

Сила упругости.
Сила трения.

Деформация - это изменение формы или размеров тела, в результате воздействия на него другого тела.

Сила упругости – сила, возникающая при деформации любых тел, а также при сжатии жидкостей и газов. Она противодействует изменению формы тел.

Рассмотрим несколько видов деформаций:

сжатие,

растяжение,

изгиб,

сдвиг,

кручение.

- При деформации растяжения межмолекулярные расстояния увеличиваются. Такую деформацию испытывают струны в музыкальных инструментах, различные нити, тросы, буксирные тросы.
- При деформации сжатия межмолекулярные расстояния уменьшаются. Под такой деформацией находятся стены, фундаменты сооружений и зданий.
- При деформации изгиба происходят неординарные изменения, одни межмолекулярные слои увеличиваются, а другие уменьшаются. Такие деформации испытывают перекрытия в зданиях и мостах.
- При кручении – происходят повороты одних молекулярных слоёв относительно других. Эту деформацию испытывают: валы, витки цилиндрических пружин, столярный бур, свёрла по металлу, валы при бурении нефтяных скважин. Деформация среза тоже является разновидностью деформации сдвига.

Первое научное исследование упругого растяжения и сжатия вещества провёл английский учёный Роберт Гук.

Закон Гука: при малых деформациях растяжения или сжатия тела абсолютное удлинение тела прямо пропорционально деформирующей силе.

$F_{\text{упр}} = k \cdot \Delta l = k \cdot (l - l_0)$ закон Гука.

k – коэффициент пропорциональности, жёсткость тела.

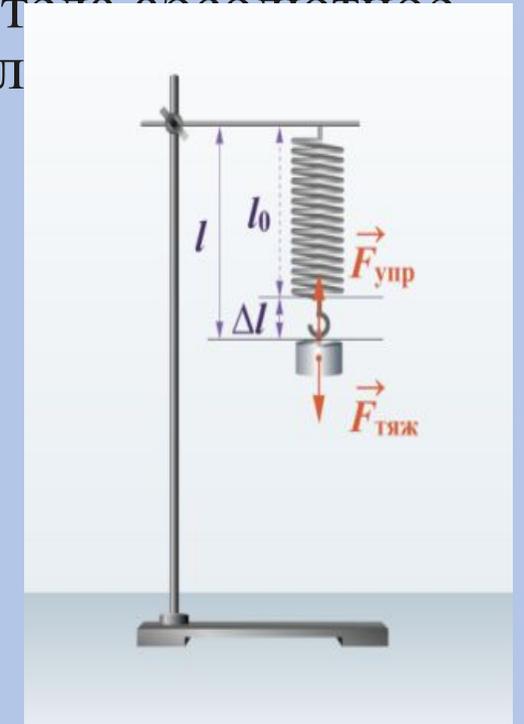
l_0 – начальная длина.

l – конечная длина после деформации.

$\Delta l = l - l_0$ – абсолютное удлинение пружины.

$$[k] = \left[\frac{\text{Н}}{\text{м}} \right]$$

- единица измерения жёсткости в системе СИ.



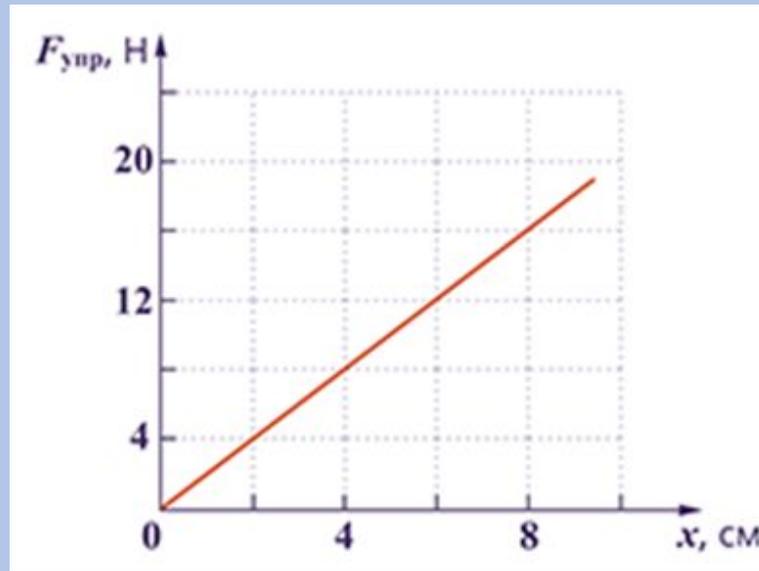
Закон Гука можно записать для проекции силы упругости на выбранную координатную ось в виде:

