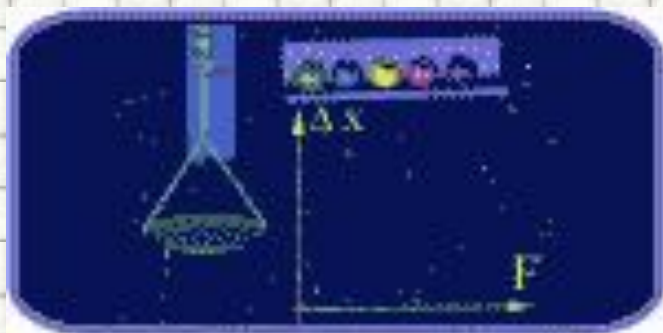




Сила упругости Закон Гука

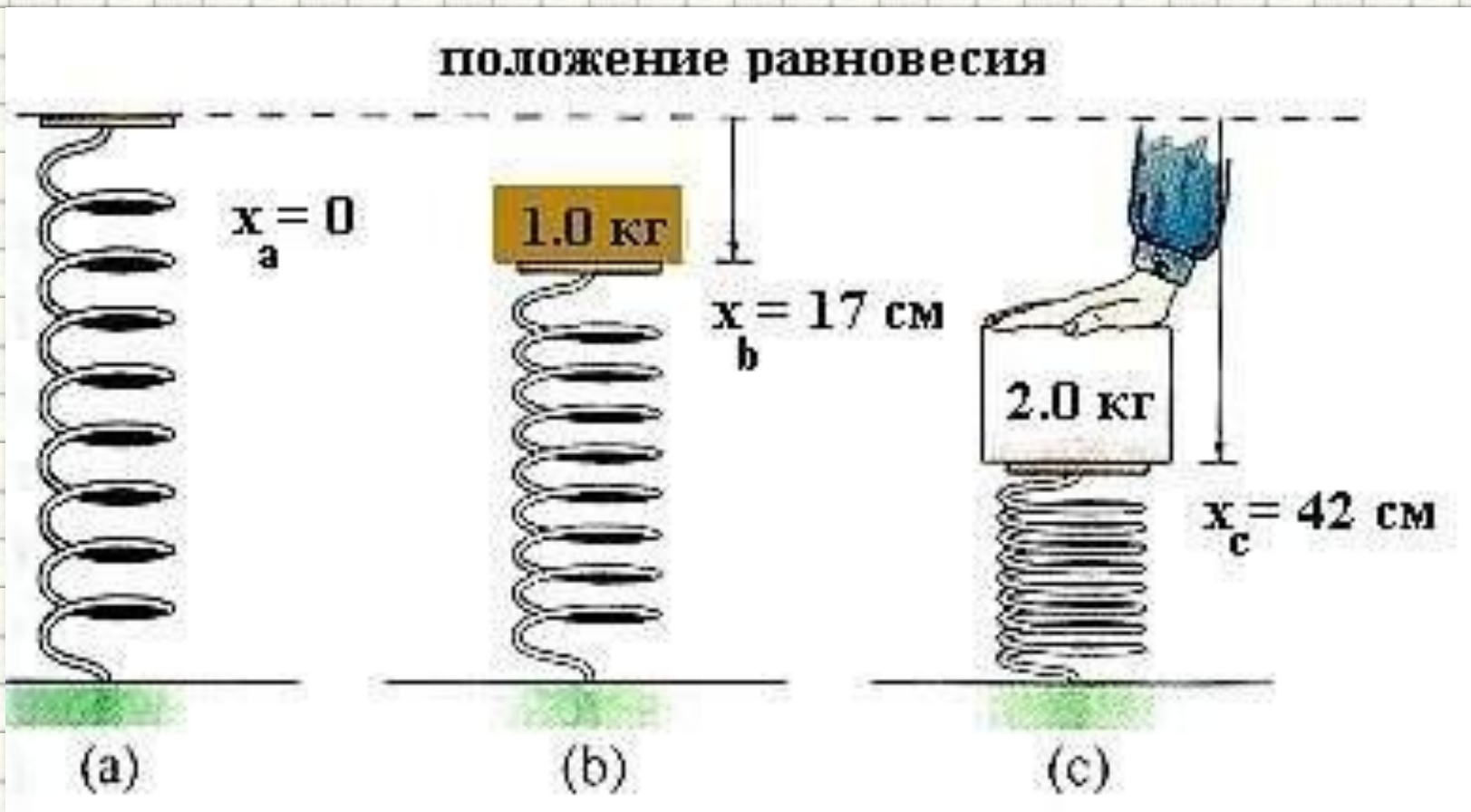


Цель:

- повторение основных понятий, графиков и формул, связанных с силой упругости, а также разбор задач различного уровня сложности в соответствии с кодификатором ГИА и планом демонстрационного варианта экзаменационной работы

Деформация – результат действия силы

- Чем **больше усилие**, сжимающее пружину, тем **больше ее деформация**



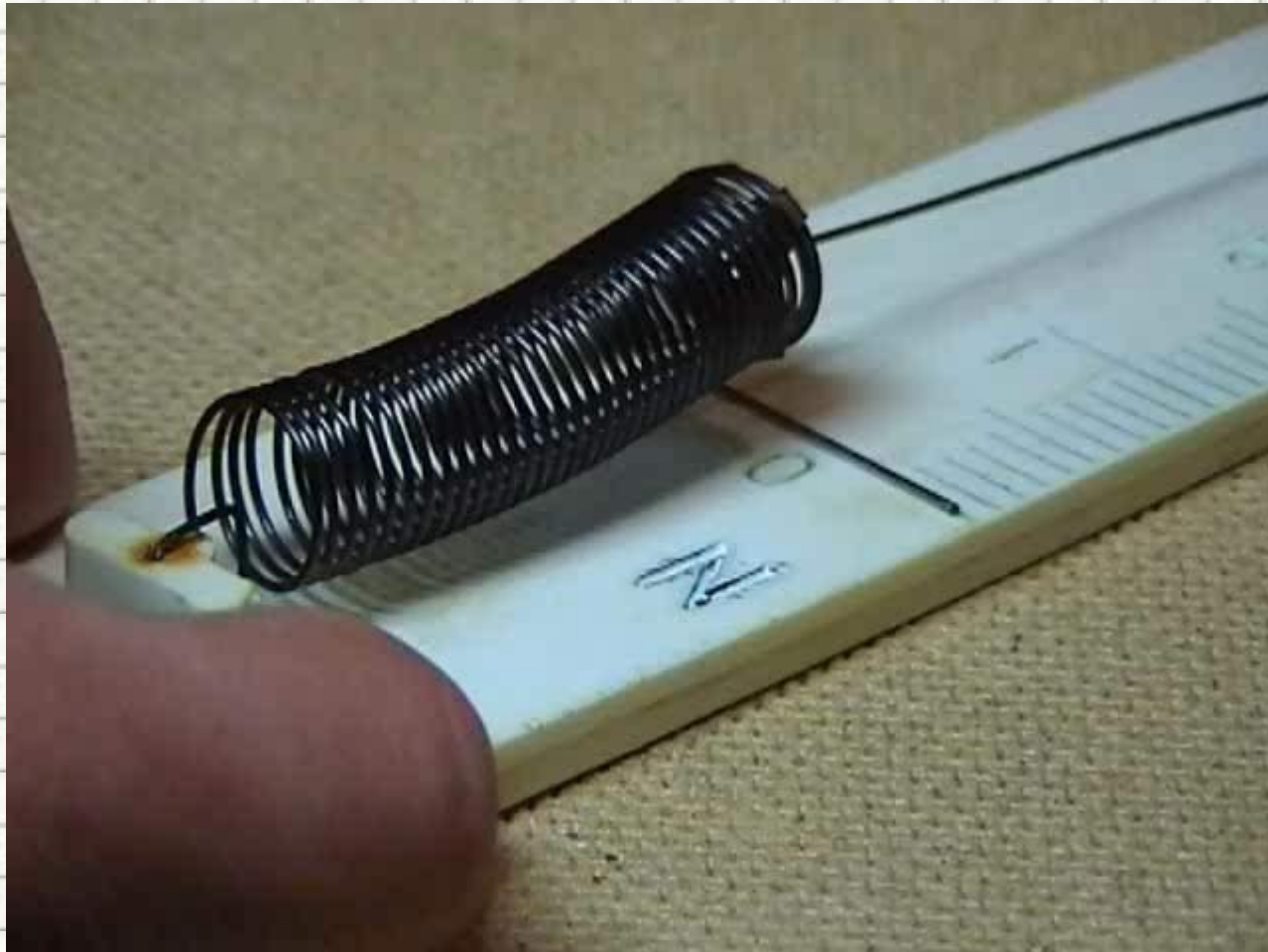
Виды деформаций



- **Деформацией** называют изменение формы, размеров или объема тела.
- Деформация может быть **вызвана действием на тело приложенных к нему внешних сил.**
- Деформации, **полностью исчезающие** после прекращения действия на тело внешних сил, называют **упругими**,
- а деформации, **сохраняющиеся** и после того, как внешние силы перестали действовать на тело, - **пластическими.**



