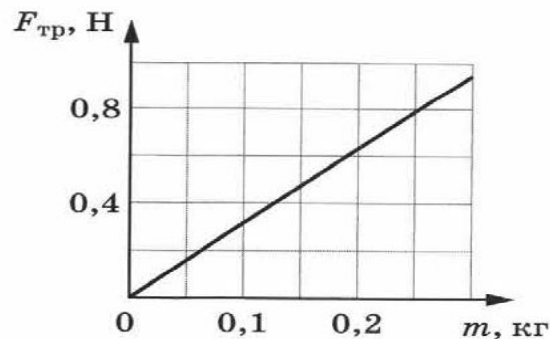
Ответ: _____ Н.

- 4 При движении по горизонтальной поверхности на брусок массой 2 кг действует сила трения скольжения 8 Н. Какой станет сила трения скольжения бруска по поверхности, если на него положить сверху ещё один брусок такой же массы?

Ответ: _____ Н.

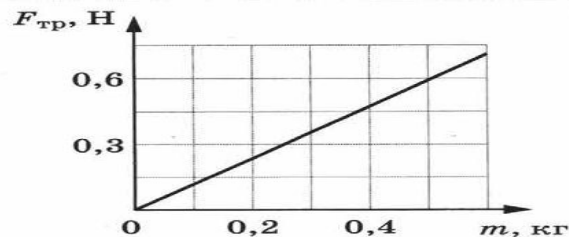
- 5 При исследовании зависимости силы трения скольжения $F_{\text{тр}}$ деревянного бруска по горизонтальной поверхности стола от массы m бруска получен график, представленный на рисунке. Чему равен в этом исследовании коэффициент трения?

Ответ: _____.



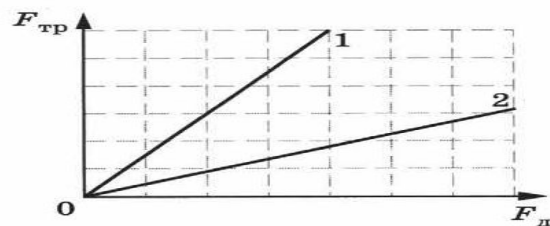
- 6 При исследовании зависимости силы трения скольжения $F_{\text{тр}}$ деревянного бруска по горизонтальной поверхности от массы m бруска получен график, представленный на рисунке. Чему равен в этом исследовании коэффициент трения?

Ответ: _____.



- 7 На рисунке представлены графики зависимости силы трения от силы нормального давления для двух тел. Определите отношение $\frac{\mu_1}{\mu_2}$ коэффициентов трения скольжения.

Ответ: _____.



- 8 При исследовании зависимости силы трения скольжения $F_{\text{тр}}$ от силы нормального давления $F_{\text{д}}$ были получены следующие данные:

| | | | | |
|----------------------------|-----|-----|-----|-----|
| $F_{\text{тр}}, \text{ Н}$ | 1,0 | 2,0 | 3,0 | 4,0 |
| $F_{\text{д}}, \text{ Н}$ | 2,0 | 4,0 | 6,0 | 8,0 |

Определите по результатам исследования коэффициент трения скольжения.

Ответ: _____.

- 9 При исследовании зависимости силы трения скольжения $F_{\text{тр}}$ от силы нормального давления $F_{\text{д}}$ были получены следующие данные:

| | | | | |
|----------------------------|-----|-----|-----|-----|
| $F_{\text{тр}}, \text{ Н}$ | 0,8 | 1,0 | 1,2 | 1,4 |
| $F_{\text{д}}, \text{ Н}$ | 4,0 | 5,0 | 6,0 | 7,0 |

Определите по результатам исследования коэффициент трения скольжения.

Ответ: _____.

- 10 На горизонтальном полу стоит ящик массой 10 кг. Коэффициент трения между полом и ящиком равен 0,25. К ящику в горизонтальном направлении прикладывают силу 16 Н, и он остаётся в покое. Чему равна сила трения между ящиком и полом?

Ответ: _____ Н.

11 Стальной брусок массой 20 кг тянут по поверхности стола с горизонтальной силой 50 Н. Коэффициент трения между бруском и столом равен 0,4. Чему равна сила трения, действующая на брусок?

