

2.3. Силы в механике

Взаимодействие тел может иметь сложный характер и различную природу. Но в задачах механики важна не физическая природа взаимодействия, а то, как оно влияет на механическое движение рассматриваемых тел. Поэтому силы в механике отражают усреднённое действие одних тел на другие, направленное на изменение механического состояния тел, выделенных для рассмотрения.

Например, при скольжении одного тела по поверхности другого взаимодействуют электронные оболочки атомов соприкасающихся тел. Это сложное электромагнитное взаимодействие описывается в механике усреднённой силой трения, которая при малых скоростях скольжения определяется достаточно простым соотношением.

Для того, чтобы осуществить усреднённое (упрощённое) описание механического взаимодействия, привлекаются данные опыта, эксперимента. Так, опытным путём определяются коэффициенты трения, коэффициенты упругости, ускорение свободного падения и т.д.

Рассмотрим основные силы, используемые в задачах механики.

Гравитационная сила

Гравитация (тяготение) – взаимное притяжение, существующее между любыми телами, обладающими массой. Гравитация описывается **законом всемирного тяготения**. Наиболее строго этот закон формулируется для двух взаимодействующих материальных точек (рис. 2.4).

Закон всемирного тяготения

Сила взаимного притяжения двух материальных точек (гравитационная сила) прямо пропорциональна произведению масс материальных точек и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними.

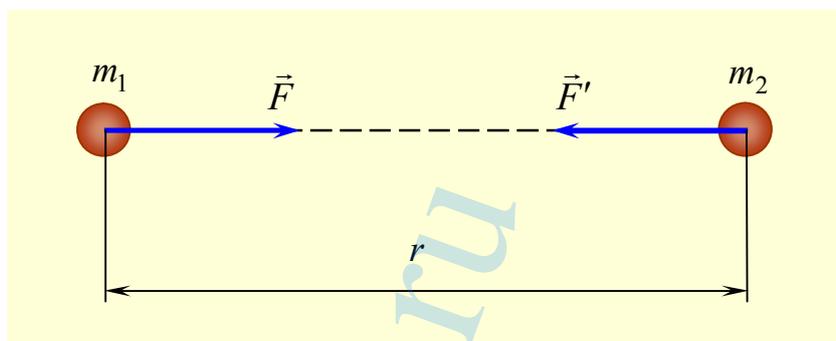


Рис. 2.4. Гравитационное взаимодействие двух материальных точек

Математическое выражение закона всемирного тяготения имеет вид:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}. \quad (2.10)$$

Здесь F – величина гравитационной силы;

m_1, m_2 – массы взаимодействующих точек;

r – расстояние между взаимодействующими точками;

$G = 6,6720 \cdot 10^{11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$ – гравитационная постоянная.

Масса, входящая в выражение второго закона Ньютона, является мерой инертности тел, и называется **инертной массой**. Масса в (2.10) является мерой тяготения и называется **гравитационной массой**. Инертная и гравитационная массы пропорциональны друг другу, а при надлежащем выборе систем единиц равны друг другу. Согласно принципу эквивалентности Эйнштейна инертность тел и их способность быть источниками гравитационного поля является различными проявлениями одного и того же свойства тел. В настоящее время равенство инертной и гравитационной масс подтверждено опытным путем с высокой точностью (с относительной погрешностью порядка 10^{-15}).

Сила тяжести

Вблизи поверхности Земли на все тела действует сила тяжести:

$$\vec{P} = m\vec{g},$$

где \vec{g} – **ускорение свободного падения**, зависящее от географической широты места и его высоты над уровнем моря. При решении многих задач используют стандартное (нормальное) значение $g = 9,80665 \text{ м/с}^2$.

Сила тяжести обусловлена гравитационным взаимодействием данного тела с Землей и влиянием вращения Земли вокруг своей оси.

Вес тела

Вес тела – сила, с которой тело, находящееся в поле сил тяжести, действует на подвес или опору, препятствующие свободному падению тела.

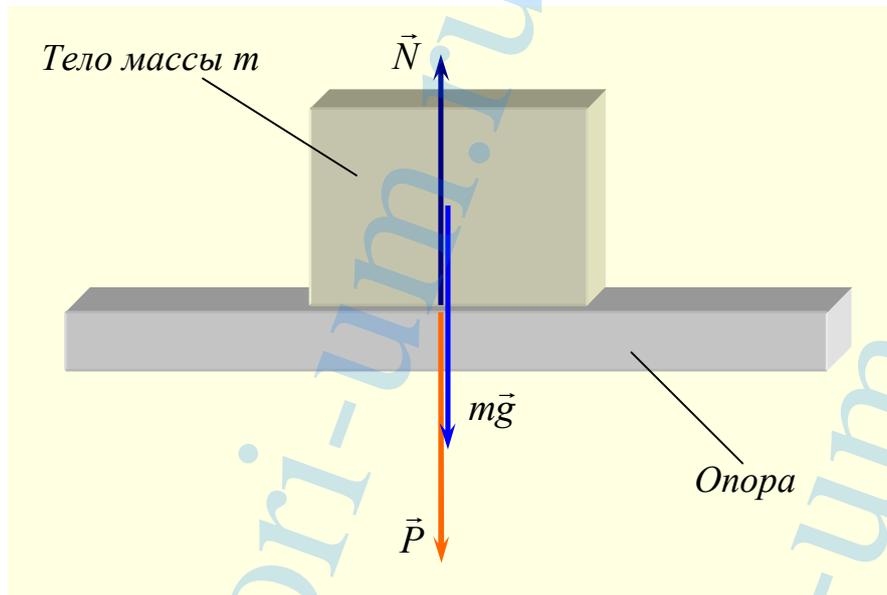


Рис. 2.5. Сила тяжести $m\vec{g}$, вес \vec{P} и нормальная реакция \vec{N}

На величину веса тела влияет его движение относительно Земли, а также архимедова выталкивающая сила среды, в которой находится тело. Если архимедовой выталкивающей силой можно пренебречь (например, когда тело находится в воздухе), а опора или подвес неподвижны или движутся поступательно и равномерно относительно Земли, то вес тела равен силе тяжести.

