

**ТЕПЛОВЫЕ НЕЙТРОНЫ** — нейтроны с кинетич. энергией ниже 0,5 эВ; образуются при замедлении быстрых нейтронов до теплового равновесия с атомами замедляющей среды. Этот процесс наз. термализацией нейтронов. Распределение Т. н. в замедлителе по скоростям определяется его темп-рой в соответствии с *Максвелла распределением* для молекул газа. Энергия, соответствующая наиб. вероятной скорости Т. н., равна  $8,6 \cdot 10^{-5} T$  эВ (где  $T$  — абс. темп-ра в К).

Лит. см. при ст. *Нейтронная физика. Замедление нейтронов.*

**ТЕПЛОЁМКОСТЬ** — кол-во теплоты, поглощаемой телом при нагревании на 1 градус (1 °С или 1 К); точнее — отношение кол-ва теплоты, поглощаемой телом при бесконечно малом изменении его темп-ры, к этому изменению. Т. единицы массы вещества наз. удельной Т., 1 моля вещества — молярной (мольной) Т. Единицами Т. служат Дж/(кг · К), Дж/(моль · К), Дж/(м<sup>3</sup> · К) и внесистемная единица кал/(моль · К).

Кол-во теплоты, поглощённой телом при изменении его состояния, зависит не только от начального и конечного состояний (в частности, от их темп-ры), но и от способа, к-рым был осуществлён процесс перехода между ними. Соответственно от способа нагревания тела зависит и его Т. Обычно различают Т. при пост. объёме ( $C_V$ ) и Т. при пост. давлении ( $C_P$ ), если в процессе нагревания поддерживаются постоянными соответственно объём тела или давление. При нагревании при пост. давлении часть теплоты идёт на производство работы расширения тела, а часть — на увеличение его *внутренней энергии*, тогда как при нагревании при пост. объёме вся теплота расходуется на увеличение внутр. энергии: в связи с этим  $C_P$  всегда больше, чем  $C_V$ . Для газов (разреженных настолько, что их можно считать идеальными) разность молярных Т.  $C_P - C_V = R$ , где  $R$  — универсальная *газовая постоянная*, равная 8,314 Дж/(моль · К) или 1,986 кал/(моль · К). У жидкостей и твёрдых тел разница между  $C_P$  и  $C_V$  сравнительно мала. Т.  $C_P$  нек-рых веществ и материалов приведены в табл. 1 и 2.

Из 1-го и 2-го начал термодинамики следует, что  $C_P = T(\partial S/\partial T)_P$ , а  $C_V = T(\partial S/\partial T)_V$ , т. е. Т. пропорц. производной от *энтропии*  $S$  системы по темп-ре  $T$  при соответствующих условиях.

Теоретич. вычисление Т., в частности её зависимости от темп-ры тела, не может быть осуществлено при помощи чисто термодинамич. методов и требует применения методов *статистической физики* (знания микроструктуры вещества). Для газов вычисление Т. сводится к вычислению ср. энергии теплового движения отд. молекул. Это движение складывается из поступат. и вращат. движений молекулы как целого и из колебаний атомов внутри молекулы. Согласно классич. статистике, на каждую степень свободы поступат. и вращат. движений приходится в молярной Т. ( $C_V$ ) газа величина, равная  $R/2$ , а на каждую колебат. степень свободы —  $R$ ; это правило наз. *равнораспределения*

*законом*. Частица одноатомного газа обладает всего тремя поступат. степенями свободы, соответственно его Т.  $C_V$  должна составлять  $3R/2$  [т. е. ок. 12,5 Дж/(моль · К), или  $\approx 3$  кал/(моль · К)], что хорошо согласуется с опытом. Молекула двухатомного газа обладает тремя поступат., двумя вращат. и одной колебат. степенями свободы, и закон равнораспределения приводит к значению  $C_V = 7R/2$ ; опыт показывает, что Т. моля двухатомного газа (при обычных темп-рах) составляет  $5R/2$ . Это расхождение теории и эксперимента связано с тем, что при вычислении Т. необходимо учитывать квантовые эффекты, т. е. пользоваться квантовой статистикой. Согласно *квантовой механике*, всякая система частиц, совершающих колебания или вращения (в т. ч. молекула газа), может обладать лишь определ. дискретными значениями энергии. Если энергия теплового движения в системе недостаточна для возбуждения колебаний определ. частоты, то эти колебания не вносят своего вклада в Т. системы (соответствующая степень свободы оказывается «замороженной» — к ней неприменим закон равнораспределения). Темп-ра  $T$ , при достижении к-рой закон равнораспределения оказывается применимым к вращат. или колебат. степени свободы, определяется квантомеханич. соотношением  $T \gg hv/k$ , где  $\nu$  — частота колебаний.

