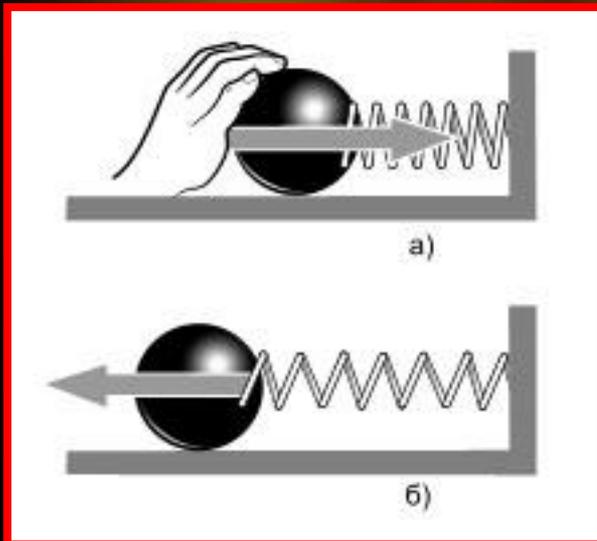




**Сила упругости**

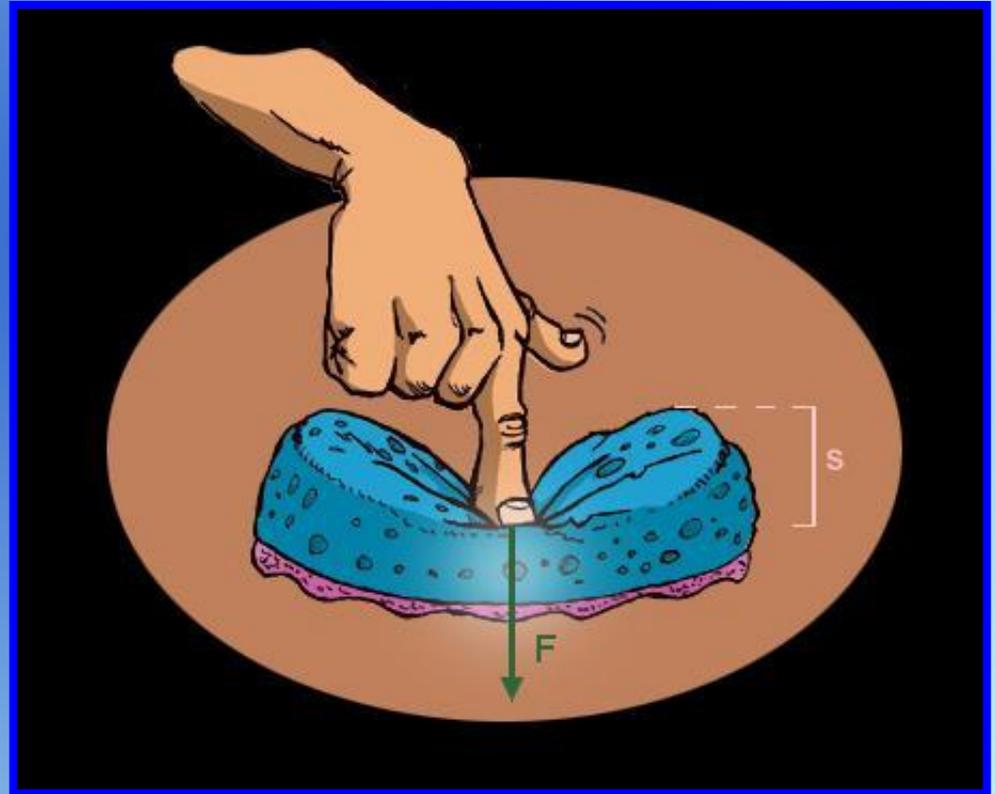


**Сила упругости – сила, возникающая при деформации тела и направленная противоположно направлению смещения частиц при деформации**



