

1.2.1. Инерциальные системы отсчета. Первый закон Ньютона. Принцип относительности Галилея

Лежащий на столе карандаш притягивается к Земле, но действие Земли компенсируется упругой реакцией стола, и поэтому карандаш находится в покое, словно никакие силы на него вообще не действуют.

Тело называется свободным, если действия на него со стороны других тел или пренебрежимо малы, или компенсируют друг друга.

Повседневный опыт говорит о том, что свободные тела покоятся как упомянутый карандаш на столе. Поэтому долгое время считалось, что для поддержания какого бы то ни было движения необходимо осуществлять некомпенсированное внешнее воздействие со стороны других тел.

Но это оказалось неверным. Как установил Галилей, свободное тело может не только находиться в покое, но и двигаться равномерно и прямолинейно! Именно состояние равномерного прямолинейного движения является естественным для свободного тела; покой же частный случай такого движения со скоростью, равной нулю. Следует учесть, однако, что движение относительно.

Так, дом с точки зрения неподвижно стоящего наблюдателя будет находиться в покое: сила притяжения дома к Земле компенсируется силой упругости почвы. Если наблюдатель движется относительно земли равномерно и прямолинейно, то и дом относительно наблюдателя будет совершать равномерное прямолинейное движение в полном соответствии с выводами Галилея ведь дом является свободным телом!

Но если у наблюдателя заплетаются ноги и он бредёт, шатаясь, то ему будет казаться, что дом раскачивается в разные стороны. В этой системе отсчёта дом, будучи свободным телом, совершает отнюдь не равномерное и прямолинейное движение.

Таким образом, утверждение Галилея верно не во всей общности:

не во всякой системе отсчёта свободное тело движется равномерно и прямолинейно. Но всё же такие системы отсчёта существуют (существуют хорошие наблюдатели!), и в этом состоит первый закон Ньютона.

Первый закон Ньютона

Существуют такие системы отсчёта, относительно которых свободное тело движется равномерно и прямолинейно.

Свойство свободного тела сохранять скорость неизменной называется инерцией. Поэтому первый закон Ньютона называют ещё **законом инерции**. Равномерное прямолинейное движение свободного тела называется движением по инерции.

Система отсчёта, относительно которой свободное тело движется равномерно и прямолинейно, называется инерциальной.

Всякая система отсчёта, которая движется относительно инерциальной системы равномерно и прямолинейно, сама является инерциальной.

Система отсчёта, которая движется относительно инерциальной системы отсчёта с ускорением, является неинерциальной.

Инерциальной часто можно считать систему отсчёта, связанную с земной поверхностью.

Галилей заметил, что, находясь в трюме корабля, никакими механическими опытами невозможно установить, покоится ли корабль или движется равномерно и прямолинейно. Это означает, что инерциальные системы отсчёта совершенно неотличимы друг от друга с точки зрения законов механики.

Принцип относительности Галилея. Всякое механическое явление при одних и тех же начальных условиях протекает одинаково в любой инерциальной системе отсчёта.

Впоследствии Эйнштейн распространил этот принцип с механических явлений на вообще все физические явления. Общий принцип относительности Эйнштейна лёг в основу теории относительности.

1.2.2. Масса тела. Плотность вещества

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Масса одна из самых фундаментальных физических величин. Масса характеризует сразу несколько свойств тела и обладает рядом важных свойств.

1. Масса служит мерой содержащегося в теле вещества.
2. Масса является мерой инертности тела.

Инертностью называется свойство тела сохранять свою скорость неизменной (в инерциальной системе отсчёта), когда внешние воздействия отсутствуют или компенсируют друг друга. При наличии внешних воздействий инертность тела проявляется в том, что его скорость меняется не мгновенно, а постепенно, и тем медленнее, чем больше инертность (т. е. масса) тела.

3. Массы тел являются причиной их гравитационного притяжения друг к другу.
4. Масса тела равна сумме масс его частей. Это так называемая аддитивность массы. Аддитивность позволяет использовать для измерения массы эталон 1 кг.
5. Масса изолированной системы тел не меняется со временем.
6. Масса тела не зависит от скорости его движения. Масса не меняется при переходе от одной системы отсчёта к другой.

Перечисленные свойства имеют место в классической механике Ньютона. В теории относительности некоторые из этих утверждений перестают быть справедливыми.

1.2.3. Сила. Принцип суперпозиции сил.

Если на данное тело действуют несколько других тел, то соответствующие силы складываются как векторы. Более точно, справедлив принцип суперпозиции.

Принцип суперпозиции сил

Пусть на тело действуют силы $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots, \vec{F}_n$.

Если заменить их одной силой $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n$, то результат воздействия не изменится. Сила называется равнодействующей сил $\vec{F}$

1.2.4. Второй закон Ньютона: для материальной точки в ИСО

Второй закон Ньютона – основной закон динамики. Этот закон выполняется только в инерциальных системах отсчета.