Табл. 2.— Теплоёмкость  $C_P$  в кДж/(кг · К) некоторых технических материалов при атмосферном давлении

Название	$C_P$	Название	$C_P$
Гранит (0 °С)	0,65	Слода (20 °С)	0,88
Песок (0—100 °С)	~0,8	Известняк (0—100 °С)	0,92
Асбест (20—98 °С)	0,82	Дерево (20 °С)	~1,3
Бетон (0 °С)	0,84	Текстолит (200 °С)	~1,47

Интервалы между вращат. уровнями энергии двухатомной молекулы (деленные на  $k$ ) составляют всего неск. К и лишь для такой лёгкой молекулы, как молекула водорода, достигают сотни К. Поэтому при обычных темп-рах вращат. часть Т. двухатомных (а также многоатомных) газов подчиняется закону равнораспределения. Интервалы же между колебат. уровнями энергии достигают неск. тысяч К, и поэтому при обычных темп-рах закон равнораспределения неприменим к колебат. части Т. Вычисление Т. по квантовой статистике приводит к результату, что колебат. Т. быстро убывает при понижении темп-ры, стремясь к нулю. Этим объясняется то обстоятельство, что уже при обычных темп-рах колебат. часть Т. практически отсутствует и Т. моля двухатомного газа равна  $5R/2$  вместо  $7R/2$ .

При достаточно низких темп-рах Т. вообще должна вычисляться с помощью квантовой статистики. При  $T \rightarrow 0$  Т. убывает в согласии с т. н. принципом Нернста (*третьим началом термодинамики*).

В твёрдых (кристаллич.) телах тепловое движение атомов представляет собой малые колебания вблизи определ. положений равновесия (узлов кристаллич. решётки). Каждый атом обладает, т. о., тремя колебат. степенями свободы, и, согласно закону равнораспределения, молярная Т. твёрдого тела (Т. кристаллич. решётки) должна быть равной  $3nR$ , где  $n$  — число атомов в молекуле. В действительности, однако, это значение — лишь предел, к к-рому стремится Т. твёрдого тела при высоких темп-рах. Он достигается уже при обычных темп-рах у мн. элементов, в т. ч. у *металлов* ( $n=1$ , т. н. *Дюлонга и Пти закон*) и у нек-рых простых соединений [NaCl, MnS ( $n=2$ ), PbCl<sub>2</sub> ( $n=3$ ) и др.]; у сложных соединений этот предел фактически не достигается, т. к. раньше наступает *плавление* вещества или его разложение.

При низких темп-рах решёточная составляющая Т. твёрдого тела оказывается пропорц.  $T^3$  (*Дебая закон теплоёмкости*). Критерием, позволяющим различать высокие

Табл. 1.— Молярная теплоёмкость  $C_P$  в Дж/(моль · К) некоторых веществ при атмосферном давлении и  $T = 298,15$  К

Вещество	$C_P$	Вещество	$C_P$
Газы		Твёрдые тела	
Ar	20,79	С (алмаз)	6,12
Ne	20,79	С (графит)	8,53
N <sub>2</sub>	29,12	Al	24,35
O <sub>2</sub>	29,36	Cu	24,52
Воздух	29,2	α-Fe	25,02
NH <sub>3</sub>	35,52	Ag	25,49
Жидкости		Pb	26,44
Hg	27,98	β-Fe	26,74
H <sub>2</sub> O	75,15	NaCl	50,79
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O (ацетон)	125	AgI	54,43
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> (бензол)	136,1	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	79,01
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	138,9	U <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	237,9