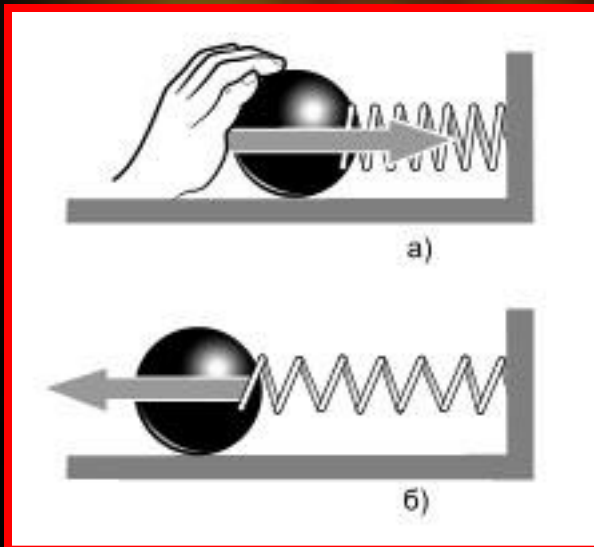




Сила упругости

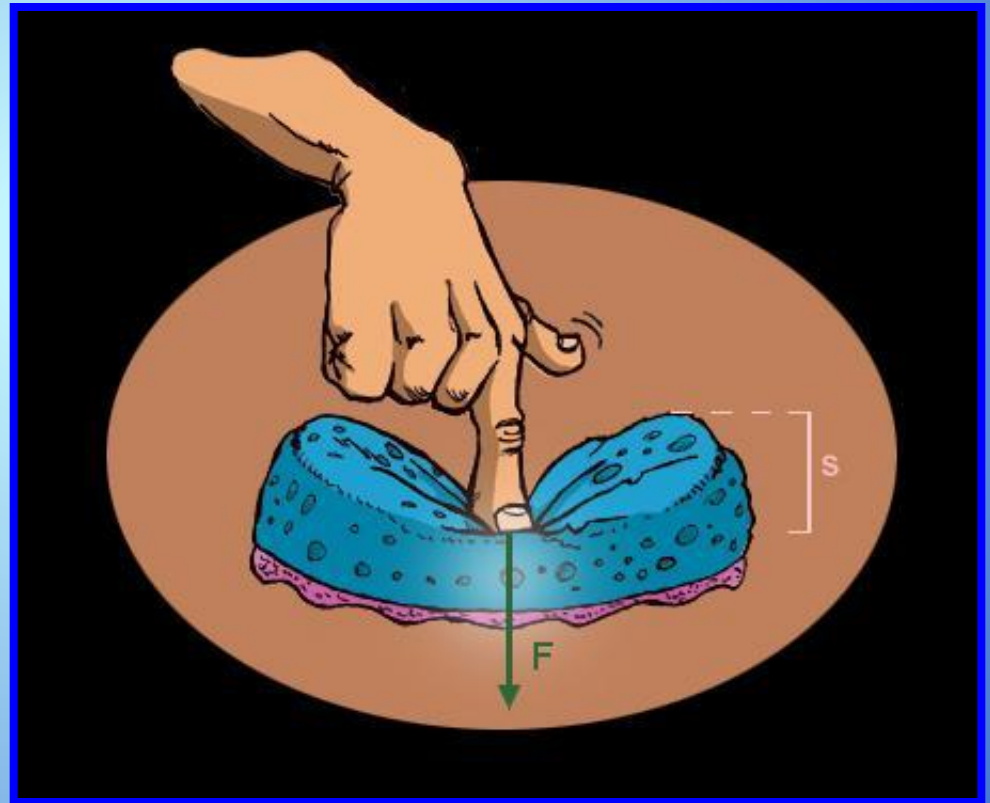


Сила упругости – сила, возникающая при деформации тела и направленная противоположно направлению смещения частиц при деформации



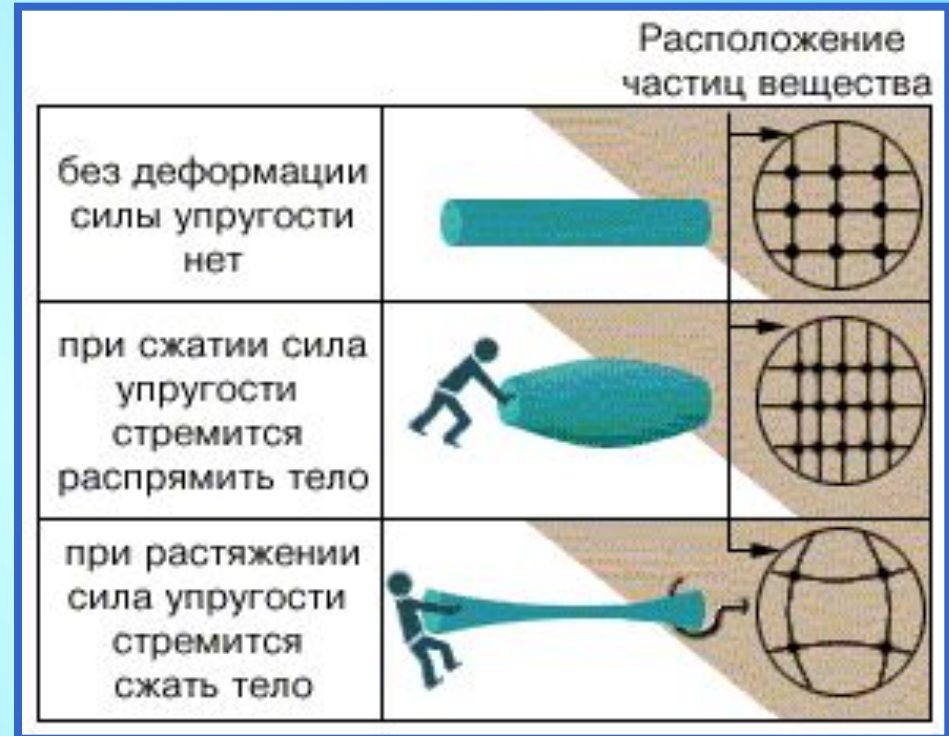
Условия возникновения силы упругости - деформация

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

Примеры
деформаций

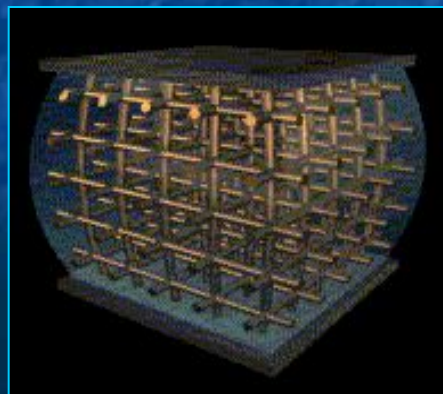
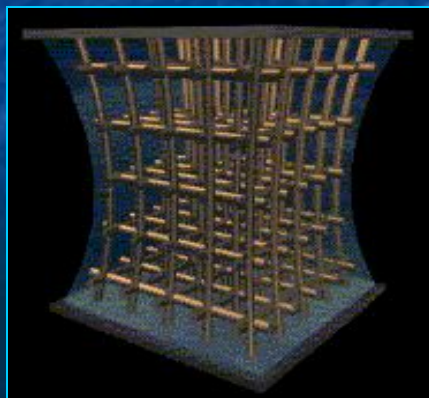


Основные типы упругой деформации

Растяжение и сжатие

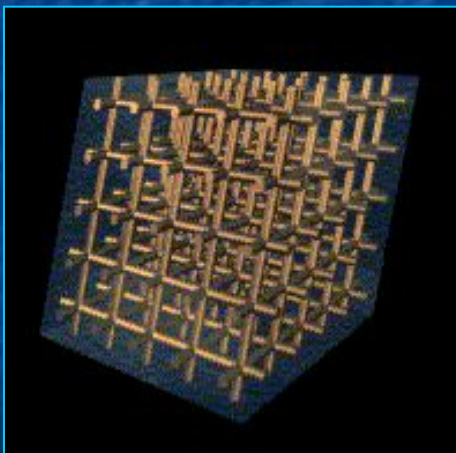
При деформации растяжения увеличиваются размеры тела.

При деформации сжатия уменьшаются размеры тела.