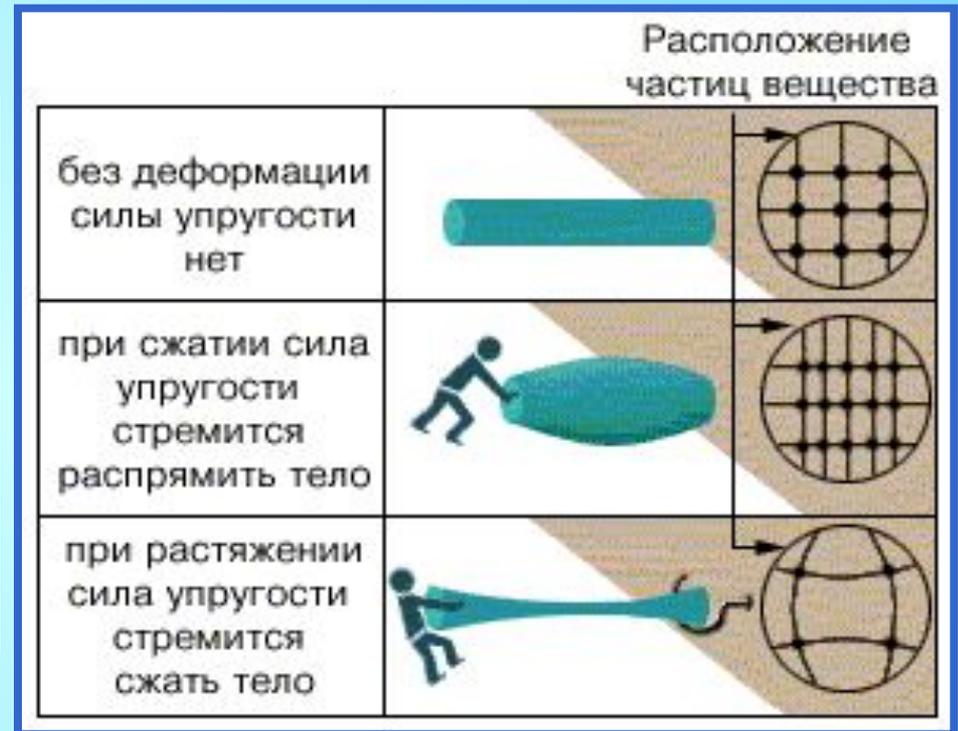
# Условия возникновения силы упругости - деформация

*Под деформацией понимают изменение объема или формы тела под действием внешних сил*



# Причины деформации

Причина возникновения силы упругости заключается в изменении расположения молекул при деформации.



**При изменении расстояния между атомами изменяются силы взаимодействия между ними, которые стремятся вернуть тело в исходное состояние. Поэтому силы упругости имеют электромагнитную природу.**

# Виды деформаций

**Упругие –**  
исчезают после  
прекращения  
действия внешних  
сил:

**Растяжения и сжатия**

**Сдвига**

**Изгиба**

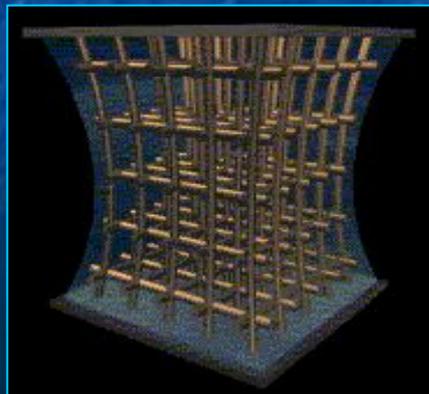
**Кручения**

**Пластические –**  
не исчезают после  
прекращения  
действия внешних  
сил

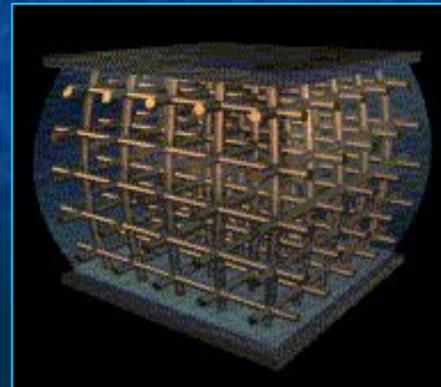
# Основные типы упругой деформации

## Растяжение и сжатие

При деформации  
растяжения  
увеличиваются  
размеры тела.

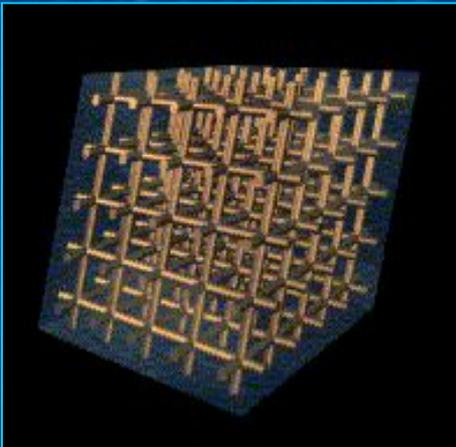


При деформации сжатия  
уменьшаются  
размеры тела.