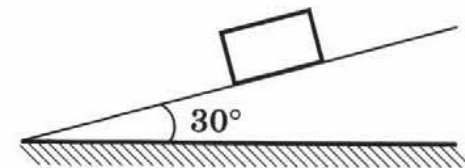
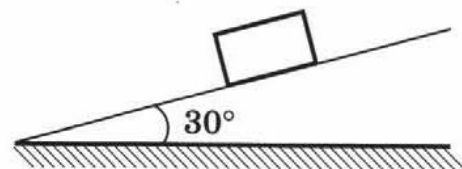
Ответ: _____ Н.

12 Брусок покоится на наклонной плоскости, образующей угол 30° с горизонтом. Сила трения покоя, действующая на брусок, равна 0,5 Н. Определите силу тяжести, действующую на брусок.

Ответ: _____ Н.

13 Брусок массой 1 кг покоится на наклонной плоскости, образующей угол 30° с горизонтом. Определите силу трения покоя, действующую на брусок.

Ответ: _____ Н.



1 Шарик катится по прямому жёлобу вдоль оси X . Изменение координаты шарика с течением времени в инерциальной системе отсчёта показано на графике. Выберите **два** верных утверждения о процессах, наблюдаемых в опыте.

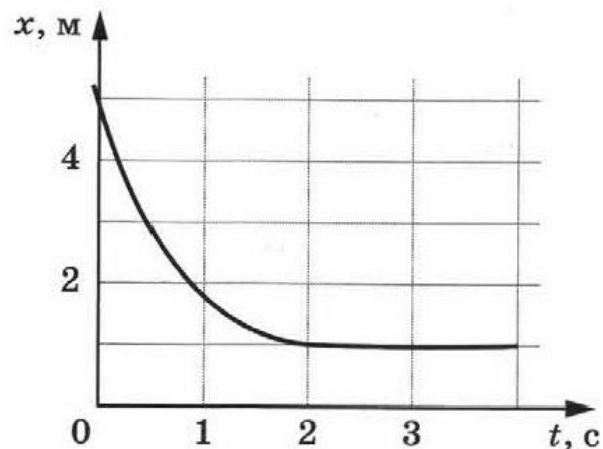
1) скорость шарика увеличивалась в течение всего времени наблюдения

2) первые 2 с скорость шарика уменьшалась, а затем стала равной нулю

3) на шарик действовала постоянная равнодействующая сила

4) первые 2 с шарик двигался с увеличивающейся скоростью, а затем двигался равномерно

5) в промежутке времени от 2 до 4 с равнодействующая всех сил, действующих на шарик, была равна нулю



Ответ:

| | |
|--|--|
| | |
|--|--|

3

В лабораторных опытах по изучению закона Гука две пружины с различной жёсткостью прикрепили к штативу, поочерёдно подвешивали к ним грузы разной массы и измеряли линейкой удлинение пружин. Результаты опытов с учётом погрешностей представлены в таблице.

| Номер опыта | Номер пружины | Масса груза m , г | Удлинение пружины Δl , см |
|-------------|---------------|---------------------|-----------------------------------|
| 1 | пружина 1 | 100 | $1,9 \pm 0,1$ |
| 2 | пружина 1 | 200 | $4,1 \pm 0,1$ |
| 3 | пружина 1 | 300 | $6,0 \pm 0,1$ |
| 4 | пружина 2 | 200 | $1,9 \pm 0,1$ |
| 5 | пружина 2 | 300 | $2,9 \pm 0,1$ |
| 6 | пружина 2 | 400 | $4,1 \pm 0,1$ |

Выберите **два** утверждения, соответствующие результатам этих опытов, и укажите их номера.

- 1) закон Гука выполняется только для пружины 1
- 2) жёсткость пружины 1 в 3 раза меньше, чем пружины 2
- 3) жёсткость пружины 1 равна 50 Н/м
- 4) жёсткость пружины 2 равна 10 Н/м
- 5) если к пружине 2 подвесить груз 500 г, то её удлинение составит $5,9 \pm 0,1$ см

Ответ:

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

- 4 В лабораторных опытах по изучению закона Гука резиновый жгут прикрепили к штативу, затем стали подвешивать к нему грузы разной массы и измерять линейкой удлинение жгута. Результаты опытов с учётом погрешностей представлены в таблице.

| Номер опыта | Масса груза m , г | Удлинение жгута Δl , см |
|-------------|---------------------|---------------------------------|
| 1 | 40 | $2,0 \pm 0,1$ |
| 2 | 80 | $3,9 \pm 0,1$ |
| 3 | 120 | $6,1 \pm 0,1$ |
| 4 | 160 | $8,5 \pm 0,1$ |
| 5 | 200 | $11,0 \pm 0,1$ |
| 6 | 240 | $13,5 \pm 0,1$ |