Основные типы упругой деформации

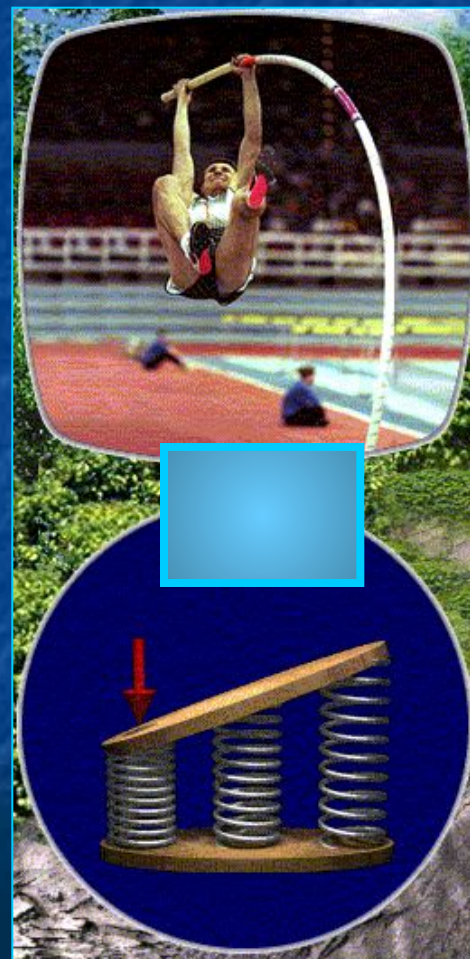
СДВИГ



Основные типы упругой деформации

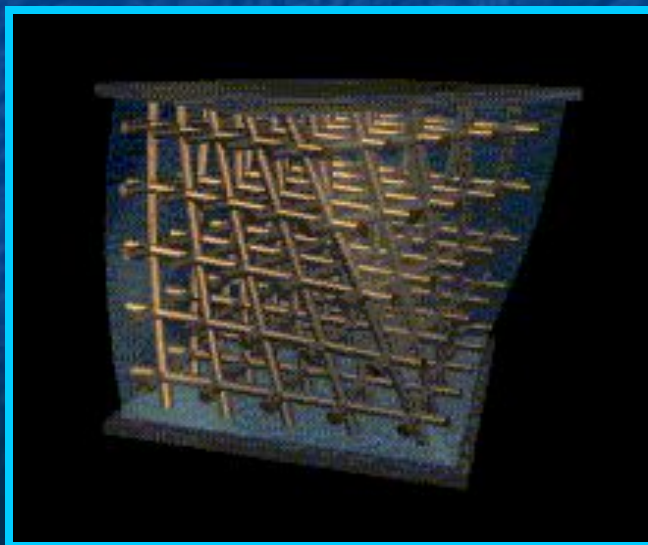
**Изгиб –
сочетание
растяжения и
сжатия**

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



Основные типы упругой деформации

Кручение –
сводится к
сдвигу

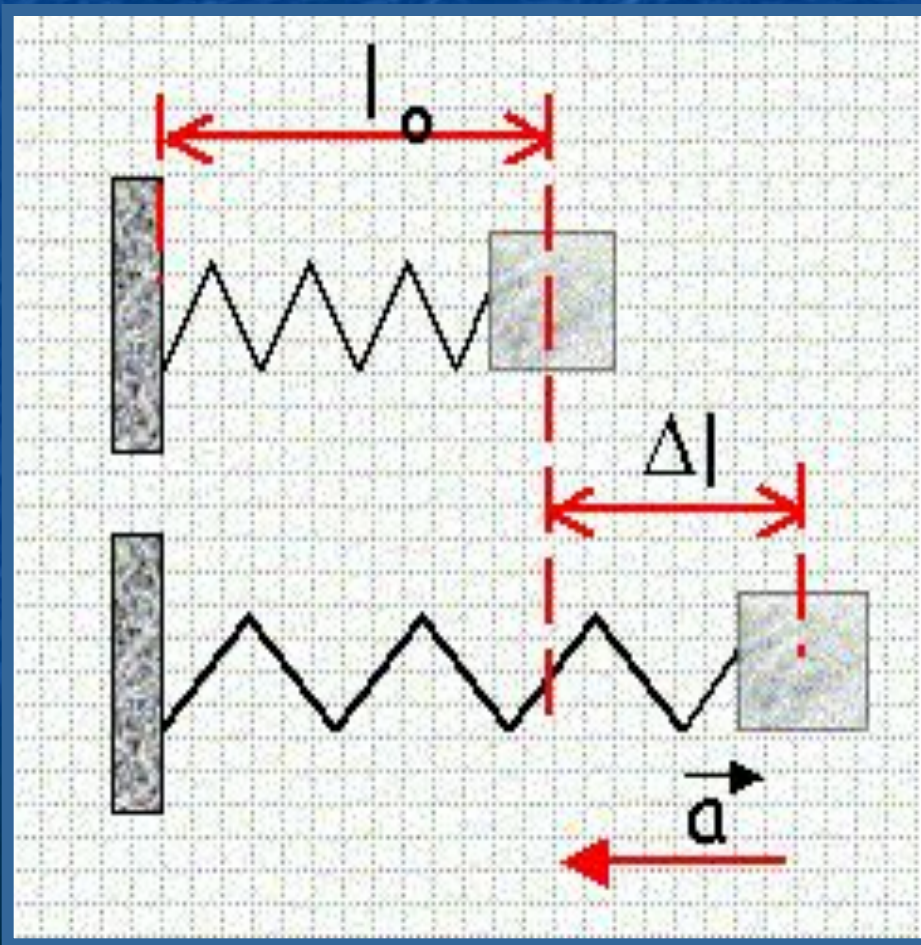


От чего зависит сила упругости при растяжении?