# Основные типы упругой деформации

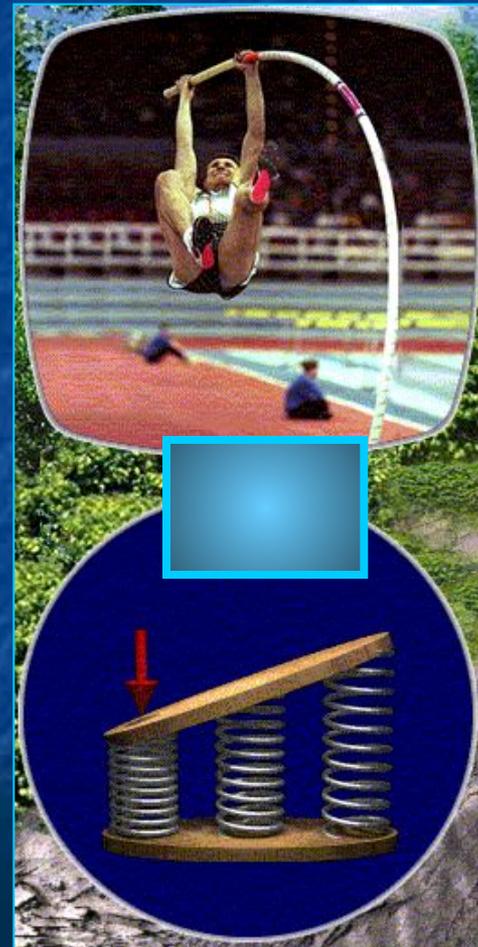
## СДВИГ



# Основные типы упругой деформации

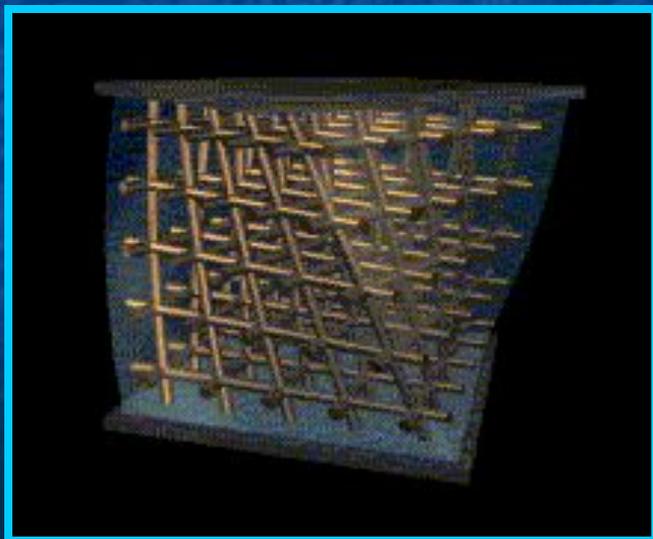
**Изгиб –  
сочетание  
растяжения и  
сжатия**

При деформации изгиба  
одни размеры тела  
увеличиваются,  
а другие - уменьшаются.