- $F_{\text{упр } x} = -kx$ - закона Гука.
- k – коэффициент пропорциональности, жёсткость тела.
- $x = \Delta\ell = \ell - \ell_0$ удлинение тела (пружины, резины, шнура, нити....)
- $F_{\text{упр } x} = -kx$

Закон Гука хорошо выполняется при только при малых деформациях. При больших деформациях изменение длины перестаёт быть прямо пропорциональным приложенной силе

Задача 1

По результатам исследования построен график зависимости модуля силы упругости пружины от её деформации. Чему равна жёсткость пружины? Каким будет удлинение этой пружины при подвешивании груза массой 2кг?



Решение: По графику идёт линейная зависимость модуля силы упругости и удлинение пружины. Зависимость физических величин по Закону Гука:

$$F_{\text{упр}} = -kx \quad (1)$$

$$F_{\text{упр}} = k \cdot \Delta \ell = k \cdot (\ell - \ell_0) \quad (2)$$

Из формулы (1) выражаем:

$$k = \frac{F_{\text{упр}}}{x} = \frac{16 \text{ Н}}{0,08 \text{ м}} = 200 \text{ Н/м}$$

Зная что $F_T = mg = 20 \text{ Н}$, $F_T = F_{\text{упр}} = k \cdot \Delta \ell$ следовательно

$$\Delta \ell = \frac{20 \text{ Н}}{200 \text{ Н/м}} = 0,1 \text{ м}$$

Ответ: жёсткость пружины равна 200 Н/м, удлинение пружины равно 0,1 м.

Задача 2

К системе из кубика массой 1 кг и двух пружин приложена постоянная горизонтальная сила. Система покоится. Между кубиком и опорой трения нет. Левый край первой пружины прикреплен к стенке. Удлинение первой пружины 0,05 м. Жёсткость первой пружины равна 200 Н/м. Удлинение второй пружины 0,25 м.



1. Чему равна приложенная к системе сила?
2. Чему равна жёсткость второй пружины?
3. Во сколько раз жёсткость второй пружины меньше чем первой?

Решение:

1. По условию задачи система находится в покое. Зная жёсткость и удлинение пружины найдём силу, которая уравновешивает приложенную постоянную горизонтальную силу.

$$F = F_{\text{упр}} = k_1 \cdot \Delta \ell_1 = 200 \text{ Н/м} \cdot 0,05 \text{ м} = 10 \text{ Н}$$

2. Жёсткость второй пружины:

$$k_2 = \frac{F}{\Delta l} = \frac{10 \text{ Н}}{0,25 \text{ м}} = 40 \text{ Н/м}$$

$$3. k_1 / k_2 = 200 / 40 = 5$$

Ответ: $F=10 \text{ Н}$; $k_2 = 40 \text{ Н/м}$; $k_1/k_2 = 5$.

Трение – физическое явление, сопровождающее всякое движение на Земле.

• *Различают следующие виды трения:*

- сухое;
- жидкое (вязкое).

Сухое трение бывает трех видов:

- трение покоя;
- трение скольжения;
- трение качения.

Причины возникновения силы трения:

- шероховатость поверхностей соприкасающихся тел.
- взаимное притяжение молекул соприкасающихся тел.