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

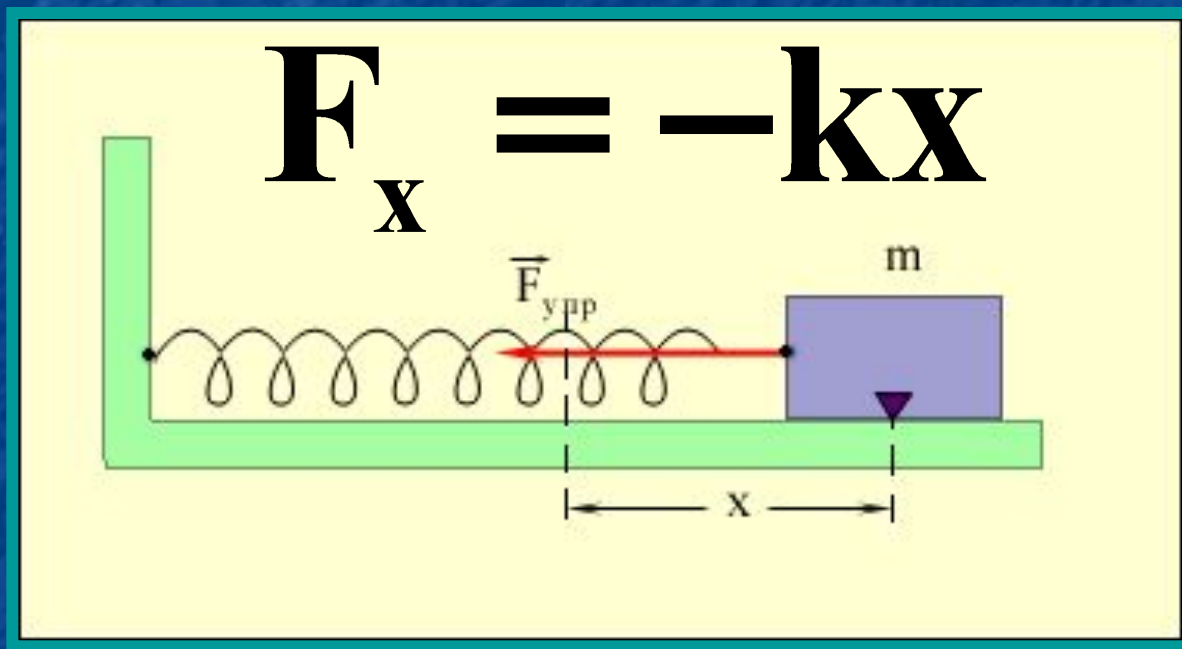
сжатие

$$[\Delta l] = \text{м}$$

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,

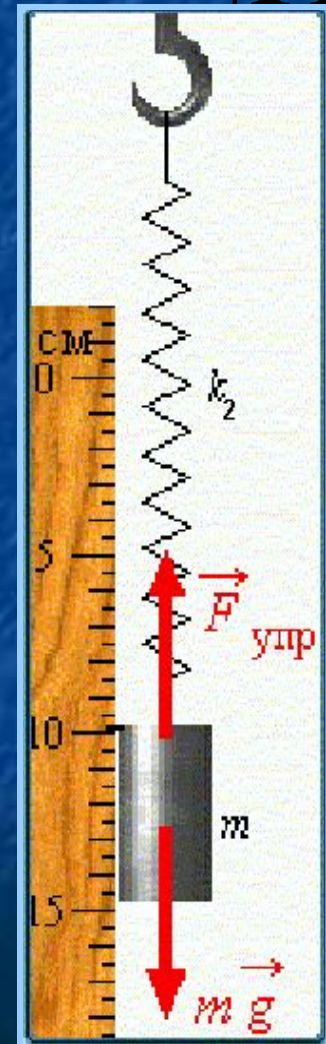
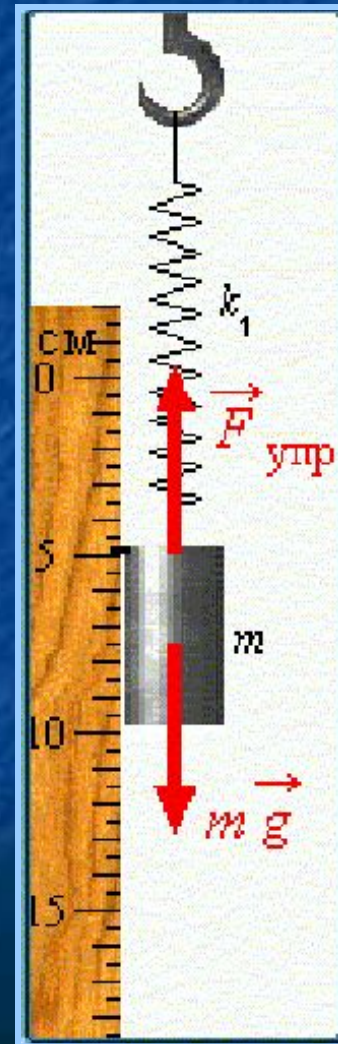
k – коэффициент жесткости $[k] = \text{Н/м}$

Что называется жесткостью тела?

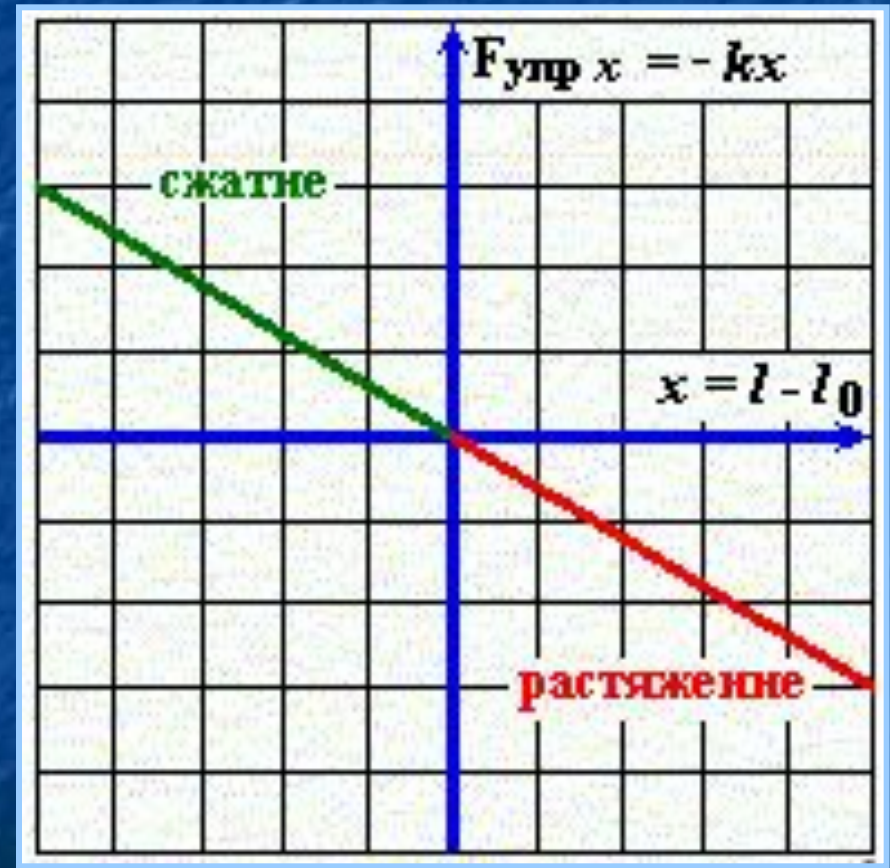
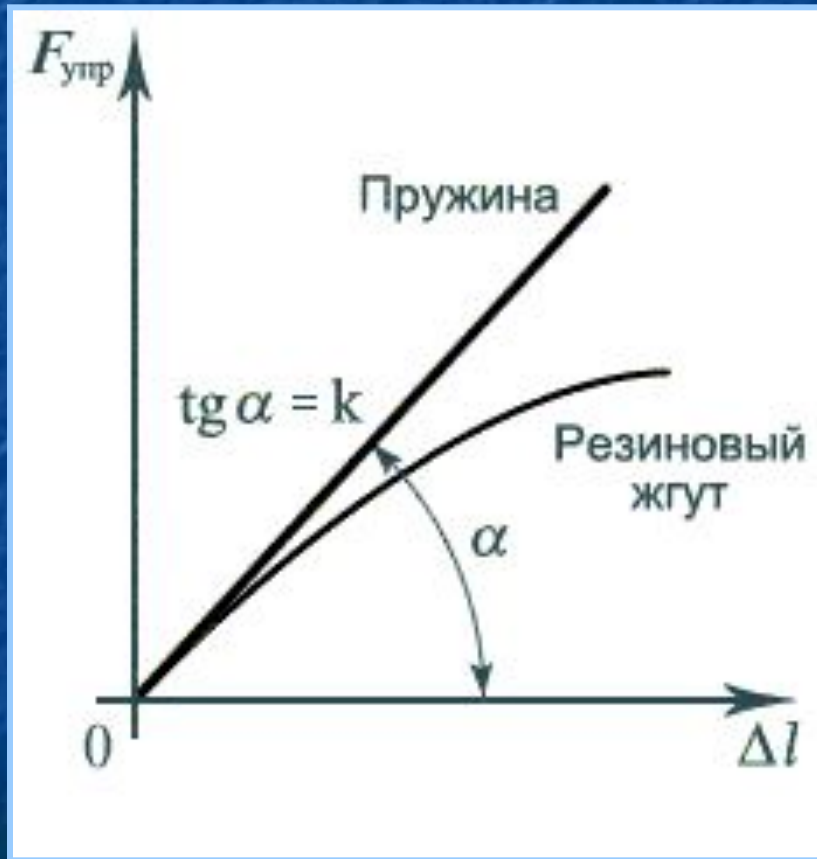
$$k = \frac{F_x}{|X|}$$

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

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



Графическое представление закона Гука

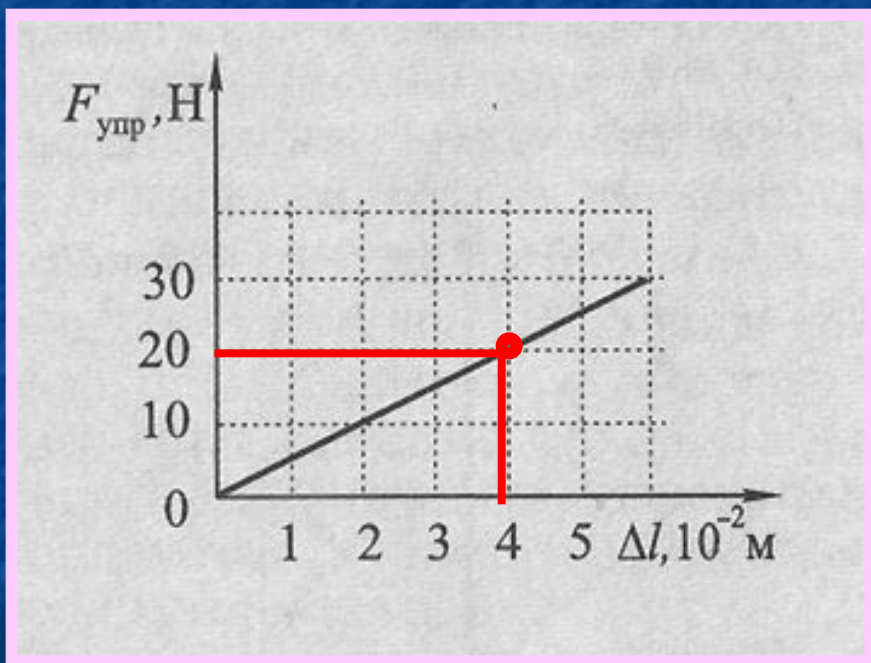


$$\text{tg } \alpha = k = F_{\text{упр}} / \Delta l \quad \text{tg } \alpha = k = F_{\text{упр}} / x$$