Сила, действующая на тело, равна произведению массы тела на сообщаемое этой силой ускорение:

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

Если равнодействующая сила $\vec{F} = 0$, то тело будет оставаться в состоянии покоя или равномерного прямолинейного движения.

Особенности II закона Ньютона:

1. Верен для любых сил.
2. Сила - причина, определяет ускорение.
3. Вектор a сонаправлен с вектором F .
4. Если действуют на тело несколько сил, то берется равнодействующая.
5. Если равнодействующая равна нулю, то ускорение равно нулю. (Первый закон Ньютона)
6. Можно применять только по отношению к телам, скорость которых мала по сравнению со скоростью света.

1.2.5. Третий закон Ньютона для материальных точек

Сила действия равна силе противодействия.

Определение: Силы, с которыми два тела действуют друг на друга, равны по величине и противоположны по направлению.

Третий закон Ньютона можно записать в виде формулы:

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$$

Особенности III закона Ньютона:

1. Силы возникают только парами.
2. Всегда при взаимодействии.
3. Только силы одной природы.
4. Не уравнивают.
5. Верен для всех сил в природе.

1.2.6. Закон всемирного тяготения: силы притяжения между точечными массами. Сила тяжести. Зависимость силы тяжести от высоты h над поверхностью планеты радиусом R_0 .

Мы встречаемся с проявлением всего лишь четырех типов сил: гравитационных, электромагнитных, сильных (ядерных) и слабых.

Гравитационные силы, или силы всемирного тяготения, действуют между всеми телами - все тела притягиваются друг к другу. Но это притяжение существенно обычно лишь тогда, когда хотя бы одно из взаимодействующих тел так же велико, как Земля или Луна. Иначе эти силы столь малы, что ими можно пренебречь.

Электромагнитные силы действуют между частицами, имеющими электрические заряды. Сфера их действия особенно обширна и разнообразна. В атомах, молекулах, твердых, жидких и газообразных телах, живых организмах именно электромагнитные силы являются главными. Велика их роль в атомах.

Область действия **ядерных сил** очень ограничена. Они заметны только внутри атомных ядер (т. е. на расстояниях порядка 10^{-13} см).

Слабые взаимодействия проявляются на еще меньших расстояниях, порядка 10^{-15} см. Они вызывают взаимные превращения элементарных частиц, определяют радиоактивный распад ядер, реакции термоядерного синтеза.

В механике изучаются гравитационные силы и две разновидности электромагнитных сил - силы упругости и силы трения.

Сила взаимного притяжения двух тел прямо пропорциональна произведению масс этих тел и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{R^2}$$

Закон всемирного тяготения верен:

1. для материальных точек.
2. для однородных шаров и сфер.
3. для однородного шара большого радиуса и материальной точки.

По формуле всемирного тяготения можно рассчитать силу притяжения к Земле тела, находящегося на ее поверхности.

$$F_T = G \frac{M_{\text{зем}} \cdot m}{R_{\text{зем}}^2}$$
$$g = G \frac{M_{\text{зем}}}{R_{\text{зем}}^2}$$

Для тела, поднятого над поверхностью на высоте h : $g = G \frac{M_{\text{зем}}}{(R_{\text{зем}} + h)^2}$

1.2.7. Движение небесных тел и их искусственных спутников. Первая космическая скорость.

Расстояние от Солнца до любой планеты во много раз больше размеров Солнца и планеты. Поэтому при рассмотрении движения планет их можно считать материальными точками.

Следовательно, сила притяжения планеты к Солнцу

$$F = G \frac{M_c m_{пл}}{R^2}$$

R — расстояние от Солнца до планеты.

Скорость движения планеты можно найти, если учесть, что ускорение планеты

$$a = \frac{F}{m_{пл}}$$

Для движения по окружности $a = \frac{v^2}{R}$

$$\frac{v^2}{R} = G \frac{M_c}{R^2} \rightarrow \text{скорость планеты } v = \sqrt{G \frac{M_c}{R}}$$

Чем больше радиус орбиты, тем меньше скорость планеты.

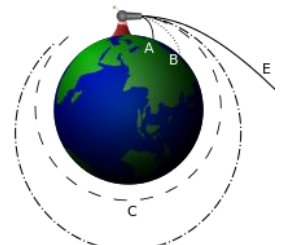
За время, равное одному периоду обращения T , планета, двигаясь со скоростью v , проходит путь, равный длине окружности радиуса R .

$$v = \frac{2\pi R}{T} \rightarrow T = \frac{2\pi R}{v} = 2\pi \sqrt{\frac{R^3}{GM_c}}$$

Из этой формулы следует, что **чем больше радиус орбиты, тем больше период обращения планеты.**

Минимальная скорость, которую надо сообщить телу на поверхности Земли, чтобы оно стало спутником Земли, движущемуся по круговой орбите, называется первой космической скоростью.

$$v_I = \sqrt{G \frac{M_3}{R_3}} = 7900 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$



Силой тяжести называют силу, с которой Земля притягивает тело, находящееся на ее поверхности или вблизи этой поверхности.