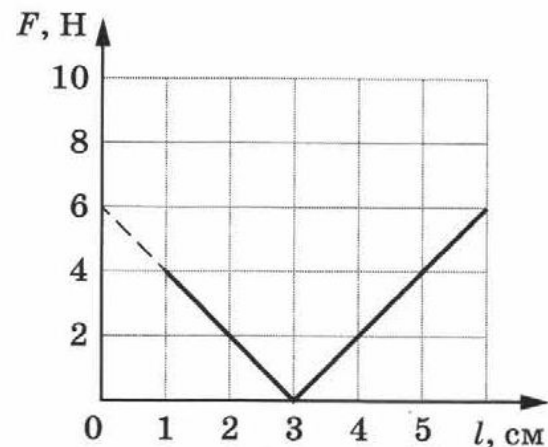
Выберите **два** утверждения, соответствующие результатам этих опытов, и укажите их номера.

- 1) закон Гука выполняется для всех шести опытов
- 2) жёсткость жгута увеличивается с увеличением массы груза
- 3) закон Гука выполняется только для первых трёх опытов
- 4) жёсткость жгута для первых трёх опытов равна 20 Н/м
- 5) жёсткость жгута равна 40 Н/м

Ответ:

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

5 При проведении эксперимента ученик исследовал зависимость модуля силы упругости пружины от длины пружины, которая выражается формулой $F(l) = k|l - l_0|$, где l_0 — длина пружины в недеформированном состоянии. График полученной зависимости приведён на рисунке. Выберите **два** утверждения, которые соответствуют результатам опыта.



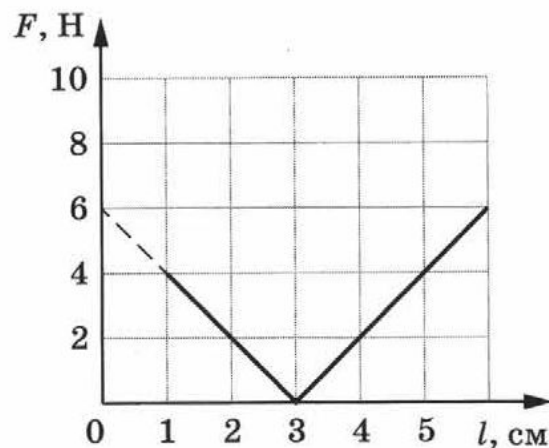
- 1) при действии силы, равной 4 Н, пружина разрушается
- 2) жёсткость пружины равна 200 Н/м
- 3) длина пружины в недеформированном состоянии равна 6 см
- 4) при действии силы 4 Н пружина сжимается или растягивается на 2 см
- 5) при растяжении пружина не подчиняется закону Гука

Ответ:

| | |
|--|--|
| | |
|--|--|

6

При проведении эксперимента ученик исследовал зависимость модуля силы упругости пружины от длины пружины, которая выражается формулой $F(l) = k|l - l_0|$, где l_0 — длина пружины в недеформированном состоянии. График полученной зависимости приведён на рисунке. Выберите **два** утверждения, которые соответствуют результатам опыта.



- 1) для данной пружины закон Гука выполняется только при деформации до 2 см
- 2) длина пружины в недеформированном состоянии равна 3 см
- 3) жёсткость пружины равна 400 Н/м
- 4) при длине 1 см пружина разрушается
- 5) под действием силы 2 Н пружина сжимается или растягивается на 1 см

Ответ:

| | |
|--|--|
| | |
|--|--|

1 При переходе с одной круговой орбиты на другую скорость движения искусственного спутника Земли уменьшается. Как изменяются в результате этого перехода центростремительное ускорение спутника и период его обращения вокруг Земли?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

| Центростремительное ускорение | Период обращения вокруг Земли |
|-------------------------------|-------------------------------|
| | |

2 В результате перехода искусственного спутника Земли с одной круговой орбиты на другую его скорость увеличивается. Как изменяются в результате этого перехода радиус орбиты спутника и его центростремительное ускорение?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

| Радиус орбиты | Центростремительное ускорение |
|---------------|-------------------------------|
| | |