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



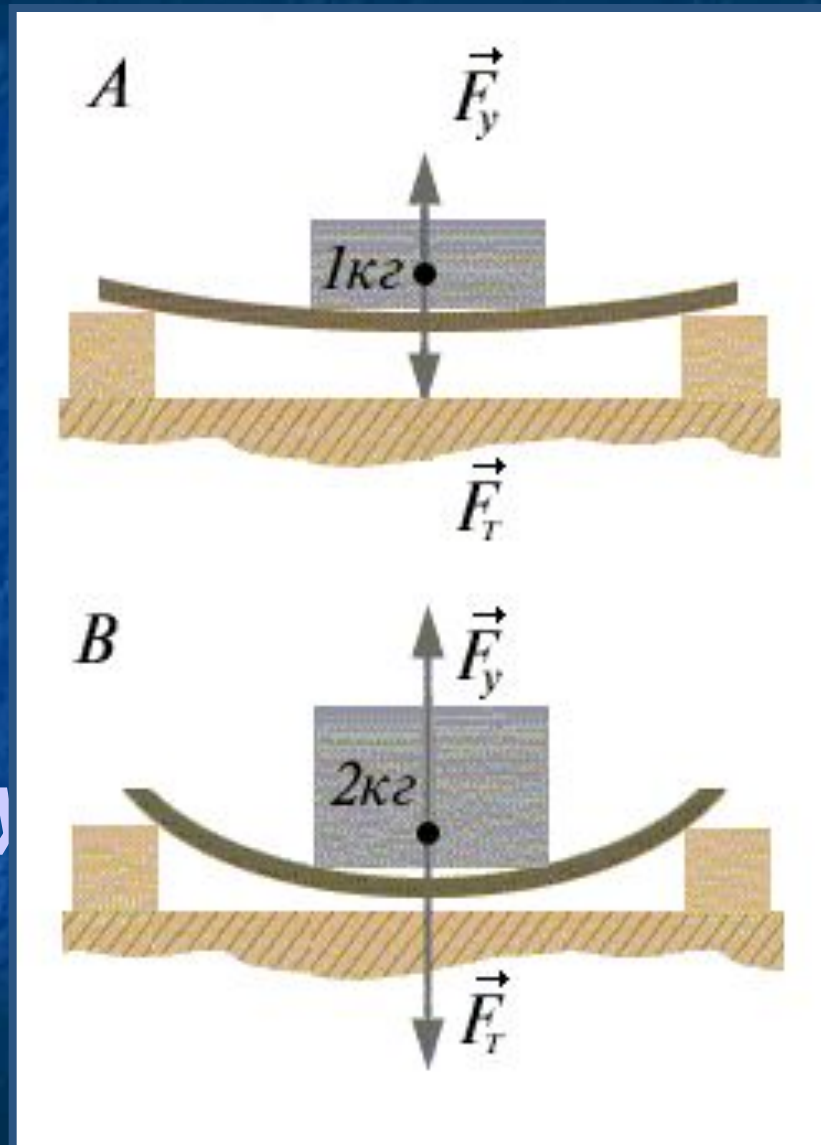
$$k = 20 \text{ Н} / 0,04 \text{ м} = 500 \text{ Н/м}$$

Закон Гука для малых упругих деформаций

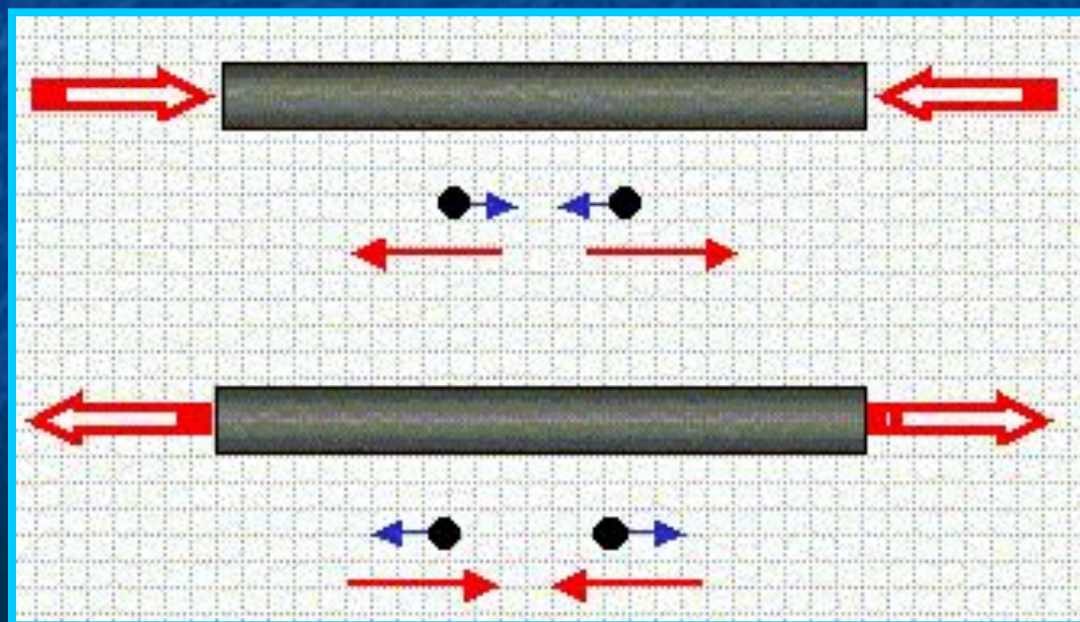
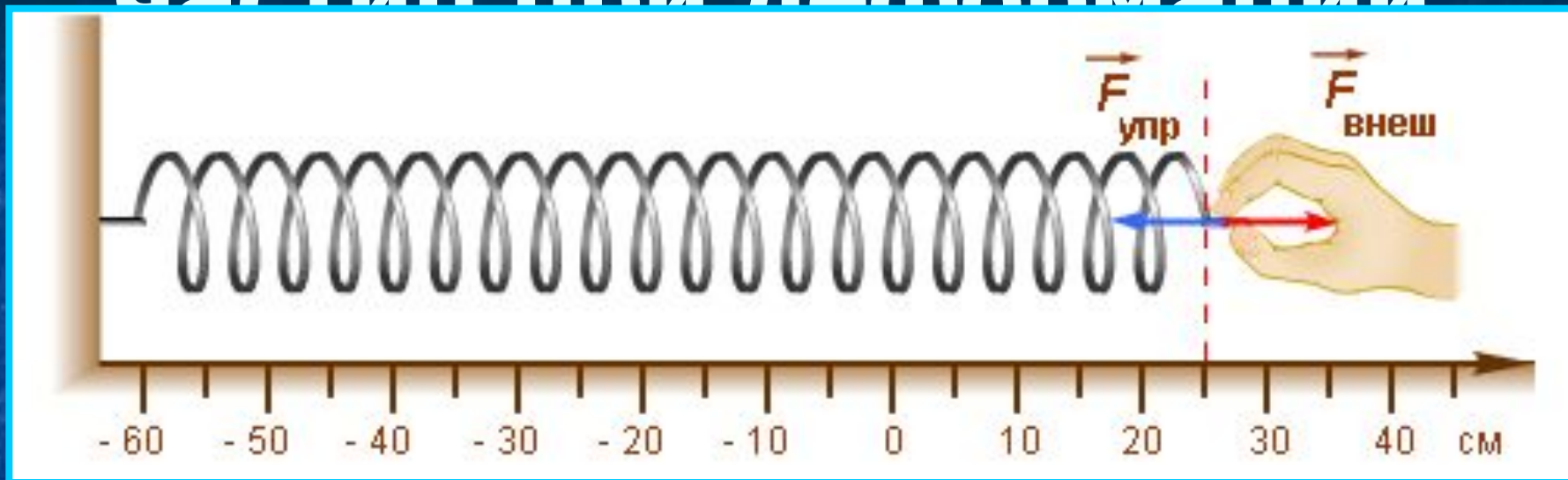
Сила упругости, возникающая при деформации тела, прямо пропорциональна его удлинению (сжатию) и направлена противоположно перемещению частиц тела при деформации