# Основные типы упругой деформации

Кручение –  
сводится к  
сдвигу



# От чего зависит сила упругости?

$$\Delta l = l - l_0$$

*абсолютное  
растяжение или  
сжатие тела*

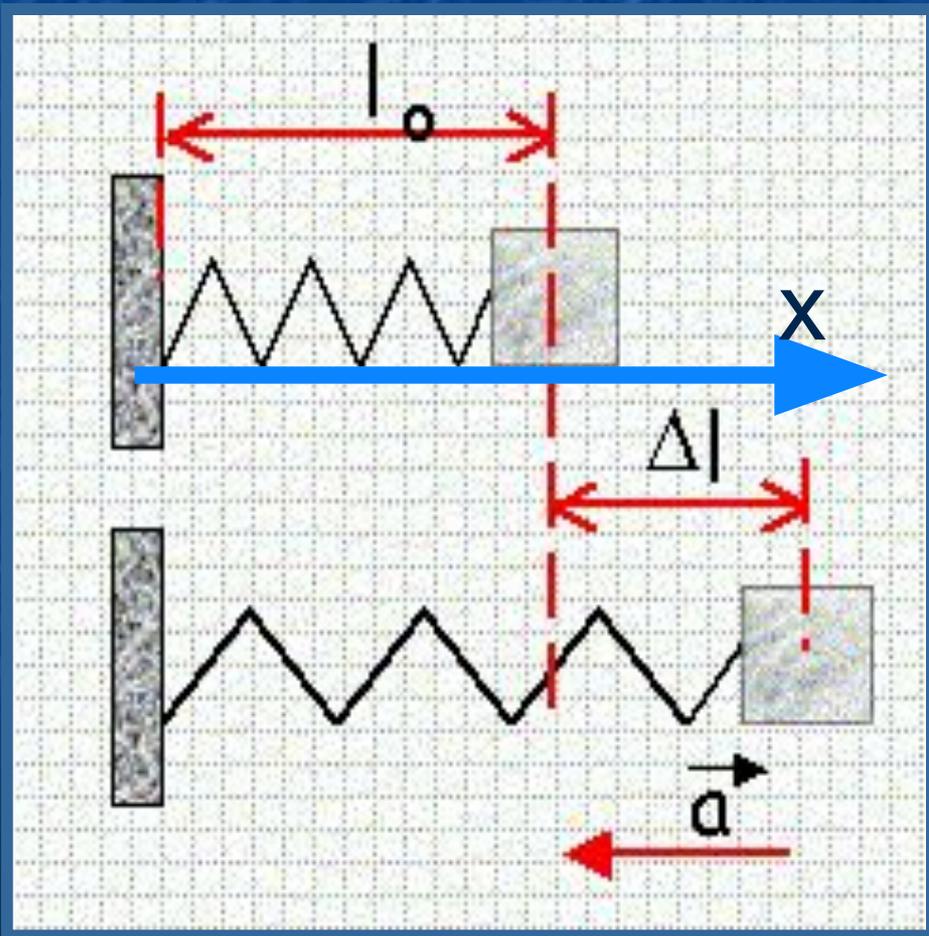
$\Delta l > 0$ , если

*растяжение*

$\Delta l < 0$ , если

*сжатие*

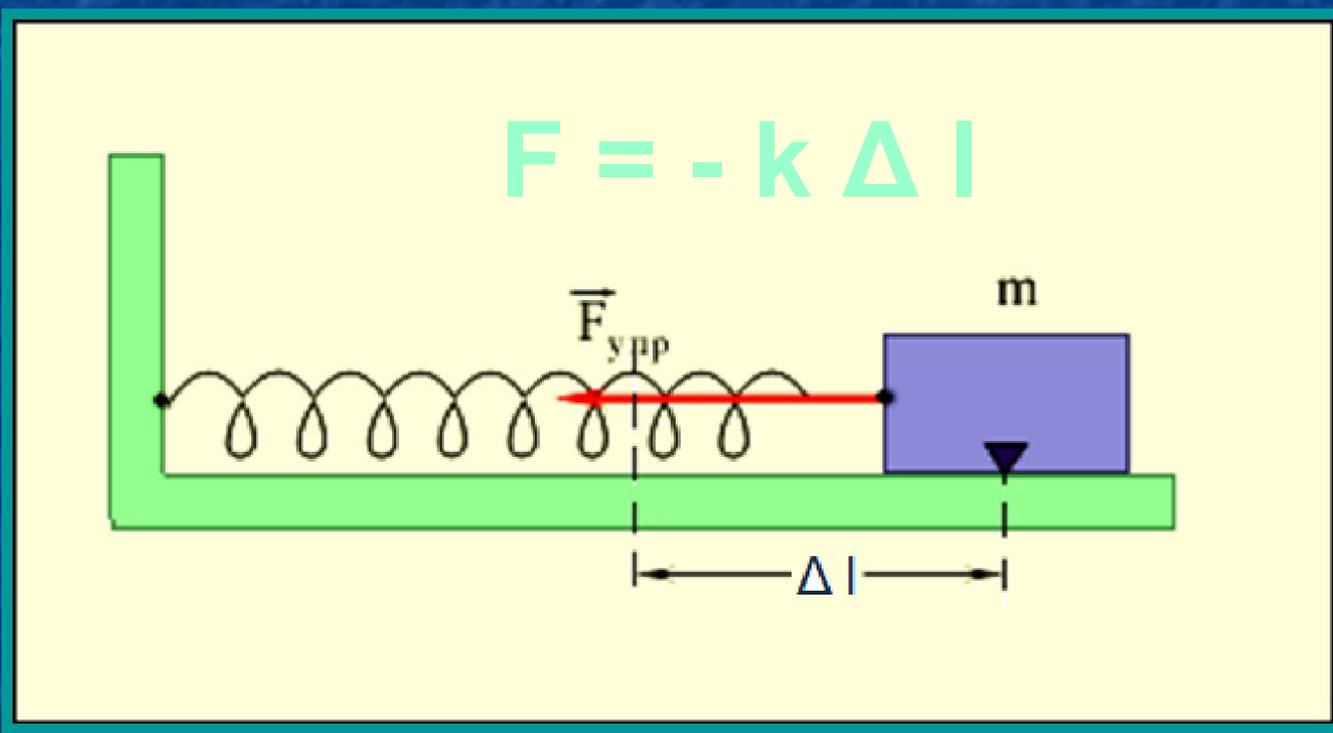
$$[\Delta l] = \text{м}$$



Сила упругости прямо  
пропорциональна  
абсолютному удлинению  
(растяжению) тела

$$F \sim |\Delta l|$$

# Формула закона Гука ( в проекции на ось X )



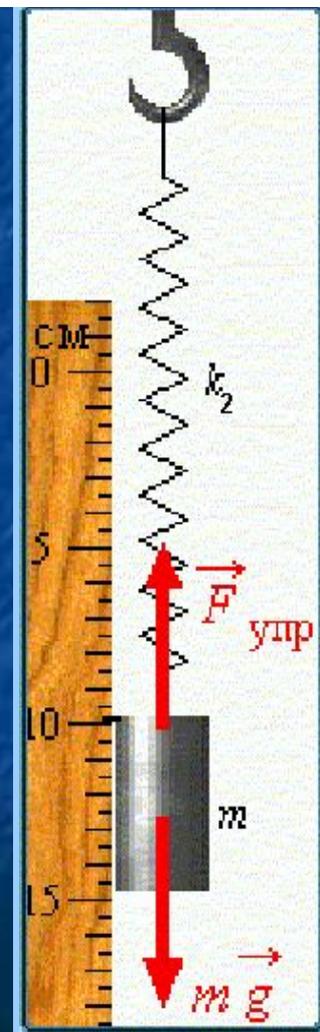
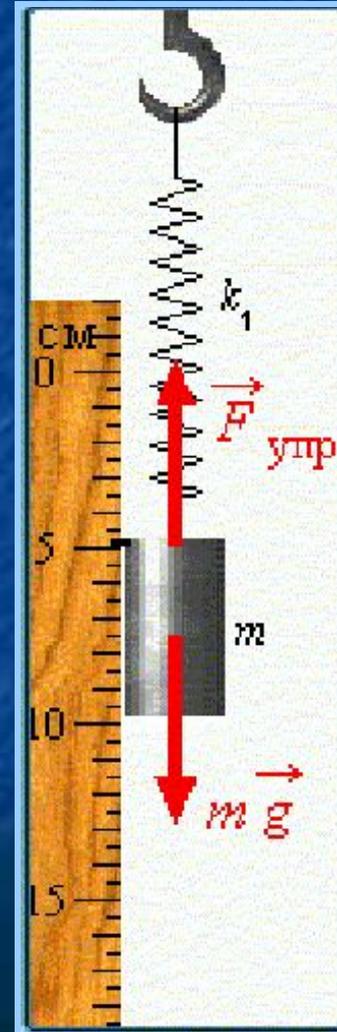
$\Delta l$  - удлинение тела,