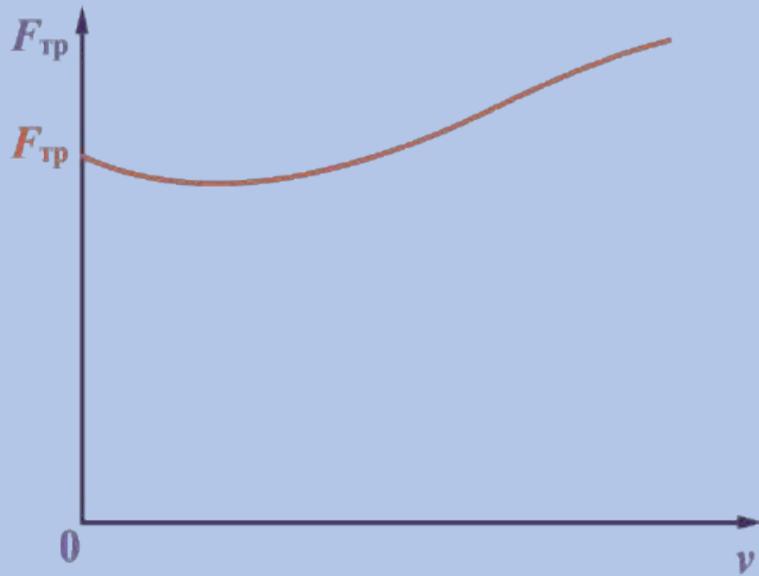
- *Сухое трение* – трение, возникающее при соприкосновении двух твердых тел при отсутствии между ними жидкой или газообразной прослойки. Силы сухого трения всегда направлены по касательной к соприкасающимся поверхностям.
- Сухое трение, возникающее при относительном покое тел, называют *трением покоя*.
- Сухое трение, возникающее при относительном движении тел, называют *трением скольжения*.
- *Трение качения* возникает, когда одно тело катится по поверхности другого тела.

Закон, выражающий зависимость максимального значения модуля силы трения покоя от модуля силы нормальной реакции опоры впервые экспериментально установил французский военный инженер и учёный-физик Шарль Огюстен де Кулон. Согласно этому закону, *максимальное значение модуля силы трения* покоя прямо пропорционально модулю силы нормальной реакции опоры

- $F_{\text{тр.макс}} = \mu N$,
- где $F_{\text{тр.макс}}$ - модуль максимальной силы трения покоя, μ - коэффициент пропорциональности, называемый коэффициентом трения покоя.

Коэффициент трения μ характеризует обе трущиеся поверхности и зависит не только от материала этих поверхностей, но и от качества их обработки. Коэффициент трения определяется экспериментально.

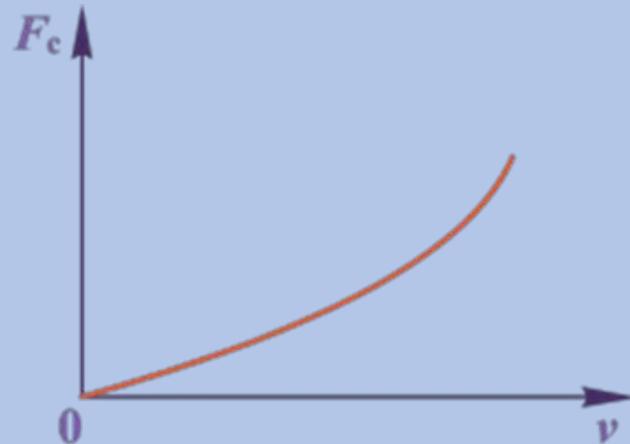
Трение скольжения. Сила трения скольжения также направлена вдоль поверхности соприкосновения тел, но в отличие от силы трения покоя, которая противоположна внешней силе, стремящейся сдвинуть тело, сила трения скольжения всегда направлена противоположно относительной скорости. Модуль силы трения скольжения, как и максимальной силы трения покоя, тоже пропорционален прижимающей силе, а значит, нормальной силе реакции опоры:



Важно! Сила трения зависит от относительной скорости движения тел. В этом ее главное отличие от сил тяготения и упругости, зависящих только от расстояний.