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

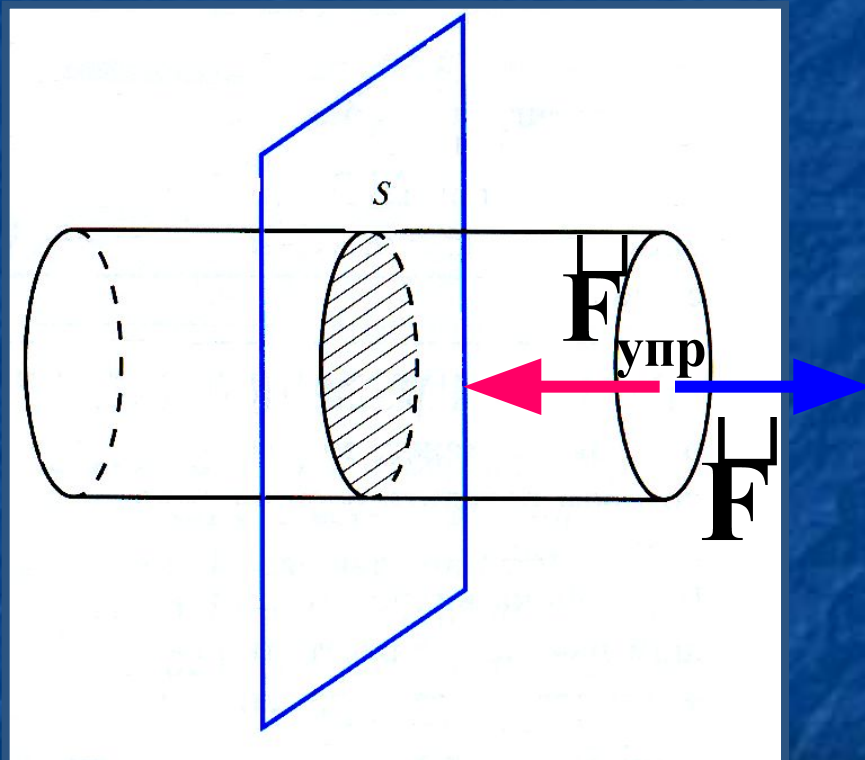
Для этого
введем две
новые
величины:
относительное
удлинение
(сжатие) – ε
и
напряжение – σ

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

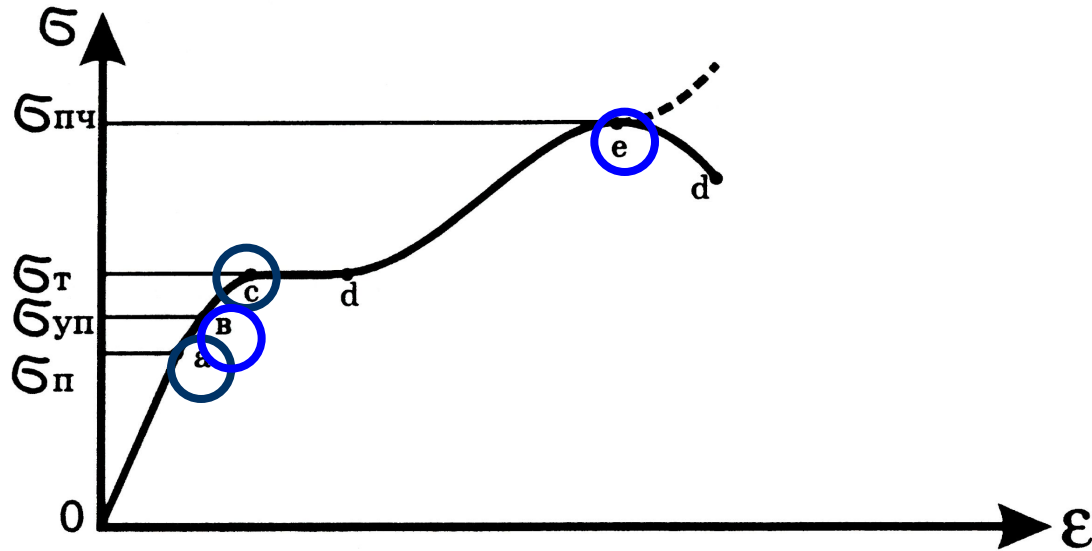
Модуль Юнга зависит только от свойств материала и не зависит от размеров и формы тела.

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



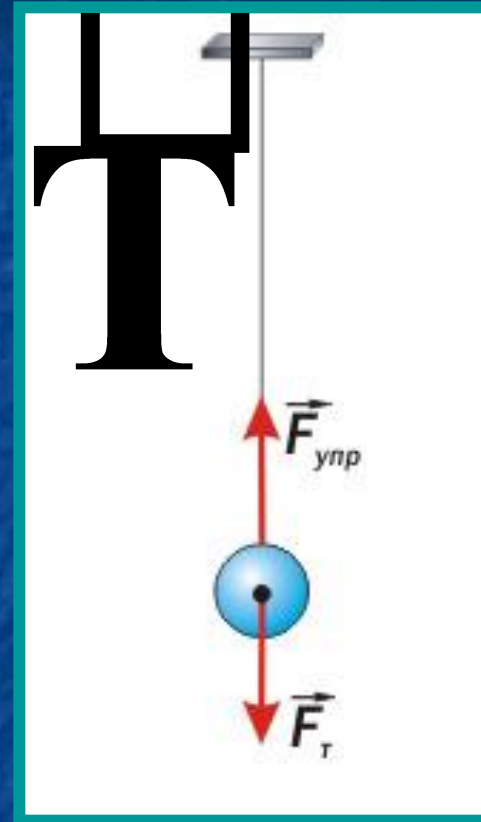
| Механическая характеристика | Обозначение | Пояснения |
|--------------------------------|---------------|---|
| Предел пропорциональнос | σ_p | наибольшее напряжение, до которого справедлив закон Гука |
| Предел упругости ^{ТИ} | $\sigma_{уп}$ | наибольшее напряжение, при котором ещё не возникают заметные остаточные деформации |
| Предел текучести | σ_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 σ , 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

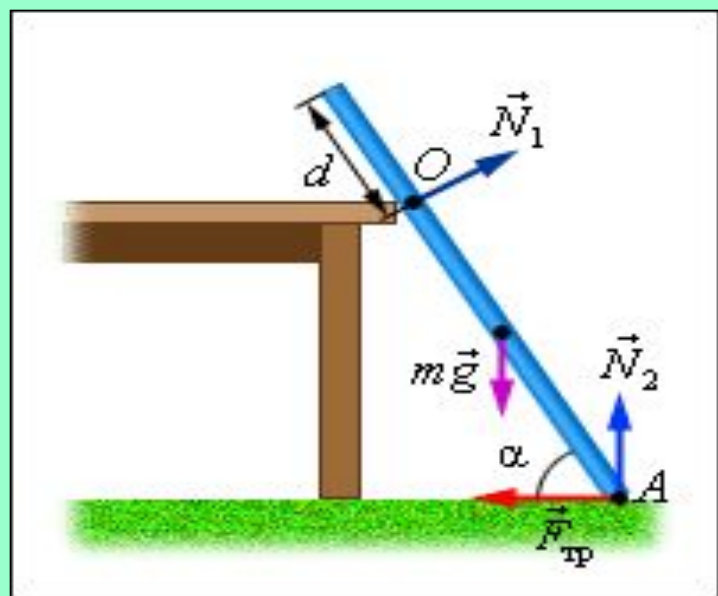
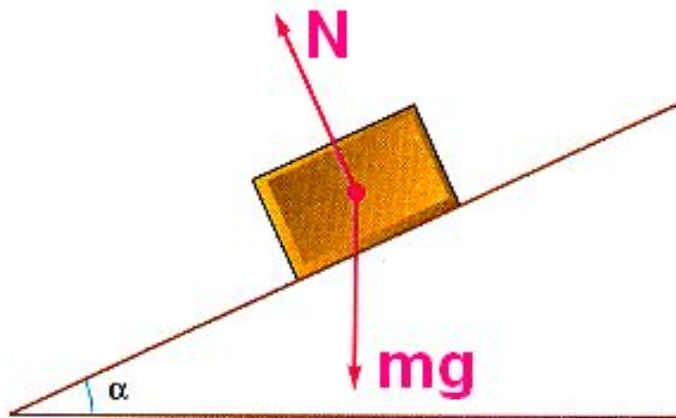
Сила упругости, которая возникает при натяжении подвеса (нити) называется силой натяжения нити и направлена вдоль нити (троса и т. п.)



