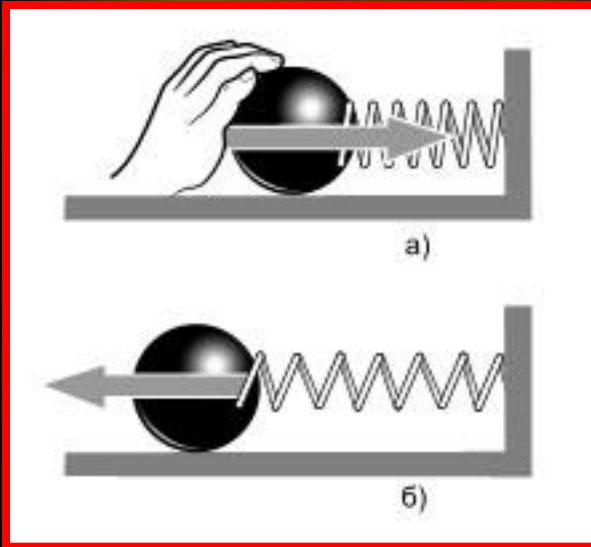




# Сила упругости

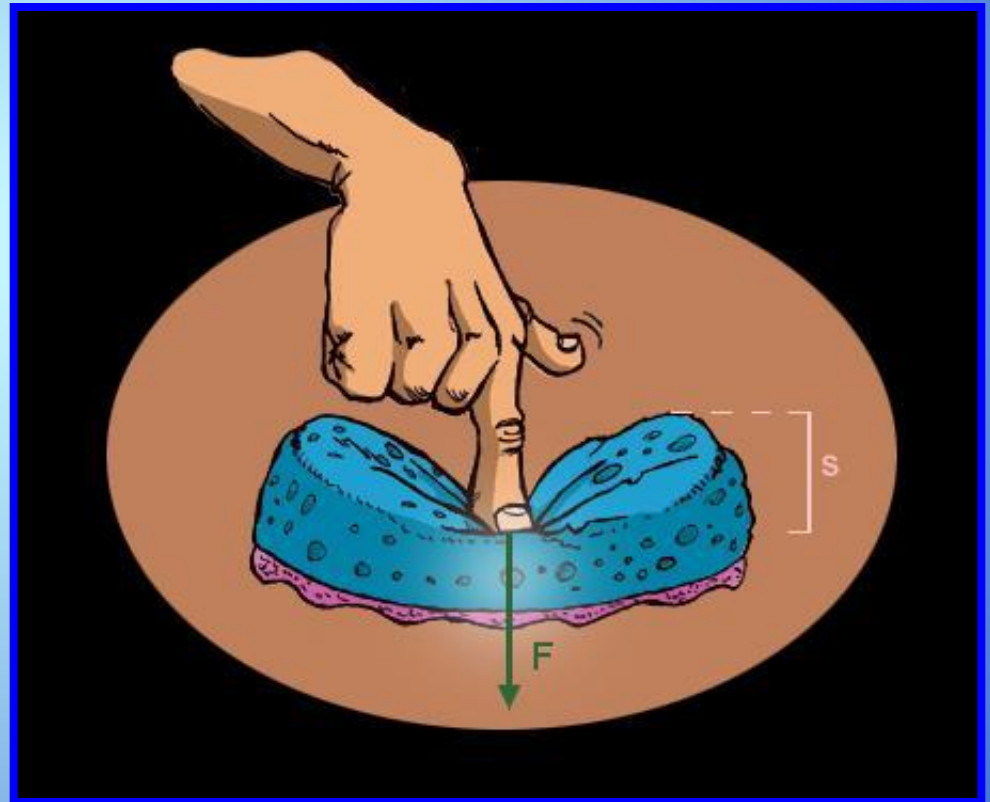


**Сила упругости – сила, возникающая при деформации тела и направленная противоположно направлению смещения частиц при деформации**



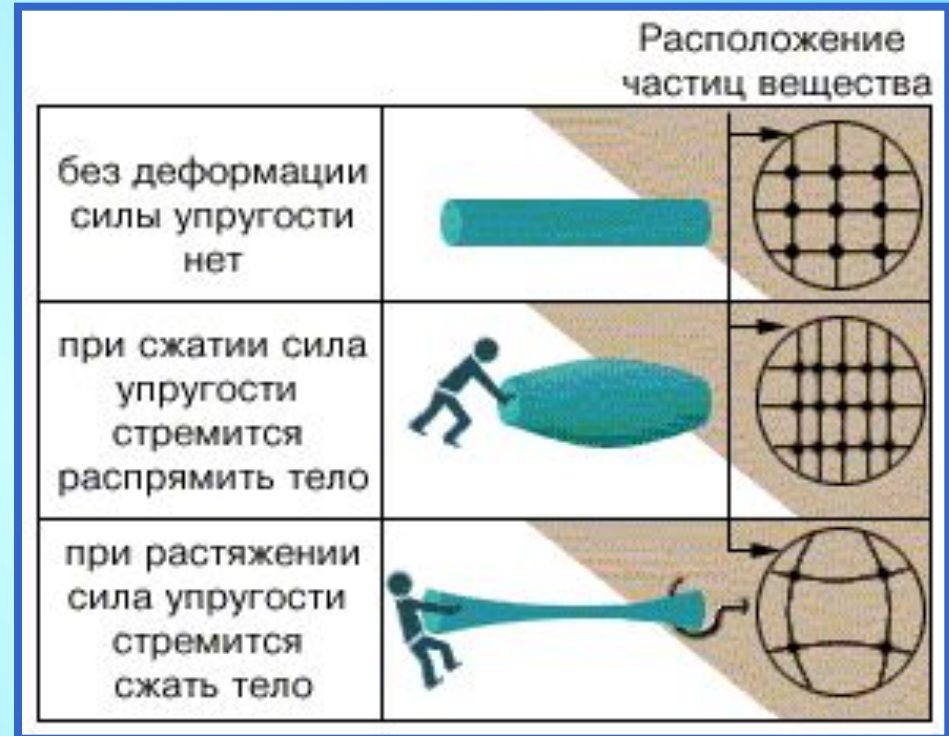
# Условия возникновения силы упругости - деформация

*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 состояния. 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

Примеры  
деформаций

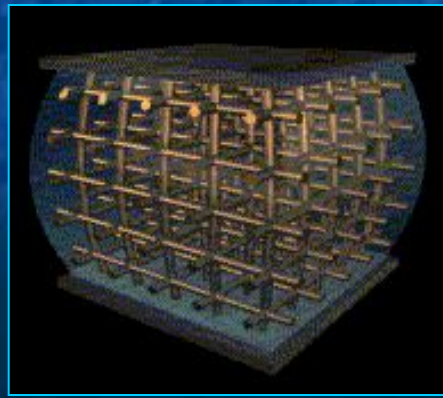
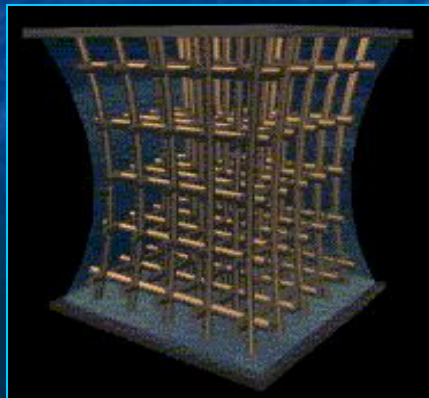


# Основные типы упругой деформации

## Растяжение и сжатие

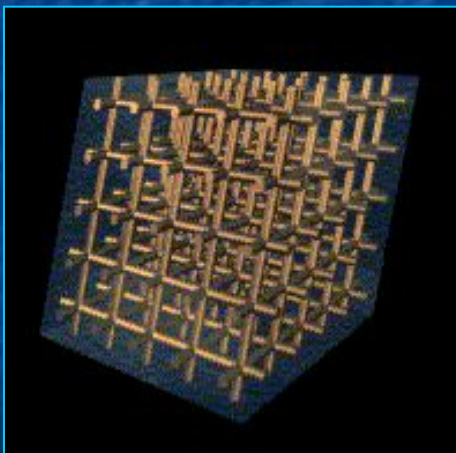
При деформации растяжения увеличиваются размеры тела.

При деформации сжатия уменьшаются размеры тела.