3 В результате перехода искусственного спутника Земли с одной круговой орбиты на другую его центростремительное ускорение уменьшается. Как изменяются в результате этого перехода радиус орбиты спутника и его скорость движения по орбите вокруг Земли?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

| Радиус орбиты | Скорость движения по орбите |
|---------------|-----------------------------|
| | |

- 4 В результате перехода искусственного спутника Земли с одной круговой орбиты на другую его центростремительное ускорение увеличивается. Как изменяются в результате этого перехода скорость движения спутника по орбите и период его обращения вокруг Земли?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

| Скорость движения спутника по орбите | Период обращения спутника вокруг Земли |
|---|---|
| | |

5 В первой серии опытов брусок перемещают при помощи нити равномерно и прямолинейно вверх по наклонной плоскости. Во второй серии опытов на бруске закрепляют дополнительный груз. Направление нити не меняют, брусок движется так же, как и в первой серии.

Как изменятся при переходе от первой серии опытов ко второй сила натяжения нити и коэффициент трения между бруском и плоскостью?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждого ответа. Цифры в ответе могут повторяться.

| Сила натяжения нити | Коэффициент трения |
|---------------------|--------------------|
| | |

6 В первой серии опытов брусок перемещают при помощи нити равномерно и прямолинейно вверх по наклонной плоскости. Во второй серии опытов уменьшают угол с горизонтом при основании наклонной, не меняя прочих условий.

Как изменятся при переходе от первой серии опытов ко второй сила натяжения нити и коэффициент трения между бруском и плоскостью?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждого ответа. Цифры в ответе могут повторяться.

| Сила натяжения нити | Коэффициент трения |
|----------------------------|---------------------------|
| | |

7 С вершины наклонной плоскости из состояния покоя скользит с ускорением брусок массой m . Как изменятся ускорение бруска и сила трения, действующая на брусок, если с той же наклонной плоскости будет скользить брусок из того же материала массой $2m$?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

| Ускорение | Сила трения |
|-----------|-------------|
| | |

8 С вершины наклонной плоскости из состояния покоя скользит с ускорением брусок массой m . Как изменятся ускорение бруска и сила трения, действующая на брусок, если с той же наклонной плоскости будет скользить брусок из того же материала массой $0,5m$?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

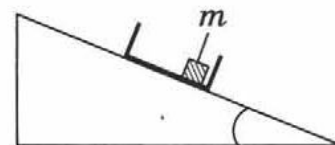
- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

| Ускорение | Сила трения |
|-----------|-------------|
| | |

9

С вершины наклонной плоскости из состояния покоя скользит с ускорением лёгкая коробочка, в которой находится груз массой m (см. рисунок). Как изменится ускорение при движении по наклонной плоскости и модуль работы силы тяжести, если с её вершины будет скользить та же коробочка с грузом массой $3m$? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:



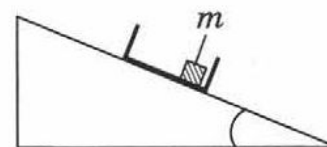
- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

| Ускорение | Модуль работы силы тяжести |
|-----------|----------------------------|
| | |

10

С вершины наклонной плоскости из состояния покоя скользит с ускорением лёгкая коробочка, в которой находится груз массой m (см. рисунок). Как изменятся время движения по наклонной плоскости и модуль работы силы тяжести, если с её вершины будет скользить та же коробочка с грузом массой $\frac{m}{2}$? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:



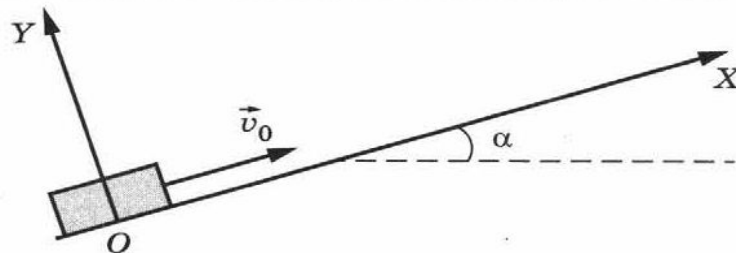
- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

| Время движения | Модуль работы силы тяжести |
|----------------|----------------------------|
| | |

ЗАДАНИЕ 7 ЧАСТИ 1

1 После удара шайба массой m начала скользить с начальной скоростью \vec{v}_0 вверх по плоскости, установленной под углом α к горизонту (см. рисунок). Переместившись вдоль оси OX на расстояние s , шайба соскользнула в исходное положение. Коэффициент трения шайбы о плоскость равен μ . Формулы А и Б позволяют рассчитать значения физических величин, характеризующих движение шайбы.