Сила натяжения приложена в точке контакта

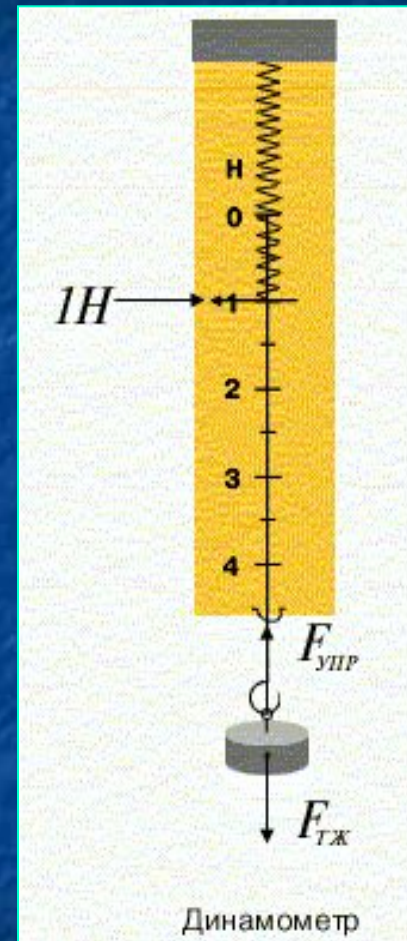
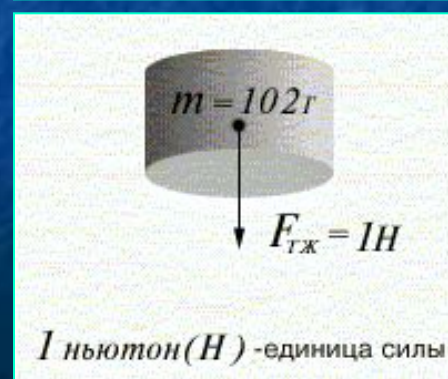
Примеры сил упругости

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

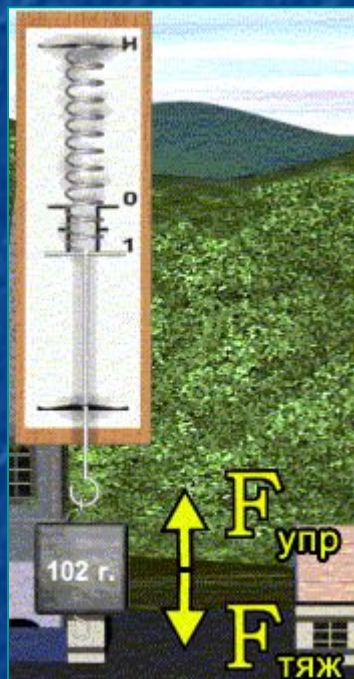


Динамометр

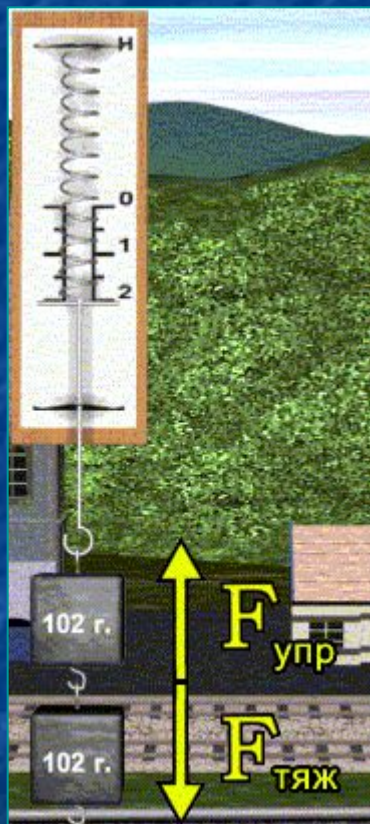
В пределах применимости закона Гука пружины способны сильно изменять свою длину. Поэтому их часто используют для измерения сил. Пружину, растяжение которой проградуировано в единицах силы, называют **динамометром**



Что показывает динамометр



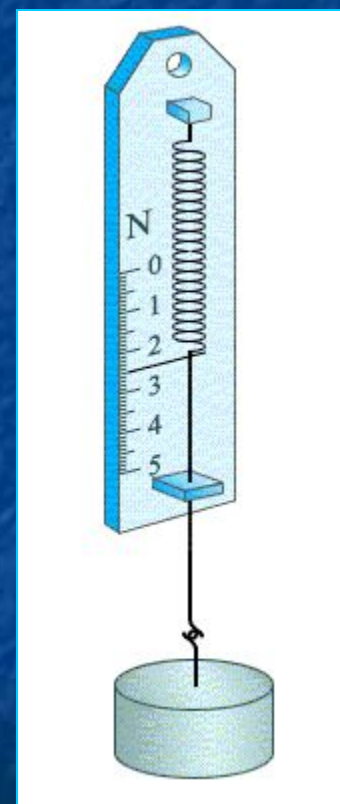
1 Н



2 Н

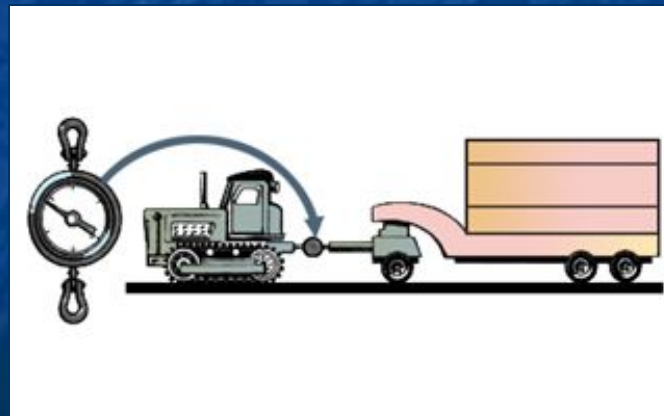
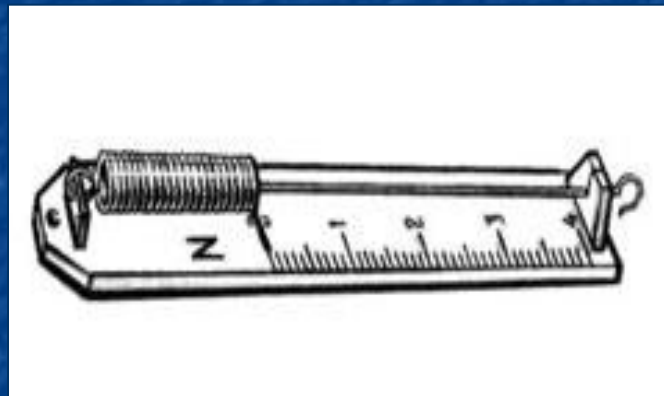
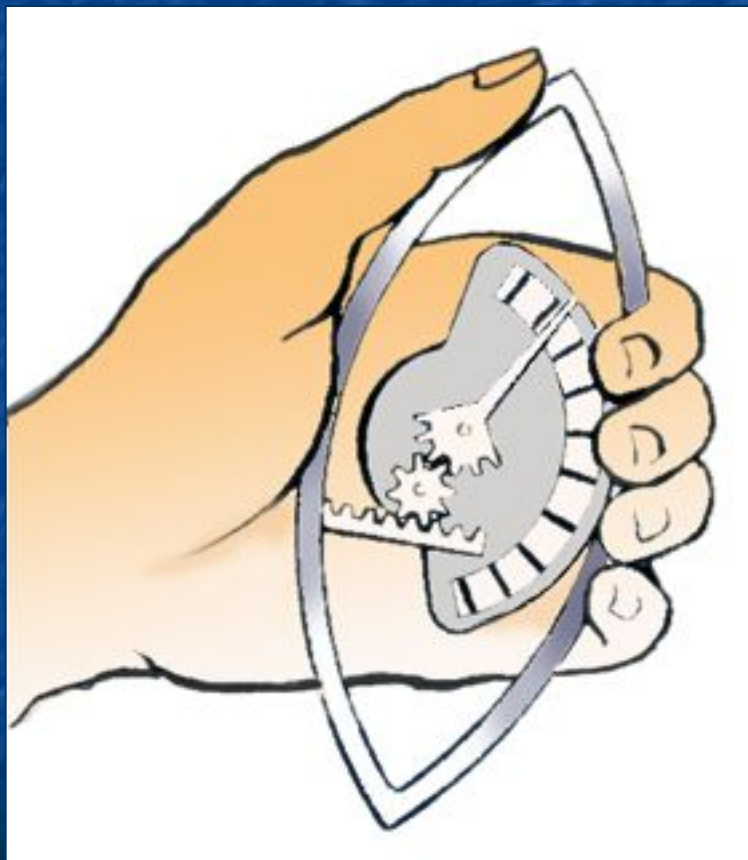