При движении подвеса или опоры с вертикальным ускорением \vec{a} вес тела изменяется на величину ma , где m – масса тела. При ускоренном движении вверх вес тела увеличивается, а при ускоренном движении вниз – уменьшается. В случае свободного падения вес тела равен нулю.

Сила трения скольжения

Если тело движется в жидкости, газе или при движении соприкасается с другими телами, то возникает сопротивление движению, которое называют **трением**. Действующие при этом силы сопротивления называют – **силами трения**.

Существуют различные виды трения. Одно из самых распространенных – **трение скольжения** возникает при движении какого-либо тела по поверхности другого тела. Сила трения скольжения, вообще говоря, зависит от относительной скорости трущихся тел. Но если относительная скорость невелика, то этой зависимостью можно пренебречь.

При небольших относительных скоростях применяют закон трения скольжения, установленный Ш. Кулоном.

Закон трения скольжения

Величина силы трения скольжения не зависит от площади поверхности соприкосновения трущихся тел и прямо пропорциональна величине силы нормального давления, прижимающей трущиеся тела друг к другу.

$$F_{тр} = \mu Q .$$

Здесь $F_{тр}$ – величина силы трения скольжения;

Q – величина силы нормального давления;

μ – коэффициент трения скольжения, зависящий от материалов трущихся тел и состояния их поверхностей.

Если изучается движения некоторого тела по поверхности опоры, например, движение тела по наклонной плоскости, то сила нормального давления равна по величине нормальной реакции N опоры. Тогда

$$F_{тр} = \mu N .$$

На рисунке 2.6 показан пример скольжения тела массы m вверх по наклонной плоскости. На тело действуют сила тяжести $m\vec{g}$, сила трения $\vec{F}_{тр}$ и нормальная реакция \vec{N} плоскости. Сила трения направлена противоположно скорости \vec{V} тела. Сила нормального давления \vec{Q} действует со стороны тела на плоскость, причем $Q = N$.

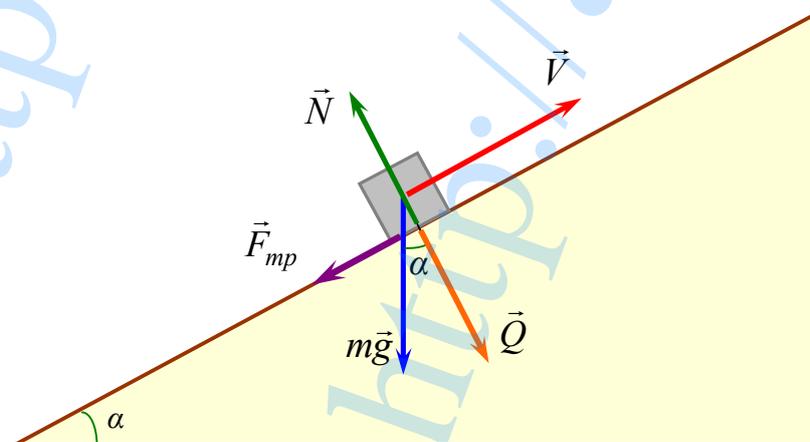


Рис. 2.6. Скольжение тела вверх по наклонной плоскости

Сила упругости пружины

Если растянуть или сжать пружину, то возникает сила упругости \vec{F} , которая противодействует растяжению или сжатию (рис. 2.7). При достаточно малых деформациях сила упругости линейно зависит от величины деформации (частный случай **закона Гука**).

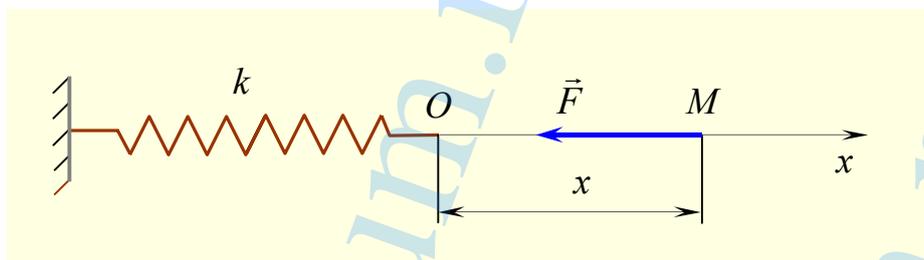


Рис. 2.7. Сила упругости пружины

Проведем ось x вдоль оси пружины, начало координат возьмем в точке O , где находится конец недеформированной пружины. Тогда абсолютная деформация пружины равна величине координаты x точки M деформированной пружины. В этом случае проекция силы упругости на ось x равна:

$$F_x = -kx. \quad (2.11)$$

Коэффициент пропорциональности k называют **коэффициентом упругости** или **жесткостью** пружины.

Формула (2.11) справедлива и при сжатии пружины, т.к. в этом случае $x < 0$, и $F_x > 0$.