

поверхности планеты радиуса R : $g_0 = F/m = GM/R^2$; с высотой h ускорение свободного падения убывает по закону: $g(h) = GM/(R+h)^2 = g_0 R^2/(R+h)^2$. Например, на высоте, равной радиусу Земли $h = R$, ускорение свободного падения оказывается в четыре раза меньше, чем на её поверхности: $g/g_0 = R^2/r^2 = R^2/(R+h)^2 = 4$.

Уравнение движения спутника на круговой орбите радиусом $r = R + h$:

$$GmM/r^2 = mv^2/r.$$

Скорость движения спутника на круговой орбите

$$v = \sqrt{\frac{GM}{r}} = (g_0 R^2/r)^{1/2}.$$

На околоземной орбите, для которой $r \approx R$, спутники движутся со скоростью $v_1 = \sqrt{g_0 R} = 7,9$ км/с. Эта скорость называется *первой космической скоростью*.

Период обращения спутника вокруг планеты (или планеты вокруг Солнца) $T = 2\pi r/v = 2\pi r/(GM/r)^{1/2} = 2\pi r^{3/2}/(GM)^{1/2}$. Это означает, что для двух планет Солнечной системы или для двух спутников Земли отношение квадратов периодов равно отношению кубов радиусов орбит: $(T_2/T_1)^2 = (r_2/r_1)^3$ – третий Закон Кеплера для круговых орбит.

Элементы статики.

Состояние механической системы называется *равновесным*, если все точки системы покоятся относительно выбранной системы отсчета.

Для равновесия материальной точки необходимо и достаточно, чтобы сумма действующих на нее сил равнялась нулю

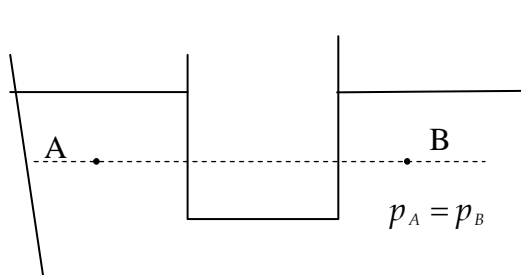
$$\sum \vec{F}_i = 0.$$

Расстояние d от оси вращения до линии действия силы называется плечом силы. Моментом M силы \vec{F} относительно оси называется произведение модуля F силы на плечо d силы: $M = F \cdot d$. Твердое тело находится в равновесии в некоторой инерциальной системе отсчета, если 1) равна нулю сумма всех внешних сил, действующих на тело, 2) сумма моментов внешних сил относительно любой оси вызывающих вращение по часовой стрелке, равна сумме моментов внешних сил относительно той же оси вызывающих вращение против часовой стрелки: $\sum M_{+,i} = \sum M_{-,i}$.

Давлением p называется величина, равная отношению модуля силы F , действующей по нормали (перпендикулярно) к плоской поверхности, к площади S этой поверхности: $p = F/S$. Величина давления в данной точке жидкости не зависит от ориентации плоской поверхности.

Закон Паскаля: давление, оказываемое на жидкость (или газ) в каком-либо одном месте на ее границе, передается без изменения во все точки жидкости.

Давление, которое появляется в жидкости из-за поля тяжести, называется гидростатическим. В однородной жидкости с плотностью ρ на глубине h , считая от поверхности, гидростатическое давление p равно $p = \rho gh$, где g - ускорение свободного падения. Полное давление в жидкости складывается из давления на поверхность жидкости (например, атмосферное давление) и гидростатического.



В сообщающихся неподвижных сосудах, заполненных однородной жидкостью, давление во всех точках жидкости, расположенных в одной горизонтальной плоскости, одинаково, независимо от формы сосуда.

На поверхность твердого тела, опущенного в жидкость (газ), действуют силы давления. Эти силы увеличиваются с глубиной погружения. Равнодействующая всех сил давления, действующих на поверхность тела со стороны жидкости, называется *выталкивающей силой* или *силой Архимеда*.