# Основные типы упругой деформации

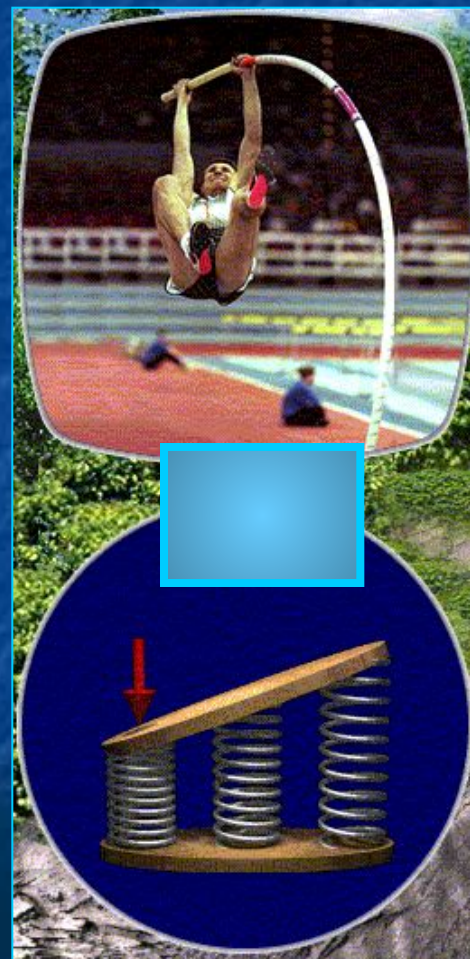
## СДВИГ



# Основные типы упругой деформации

**Изгиб –  
сочетание  
растяжения и  
сжатия**

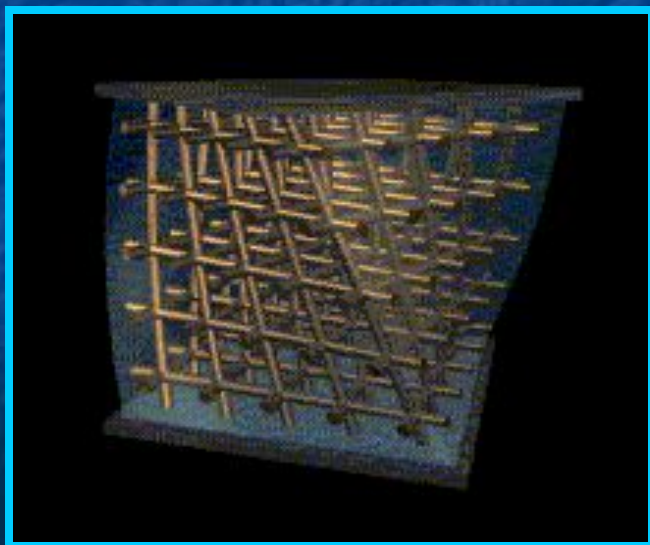
При деформации изгиба  
одни размеры тела  
увеличиваются,  
а другие - уменьшаются.





# Основные типы упругой деформации

Кручение –  
сводится к  
сдвигу

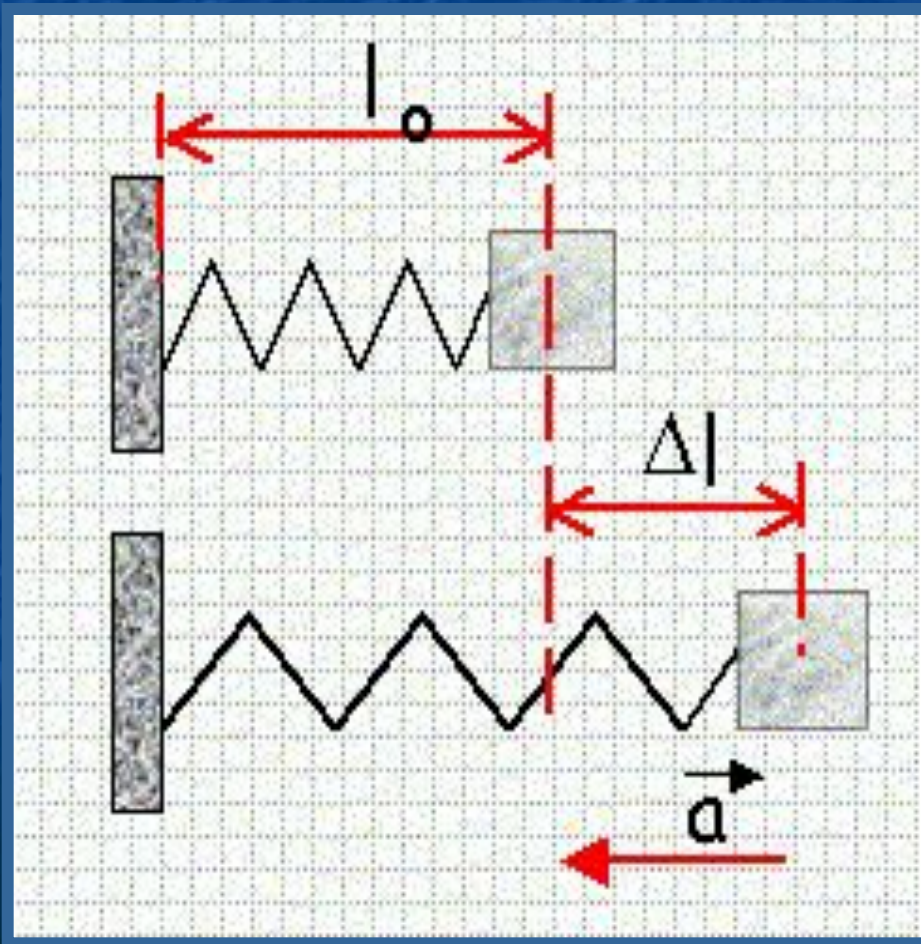


# От чего зависит сила упругости при растяжении?



Сила упругости зависит от растяжения пружины

# От чего зависит сила упругости?



$$\Delta l = l - l_0$$

*абсолютное  
растяжение или  
сжатие тела*

$\Delta l > 0$ , если

*растяжение*

$\Delta l < 0$ , если

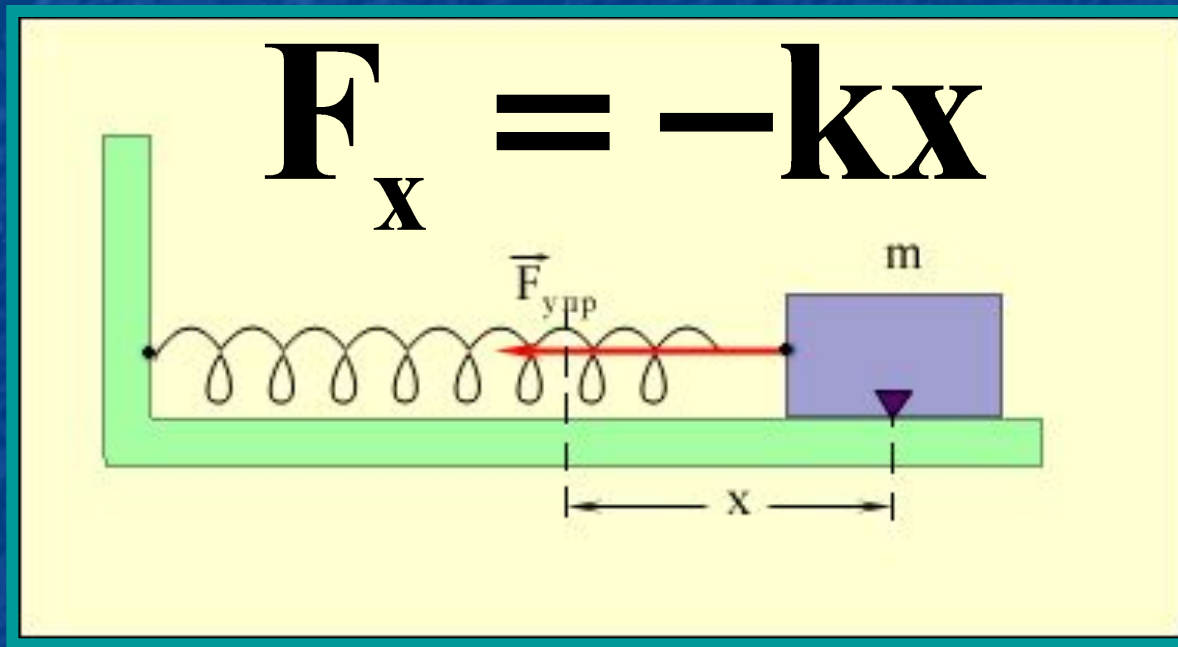
*сжатие*

$$[\Delta l] = \text{м}$$

Сила упругости прямо  
пропорциональна  
абсолютному удлинению  
(растяжению) тела