Установите соответствие между формулами и физическими величинами, значение которых можно рассчитать по этим формулам.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФОРМУЛЫ

А) $\mu mg \cos \alpha$

Б) $mg \sin \alpha$

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

1) модуль ускорения шайбы при её движении вверх

2) модуль проекции силы тяжести на ось OX

3) модуль силы трения

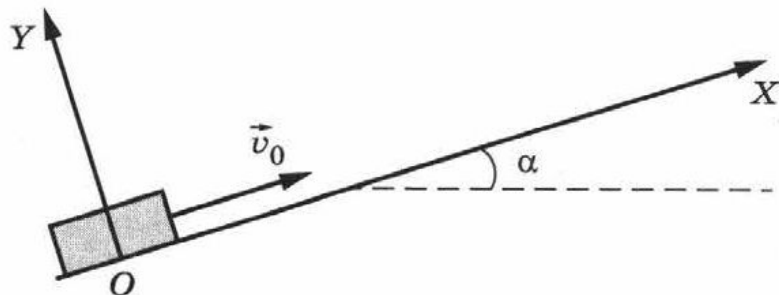
4) модуль ускорения шайбы при её движении вниз

Ответ:

| А | Б |
|---|---|
| | |

2

После удара шайба массой m начала скользить с начальной скоростью \vec{v}_0 вверх по плоскости, установленной под углом α к горизонту (см. рисунок). Переместившись вдоль оси Ox на расстояние s , шайба соскользнула в исходное положение. Коэффициент трения шайбы о плоскость равен μ . Формулы А и Б позволяют рассчитать значения физических величин, характеризующих движение шайбы.



Установите соответствие между формулами и физическими величинами значение которых можно рассчитать по этим формулам.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФОРМУЛЫ

А) $\mu m g s \cos \alpha$

Б) $g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)$

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

1) модуль ускорения шайбы при её движении вверх

2) модуль работы силы трения при движении шайбы вверх

3) модуль работы силы трения при движении шайбы от старта до финиша

4) модуль ускорения шайбы при её движении вниз

Ответ:

| А | Б |
|---|---|
| | |

- 3 Грузовик массой m , движущийся по прямолинейному горизонтальному участку дороги со скоростью v , совершает торможение до полной остановки. При торможении колёса грузовика не вращаются. Коэффициент трения между колёсами и дорогой равен μ . Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

А) модуль силы трения, действующей на грузовик

Б) тормозной путь грузовика

ФОРМУЛЫ

1) μmg

2) μg

3) $\frac{v}{\mu g}$

4) $\frac{v^2}{2\mu g}$

Ответ:

| А | Б |
|---|---|
| | |

- 4 Автобус массой m , движущийся по прямолинейному горизонтальному участку дороги со скоростью v , совершает торможение до полной остановки. При торможении колёса автобуса не вращаются. Коэффициент трения между колёсами и дорогой равен μ . Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) модуль работы силы трения, действующей на автобус
Б) время, необходимое для полной остановки автобуса

ФОРМУЛЫ

- 1) $\mu g v$
2) $\frac{mv^2}{2\mu g}$
3) $\frac{v}{\mu g}$
4) $\frac{mv^2}{2}$

Ответ:

| А | Б |
|---|---|
| | |

- 5 С высоты h по наклонной плоскости из состояния покоя соскальзывает брусок массой m . Длина наклонной плоскости равна s , а коэффициент трения между бруском и плоскостью равен μ . Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

А) сила трения, действующая на брусок

Б) время движения бруска

ФОРМУЛЫ

1) $\sqrt{2g(h - \mu\sqrt{s^2 - h^2})}$

2) $\frac{mg}{s}(h - \mu\sqrt{s^2 - h^2})$

3) $\sqrt{\frac{2s^2}{g(h - \mu\sqrt{s^2 - h^2})}}$

4) $\frac{\mu mg}{s}\sqrt{s^2 - h^2}$

Ответ:

| | |
|---|---|
| А | Б |
| | |

5 С высоты h по наклонной плоскости из состояния покоя соскальзывает брусок массой m . Длина наклонной плоскости равна s , а коэффициент трения между бруском и плоскостью равен μ . Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