При движении твердого тела в жидкости или газе возникает *сила жидкого (вязкого) трения*. Сила жидкого трения значительно меньше силы сухого трения. Эта сила направлена против скорости тела относительно среды и тормозит движение.

- *Главная особенность силы сопротивления состоит в том, что она появляется только при наличии относительного движения тела и окружающей среды. Сила трения покоя в жидкостях и газах полностью отсутствует.*
- Модуль силы сопротивления F_c зависит от размеров, формы и состояния поверхности тела, свойств среды (жидкости или газа), в которой тело движется, и, наконец, от относительной скорости движения тела и среды.



При относительной скорости, равной нулю, сила сопротивления не действует на тело ($F_c=0$). С увеличением относительной скорости *сила сопротивления* сначала растет медленно, а затем все быстрее и быстрее. При малых скоростях движения силу сопротивления можно считать прямо пропорциональной скорости движения тела относительно среды:

- $F_c = k_1 v$, (1)

где k_1 - коэффициент сопротивления, зависящий от формы, размеров, состояния поверхности тела и свойств среды - ее вязкости.

- Вычислить коэффициент k_1 теоретически для тел сколько-нибудь сложной формы не представляется возможным, его определяют опытным путем.

При больших скоростях относительного движения сила сопротивления пропорциональна квадрату скорости:

- $F_c = k_2 v^2$, (2)

где k_2 - коэффициент сопротивления, отличный от k_1 .

Только опытным путём можно определить, какая из формул - (1) или (2) - подходит для использования в конкретной практической задаче.

Задание 1

Какая сила не позволяет человеку сдвинуть с места дом?

- Силы трения скольжения;
- сила трения покоя;
- сила тяжести.

Задача 3

Деревянный ящик равномерно движется по поверхности длинного стола. Сила давления ящика на поверхность равна 30 Н, сила трения 6 Н. Найдите коэффициент трения скольжения.

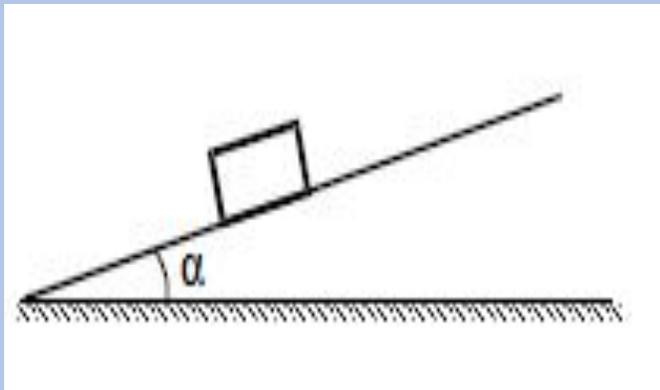
Решение

Воспользуемся формулой, которая связывает силу давления на плоскость, силу трения и коэффициент трения $F_{\text{тр}} = \mu P$. Из этой формулы легко получить формулу для расчёта коэффициента трения $\mu = F_{\text{тр}} / P$. Подставляя в неё численные значения, получаем:

- $\mu = F_{\text{тр}} / P = 6\text{Н}/30\text{Н} = 0,2$.

Задача 4

Кубик из детского конструктора покоится на наклонной плоскости, образующей угол $\alpha = 40^\circ$ с горизонтом. Сила трения покоя равна $0,32$ Н. Определите значение силы тяжести, которая действует на кубик.



Решение

По условию задачи кубик покоится. Следовательно, сумма всех действующих на него сил равна нулю. В проекции на ось, идущей вдоль склона плоскости, получаем соотношение: $mg \sin \alpha - F_{\text{тр}} = 0$. Из него выражаем формулу для расчета силы тяжести, действующей на кубик

$$mg = \frac{F_{\text{тр}}}{\sin \alpha} = \frac{0,32 \text{ Н}}{0,64} = 0,5 \text{ Н.}$$

Ответ: 0,5 Н.