Растяжение пружины

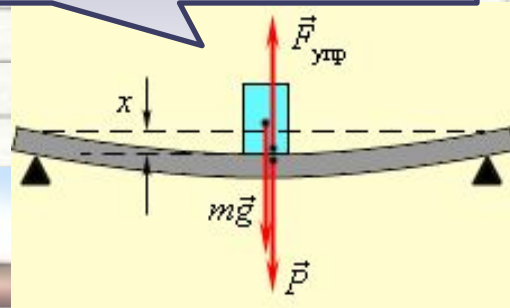


Виды деформаций

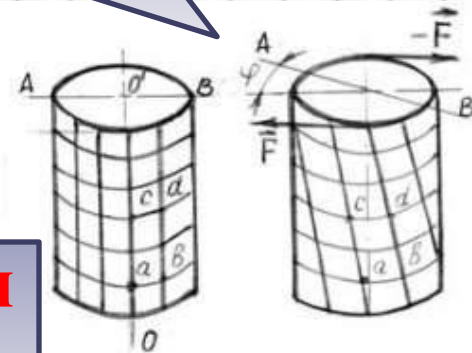
**Деформации
растяжения или
сжатия** (одностороннего
или всестороннего)



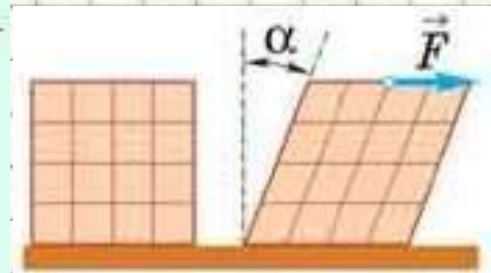
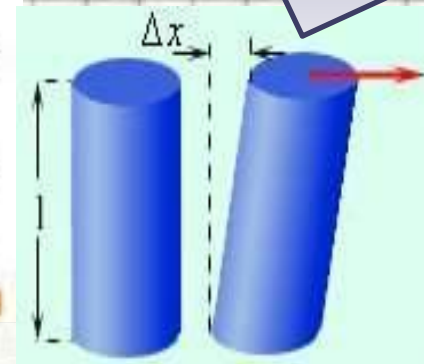
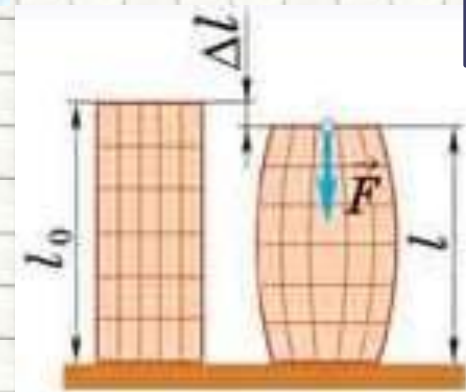
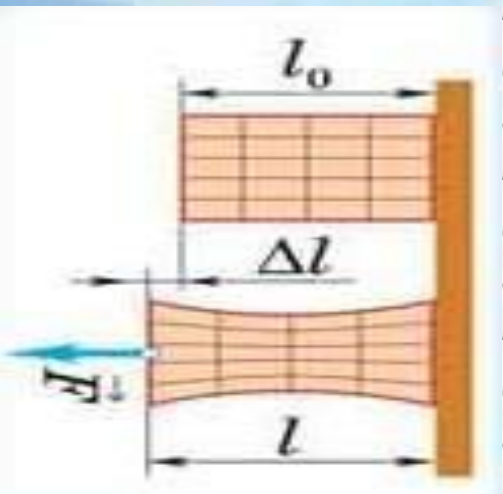
**Деформации
изгиба**



**Деформации
кручения**

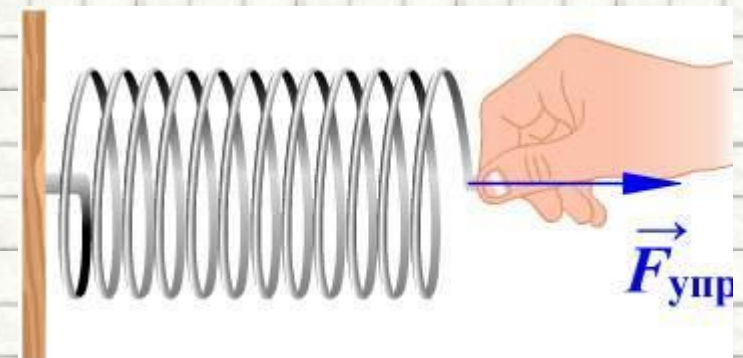
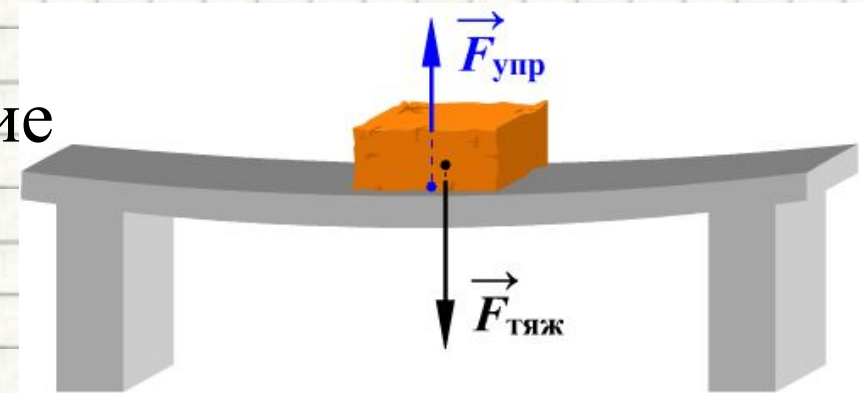
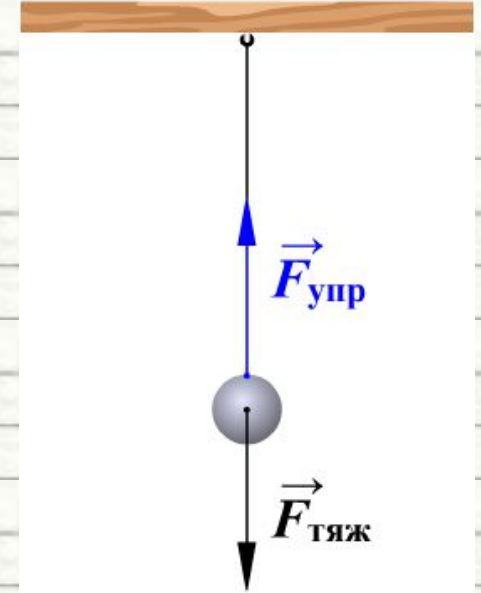


**Деформации
сдвига**



Сила упругости

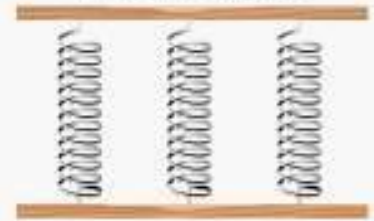
- При деформации тела возникает сила, которая **стремится восстановить прежние размеры и форму тела.**
- Эта сила возникает вследствие **электромагнитного взаимодействия между атомами и молекулами вещества.**



Электромагнитная природа силы упругости

- При деформациях твердого тела **его частицы** (атомы, молекулы, ионы), находящиеся в узлах кристаллической решетки, **смещаются из своих положений равновесия**.
- Этому смещению **противодействуют силы взаимодействия между частицами твердого тела**, удерживающие эти частицы на определенном расстоянии друг от друга.
- Поэтому **при любом виде упругой деформации** в теле возникают **внутренние силы, препятствующие его деформации**.