$k$  – коэффициент жесткости  $[k] = \text{Н/м}$

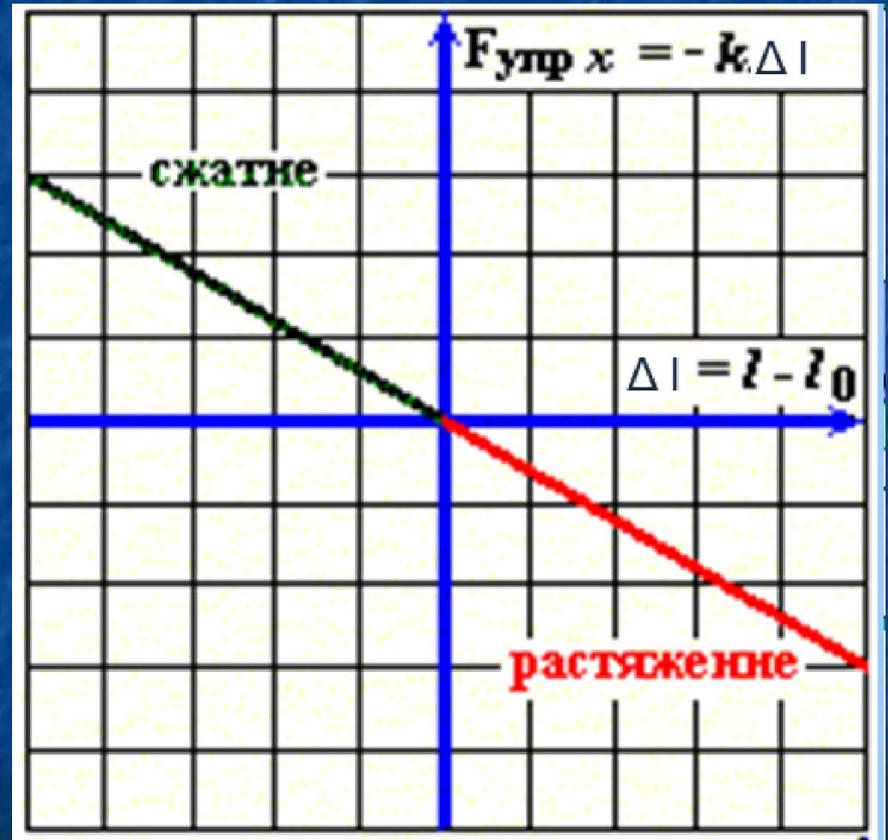
# Что называется жесткостью тела?

$$k = \frac{F_x}{|\Delta l|}$$

При действии одной и той же силы на разные пружины жесткости зависит от формы и размеров тела, а также от материала. Коэффициент жесткости равен первой пружины при той же жесткости тела второй. ( $k_1 > k_2$ )



