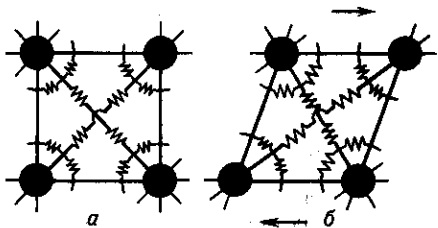


произвольно возвращается в равновесное состояние. Запасённая в теле избыточная потенц. энергия превращается в энергию колеблющихся атомов, т.е. в теплоту. Пока отклонения межатомных расстояний и валентных углов от их равновесных значений малы, они пропорц. действующим между атомами силам, подобно тому, как удлинение или сжатие пружины пропорц. приложенной силе. Поэтому тело можно представить как совокупность атомов-шариков, соединённых пружинами, ориентация к-рых фиксирована др. пружинами (рис.). Константы упругости этих пружин определяют модули упругости материала.



Шариковая модель элементарной ячейки кубического кристалла: а — в равновесии в отсутствие внешних сил; б — под действием внешнего касательного напряжения.

В жидкости тепловые колебания имеют амплитуду, сравнимую с равновесным межатомным расстоянием, вследствие чего атомы легко меняют своих соседей и не сопротивляются касат. напряжениям, если они прикладываются со скоростью, значительно меньшей скорости тепловых колебаний. Поэтому жидкости (как и газы) не обладают упругостью формы, а только объёма: уменьшение объёма пропорц. приложенному давлению.

В газообразном состоянии ср. расстояния между атомами или молекулами значительно больше, чем в конденсированном. Упругость газов (паров) определяется тепловым движением молекул, ударяющихся о стенки сосуда, ограничивающего объём газа.

Лит.: Френкель Я. И., Введение в теорию металлов, 4 изд., Л., 1972, гл. 2; Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М., Фейнмановские лекции по физике, 2 изд., [в.] 7, М., 1977, гл. 38—39; Смирнов А. А., Молекулярно-кинетическая теория металлов, М., 1966, гл. 2.

А. Н. Орлов.

УРАВНЕНИЕ СОСТОЯНИЯ — уравнение, к-рое связывает давление p , объём V и абс. темп-ру T физически однородной системы в состоянии термодинамического равновесия: $f(p, V, T) = 0$. Это ур-ние наз. термическим У. с., в отличие от калорического У. с., определяющего внутр. энергию U системы как ф-ции к-л. двух из трёх параметров p, V, T . Термическое У. с. позволяет выразить давление через объём и темп-ру, $p = p(V, T)$, и определить элементарную работу $\delta A = p \delta V$ при бесконечно малом расширении системы δV . У. с. является необходимым дополнением к термодинамич. законам, к-рое делает возможным их применение к реальным веществам. Оно не может быть выведено с помощью одних только законов термодинамики, а определяется из опыта или рассчитывается теоретически на основе представлений о строении вещества методами статистич. физики. Из *первого начала термодинамики* следует лишь существование калорич. У. с., а из *второго начала термодинамики* — связь между калорическим и термическим У. с.:

$$(\partial U / \partial V)_T = T(\partial p / \partial T)_V - p,$$

из к-рой следует, что для идеального газа внутр. энергия не зависит от объёма: $(\partial U / \partial V)_T = 0$.

Для вычисления как термического, так и калорического У. с. достаточно знать любой из потенциалов термодинамических в виде ф-ции своих параметров. Напр., если известна *Гельмгольца энергия* (свободная энергия) F как ф-ция T и V , то У. с. находится дифференцированием:

$$p = -\left(\frac{\partial F}{\partial V}\right)_T, \quad U = -T^2 \frac{\partial}{\partial T} \left(\frac{F}{T}\right)_V.$$

