

В изолированной системе энергия может переходить из одной формы в другую, но её кол-во остаётся постоянным. Если система не изолирована, то её энергия может изменяться либо при одноврем. изменении энергии окружающих тел на такую же величину, либо за счёт изменения энергии взаимодействия тела с окружающими телами. При переходе системы из одного состояния в другое изменение энергии не зависит от того, каким способом (в результате каких взаимодействий) происходит переход, т. е. энергия — однозначная функция состояния системы.

Э. с. з. является строгим законом природы, справедливым для всех известных взаимодействий, он связан с однородностью времени, т. е. с тем фактом, что все моменты времени эквивалентны и физ. законы не меняются со временем (см. *Симметрия в физике*). Э. с. з. для механики, процессов установлен Г. В. Лейбницем (G. W. Leibniz, 1686), для немеханич. явлений — Ю. Р. Майером (J. R. Mayer, 1845), Дж. П. Джоулем (J. P. Joule, 1843—50) и Г. Л. Гельмгольцем (H. L. Helmholtz, 1847). В термодинамике Э. с. з. наз. *первым началом термодинамики*.

До создания А. Эйнштейном спец. теории относительности (1905) законы сохранения массы и энергии существовали как два независимых закона. В теории относительности они были слиты воедино (см. также *Сохранения законы*).

Лит.: Гельмгольц Г., О сохранении силы, пер. с нем., 2 изд., М.—Л., 1934; Майер Р., Закон сохранения и превращения энергии. Четыре исследования. 1841—1851, М.—Л., 1933; Планк М., Принцип сохранения энергии, пер. с нем., М.—Л., 1938; Лауэ Э. М., История физики, пер. с нем., М., 1956; Вигнер Е., Этюды о симметрии, пер. с англ., М., 1971.

Г. Я. Мякишев.

ЭНЕРГИЯ (от греч. *enérgeia* — действие, деятельность) — общая количеств. мера движения и взаимодействия всех видов материи. Э. не возникает из ничего и не исчезает, она может только переходить из одной формы в другую (*энергии сохранения закон*). Понятие Э. связывает воедино все явления природы.

В соответствии с разл. формами движения материи рассматривают разные виды Э.: механическую, внутреннюю, электромагнитную, химическую, ядерную и пр. Это деление до известной степени условно. Так, хим. Э. складывается из кинетич. Э. движения электронов и электрив. Э. их взаимодействия друг с другом и с атомными ядрами. Внутр. Э. равна сумме кинетич. Э. хаотич. движения молекул относительно центра масс тел и потенциальной Э. взаимодействия молекул друг с другом. Э. системы однозначно зависит от параметров, характеризующих состояние системы. В случае непрерывной среды или поля вводятся понятия плотности Э., т. е. Э. в единице объёма, и плотности потока Э., равной произведению плотности Э. на скорость её перемещения.

Относительности теория показала, что Э. тела \mathcal{E} неразрывно связана с его массой m соотношением $\mathcal{E} = mc^2$. Любое тело обладает Э.; если масса покоящегося тела m_0 , то его Э. покоя $\mathcal{E}_0 = m_0 c^2$; эта Э. может переходить в др. виды Э. при превращении частиц (в распадах, ядерных реакциях и т. п.).

Согласно классич. физике, Э. любой системы меняется непрерывно и может принимать любые значения. Квантовая теория утверждает, что Э. микрочастиц, движение к-рых происходит в ограниченном объёме пространства (напр., электронов в атоме), принимает дискретный ряд значений. Так, атомы испускают электромагн. Э. в виде дискретных порций — световых квантов, или фотонов.

Э. измеряется в тех же единицах, что и работа: в системе СГС — в эргах (Э), в СИ — в джоулях (Дж); в атомной и ядерной физике и физике элементарных частиц обычно применяется внесистемная единица — *электронвольт* (эВ).

Лит. см. при ст. *Энергии сохранения закон*. Г. Я. Мякишев.