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

# Формула закона Гука ( в проекции на ось X )



$x = \Delta l$  - удлинение тела,

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

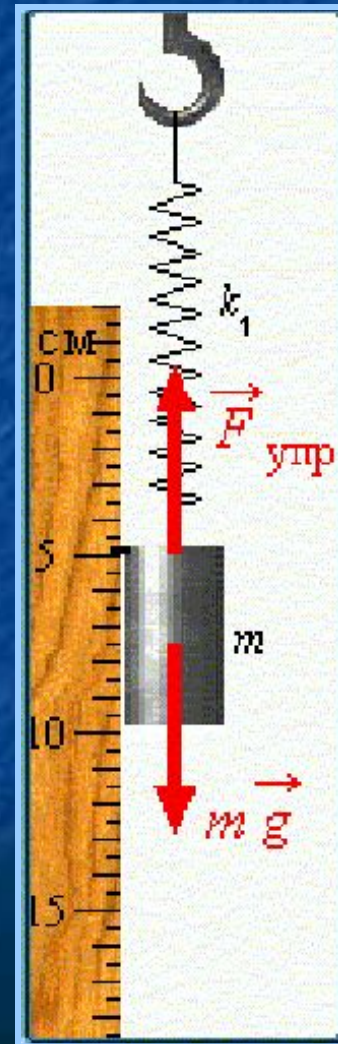
# Что называется жесткостью тела?

$$k = \frac{F_x}{|X|}$$

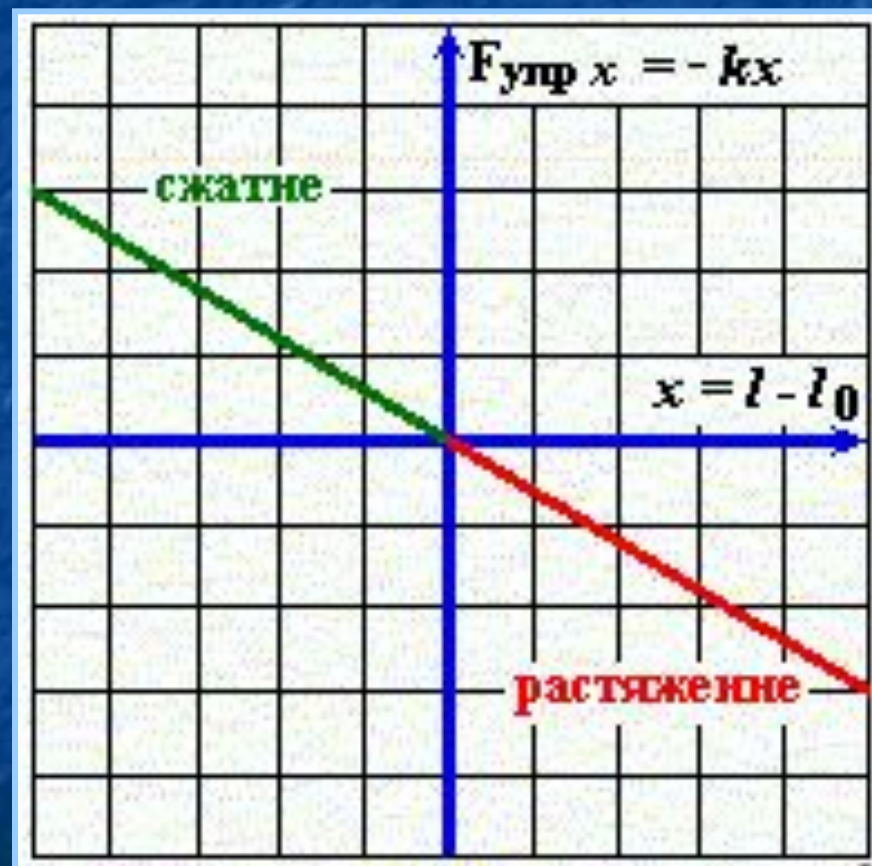
При действии одной и той же силы на разные пружины от формы и они имеют разное абсолютное удлинение (сжатие), также от материала.

Коэффициент жесткости зависит от формы и размеров тела, а также от материала.

Он численно равен первой пружины при той же жесткости тела второй. ( $k_1 > k_2$ )



# Графическое представление закона Гука

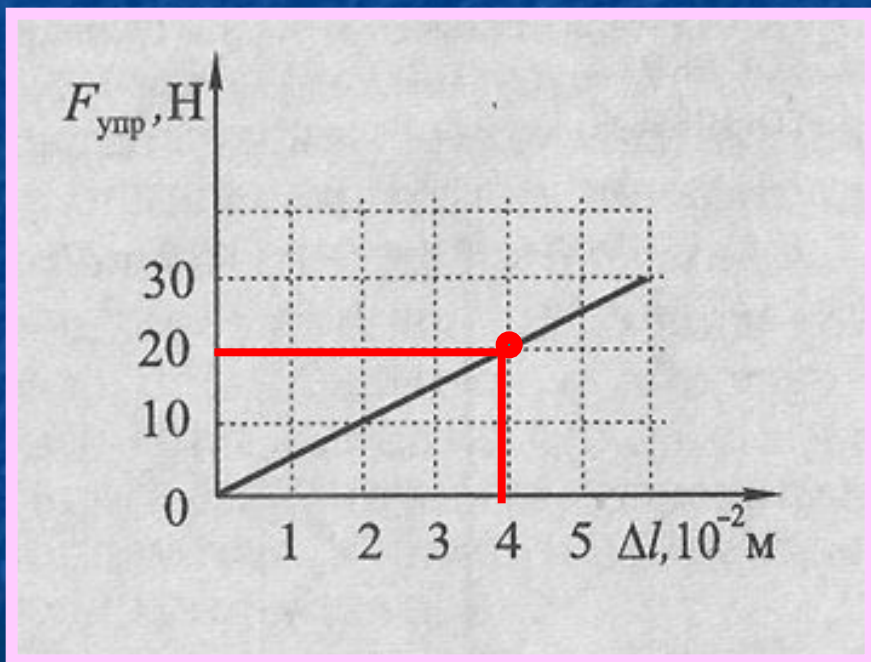


$$\text{tg } \alpha = k = F_{\text{упр}} / \Delta l \quad \text{tg } \alpha = k = F_{\text{упр}} / x$$

# Определите жесткость пружины

$$k = \frac{F_x}{|X|}$$

На графике отменим точку и опустим перпендикуляры на оси координат, запишем значения силы упругости  $F_x = 20$  Н и абсолютного удлинения пружины  $\Delta l = 0,04$  м и затем по формуле вычислим коэффициент жесткости



