

Закон Гука

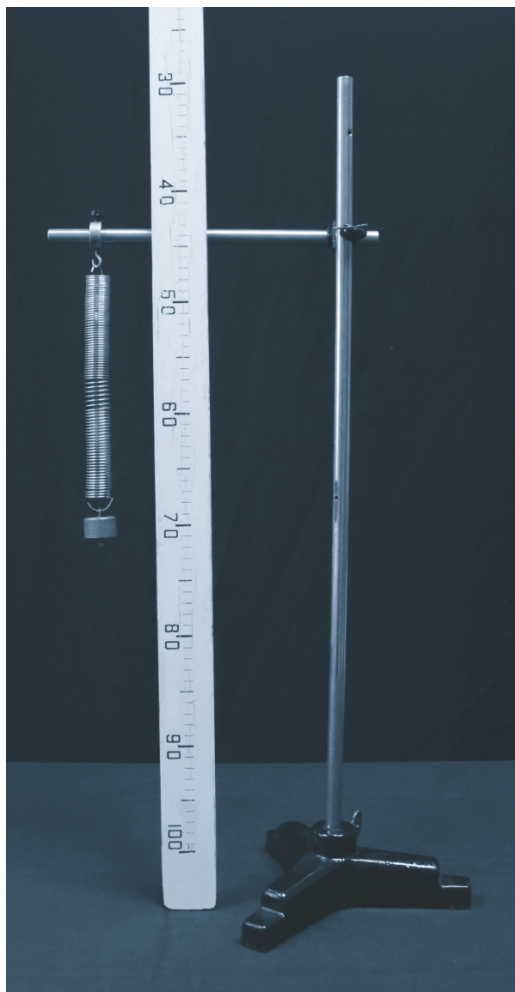


Рис. 1: Демонстрация закона Гука при упругих деформациях

Оборудование:

1. Набор грузов равной массы (по 100 г каждый)
2. Пружина
3. Демонстрационная линейка
4. Штатив

Основные определения:

Закон Гука выражает основной закон между напряженным состоянием и деформацией упругого тела. Установлен английским физиком Р. Гуком в 1660 г. для простейшего случая растяжения или сжатия стержня и сформулирован в следующем виде:

абсолютное удлинение (укорочение) Δl цилиндрического стержня прямо пропорционально растягивающей (сжимающей) силе f , т.е. $\Delta l \sim lf/ES$, где l — длина стержня, S — площадь его поперечного сечения, E — модуль продольной упругости, являющийся механической характеристикой (константой) материала.

При малых деформациях, когда величина растяжения или сжатия много меньше размеров стержня, сила упругости пропорциональна деформации тела и направлена в сторону, противоположную направлению перемещения частиц тела при деформации:

$$f = -k\Delta l. \quad (1)$$

Это соотношение выражает экспериментально установленный закон Гука. Коэффициент k называется жесткостью тела и зависит от модуля упругости материала пружины и от ее геометрических размеров.

Особенности поведения тела под действием внешних механических нагрузок и возможности практического применения материалов для различных нужд полностью определяются значениями модулей упругости (всестороннего сжатия, Юнга и др.) и расположением точек пределов упругости и прочности. Такие материалы, как сталь и титан, обладают высокими значениями модулей упругости, высокими пределами упругости и прочности. Это позволяет широко использовать их в различных сооружениях и машинах.

Свинец и воск обладают низким пределом упругости и намного более высоким пределом прочности. Это — мягкие пластичные тела, которые начинают течь уже при небольших деформациях.

У стекла и кварца предел прочности лежит в области очень малых деформаций и ниже предела упругости. Это — хрупкие тела, которые могут испытывать только очень небольшие упругие деформации и затем разрушаются.

В технике часто применяются спиралеобразные пружины. При растяжении или сжатии пружин возникают упругие силы, которые также подчиняются закону Гука. 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. Следует иметь в виду,

что при растяжении или сжатии пружины в ее витках возникают сложные деформации кручения и изгиба.

Соотношение (1) оказывается справедливым для всех упругих пружин и тел. Поэтому для расчета внешних действий упругих пружин закон Гука можно сформулировать так:

сила действия упругой пружины пропорциональна растяжению (сжатию) этой пружины.

Краткое описание:

С целью демонстрации проявления закона Гука на штативе закрепляются пружина с грузом и линейка. Опыт заключается в измерении положения груза, подвешенного за пружину. В первую очередь записывается начальное положение конца ненагруженной пружины — x_0 . Затем за нижний конец пружины подвешивается груз массой 100 г и в таблицу записывается новая координата — x_1 . Постепенно пружину необходимо нагрузить четырьмя или пятью грузами и записать все результаты в виде таблицы. После этого можно построить график зависимости силы упругости (численно равна силе тяжести нагрузки, создаваемой грузами) от величины удлинения пружины $x_1 - x_0$.