3 Н



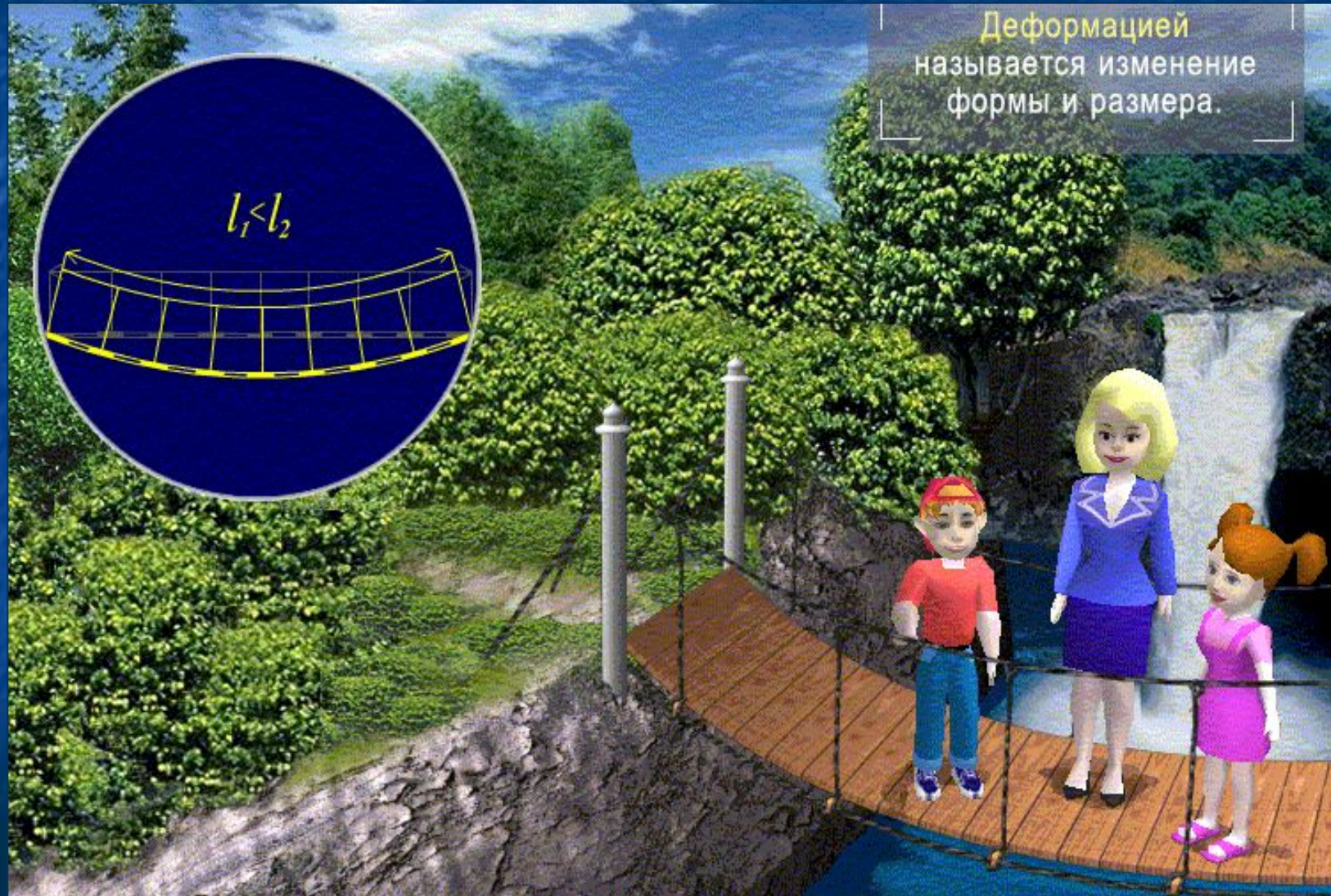
2,5 Н

Виды динамометров



Итоги урока

Деформацией называется изменение формы и размера.



Виды деформаций



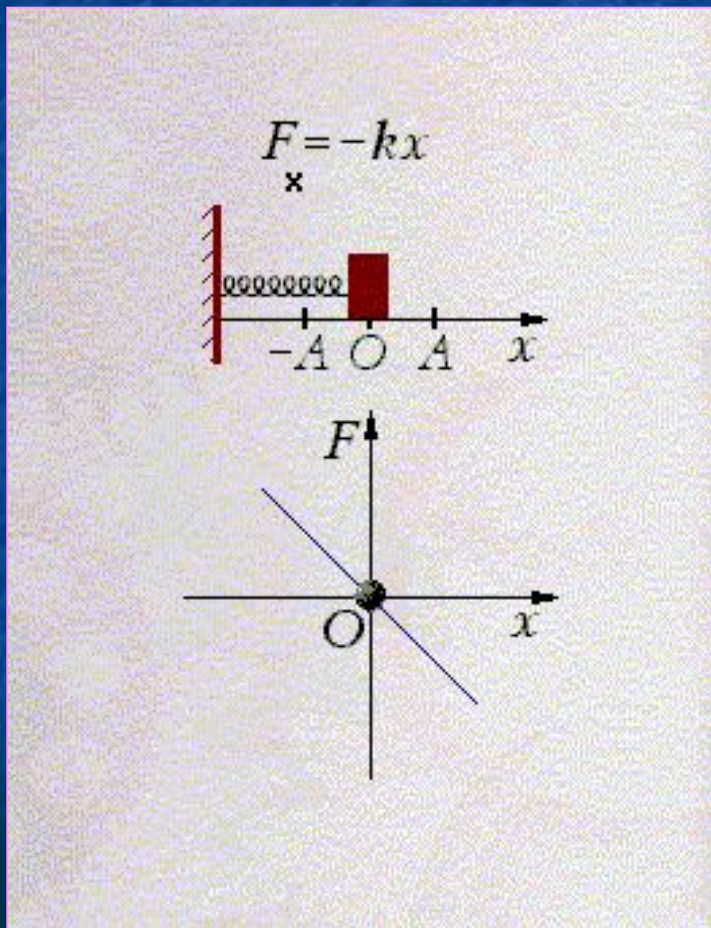
упругие

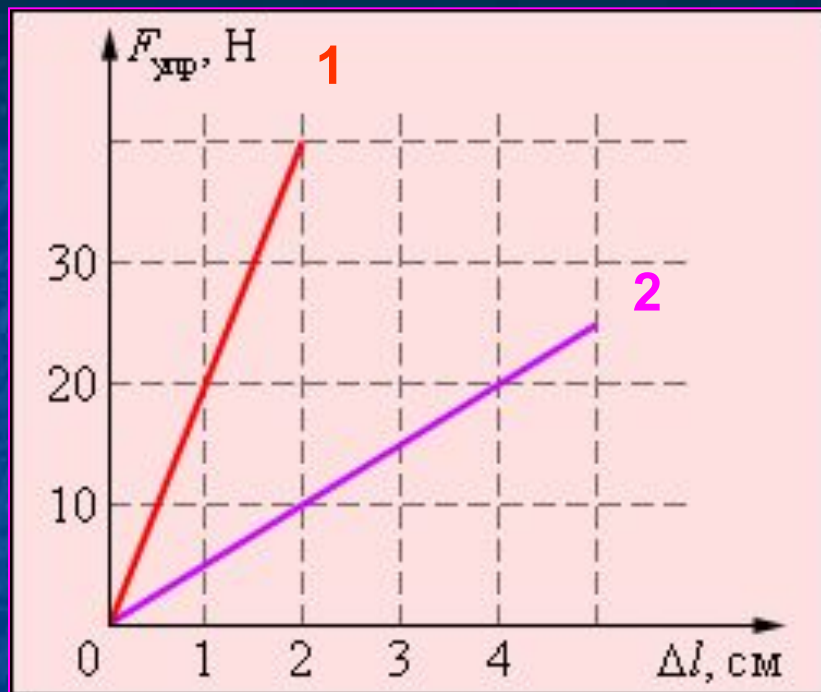


неупругие -
пластические



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.