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

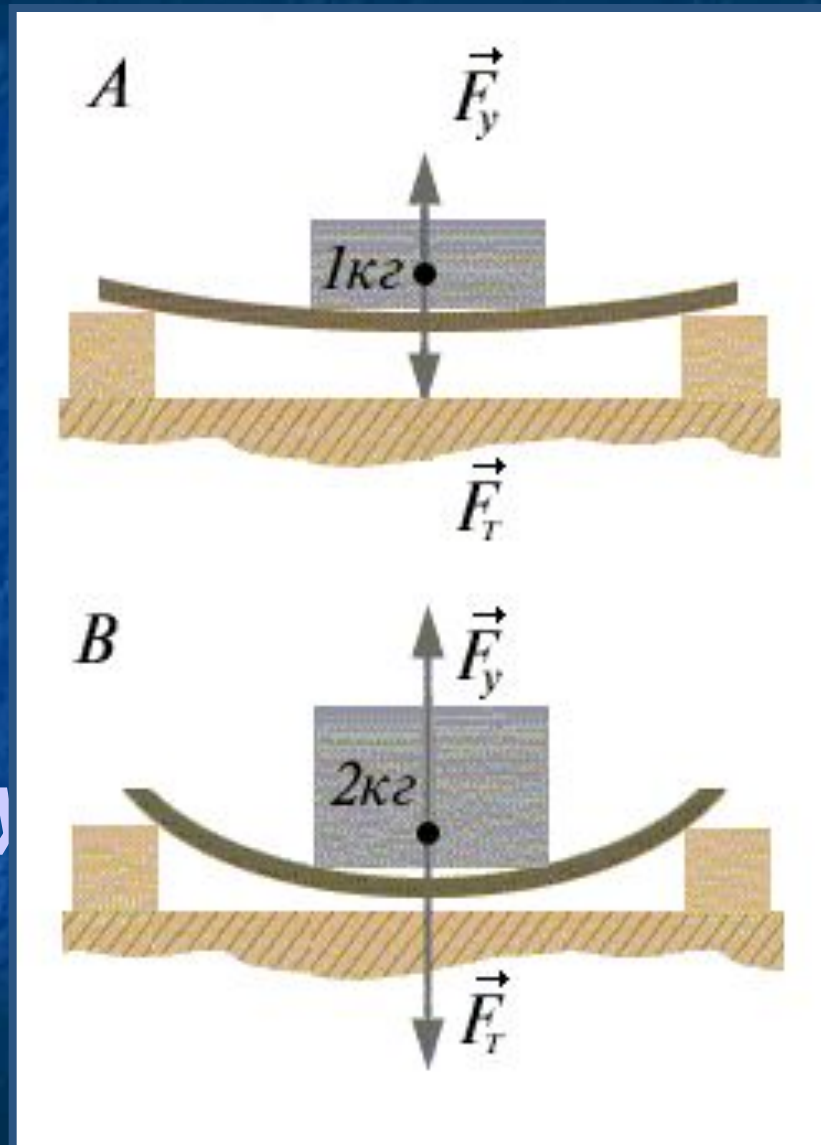


# Закон Гука для малых упругих деформаций

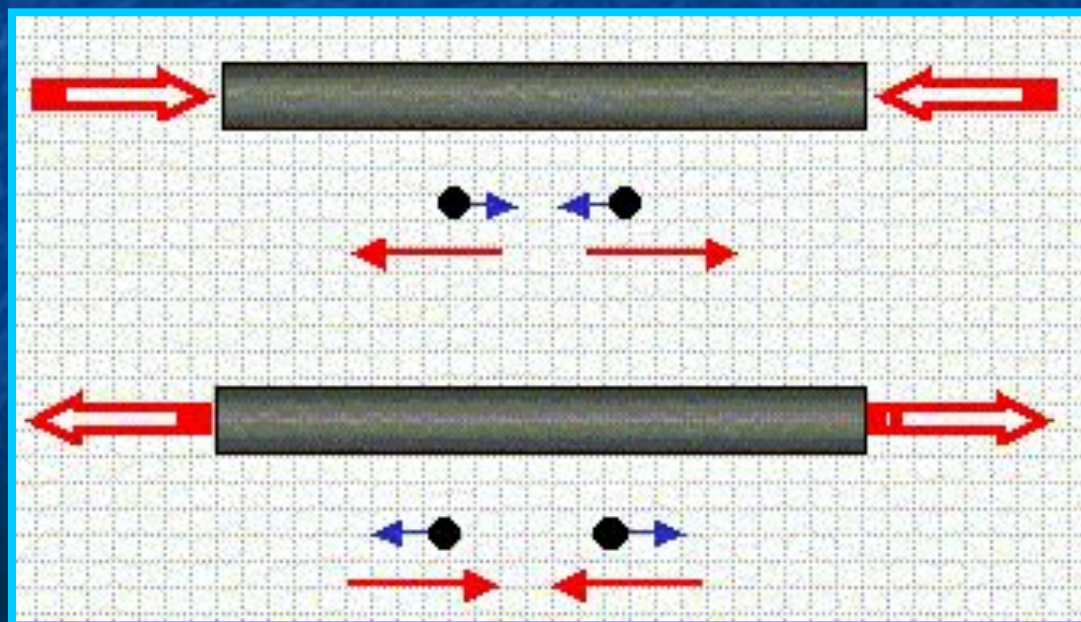
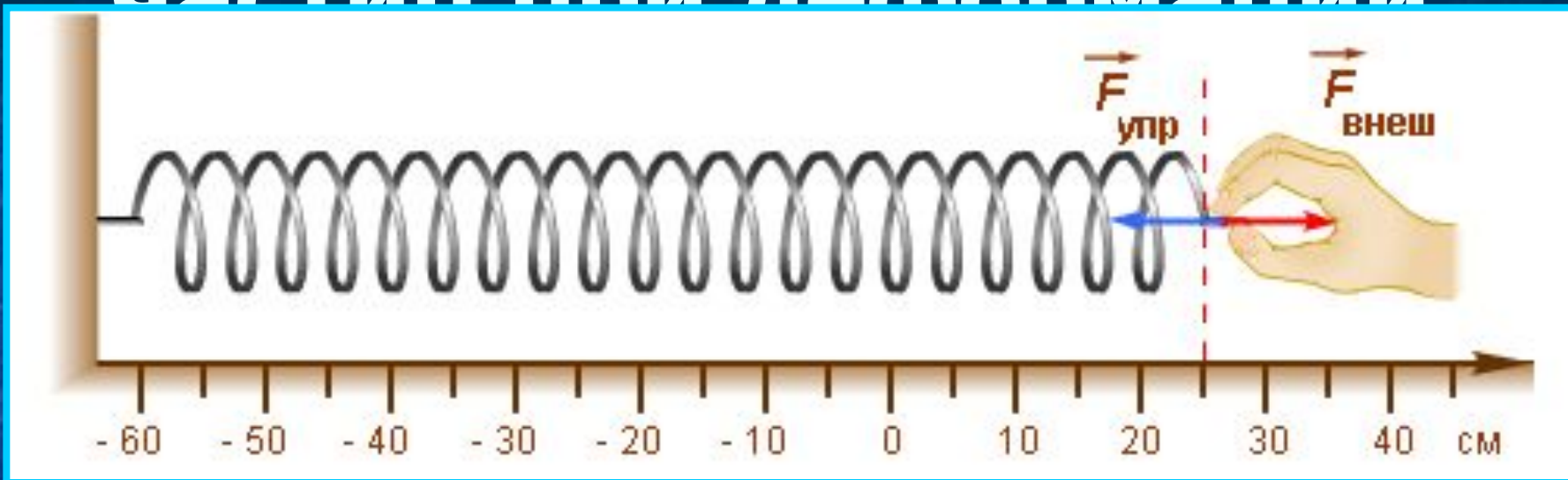
*Сила упругости, возникающая при деформации тела, прямо пропорциональна его удлинению (сжатию) и направлена противоположно перемещению частиц тела при деформации*

# 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*



# Направлению перемещения частиц при деформации



# В физике закон Гука принято записывать в другой форме

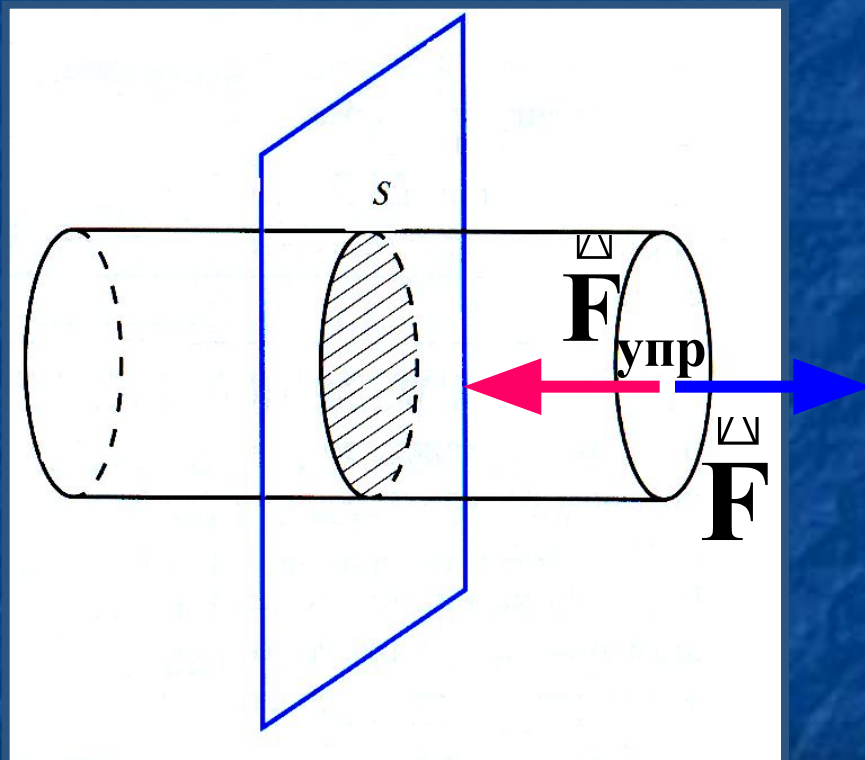
Для этого  
введем две  
новые  
величины:  
относительное  
удлинение  
(сжатие) –  $\varepsilon$   
и  
напряжение –  $\sigma$

Относительное удлинение (сжатие) – это изменение длины тела, отнесенное к единице длины. Оно равно отношению относительного удлинения тела (сжатия) к его первоначальной длине:

$$\varepsilon = \frac{|\Delta l|}{l_0} \quad [\varepsilon] = 1$$

# Механическое напряжение

Механическое напряжение – это сила упругости, действующая на единицу площади. Оно равно отношению модуля силы упругости к площади поперечного сечения тела:



$$\sigma = \frac{F_{\text{упр}}}{S} \quad [\sigma] = \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} = \text{Па}$$

При упругой малой деформации  
механическое напряжение  
прямо пропорционально  
относительному удлинению  
(сжатию) тела

$$\sigma = E \varepsilon$$

где **E** – модуль Юнга или модуль упругости, который  
измеряется в **Па** ( $E = \sigma / \varepsilon \Rightarrow$  измеряется в тех же  
единицах, что напряжение)

# Вывод закона Гука

$$\sigma = \frac{F_{\text{упр}}}{S} = \frac{k |\Delta l|}{S} \cdot \frac{l_0}{l_0} = \frac{k l_0}{S} \cdot \frac{|\Delta l_0|}{l_0} = E \cdot \varepsilon$$

$$\Rightarrow \sigma = E \varepsilon$$

# Модуль упругости - E

Модуль Юнга зависит только от свойств материала и не зависит от размеров и формы тела.