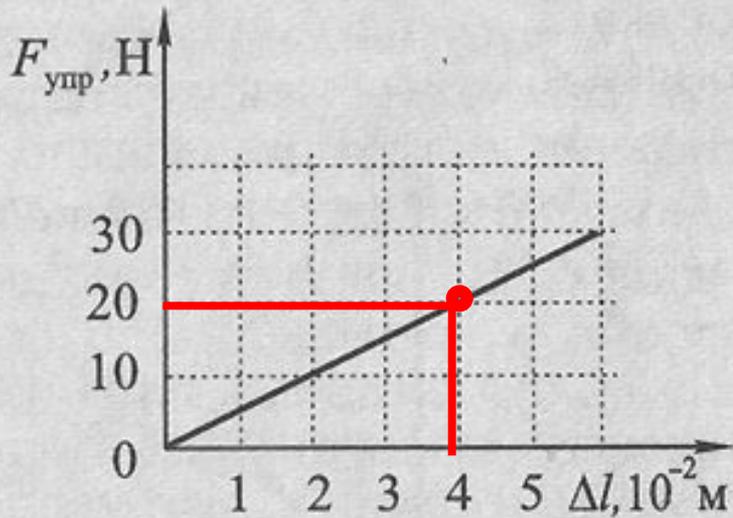
# Графическое представление закона Гука



$$\text{tg } \alpha = k = F_{\text{упр}} / \Delta l$$

# Определите жесткость пружины

$$k = \frac{F_x}{|\Delta l|}$$



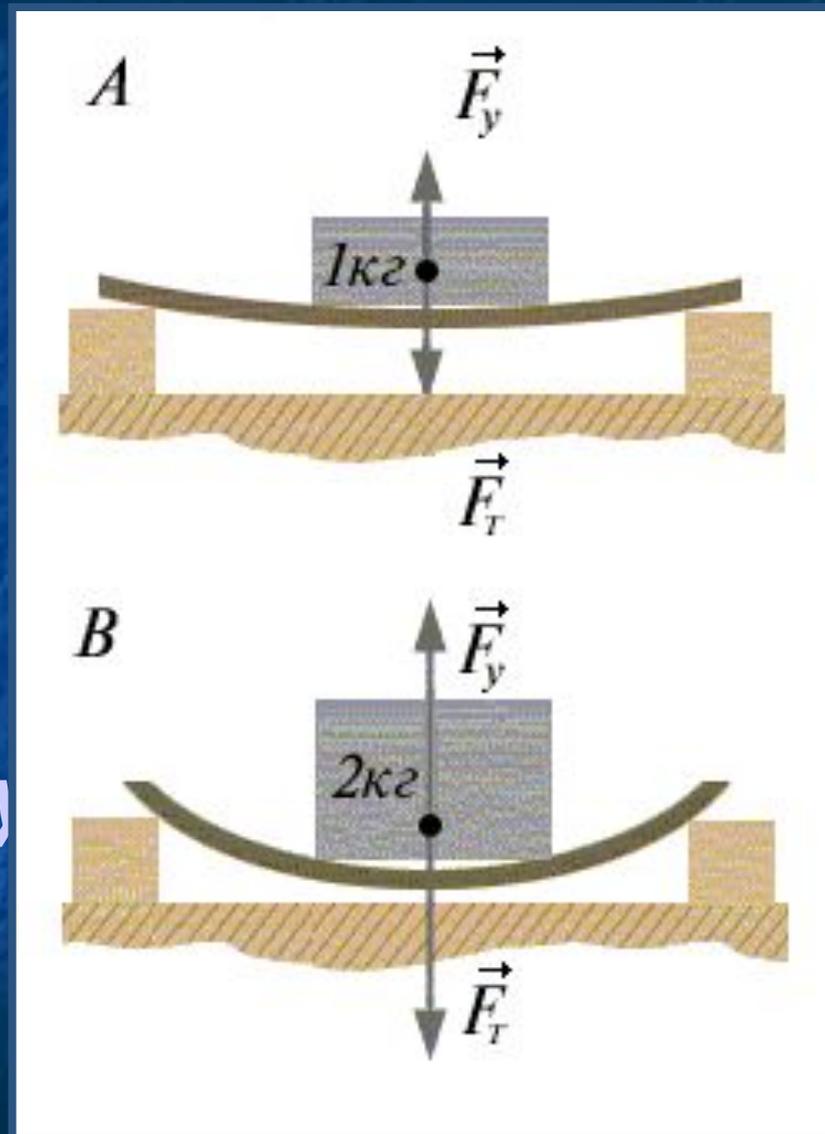
$$k = 20 \text{ H} / 0,04 \text{ м} = 500 \text{ H} / \text{м}$$

# Закон Гука для малых упругих деформаций

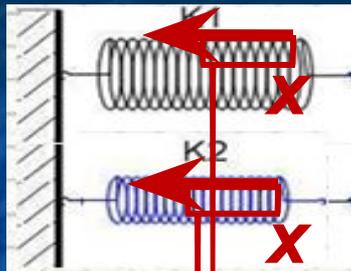
*Сила упругости, возникающая при деформации тела, прямо пропорциональна его удлинению (сжатию) и направлена противоположно перемещению частиц тела при деформации*

# Закон Гука при изгибе

Закон Гука можно обобщить и на случай более сложной деформации, например, деформации изгиба: *сила упругости прямо пропорциональна прогибу стержня, концы которого лежат на двух опорах*



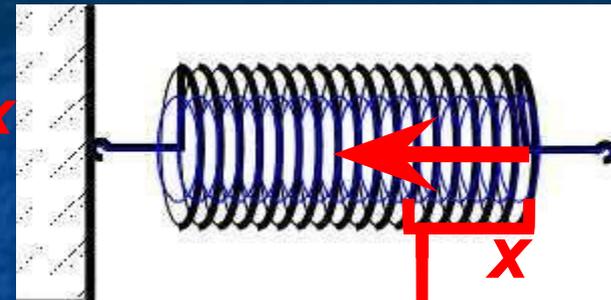
# Расчет коэффициента жесткости двух пружин (параллельное соединение)