ЭНЕРГИЯ ЗВУКОВОЙ ВОЛНЫ — добавочная энергия среды, обусловленная наличием звуковых волн. Э. з. в единицы объёма среды наз. плотностью звуковой энергии \mathcal{E} и равна

$$\mathcal{E} = \frac{\rho v^2}{2} + \frac{\beta p^2}{2},$$

где первый член — плотность кинетич. энергии $\mathcal{E}_{\text{кин}}$, а второй — плотность потенциальной энергии $\mathcal{E}_{\text{пот}}$; ρ — плотность среды; $\beta = 1/\rho c^2$ — сжимаемость среды, c — скорость звука; v — колебательная скорость частиц; p — звуковое давление. Для плоской бегущей волны $\mathcal{E}_{\text{кин}} = \mathcal{E}_{\text{пот}}$ и плотность полной энергии $\mathcal{E} = \rho v^2 = \beta p^2$. В произвольной волне такое же выражение имеет место для среднего по времени значения плотности полной звуковой энергии.

Плотность звуковой энергии в системе единиц СИ измеряется в Дж/м³, в системе СГС — в эрг/см³, 1 эрг/см³ = 10⁻¹ Дж/м³. Для гармонич. плоской бегущей звуковой волны средняя по времени плотность энергии равна $\mathcal{E} = (1/2)\rho v_0^2 = (1/2)\beta p_0^2$, где v_0 и p_0 — амплитуды колебательной скорости и давления.

В стоячей волне в отличие от бегущей средние по времени значения кинетич. и потенциальной энергий не равны друг другу в каждой точке:

$$\bar{\mathcal{E}}_{\text{кин}} = \frac{1}{8} \beta p_0^2 (1 - \cos 2kx),$$

$$\bar{\mathcal{E}}_{\text{пот}} = \frac{1}{8} \beta p_0^2 (1 + \cos 2kx),$$

где k — волновое число, а координата x отсчитывается от пучности давления. Значение $\mathcal{E}_{\text{кин}}$ достигает максимума в узлах, а $\mathcal{E}_{\text{пот}}$ — в пучностях давления. Средняя по времени (или по пространству) плотность полной звуковой энергии в стоячей волне равна $(1/4)\beta p_0^2$.

При наличии в среде нескольких гармонич. волн разных частот плотности энергии складываются; для волн же одинаковой частоты плотности энергии не аддитивны; напр., при сложении двух одинаковых волн, когда амплитуды во всех точках среды удваиваются, плотность энергии учетверяется.

ЭНЕРГИЯ ИОНИЗАЦИИ — минимальная энергия, необходимая для отрыва электрона (ионизации) от атома, иона или молекулы, находящихся в основном энергетич. состоянии. Для нейтральных атомов Э. и. изменяется от 3,89 эВ (Cs) до 24,6 эВ (He). Э. и. положит. ионов пропорциональна квадрату *спектрскопического символа* иона. Э. и. отрицат. ионов характеризует *средство к электрону* и изменяется в пределах от 0,03 до 3,5 эВ. Мин. энергия, к-рую необходимо затратить для удаления одного электрона с поверхности жидкости или твёрдого тела, наз. *работой выхода*.

В. П. Шевелько.

ЭНЕРГИЯ ПОКОЯ частицы — энергия частицы в системе отсчёта, в к-рой она покоится: $\mathcal{E}_0 = m_0 c^2$, где m_0 — масса покоя частицы.

ЭНЕРГИЯ СВЯЗИ — минимальная энергия, необходимая для разделения системы на составляющие её части; определяется взаимодействием между частями, входящими в систему. Для устойчивых систем Э. с. характеризует прочность системы: чем больше Э. с., тем прочнее система.

Э. с. электрона в атомах и ионах определяется его взаимодействием с ядром и электронами атомного остатка (атомного остова). Э. с. электронов внеш. атомных оболочек систем, находящихся в *основном состоянии*, совпадает с *энергией ионизации*, а для избыточного электрона отрицат. ионов характеризует *средство к электрону*. Э. с. электронов внутр. оболочек растёт по мере приближения оболочки к ядру, что связано с влиянием не скомпенсированного др. электронами атомной системы кулоновского поля ядра. Напр., Э. с. электронов разных оболочек нейтрального атома Mg, имеющего электронную конфигурацию $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$, составляют (в эВ): 7,65 (3s — оболочка), 54 (2p), 92 (2s) и 1308 (1s).

В случае молекул Э. с. определяется взаимодействием частиц, входящих в молекулу, — электронов, ядер, атомов, ионов, молекулярных ионов и т. д. Энергия *химической связи* составляет обычно порядка сотен кДж/моль.