Растяжение



Сжатие



Сдвиг



Изгиб



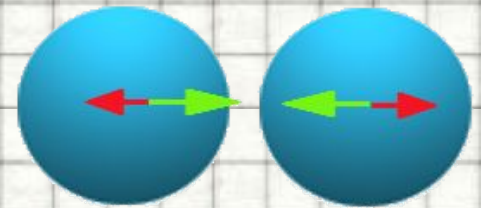
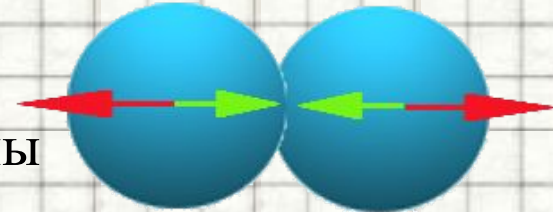
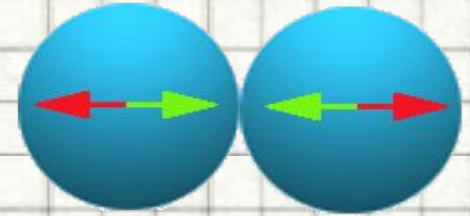
Кручение



Сила упругости и кое-что о межмолекулярных силах

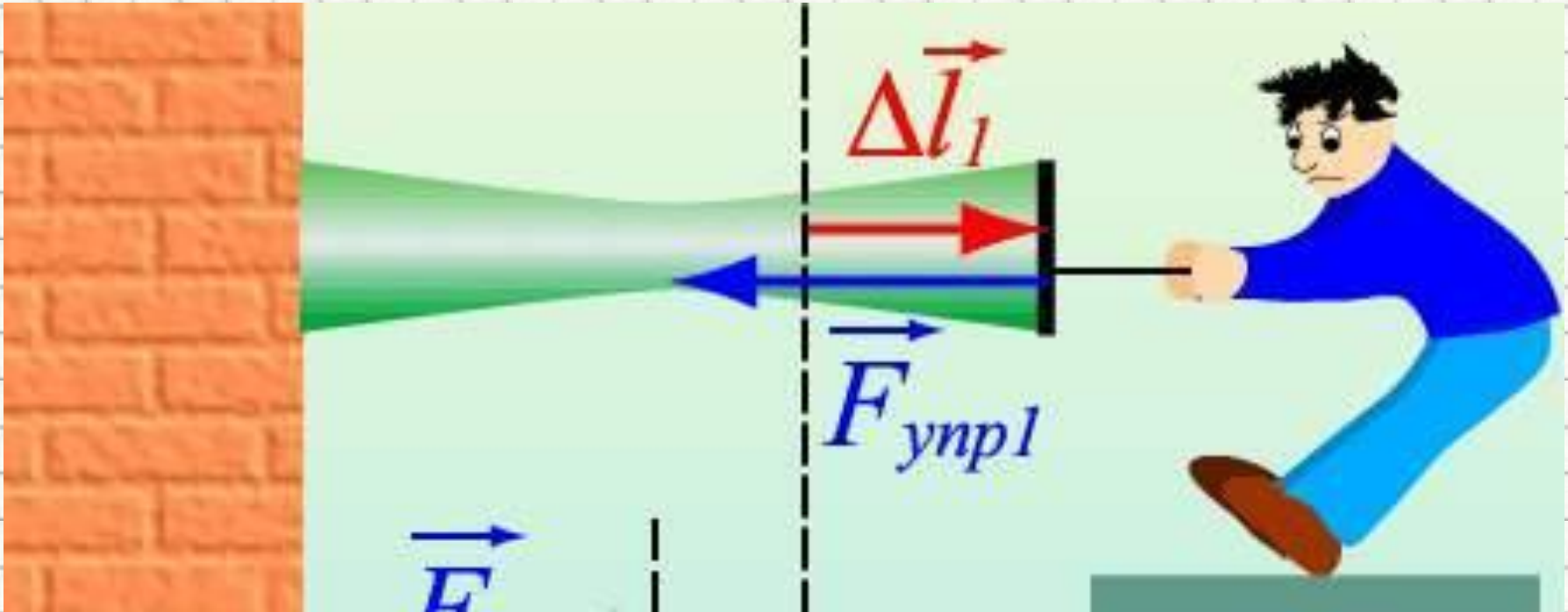
Силы притяжения возникают благодаря **наличию в молекулах заряженных частиц**.

- **Тело недеформировано**, молекулы находятся в **положениях равновесия** (расстояние между молекулами примерно равно диаметру молекулы), **силы отталкивания равны силам притяжения**.
- **Тело деформировано**, расстояние между молекулами **уменьшилось**, силы отталкивания и притяжения **возросли**, но **силы отталкивания превосходят силы притяжения**, результирующая сила сонаправлена с силой отталкивания, возникает сила упругости, которая стремится вернуть молекулы в прежнее положение.
- **Тело деформировано**, расстояние между молекулами **увеличилось**, силы отталкивания и притяжения **уменьшились**, но **силы притяжения превосходят силы отталкивания**, результирующая сила сонаправлена с силой притяжения, возникает сила упругости, которая стремится вернуть молекулы в прежнее положение.



Силы упругости

- Силы,
- **возникающие** в теле **при его упругой деформации**
- **и направленные против направления смещения частиц** тела, вызываемого деформацией,
- называют **силами упругости**.



Сила упругости



Закон Гука

- Связь между силой упругости и упругой деформацией тела (при малых деформациях) была экспериментально установлена современником Ньютона английским физиком **Гуком**:

- **При малых деформациях ($|x| \ll l$) сила упругости пропорциональна деформации тела и направлена в сторону, противоположную направлению перемещения частиц тела при деформации:**

$$\bullet F_{\text{упр}} = -k \cdot \Delta x$$



Роберт Гук (18 июля 1635, остров Уайт — 3 марта 1703, Лондон) — английский естествоиспытатель, учёный-энциклопедист. Гука можно смело назвать одним из отцов физики, в особенности экспериментальной, но и во многих других науках ему принадлежат зачастую одни из первых основополагающих работ.

Закон Гука

Выражает линейную зависимость между напряжениями и малыми деформациями в упругой среде

- При малых деформациях ($|x| \ll l$) сила упругости пропорциональна деформации тела и направлена в сторону, противоположную направлению перемещения частиц тела при деформации:

$$F_{\text{упр}} = -k \cdot \Delta x$$

- Коэффициент k называется **жесткостью тела**.

- В системе СИ жесткость измеряется в **ньютонах на метр (Н/м)**.