$$F_{\text{упр}} = k_1 x$$

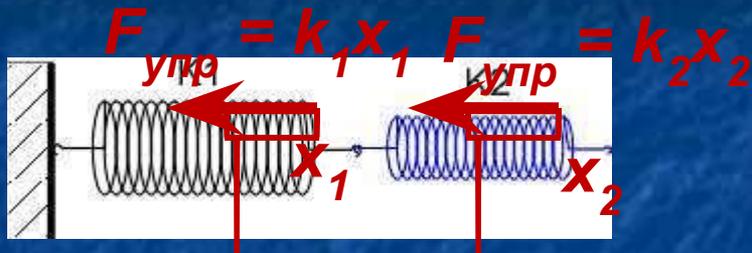
$$F_{\text{упр}} = k_2 x$$

$$F_{\text{общ}} = (k_1 + k_2) x$$



- Имеем две пружины с коэффициентами жесткости  $k_1$  и  $k_2$
- Рассчитаем коэффициент жесткости пружины, которая может заменить эти две пружины, если они соединены параллельно.
- Представим, что мы потянули за концы этих пружин:
- каждая из них удлинилась на  $x$ .
- в каждой из них возникнут силы упругости  $k_1 x$  и  $k_2 x$ , которые приложены в одной точке,
- Поэтому мы можем заменить эти две пружины на одну, которая растянута на  $x$  и создает силу  $(k_1 + k_2) x$ , следовательно,  
 $F_{\text{общ}} = (k_1 + k_2) x = k_{\text{общ}} x$ .
- Отсюда получаем, что  $k_{\text{общ}} = k_1 + k_2$

# Расчет коэффициента жесткости двух пружин (последовательное соединение)



$$F = k_1 x_1 = k_2 x_2$$

Они равны между собой по 3 закону Ньютона, так как они с этими силами пружины действуют друг на друга в точке соединения.

- Общее удлинение (деформация) будет равна  $x = x_1 + x_2$
- Поэтому мы можем заменить эти две пружины на одну, которая растянута на  $x$  и создает силу  $F = k_{\text{общ}} x = k_1 x_1 = k_2 x_2$ , следовательно, общее удлинение пружины

$$x = \frac{F}{k_{\text{общ}}}$$

$$x_1 = \frac{F}{k_1}$$

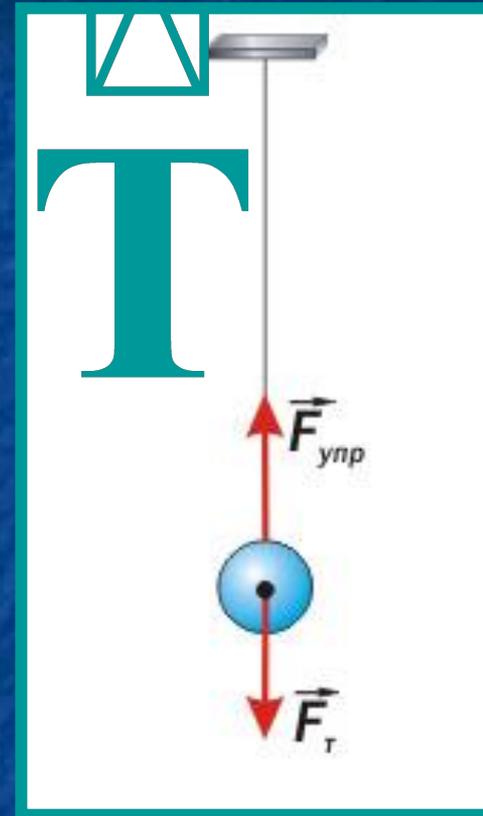
$$x_2 = \frac{F}{k_2}$$

$$x = x_1 + x_2$$

$$\frac{1}{k_{\text{общ}}} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2}$$

# Примеры сил упругости

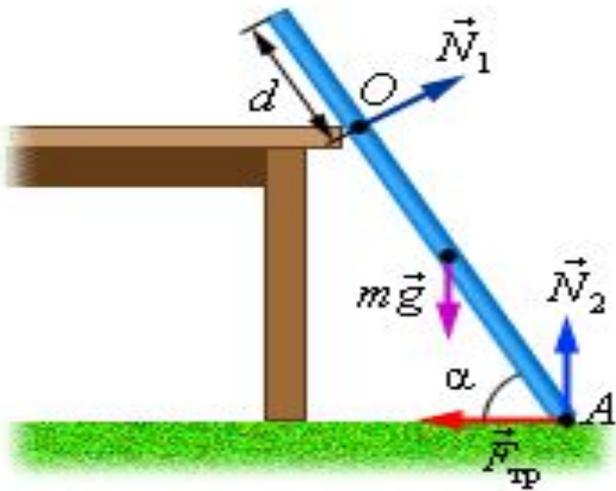
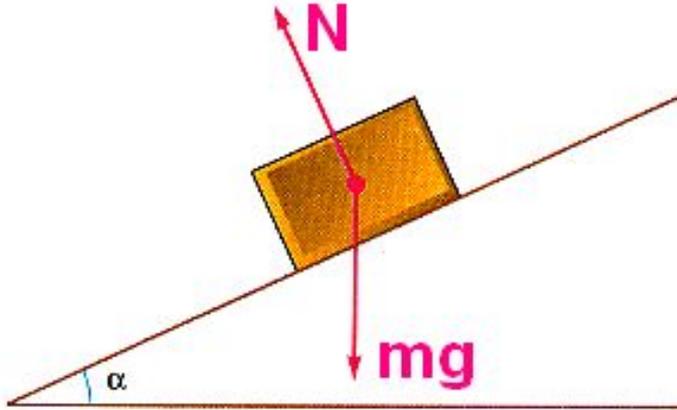
Сила упругости, которая возникает при натяжении подвеса (нити) называется силой натяжения нити и направлена вдоль нити (троса и т. п.)