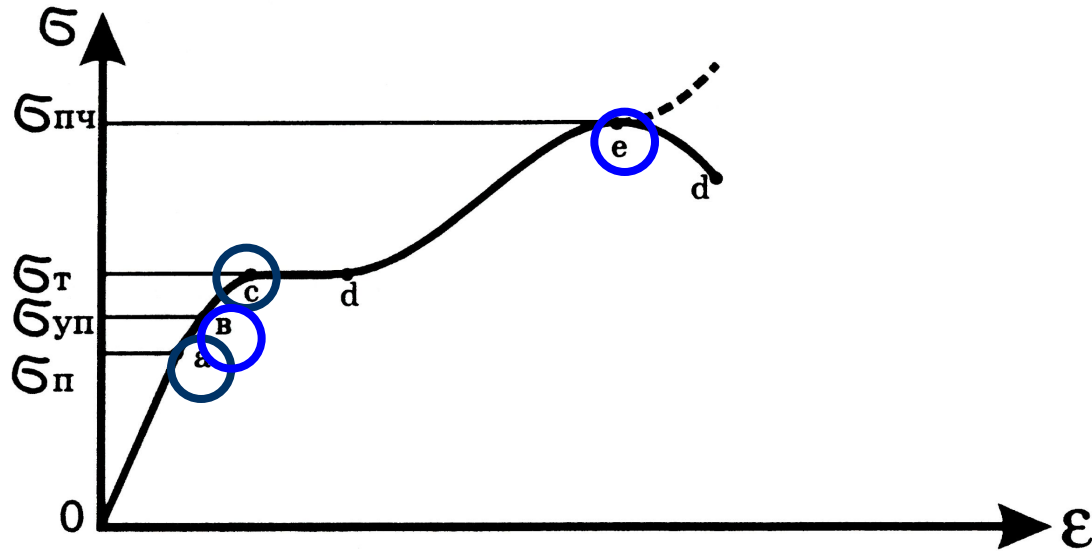
Модуль Юнга показывает напряжение, которое необходимо приложить к телу, чтобы удлинить его в 2 раза.

Для различных материалов модуль Юнга меняется в широких пределах. Для стали, например,  $E \approx 2 \cdot 10^{11} \text{ Н/м}^2$ , а для резины  $E \approx 2 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2$ .



# Механические свойства твердых тел

Диаграмма растяжения материала



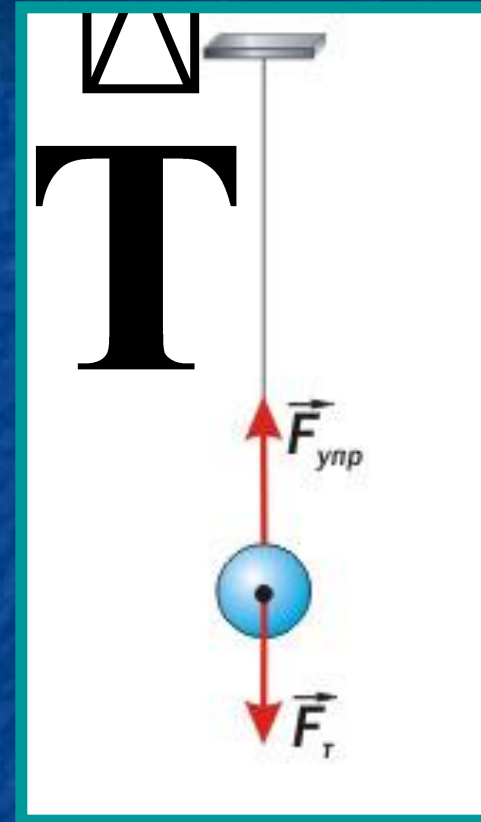
| Механическая характеристика | Обозначение   | Пояснения   |
|-----------------------------|---------------|---|
| Предел пропорциональнос     | $\sigma_p$    | наибольшее напряжение, до которого справедлив закон Гука  |
| Предел упругости            | $\sigma_{уп}$ | наибольшее напряжение, при котором ещё не возникают заметные остаточные деформации                    |
| Предел текучести            | $\sigma_t$    | напряжение, при котором происходит рост остаточных деформаций образца при практически постоянной силе |
| Предел прочности            | $\sigma_{пч}$ | условное напряжение, соответствующее наибольшей силе, выдерживаемой образцом до разрушения            |

# МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТВЕРДЫХ ТЕЛ

| Вещество | Предел прочности на растяжение $\sigma_{\text{пч}}$ , МПа | Модуль упругости $\sigma$ , ГПа |
|----------|---|---------------------------------|
| Алюминий | 100   | 70                              |
| Бетон    | 48  | 20                              |
| Вольфрам | 3000  | 415                             |
| Гранит   | 150   | 49                              |
| Золото   | 140   | 79                              |
| Кварц    | —   | 73                              |
| Кирпич   | 17  | 3                               |
| Лед      | 1   | 10                              |
| Медь     | 400   | 120                             |
| Мрамор   | 140   | 70                              |
| Олово    | 20  | 50                              |
| Свинец   | 15  | 16                              |
| Серебро  | 140   | 80                              |
| Сталь    | 500   | 200                             |
| Стекло   | 90  | 50                              |
| Фарфор   | 650   | 150                             |
| Цинк     | 150   | 80                              |

# Примеры сил упругости

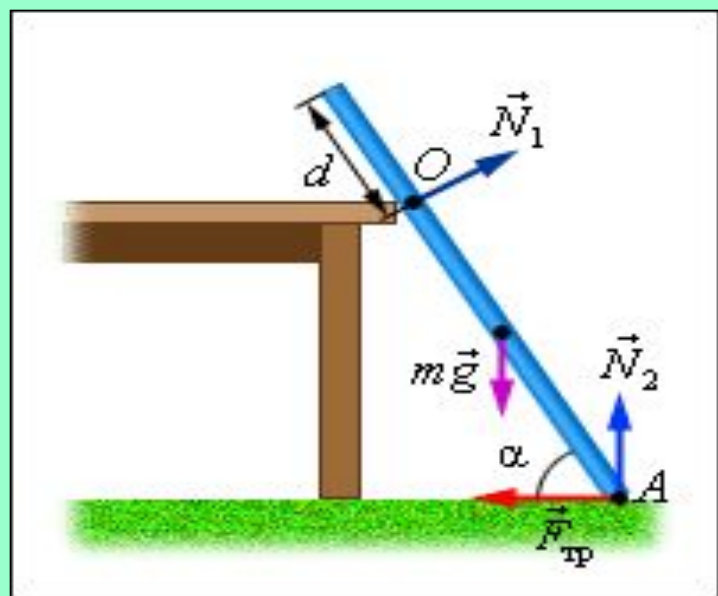
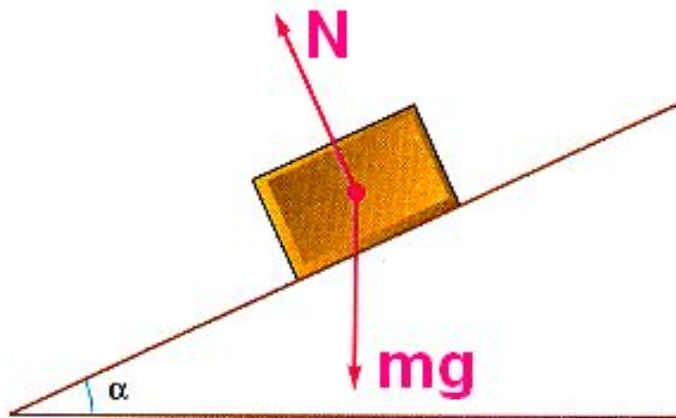
Сила упругости, которая возникает при натяжении подвеса (нити) называется силой натяжения нити и направлена вдоль нити (троса и т. п.)