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

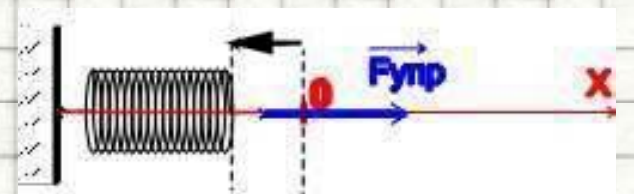
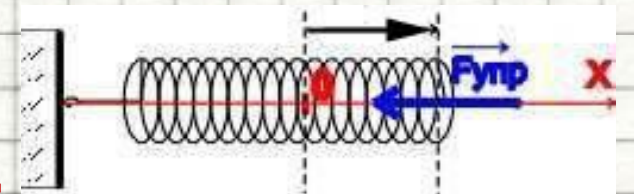
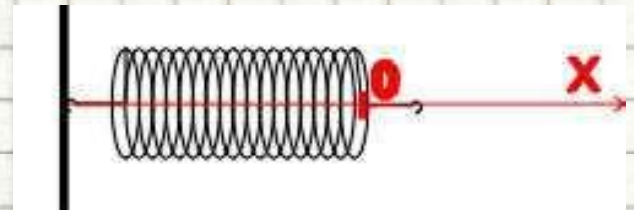
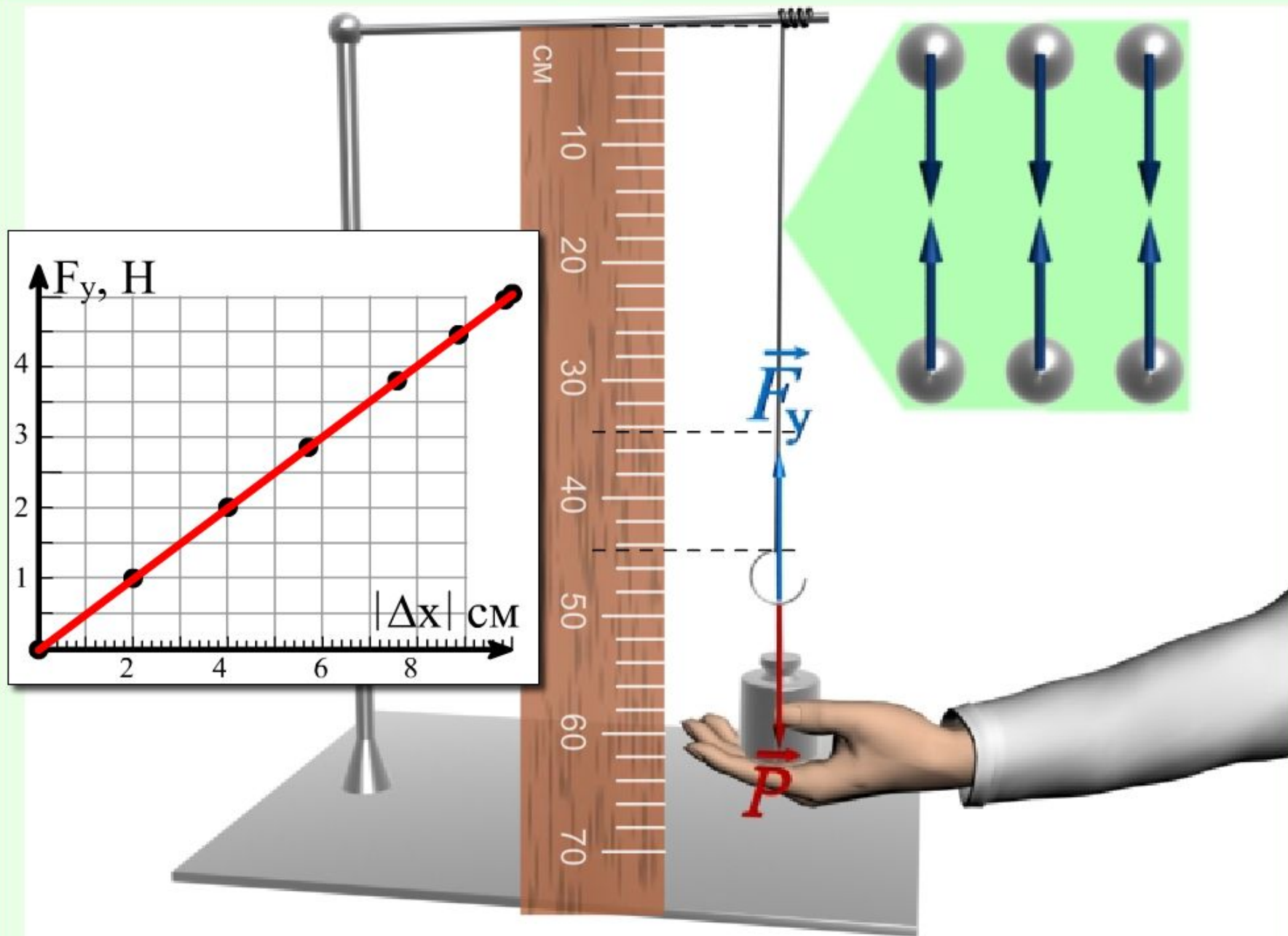
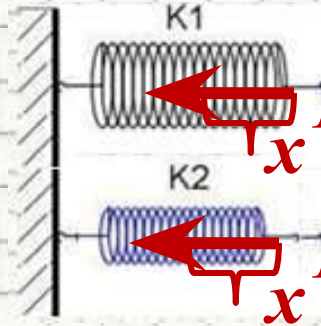


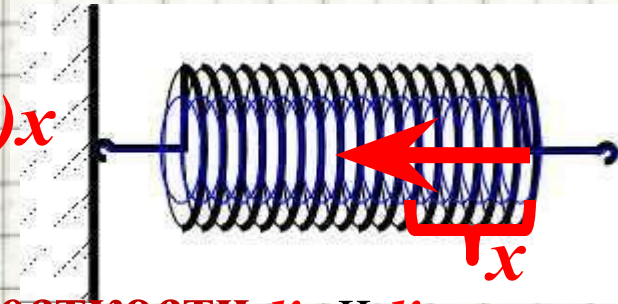
График зависимости силы упругости от удлинения



Расчет коэффициента жесткости двух пружин (параллельное соединение)



$$F_{\text{общ}} = (k_1 + k_2)x$$

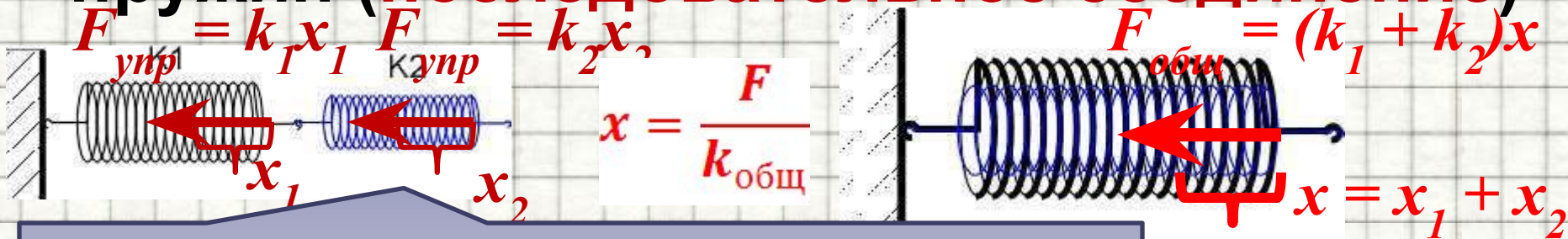


- Имеем две пружины с коэффициентами жесткости k_1 и k_2 .
- Рассчитаем коэффициент жесткости пружины, которая может заменить эти две пружины, если они соединены параллельно.
- Представим, что мы потянули за концы этих пружин:
- каждая из них удлинилась на x .
- в каждой из них возникнут силы упругости k_1x и k_2x , 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.

жесткости k_1 и k_2 .

, которая может параллельно.

ЖИИИ:

венно.

- **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 $F = k_{общ} x = k_1 x_1 = k_2 x_2$** , следовательно,

- $F_{общ} = k_1 x_1 = k_2 x_2 = k_{общ} x$.