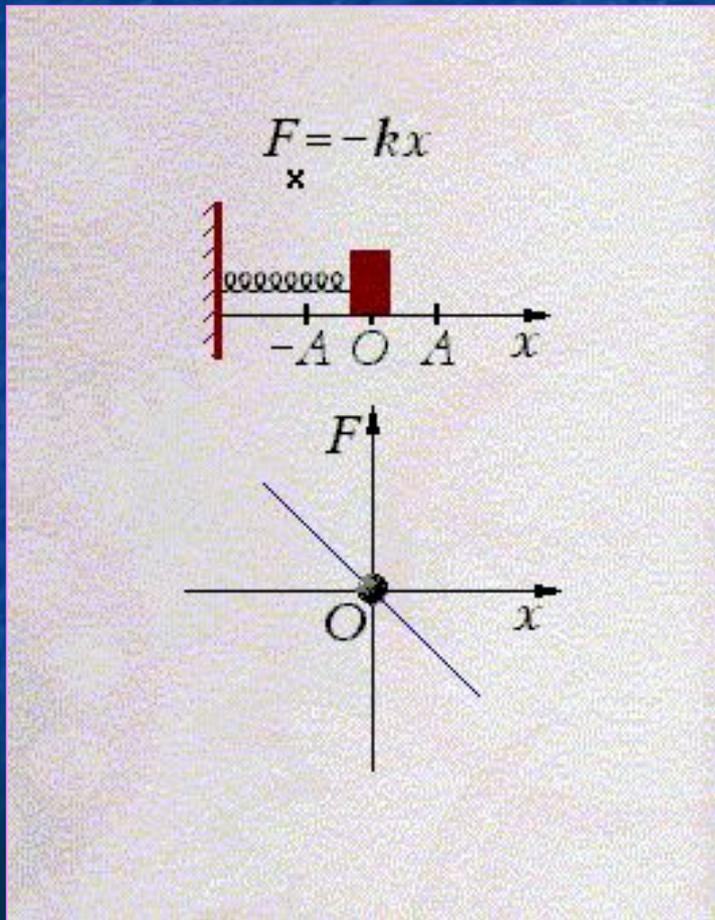
Сила натяжения приложена в точке контакта

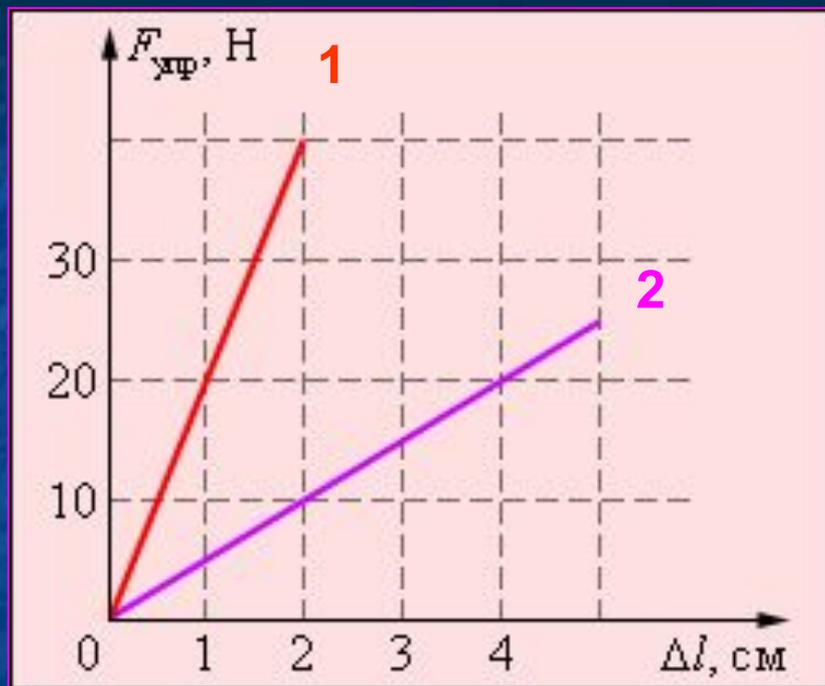
# Примеры сил упругости

Сила упругости, которая возникает при действии опоры на тело, называется силой реакции опоры и направлена перпендикулярно поверхности соприкосновения тел



# Когда справедлив закон Гука?





В какой пружине больше коэффициент жесткости? Чему они равны?

Ответ:  $k_1 > k_2$ ;

$$k_1 = 2000 \text{ Н/кг}, k_2 = 500 \text{ Н/кг}$$