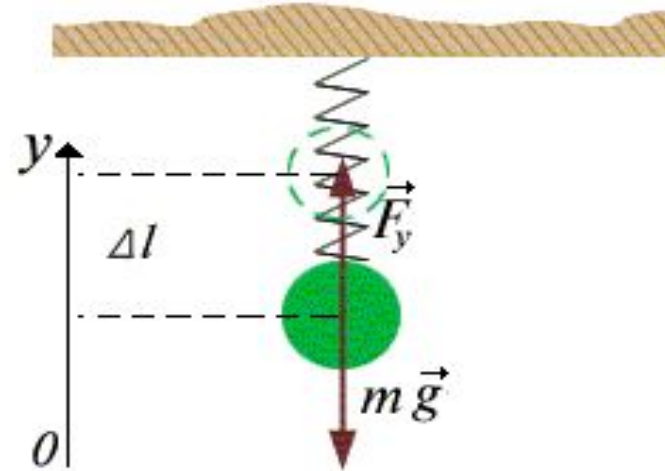
Определить жесткость пружины.

$$m = 100\text{г}$$

$$\Delta l = 10\text{см}$$

$$k = ?$$

Ответ: жесткость пружины равна 9,8 Н/м



Уравнение второго закона Ньютона в проекции на ось OY

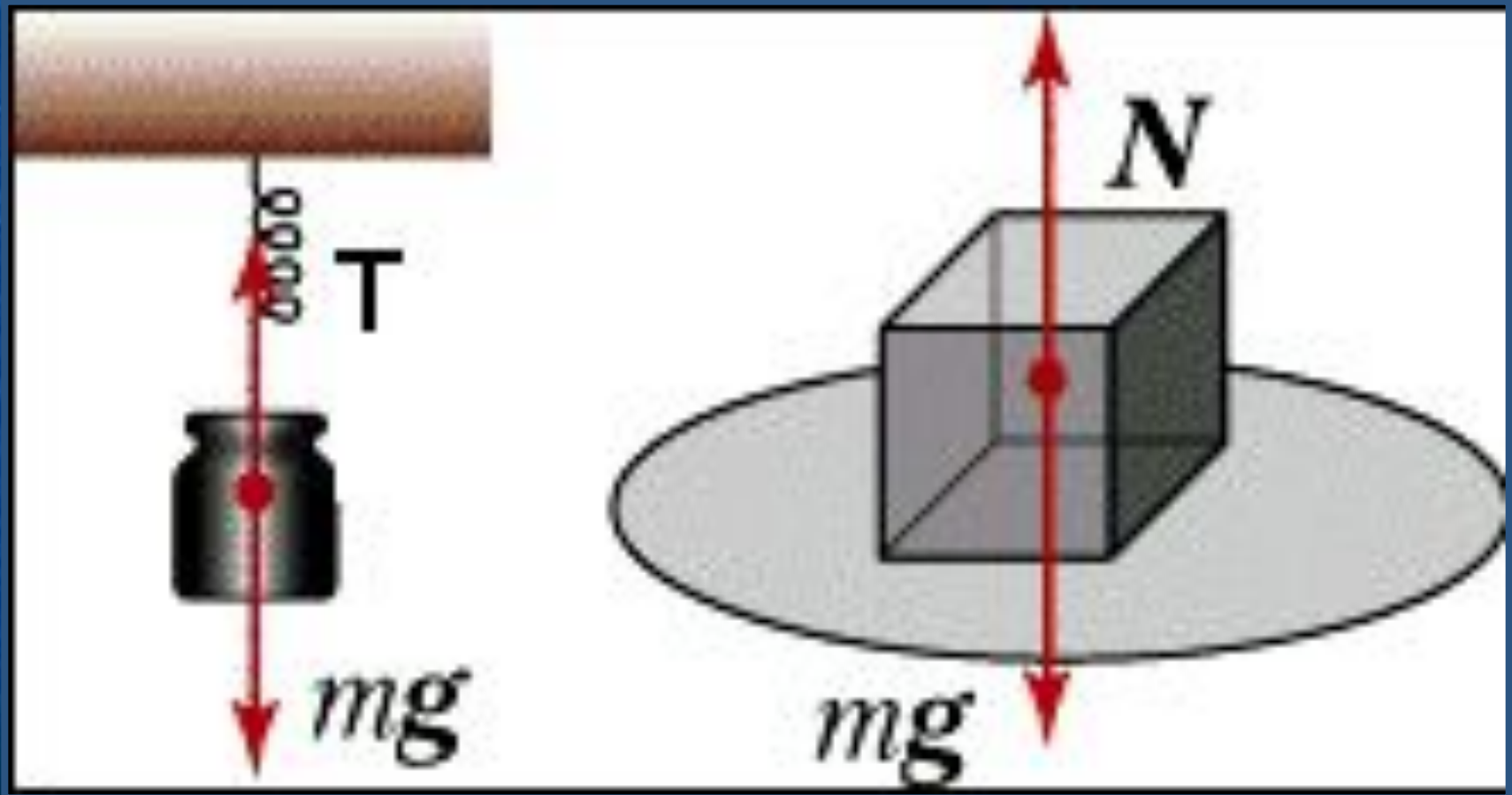
$$F_y - m g = 0$$

$$k \Delta l = m g$$

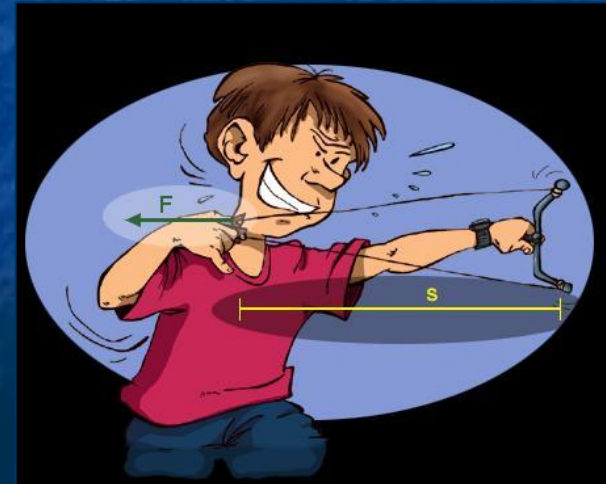
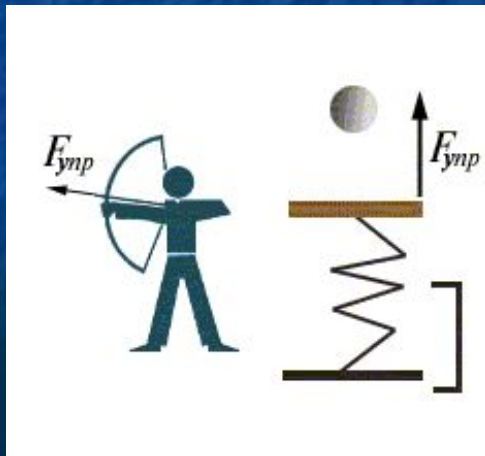
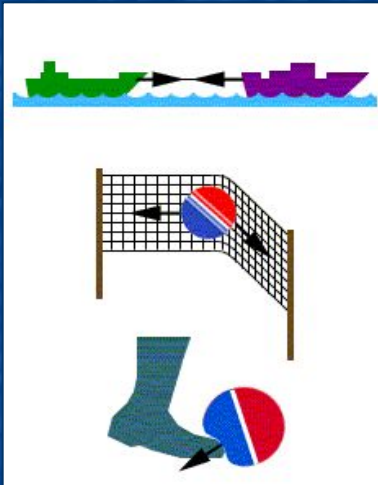
$$k = \frac{m g}{\Delta l}$$

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

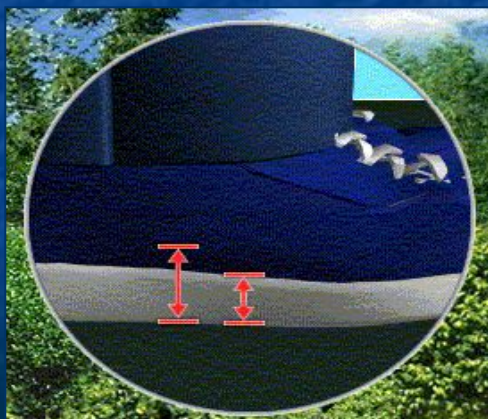
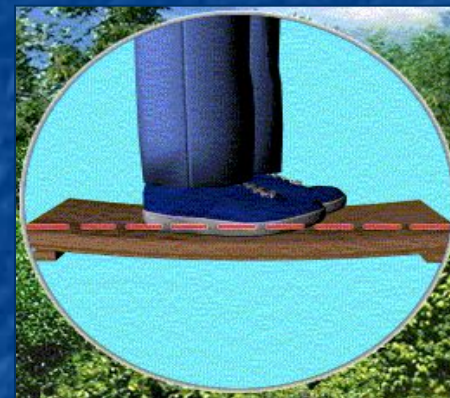
Виды силы упругости



Какие деформации изображены?



Деформации в жизни



Деформации в жизни