- Отсюда получаем, что

$$x_1 = \frac{F}{k_1} \quad x_2 = \frac{F}{k_2}$$

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

- Итак, **общее удлинение**

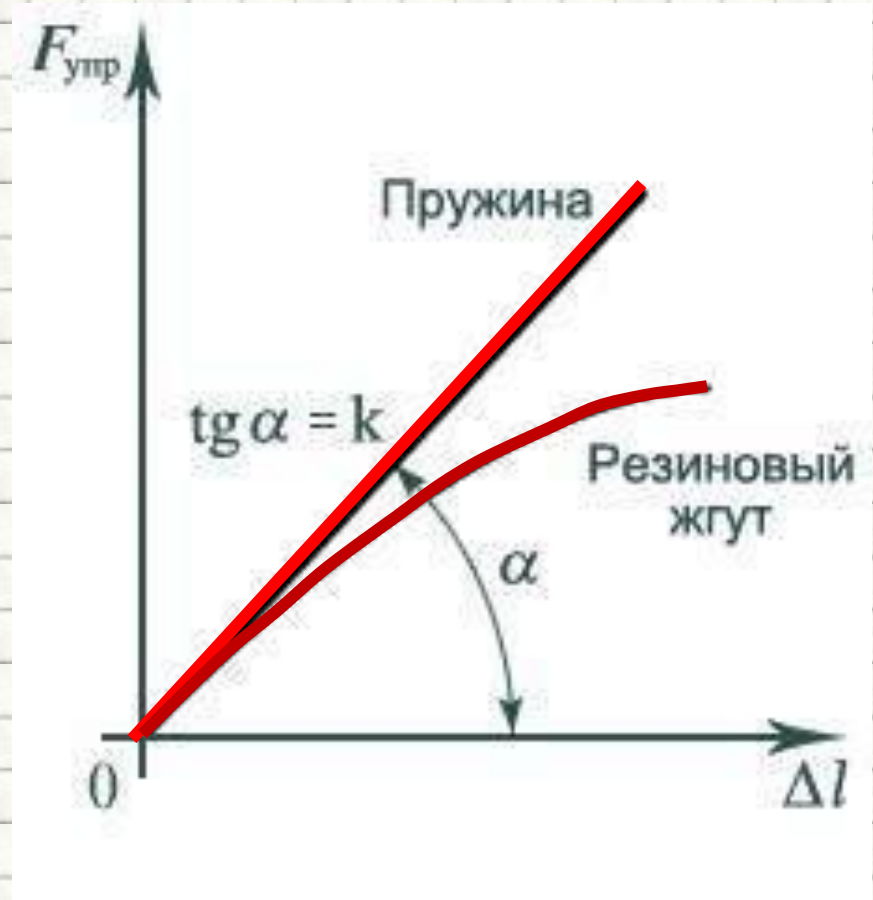
Следствия

- **Коэффициент жесткости** зависит от **длины пружины**.
- Эта зависимость **обратнопропорциональная**: *длинную резинку натянуть легче чем короткую*
- **Коэффициент жесткости** зависит от **площади поперечного сечения** упругого стержня.
- Эта зависимость **прямопропорциональная**: *толстую резинку натянуть труднее чем тонкую*



Обратите внимание

- Закон Гука выполняется только при **малых** деформациях
- При **больших** деформациях **прямая пропорциональность нарушается**



Стрельба из лука

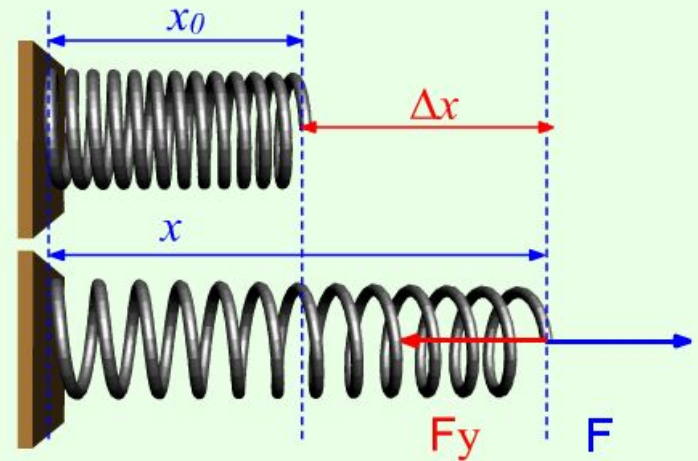


$$F_y = -k \cdot \Delta x$$

F_y – сила упругости,
возникающая при
сжатии или растяжении тела
[Н]

k – жесткость тела [Н / м]

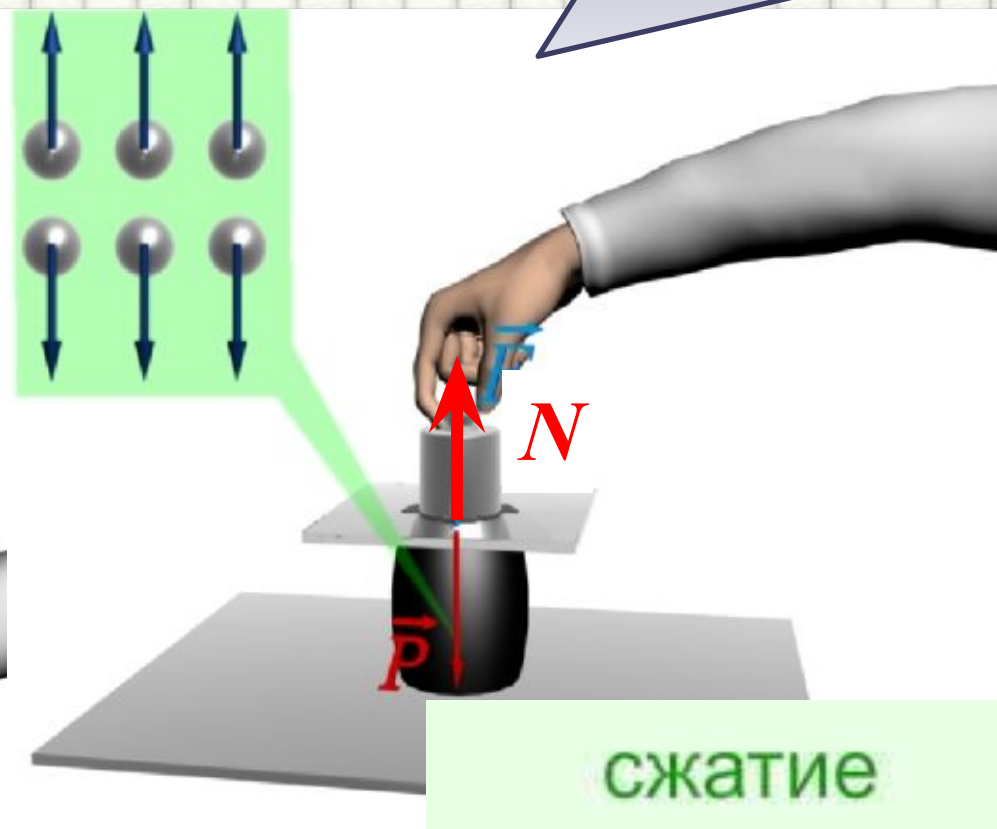
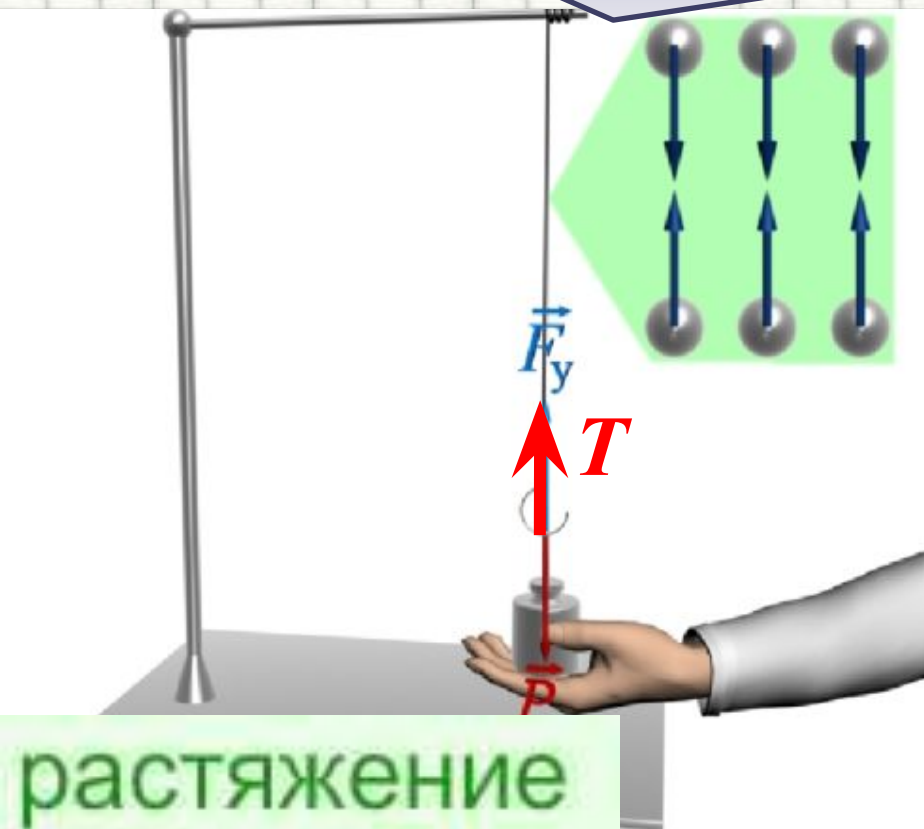
Δx – абсолютное удлинение
тела $\Delta x = x - x_0$ [м]