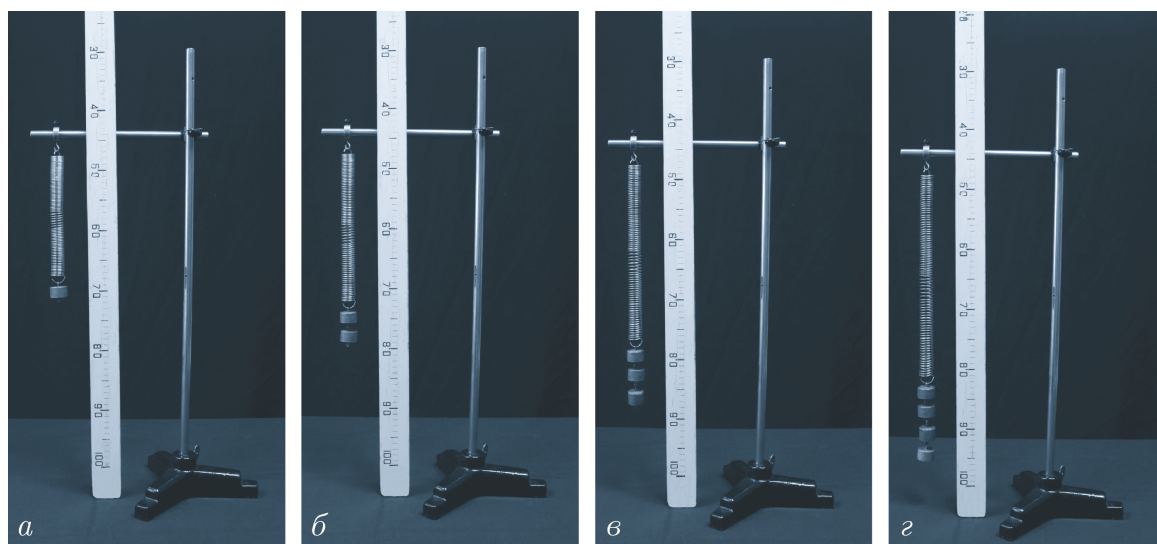


Рис. 2: Демонстрация растяжения пружины под действием силы тяжести со стороны одного, двух, трех и четырех грузов соответственно

Таким образом, измеряя удлинения Δx , которые будет приобретать пружина, можно убедиться в том, что они растут пропорционально напряжениям, которые создаются в пружине подвешенными грузами.

Теория:

Рассмотрим деформацию (растяжение) упругой пружины, один из концов которой жестко закреплен, а снизу к пружине повешен груз массой m (рис.3). Под действием силы тяжести (веса) со стороны груза пружина деформируется (при растяжении ее длина увеличится на величину Δx). При этом в пружине возникнет сила, противодействующая деформации — сила упругости f .

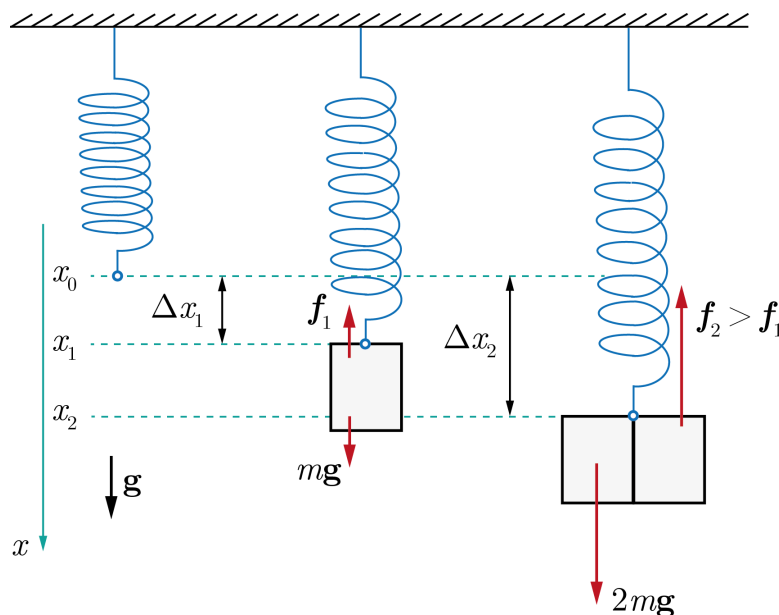


Рис. 3: Схема растяжения пружины, показывающая как ее удлинение зависит от массы подвешиваемого груза

Эта сила будет действовать на груз, который и вызывает деформацию. Если движение в системе не происходит, пружина и груз находятся в покое ($\mathbf{a} = 0$), то сила упругости растянутой пружины уравнивает силу тяжести:

$$0 = m\mathbf{g} + \mathbf{f} \quad (2)$$

или в проекции на ось x :

$$f = mg. \quad (3)$$

Используя закон Гука, можно получить:

$$k\Delta x = mg \quad (4)$$

или

$$\Delta x = g \frac{m}{k}. \quad (5)$$

Отсюда следует, что удлинение пружины прямо пропорционально массе повешенного к ней груза и обратно пропорционально ее жесткости.