Примерами У. с. для газов могут служить *Клапейрона уравнение* для идеального газа: $pv = RT$, где v — объём одного моля газа; *Ван-дер-Ваальса уравнение*:

$$\left(p + \frac{a}{v^2}\right)(v-b) = RT,$$

где a и b — постоянные, зависящие от природы газа и учитывающие влияние сил межмолекулярного притяжения и конечность объёма молекул; *вириальное У. с.* для неидеального газа:

$$pv/RT = 1 + B(T)/v + C(T)/v^2 + \dots,$$

где $B(T)$, $C(T)$, ... — 2-й, 3-й и т. д. вириальные коэф., зависящие от сил межмолекулярного взаимодействия. Вириальное У. с. позволяет объяснить многочисл. эксперим. результаты на основе простых моделей *межмолекулярного взаимодействия* в газах. Предложены также разл. эмпирич. У. с., основанные на эксперим. данных о теплоёмкости и сжимаемости газов. У. с. неидеальных газов указывают на существование критич. точки (с параметрами p_c, V_c, T_c), в к-рой газообразная и жидкая фазы становятся идентичными. Если У. с. представить в виде приведённого У. с., то есть в безразмерных переменных $p/p_c, V/V_c, T/T_c$, то при не слишком низких темп-рах это ур-ние мало меняется для разл. веществ (закон соответственных состояний).

Для жидкостей из-за сложности учёта всех особенностей межмолекулярного взаимодействия пока не удалось получить общее теоретическое У. с. Ур-ние Ван-дер-Ваальса и его модификации, хотя и применяются для качеств. оценки поведения жидкостей, но по существу оно неприменимо ниже критич. точки, когда возможно сосуществование жидкой и газообразной фаз. У. с., хорошо описывающее свойства ряда простых жидкостей, можно получить из приближённых теорий жидкости. Зная распределение вероятностей взаимного расположения молекул (парной корреляц. ф-ции; см. *Жидкость*), можно в принципе вычислить У. с. жидкости, однако эта задача сложна и полностью не решена даже с помощью ЭВМ.

Для получения У. с. твёрдых тел используют теорию *колебаний кристаллической решётки*, однако универсальное У. с. для твёрдых тел не получено.

Для равновесного излучения (фотонного газа) У. с. определяется *Планка законом излучения*.

Для магн. сред элементарная работа при намагничивании равна

$$\delta A = -H \delta M,$$

где M — магн. момент вещества, H — напряжённость магн. поля. Следовательно, зависимость $M = M(H, T)$ представляет собой магнитное У. с. Для диэлектриков элементарная работа $\delta A = -E \delta P$, где P — поляризация, E — напряжённость электрич. поля, и У. с. имеет вид $P = P(E, T)$.

Лит.: Майер Дж., Гепперт-Майер М., Статистическая механика, пер. с англ., 2 изд., М., 1980; Рид Р., Праусниц Дж., Шервуд Т., Свойства газов и жидкостей, пер. с англ., 3 изд., Л., 1982; Мейсон Э., Сперлинг Т., Вириальное уравнение состояния, пер. с англ., М., 1972; Исихара А., Статистическая физика, пер. с англ., М., 1973; Ашкрофт Н., Мермин Н., Физика твёрдого тела, пер. с англ., т. 1—2, М., 1979.

Д. Н. Зубарев.

УРА́Н (лат. Uranium), U, — радиоакт. хим. элемент III группы периодич. системы элементов, ат. н. 92, ат. масса 238, 0289; относится к *актиноидам*. В природе представлен тремя α -радиоакт. изотопами: ^{234}U (0,0055%, $T_{1/2} = 2,454 \cdot 10^5$ лет); ^{235}U (0,7200%, $T_{1/2} = 7,0378 \cdot 10^8$ лет); ^{238}U (99,2745%, $T_{1/2} = 4,468 \cdot 10^9$ лет). Содержание ^{235}U в разл. урановых рудах колеблется более чем на 0,1% (ср. содержание ^{235}U среди изотопов U считали ранее, а иногда считают и ныне равным 0,711%). Ядра ^{234}U и ^{235}U делятся при захвате как тепловых, так и быстрых нейтронов, а ядра ^{238}U способны к делению только при захвате нейтронов с энергией более 1 МэВ. При захвате нейтронов с меньшей энергией ядра ^{238}U превращаются сначала в ядра ^{239}U , к-рые далее испытывают β -распад и последовательно превращаются в ^{239}Np и ^{239}Pu (этот процесс осуществляется