Разновидности сил упругости

Сила натяжения нити

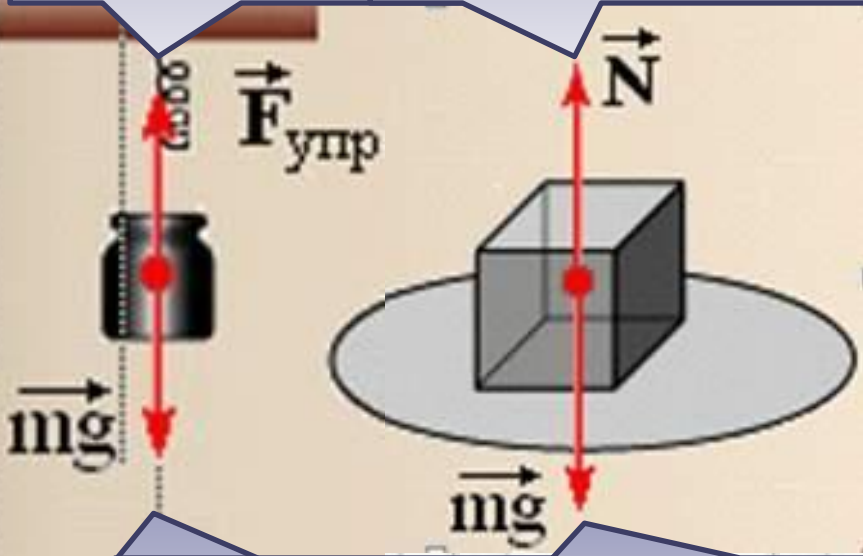
Сила реакции опоры



Особенности сил упругости

- Сила упругости всегда направлена в противоположную той силе, которая вызвала деформацию. Сила упругости зависит от размеров тела

Сила упругости (натяжение нити) Сила упругости (реакция опоры)

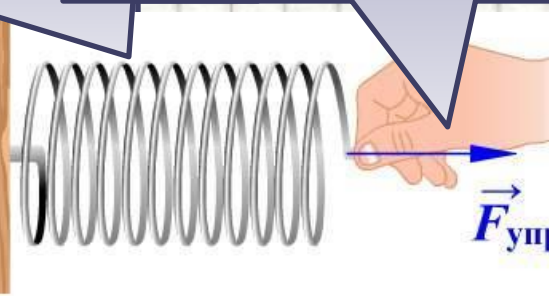


Вес тела вызвал деформацию опоры

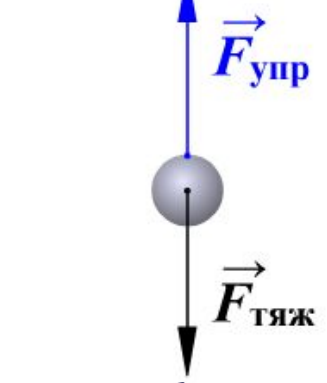
Сила руки вызвала сжатие пружины

Сила упругости (реакция опоры)

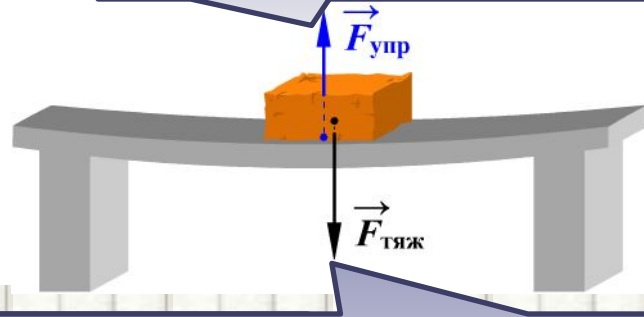
Сила упругости (натяжение нити)



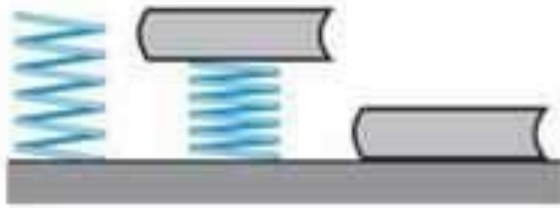
Сила упругости (реакция опоры)



Вес тела вызвал удлинение нити



Вес тела вызвал деформацию опоры

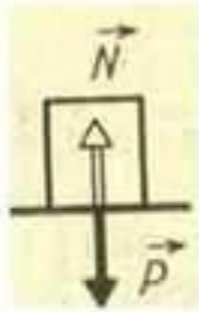


СИЛА УПРУГОСТИ

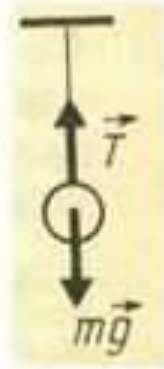
Электрическое и магнитное взаимодействие зарядов атомов

молекулярное взаимодействие

Совокупность молекулярных сил – сила упругости

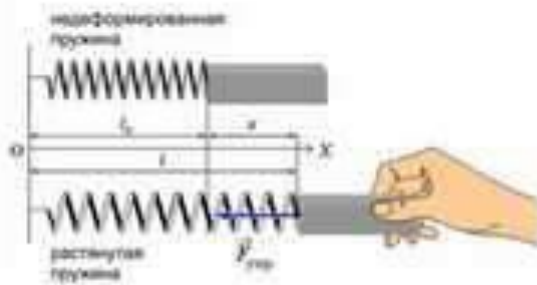


\vec{N} – сила реакции опоры



\vec{T} – сила натяжения нити

1. Возникают при деформации
2. Одновременно у двух тел
3. Перпендикулярны поверхности
4. Противоположны по направлению



При упругих деформациях выполняется закон Гука

$$F = -kx$$

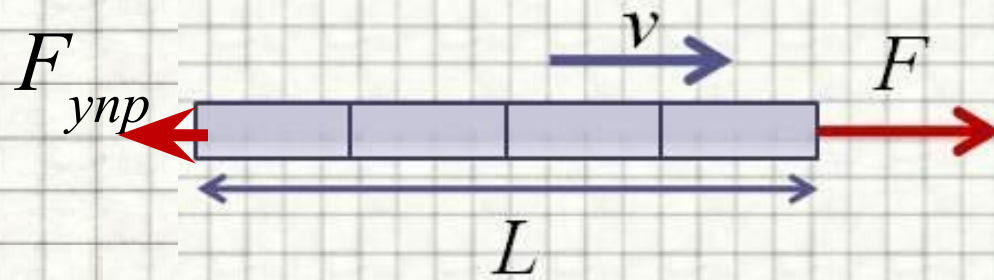
k – жесткость

$$k = \frac{F_{упр}}{x} \quad k - \left[\frac{H}{M} \right]$$

Рассмотрим задачи:

Подборка заданий по кинематике
(из заданий ГИА 2008-2010 гг.)