Под весом же в физике обычно понимают нечто совсем иное.

Весом тела называют силу, с которой это тело действует на горизонтальную опору или растягивает подвес.

Вес не является силой какой-то специфической природы. Это название присвоено частному случаю проявления силы упругости.

1.2.8. Сила упругости. Закон Гука.

Виды деформаций:

продольная деформация (растяжение, сжатие) — изменение продольных размеров тела;

деформация сдвига (сдвиг, изгиб) - одни слои твёрдого тела смещаются относительно других;

деформация кручения (кручение) - одни слои твёрдого тела поворачиваются относительно других.

- **если тело деформировано, то со стороны этого тела действуют силы упругости**
- **если к телу приложены силы упругости, то это тело деформируется.**

Воздействие тела на опору (чайник стоит на столе, давит на стол) приводит к ее сжатию. При этом возникает встречная сила - сила упругости (сила реакции опоры).

Частный случай силы упругости:

Сила реакции опоры - $\vec{N}$

Сила реакции подвеса - $\vec{T}$

В условиях некоторых задач фигурирует «нерастяжимая нить». Под этими словами подразумевают, что можно пренебречь только величиной деформации нити (увеличением её длины), но нельзя пренебрегать силами упругости, приложенными к нити или действующими со стороны нити.

Закон Гука:

$$F = -k\Delta x$$

Коэффициент k называют жёсткостью пружины. Жёсткость зависит от материала пружины, её размеров и формы. Единица жёсткости 1 Н/м.

Границы применимости закона Гука: выполняется только при упругих деформациях, при которых Δx мало. При дальнейшем увеличении деформации изменение длины тела перестает быть прямо пропорциональным приложенной силе, а при очень больших деформациях тело разрушается.

Соединение пружин

Последовательное



$$\frac{1}{k_{\text{посл}}} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2}$$

Параллельное



$$k_{\text{пар}} = k_1 + k_2$$

1.2.9. Сила трения. Сухое трение. Сила трения скольжения. Сила трения покоя. Коэффициент трения.

Силы трения: покоя, скольжения, качения, вязкого трения.

Эти силы действуют вдоль поверхности тел при их непосредственном соприкосновении.

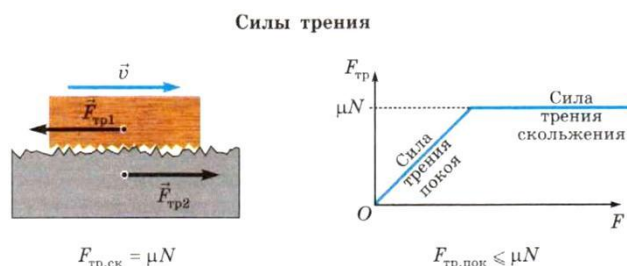
Главная особенность сил трения, отличающая их от сил упругости, состоит в том, что они зависят от скорости движения тел относительно друг друга.

Силы трения покоя возникают при попытке сдвинуть одно из соприкасающихся тел относительно другого в том случае, когда тела остаются в покое друг относительно друга.

Причины возникновения силы трения: наличие неровностей на соприкасающихся поверхностях тел и действие сил межмолекулярного притяжения.

модуль силы трения покоя $F_{\text{тр пок}}$ не превышает некоторого предельного значения, называемого максимальной силой трения покоя.

Если на тело не действуют силы, то сила трения покоя равна нулю



Модуль силы трения скольжения $F_{\text{тр}}$ пропорционален модулю силы нормальной реакции N : $F_{\text{тр}} = \mu N$

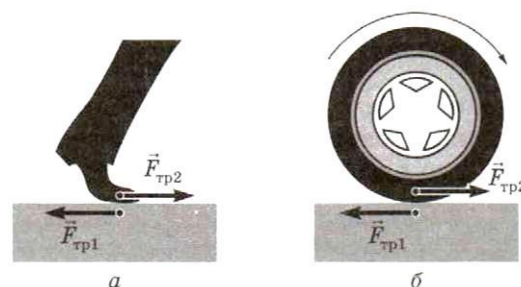
Сила трения скольжения практически не зависит от относительной скорости движения соприкасающихся тел и от площади их соприкосновения.

Коэффициент пропорциональности μ называют коэффициентом трения. Он зависит от материала и качества обработки соприкасающихся поверхностей.

При движении твердого тела в жидкости или газе на него действует сила сопротивления среды. Эта сила направлена против скорости тела относительно среды и тормозит движение.

Главная особенность силы вязкого трения состоит в том, что она появляется только при наличии относительного движения тела и окружающей среды.

Трение качения — сопротивление движению, возникающее при перекатывании тел друг по другу, т.е. сопротивление качению одного тела (катка) по поверхности другого.



1.2.10. Давление.

Величина, равная отношению силы, действующей перпендикулярно поверхности, к площади этой поверхности, называется давлением.

$$p = \frac{F}{S}$$

Твердое тело оказывает давление лишь в направлении действия силы.