Сила натяжения приложена в точке контакта

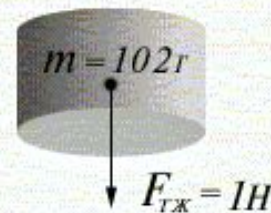
# Примеры сил упругости

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

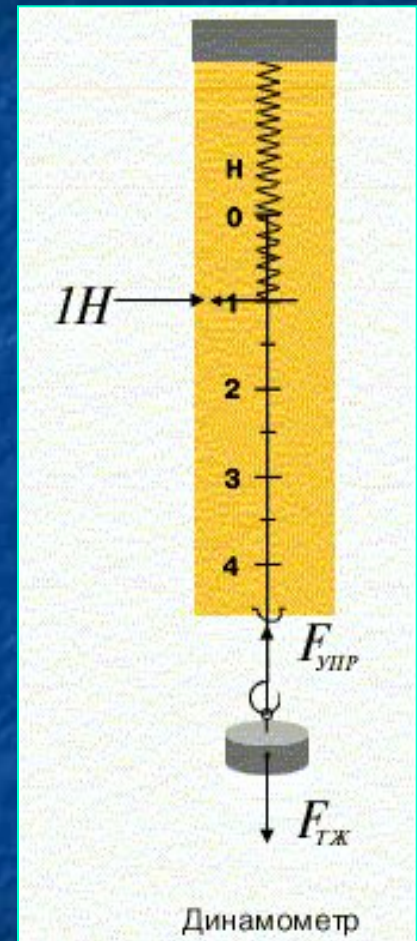


# Динамометр

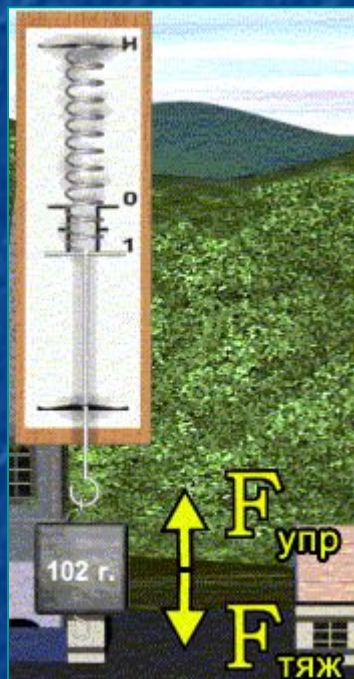
В пределах применимости закона Гука пружины способны сильно изменять свою длину. Поэтому их часто используют для измерения сил. Пружину, растяжение которой проградуировано в единицах силы, называют **динамометром**



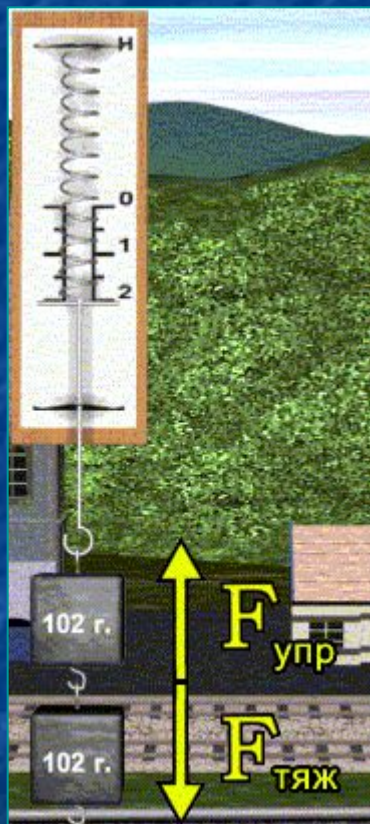
1 ньютон (Н) - единица силы



# Что показывает динамометр



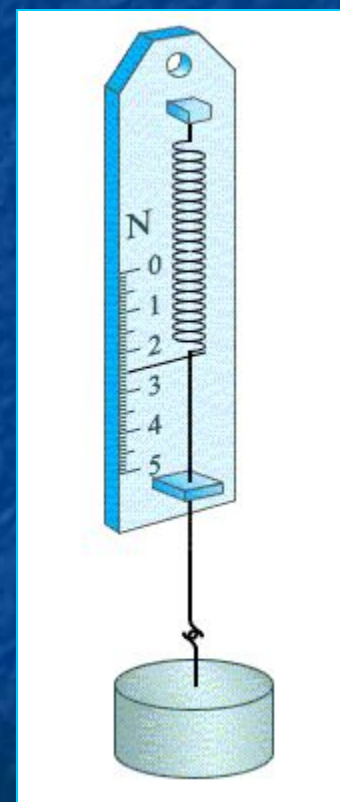
1 Н



2 Н

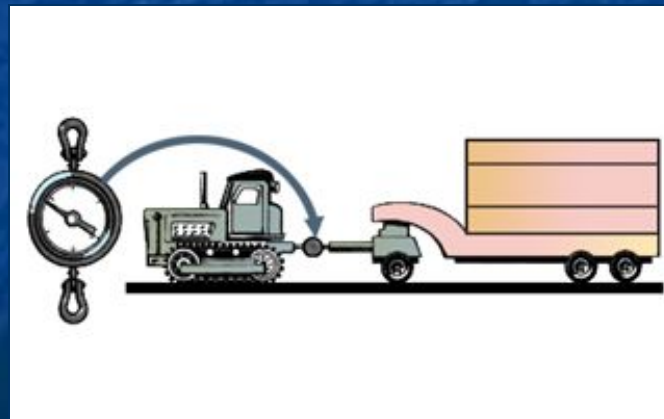
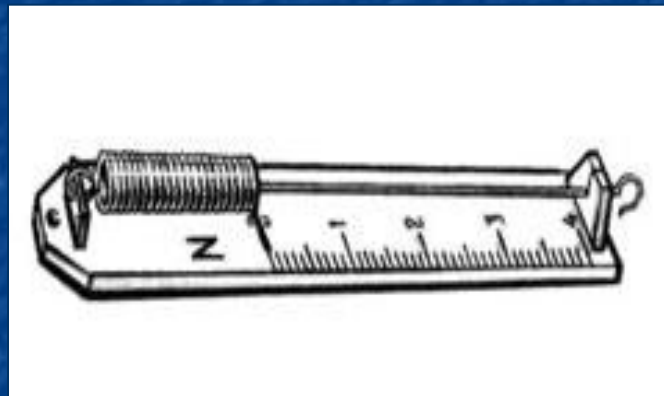
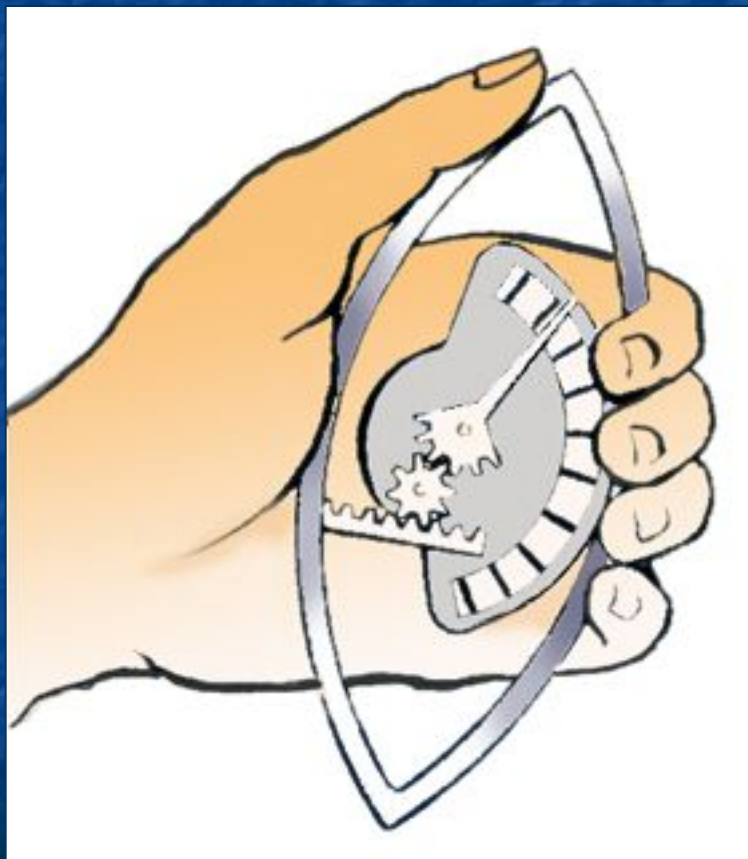