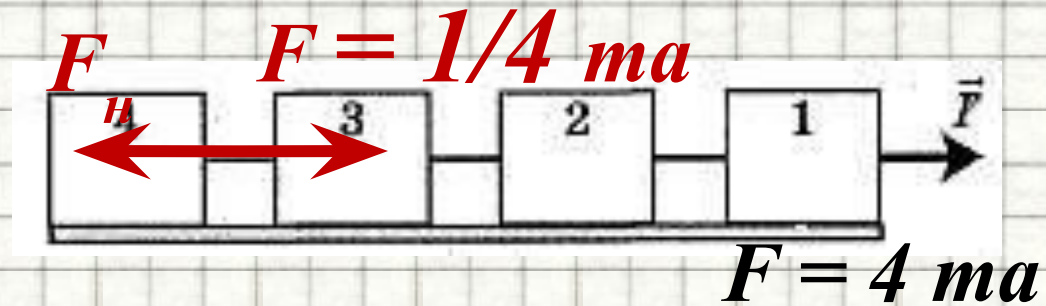
ГИА-2010-2. Стержень длиной L движется по гладкой горизонтальной поверхности. Какая упругая сила возникает в сечении стержня на расстоянии L от конца, к которому приложена сила F , направленная вдоль стержня?



1. 0
2. $\frac{1}{3} F$
3. $\frac{1}{2} F$
4. $\frac{2}{3} F$

ГИА-2010-2. Стержень длиной L движется по гладкой горизонтальной поверхности. Какая упругая сила возникает в сечении стержня на расстоянии $\frac{3}{4}L$ от конца, к которому приложена сила F , направленная вдоль стержня?

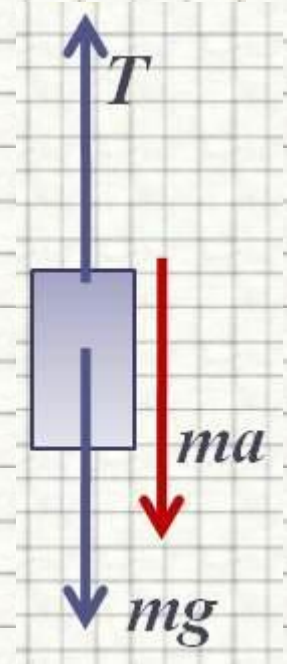
1. 0
2. $\frac{1}{4} F$
3. $\frac{1}{2} F$
4. $\frac{3}{4} F$



ГИА-2010-2. К невесомой нити подвешен груз массой 1 кг. Если точка подвеса нити движется равноускоренно вертикально вниз с ускорением 4 м/с^2 , то натяжение нити равно

- 1) 8 Н
- 2) 6 Н
- 3) 14 Н
- 4) 2 Н

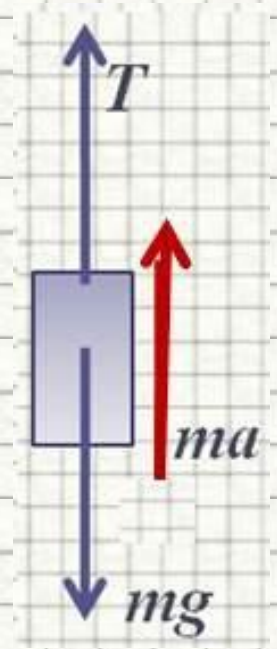
$$T = m \cdot g + m \cdot a$$



ГИА-2010-2. К невесомой нити подвешен груз массой 500 г. Если точка подвеса нити движется равноускоренно вертикально вверх с ускорением 2 м/с^2 , то натяжение нити равно

- 1) 1 Н
- 2) 2 Н
- 3) 4 Н
- 4) 6 Н

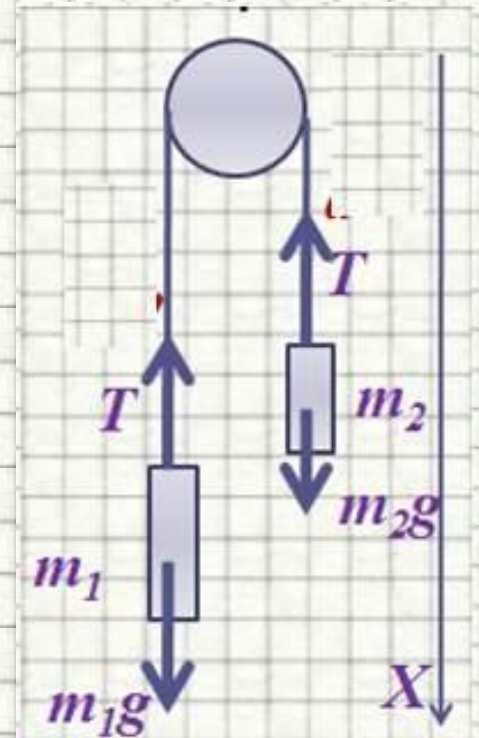
$$T = m \cdot g - m \cdot a$$



ГИА-2010-2. Через неподвижный блок перекинута невесомая нерастяжимая нить, к концам которой подвешены грузики равной массы, 5 кг каждый. Чему равна сила натяжения нити?

- 1) 12,5 Н
- 2) 25 Н
- 3) 50 Н
- 4) 100 Н

$$T = m_1 \cdot g = m_2 \cdot g$$



ГИА-2009-5. Если вертолет массой 40 тонн поднимается вертикально вверх с ускорением $0,5 \text{ м/с}^2$, то при значении ускорения свободного падения 10 м/с^2 на ось его винта действует сила упругости ...

- 1. 20 Н.
- 2. 420 Н.
- 3. 20 000 Н.
- 4. 380 000 Н.
- 5. 420 000 Н.

$$F_{\text{упр}} = m \cdot g + m \cdot a = m \cdot (g + a)$$

$$F_{\text{упр}} = 40000 \text{ кг} \cdot (10 + 0.5) \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = 420000 \text{ Н}$$

ГИА-2009-5. Если вертолет массой 40 т опускается вертикально вниз с ускорением $0,5 \text{ м/с}^2$, то при значении ускорения свободного падения 10 м/с^2 на ось его винта действует сила упругости ...

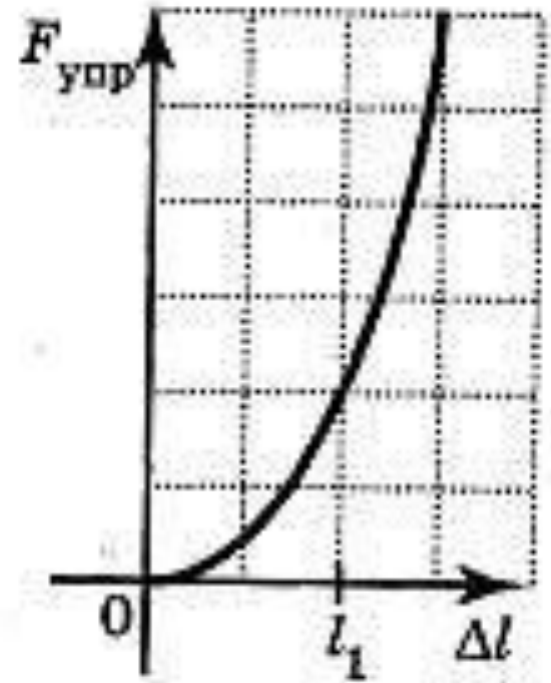
- 1. 20 Н.
- 2. 380 Н.
- 3. 20 000 Н.
- 4. 380 000 Н.
- 5. 420 000 Н.

ГИА-2009-6. Сила, прямо пропорциональная деформации тела и направленная противоположно смещению частиц при деформации, является силой ...

- 1. упругости.
- 2. трения скольжения.
- 3. трения покоя.
- 4. равнодействующей.

ГИА-2010-15. На рисунке показан график зависимости силы упругости бельевой резинки от изменения ее длины Δl . При каких значениях изменения длины Δl соблюдается закон Гука о пропорциональности силы упругости тела его удлинению?

- 1) при всех значениях Δl
- 2) при Δl больше Δl_1
- 3) ни при каких значениях Δl
- 4) при Δl меньше Δl_1



ГИА-2010-25. К нижнему концу легкой пружины подвешены связанные невесомой нитью грузы: верхний массой $m_1 = 0,5$ кг и нижний массой $m_2 = 0,2$ кг (см. рисунок). Нить, соединяющую грузы, пережигают. С каким ускорением начнет двигаться верхний груз?