А) сила трения, действующая на брусок

Б) время движения бруска

ФОРМУЛЫ

1) $\sqrt{2g(h - \mu\sqrt{s^2 - h^2})}$

2) $\frac{mg}{s}(h - \mu\sqrt{s^2 - h^2})$

3) $\sqrt{\frac{2s^2}{g(h - \mu\sqrt{s^2 - h^2})}}$

4) $\frac{\mu mg}{s}\sqrt{s^2 - h^2}$

Ответ:

| | |
|---|---|
| А | Б |
| | |

- 6 С высоты h по наклонной плоскости из состояния покоя соскальзывает брусок массой m . Длина наклонной плоскости равна s , а коэффициент трения между бруском и плоскостью равен μ . Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

А) скорость бруска в конце наклонной плоскости

Б) равнодействующая сил, действующих на брусок

ФОРМУЛЫ

1) $\sqrt{2g(h - \mu\sqrt{s^2 - h^2})}$

2) $\frac{mg}{s}(h - \mu\sqrt{s^2 - h^2})$

3) $\sqrt{\frac{2s^2}{g(h - \mu\sqrt{s^2 - h^2})}}$

4) $\frac{\mu mg}{s}\sqrt{s^2 - h^2}$

Ответ:

| А | Б |
|---|---|
| | |

Задачи для самостоятельного решения

1 Автомобиль массой 2000 кг, разгоняясь с места равноускоренно, достиг скорости 90 км/ч за 10 с. Чему равна равнодействующая всех сил, действующих на автомобиль?

Ответ: _____ Н.

2 Груз массой 2 кг подвешен к прикрепленному к потолку лифта динамометру. Лифт начинает подниматься с постоянным ускорением. Показания динамометра при этом равны 26 Н. Чему равно ускорение лифта?

Ответ: _____ м/с².

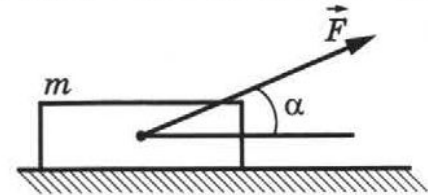
3 С какой максимальной скоростью автомобиль может совершить разворот радиусом 20 м на горизонтальной дороге, чтобы его не занесло, если коэффициент трения шин об асфальт равен 0,5?

Ответ: _____ м/с.

4 Брусок массой 0,2 кг прижат к вертикальной стене силой 10 Н, направленной перпендикулярно стене. Коэффициент трения скольжения между бруском и стеной равен 0,3. Какую минимальную силу надо приложить к бруску по вертикали, чтобы равномерно поднимать его вертикально вверх?

Ответ: _____ Н.

- 5 Брусок движется по горизонтальной плоскости под действием постоянной силы, направленной под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту (см. рисунок). Модуль этой силы $F = 10$ Н. Коэффициент трения между бруском и плоскостью $\mu = 0,2$. Определите массу бруска, если модуль силы трения, действующей на брусок, $F_{\text{тр}} = 4$ Н.



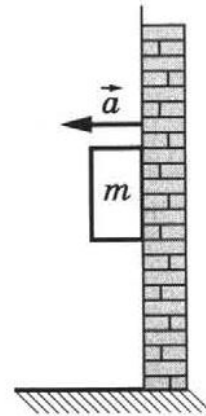
Ответ: _____ кг.

- 6 На горизонтальной поверхности стола покоится брусок массой 0,6 кг. Коэффициент трения между столом и бруском равен 0,25. К бруску в горизонтальном направлении прикладывают силу 2,7 Н. Какое ускорение приобретает брусок под действием этой силы?

Ответ: _____ м/с².

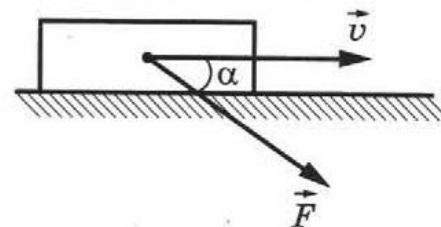
- 7 К подвижной вертикальной стенке приложили кирпич массой 3 кг. Чему равен коэффициент трения между кирпичом и стенкой, если минимальное ускорение, с которым надо передвигать стенку влево, чтобы кирпич не соскользнул вниз, равно 20 м/с²?

Ответ: _____.



8

Брусок массой 2 кг движется по горизонтальной поверхности стола. На брусок действует сила \vec{F} под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту (см. рисунок). Коэффициент трения между бруском и столом равен 0,3. Чему равен модуль силы \vec{F} , если модуль силы трения, действующей на брусок, равен 7,5 Н?