3 Н



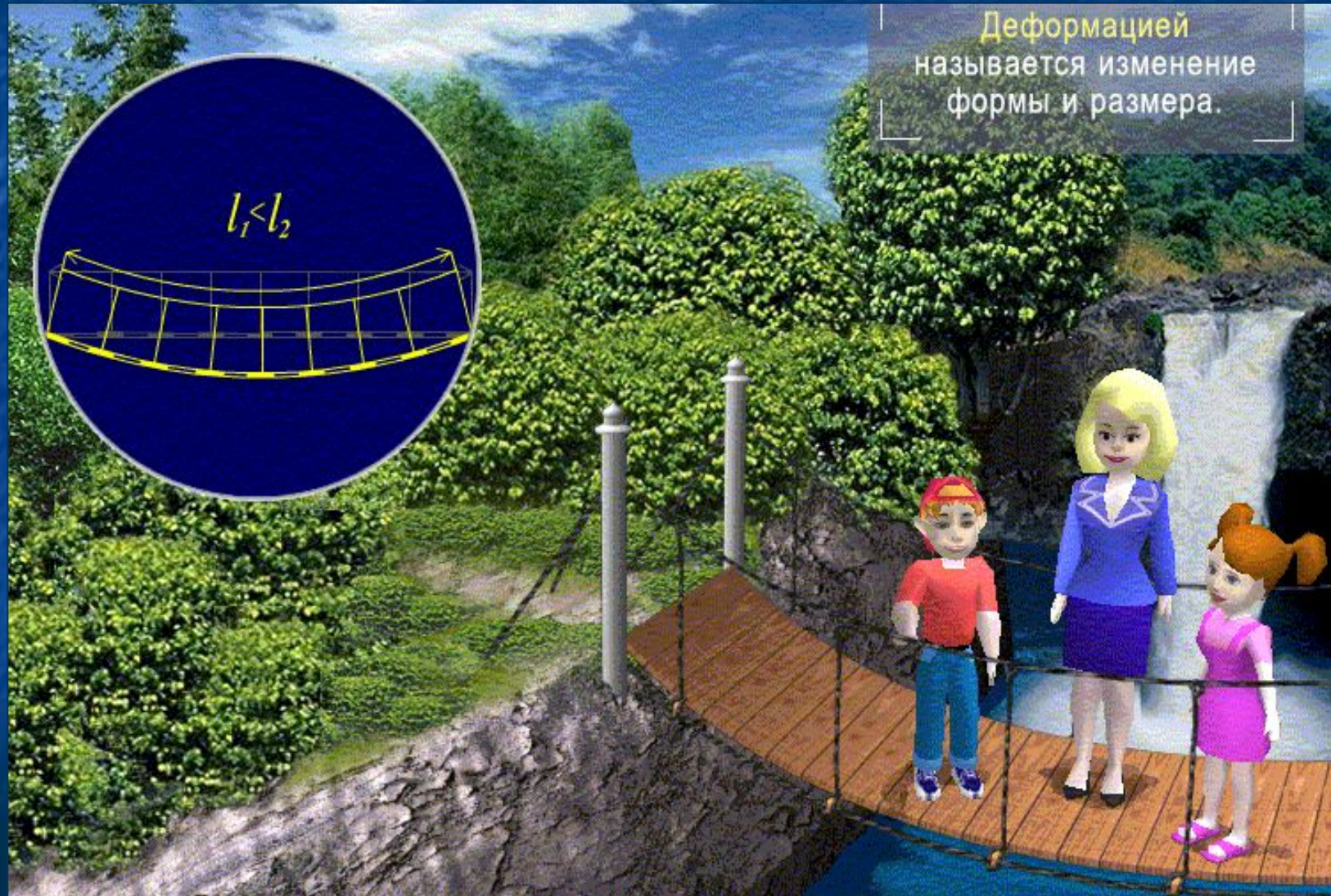
2,5 Н

# Виды динамометров



# Итоги урока

Деформацией называется изменение формы и размера.





# Виды деформаций



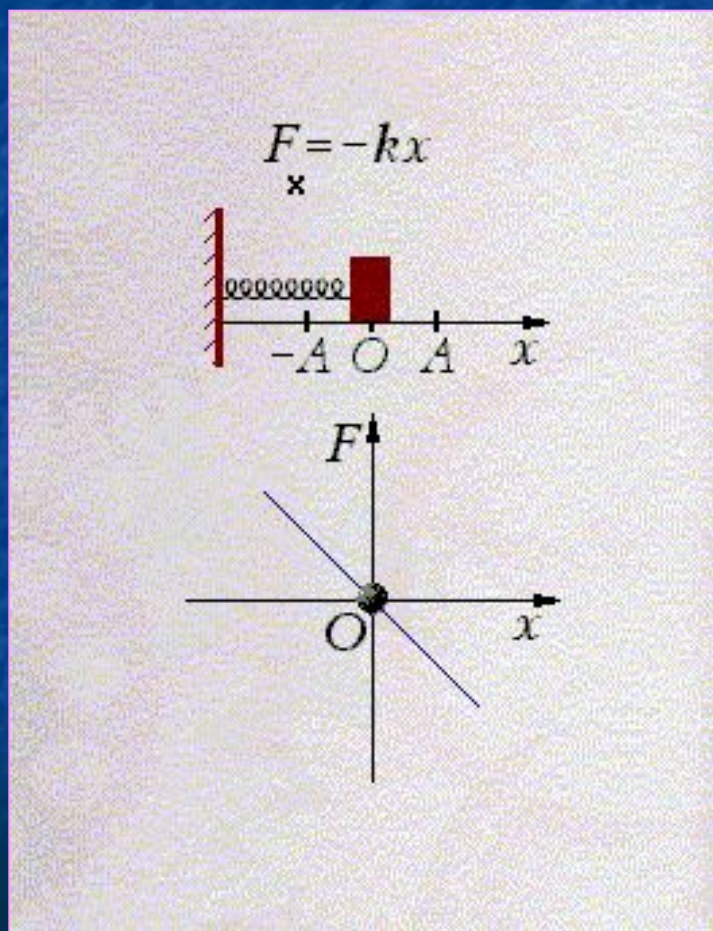
упругие

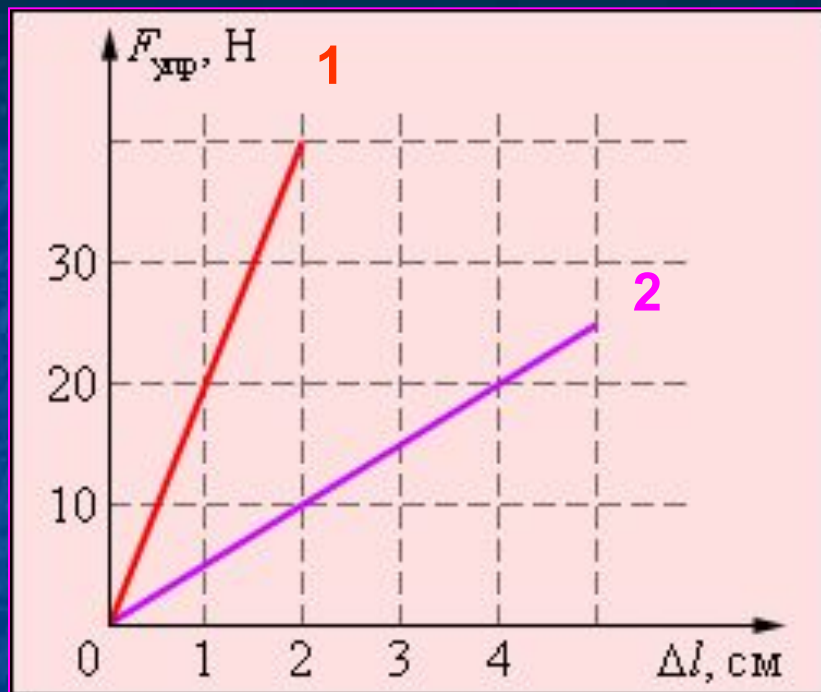


неупругие -  
пластические



# Когда справедлив закон Гука?





В какой пружине больше коэффициент жесткости? Чему они равны?

Ответ:  $k_1 > k_2$ ;

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

# Решите задачу

Тело массой 100г подвешено на пружине, которая вследствие этого удлинилась на 10см.