До пережигания нити:

$$F_{\text{упр}} = (m_1 + m_2) \cdot g$$

После пережигания нити на груз m_1 будет действовать эта же сила:

$$F_{\text{упр}} = (m_1 + m_2) \cdot g$$

Для груза m_1 :

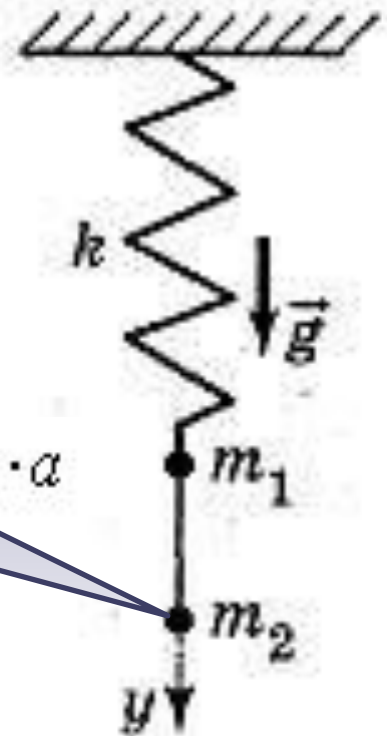
$$F_{\text{упр}} = m_1 g + m_2 g$$

$$F_{\text{упр}} = m_1 \cdot g - m_1 \cdot a$$

$$m_1 \cdot g - F_{\text{упр}} = m_1 \cdot a$$

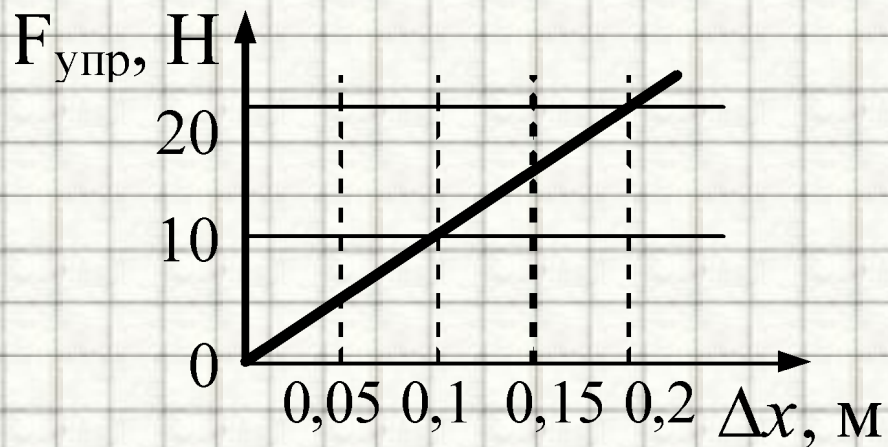
$$a = \frac{-m_2}{m_1} \cdot g$$

$$a = \frac{-0,2 \text{ кг}}{0,5 \text{ кг}} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = -4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$



Ответ: **-4** (м/с²)

ЕГЭ-2005-А3. На рисунке представлен график зависимости силы упругости пружины от величины ее деформации. Жесткость этой пружины равна



1. 0,01 Н/м
2. 10 Н/м
3. 20 Н/м
4. 100 Н/м

ЕГЭ-2007-А4. Для измерения жесткости пружины ученик собрал установку (см. рис.1), и повесил к пружине груз массой 0,1 кг (см. рис.2). Какова жесткость пружины?



Рис.1

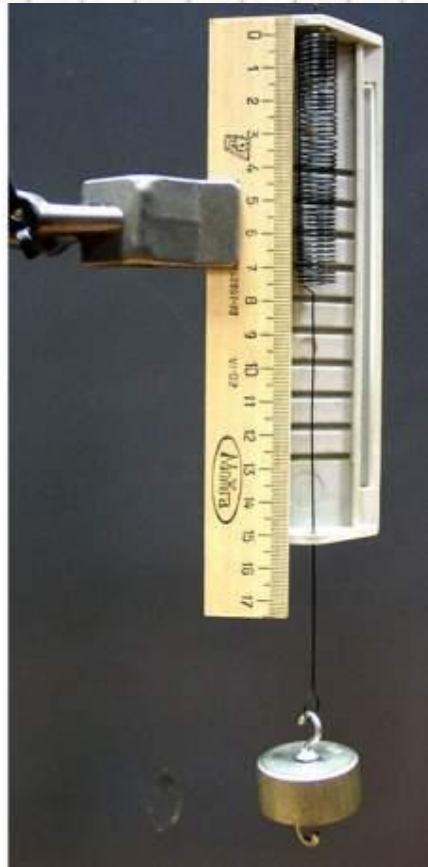


Рис. 2

1. 40 Н/м
2. 20 Н/м
3. 13 Н/м
4. 0,05 Н/м

Литература

1. § 10. Сила упругости. Закон Гука. Социальный навигатор // [Электронный ресурс] // <http://edu.yar.ru/russian/projects/socnav/prep/phis001/dyn/dyn10.html>
2. 3.7. Деформация . Глава 3. Молекулярная физика и термодинамика. Открытая физика // [Электронный ресурс] // <http://physics.ru/courses/op25part1/content/chapter3/section/paragraph7/theory.html>
3. График зависимости силы упругости от удлинения. Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов // [Электронный ресурс] // http://files.school-collection.edu.ru/dlrstore/8265c218-7e74-4086-9cf0-4482ecc3fb9a/7_81.swf
4. Гук, Роберт. Материал из Википедии — свободной энциклопедии // [Электронный ресурс] // http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D1%83%D0%BA_%D0%A0%D0%BE%D0%B1%D0%B5%D1%80%D1%82
5. Гутник, Е. М., Физика. 7 класс. Учебник для общеобразовательных школ / Е. М. Гутник, А. В. Перышкин. - М.: Дрофа, 2009. – 302 с.
6. ЗАКОН ГУКА. Класс!ная физика для любознательных. // [Электронный ресурс] // http://class-fizika.narod.ru/9_20.htm
7. Зорин, Н.И. ГИА 2010. Физика. Тренировочные задания: 9 класс / Н.И. Зорин. – М.: Эксмо, 2010. – 112 с. – (Государственная (итоговая) аттестация (в новой форме)).
8. Кабардин, О.Ф. Физика. 9 кл.: сборник тестовых заданий для подготовки к итоговой аттестации за курс основной школы / О.Ф. Кабардин. – М.: Дрофа, 2008. – 219 с;
9. Перышкин, А. В., Физика. 7 класс. Учебник для общеобразовательных школ / А. В. Перышкин. - М.: Дрофа, 2009. – 198 с.
10. Перышкин, А. В., Физика. 8 класс. Учебник для общеобразовательных школ / А. В. Перышкин. - М.: Дрофа, 2009. – 196 с.
11. Примеры сил в механике. Портал естественных наук // [Электронный ресурс] // <http://e-science.ru/physics/theory/?t=46>
12. Сила упругости. Закон Гука. [Весь курс Физики](#) // [Электронный ресурс] // http://fizika.ayp.ru/1/1_12.html
13. Сила упругости. Закон Гука. Физика // [Электронный ресурс] // http://questions-physics.ru/mechanika/sila_uprugosti_zakon_guka.html
14. Урок № Деформация и сила упругости. Закон Гука. Реакция опоры и вес тела. // [Электронный ресурс] // http://school.ort.spb.ru/library/physics/10class/machanics/lesson_4/lesson_4.htm
15. Федеральный институт педагогических измерений. Контрольные измерительные материалы (КИМ) Физика [ГИА-9 2010 г.](#) // [Электронный ресурс] // <http://fipi.ru/view/sections/214/docs/>
16. Федеральный институт педагогических измерений. Контрольные измерительные материалы (КИМ) Физика ЕГЭ 2001-2010 // [Электронный ресурс] // <http://fipi.ru/view/sections/92/docs/>