Закон Архимеда: *Выталкивающая сила, действующая на тело, погруженное в жидкость, равна по модулю весу вытесненной жидкости и противоположно ему направлена.*

Приведенная формулировка закона Архимеда справедлива в случае, когда вся поверхность тела соприкасается с жидкостью, или в случае, когда тело плавает в жидкости, а также в случае, если тело частично опущено в жидкость через свободную, т.е. не соприкасающуюся со стенками сосуда, поверхность жидкости.

Если же часть поверхности тела плотно прилегает к стенке или дну сосуда, так что между ними нет прослойки жидкости, то закон Архимеда неприменим.

Сила Архимеда рассчитывается по формуле

$$F_{\text{Арх}} = \rho g V,$$

Закон сохранения импульса

Система тел определяется указанием тех тел, которые в эту систему входят.

Силы, действующие на тела системы, разделяют на внешние силы, действующие со стороны тел, не входящих в систему, и внутренние силы, действующие между телами системы. Из третьего закона Ньютона следует, что векторная сумма всех внутренних сил равна нулю.

Система тел называется замкнутой, если внешние силы отсутствуют.

Импульсом \vec{p} тела (материальной точки) называется произведение массы m на скорость \vec{v}

$$\vec{p} = m\vec{v}.$$

Импульсом \vec{p} системы, состоящей из n тел (материальных точек) с массами m_1, m_2, \dots, m_n , движущихся со скоростями $\vec{v}_1, \vec{v}_2, \dots, \vec{v}_n$ называется сумма их импульсов

$$\vec{p} = m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 + \dots + m_n\vec{v}_n.$$

Пусть в некоторый начальный момент времени t_1 импульс тела имеет значение $\vec{p}_1 = m\vec{v}_1$, а в последующий момент времени t_2 импульс тела стал равен $\vec{p}_2 = m\vec{v}_2$ (масса тела остается постоянной). Тогда изменение импульса тела $\Delta\vec{p}$ за интервал времени $\Delta t = t_2 - t_1$ составит $\Delta\vec{p} = \vec{p}_2 - \vec{p}_1 = m(\vec{v}_2 - \vec{v}_1)$.

Второй закон Ньютона для тела массой m может быть записан в виде

$$\Delta\vec{p} = m(\vec{v}_2 - \vec{v}_1) = m\Delta\vec{v} = \vec{F} \cdot \Delta t,$$

где \vec{F} - равнодействующая всех сил, действующих на тело. Произведение силы на время ее действия называется импульсом силы. Если равнодействующая сила \vec{F} , из приведенного выше уравнения можно найти изменение импульса тела за любой промежуток времени. Если равнодействующая силы изменяется по модулю с течением времени по некоторому закону $F(t)$, импульс такой силы численно равен площади под графиком $F(t)$.

Изменение импульса системы тел равно импульсу равнодействующей внешних сил:

$$\Delta\vec{p} = \vec{F}_{\text{внеш}} \cdot \Delta t.$$

Импульс замкнутой системы тел сохраняется (закон сохранения импульса):

$$\vec{p} = m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 + \dots + m_n\vec{v}_n = \text{const}.$$

равнодействующая внешних сил равна нулю $\vec{F}_{\text{внеш}} = 0$.

Закон сохранения импульса можно применять и тогда, когда сумма внешних сил не равна нулю: 1) если внешние силы перпендикулярны некоторой оси, то проекция импульса на это направление сохраняется; 2) если взаимодействие носит кратковременный характер (удар, взрыв), а внешние силы остаются конечными, то изменением импульса за это время можно пренебречь.

Центр масс системы, состоящей из n тел (материальных точек) с массами m_1, m_2, \dots, m_n , положение которых задается радиус-векторами $\vec{r}_1, \vec{r}_2, \dots, \vec{r}_n$ - это точка, положение которой задается формулой

$$\vec{r}_{\text{цм}} = \frac{m_1 \vec{r}_1 + m_2 \vec{r}_2 + \dots + m_n \vec{r}_n}{m_1 + m_2 + \dots + m_n}.$$

Импульс системы тел равняется произведению массы системы на скорость центра масс $\vec{p} = m \vec{v}_{\text{цм}}$. Если импульс системы сохраняется, то центр масс движется с постоянной скоростью. Движение центра масс определяется только внешними силами

$$\vec{F}_{\text{внеш}} = m \vec{a}_{\text{цм}}.$$