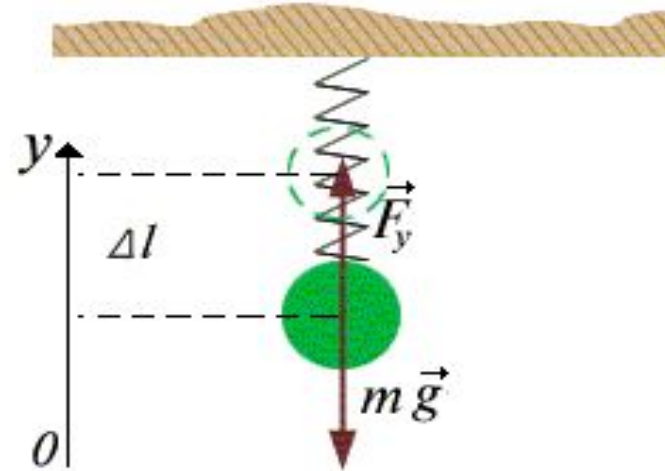
Определить жесткость пружины.

$$m = 100\text{г}$$

$$\Delta l = 10\text{см}$$

$$k = ?$$

**Ответ: жесткость пружины равна 9,8 Н/м**



Уравнение второго закона Ньютона  
в проекции на ось OY

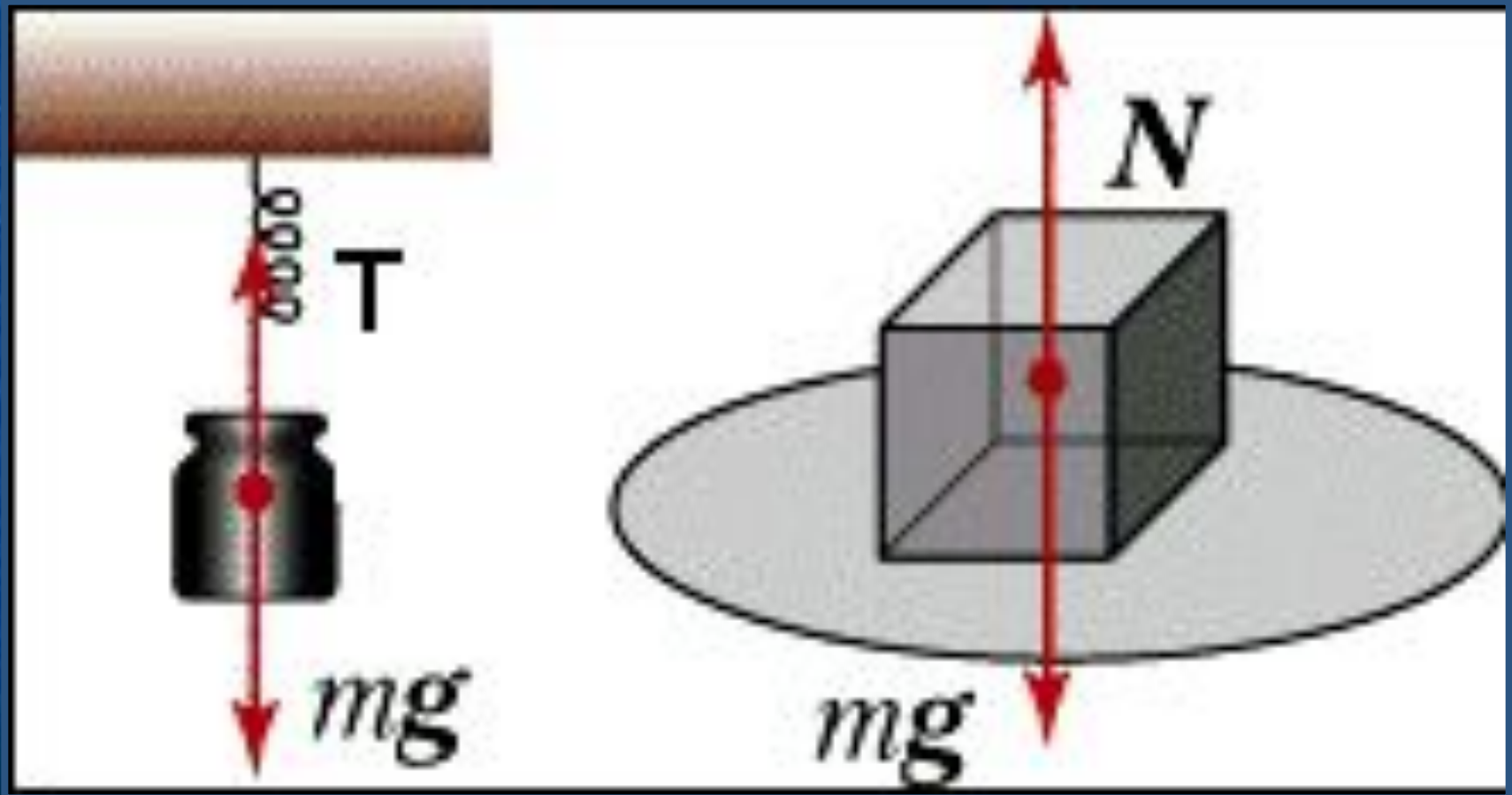
$$F_y - m g = 0$$

$$k \Delta l = m g$$

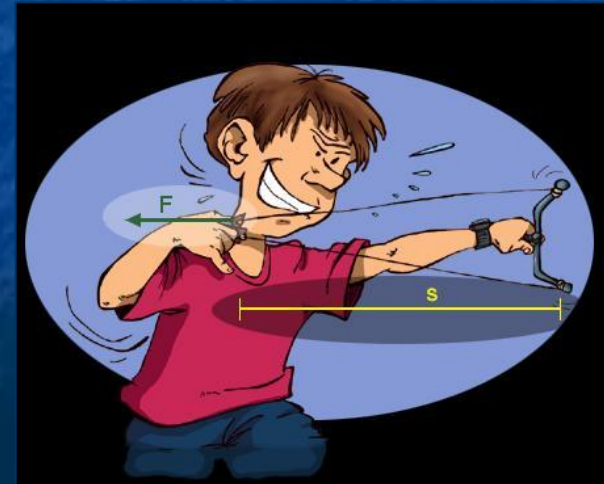
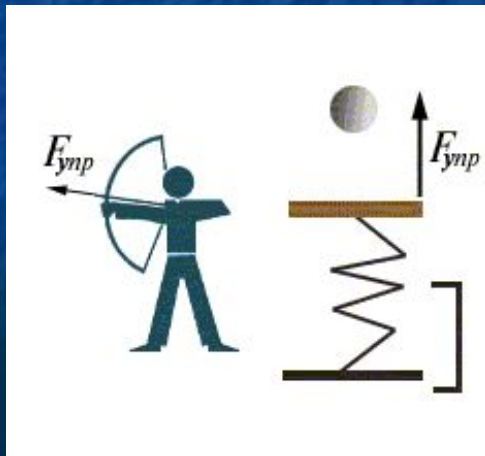
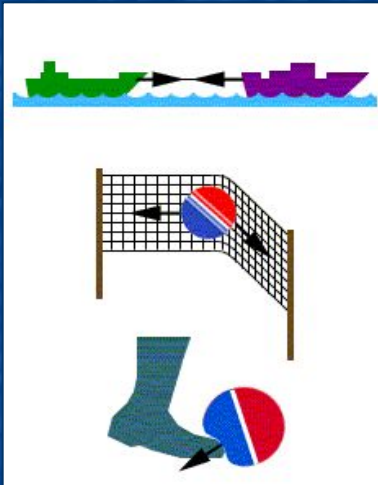
$$k = \frac{m g}{\Delta l}$$

$$k = \frac{0.1\text{кг} \cdot 9.8\text{м/с}^2}{0.1\text{м}} = 9.8\text{Н/м}$$

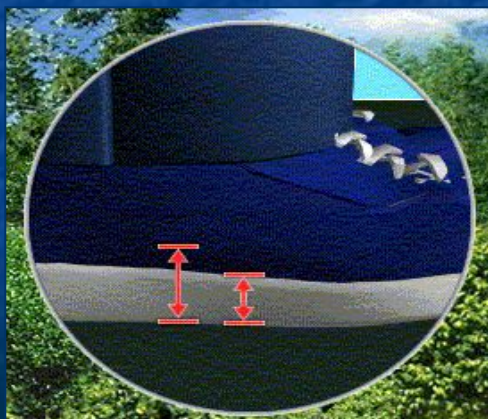
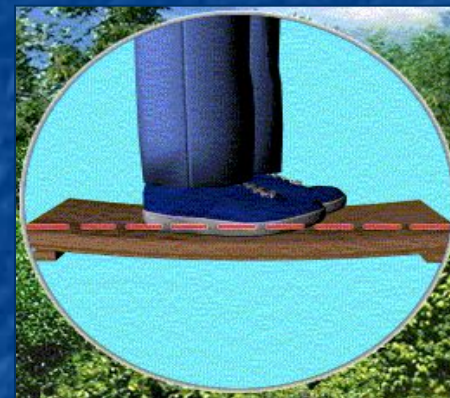
# Виды силы упругости



# Какие деформации изображены?



# Деформации в жизни



# Деформации в жизни