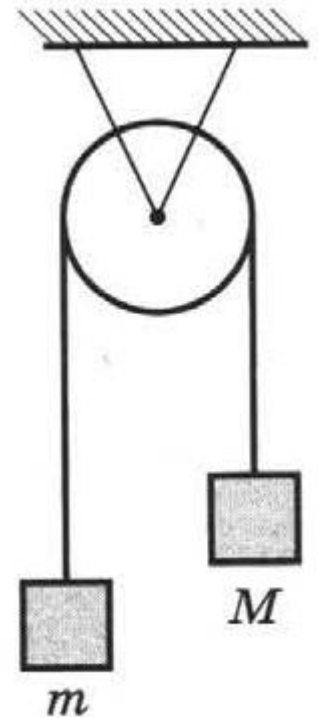


| Дано: | Решение: |
|---|---|
| $m = 2 \text{ кг}$ $\alpha = 30^\circ$ $\mu = 0,3$ $F_{\text{тр}} = 7,5 \text{ Н}$ | <p>На брусок, кроме сил \vec{F} и $\vec{F}_{\text{тр}}$, действуют ещё сила тяжести mg и сила реакции опоры N. Второй закон Ньютона в проекциях на вертикальную ось имеет вид $0 = N - mg - F\sin\alpha$.</p> <p>Сила трения скольжения:</p> $F_{\text{тр}} = \mu N = \mu(mg + F\sin\alpha).$ <p>Окончательно имеем</p> $F = \frac{F_{\text{тр}} - \mu mg}{\mu \sin\alpha} = \frac{7,5 - 0,3 \cdot 2 \cdot 10}{0,3 \cdot 0,5} = 10 \text{ Н}.$ |
| $F = ?$ | <p>Ответ: <u>10</u> Н.</p> |

9

Груз массой M соединён с более лёгким бруском массой $m = 300$ г невесомой и нерастяжимой нитью, перекинутой через невесомый идеальный блок (см. рисунок). Чему равна масса груза M , если модуль ускорения бруска равен 4 м/с²? Сопротивлением воздуха пренебречь.

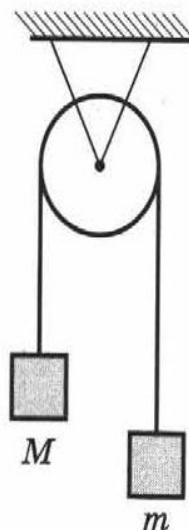
| Дано: | Решение: |
|--|--|
| $m = 0,3$ кг $a = 4$ м/с ² | <p>Запишем второй закон Ньютона в проекциях на вертикаль и учтём, что из-за нерастяжимости нити модули ускорений тел одинаковы для двух связанных тел:</p> $\begin{cases} Ma = Mg - T, \\ ma = T - mg. \end{cases}$ <p>Решая систему уравнений, получим</p> $M = \frac{m(g+a)}{g-a} = \frac{0,3 \cdot (10+4)}{10-4} = 0,7 \text{ кг.}$ |
| $M = ?$ | Ответ: <u>0,7</u> кг. |



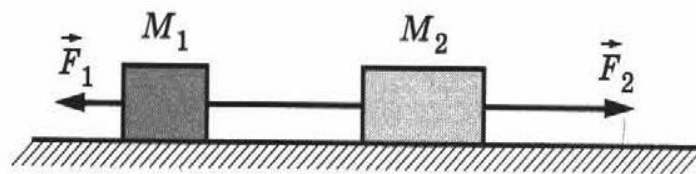
Задачи для самостоятельного решения

- 8 Брусок массой $M = 3$ кг соединён с грузом массой $m = 2$ кг невесомой и нерастяжимой нитью, перекинутой через невесомый идеальный блок (см. рисунок). Чему равен модуль ускорения бруска?

Ответ: _____ м/с².



- 9 Два бруска массами $M_1 = 1$ кг и $M_2 = 3$ кг соответственно, лежащие на гладкой горизонтальной поверхности стола, связаны невесомой и нерастяжимой нитью. На грузы действуют силы \vec{F}_1 и \vec{F}_2 , как показано на рисунке. Сила натяжения нити $T = 14$ Н. Чему равен модуль силы F_1 , если $F_2 = 20$ Н?



Ответ: _____ Н.