

ло термодинамики). Если к.-л. тело A находится в тепловом равновесии с телом C , а тело B также находится в равновесии с телом C , то тела A и B также находятся в состоянии термодинамич. равновесия. Именно поэтому мы можем сравнивать состояния теплового равновесия тел, не приводя их в непосредств. контакт, и ввести понятие T : тела A и B имеют одинаковую T , если каждое из них находится в термодинамич. равновесии с телом C (к-рым может быть, напр., термометр).

В отличие от др. физ. величин, таких, как длина, время и т. д., T не аддитивна и для её измерения нельзя ввести к.-л. эталон. Измерение T осуществляется на основе тех или иных уравнений состояния, связывающих T с др. параметрами: объёмом, давлением и др. Такая связь и используется в *термометрах*; в качестве термометрич. тела в них применяются спирт, ртуть или разл. газы и твёрдые тела. Изменение T регистрируется по изменениям объёма, давления или электрич. сопротивления термометрич. тела. Установленная, т. о., термометрич. шкала обладает существ. недостатком, т. к. разл. тела ведут себя неодинаково при изменении T . Однако достаточно разрежённые (идеальные) газы расширяются одинаково при пост. давлении (или меняют давление при пост. объёме). Это позволяет установить *температурную шкалу*, не зависящую от вещества.

В термодинамике в общем случае T определяется как производная от внутр. энергии U по энтропии S : $T = \partial U / \partial S$. Такая T всегда положительна, и её наз. абсолютной (T) или T по термодинамич. температурной шкале. За единицу T в *Международной системе единиц* (СИ) принят кельвин (К). Часто, особенно в быту, T измеряют по шкале Цельсия (t); значение t связано с T равенством

$$t = T - 273,15 \text{ K} \quad (1 \text{ } ^\circ\text{C} = 1 \text{ K}).$$

Термодинамич. шкала T была введена У. Томсоном [W. Thomson (лорд Кельвин, Kelvin)] на основе *Карно теоремы*. Для этой же цели можно воспользоваться любым точным термодинамич. соотношением, в к-ром, кроме T , входят только экспериментально измеримые величины. Напр.,

$$\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T = T \left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_V - p \quad (1)$$

(p — давление, V — объём). Если через τ обозначить к.-л. эмпирич. T , отсчитываемую по шкале практич. термометра, то $T = T(\tau)$ и задача сводится к нахождению ф-ции $T(\tau)$. Из (1) следует

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} = \left(\frac{\partial p}{\partial \tau}\right)_V \left/ \left(\frac{\partial Q}{\partial V}\right)_T \right. d\tau. \quad (2)$$

В правой части (2) стоят непосредственно измеримые величины: объём V , давление p и кол-во теплоты Q . Таким способом может быть найдена термодинамич. темп-ра T как ф-ция эмпирич. темп-ры τ . Термодинамич. шкала T совпадает с температурной шкалой идеального газового термометра, если разности темп-р двух осн. реперных точек приписать одно и то же значение. Температурные диапазоны физ. явлений исключительно широки: практически от абс. нуля T (см. *Низкие температуры*) до 10^{11} К и выше (высокие T). Абс. нуль T принципиально недостижим (вследствие *третьего начала термодинамики*).

В классич. статистич. физике абс. T пропорциональна ср. кинетич. энергии тела. На одну степень свободы, согласно теореме Больцмана о равномерном распределении кинетич. энергии по степеням свободы (см. *Равнораспределение закон*), приходится ср. кинетич. энергия $(1/2)kT$. Однако теорема Больцмана не справедлива в том случае, когда приходится учитывать квантовые эффекты. Согласно общему статистич. определению, абс. T , пропорц. модулю *канонического распределения Гиббса*: $\theta = kT$ (т. е. знаменателю в показателе экспоненты ф-ции распределения).

Строго определённой T характеризуется лишь равновесное состояние тел. Существуют, однако, системы, состоящие к-рых можно приближённо охарактеризовать несколь-

кими не равными друг другу T . Напр., в плазме, состоящей из лёгких и тяжёлых заряж. частиц (электронов и ионов), при столкновениях частиц энергия быстро передаётся от лёгких частиц к лёгким и от тяжёлых к тяжёлым, но медленно от электронов к ионам и обратно. Если состояние системы электронов и системы ионов близки к равновесным, то можно ввести T электронов T_e и T ионов T_i , не совпадающие между собой.

Понятие T применяют также для характеристики неравновесных систем (см. *Термодинамика неравновесных процессов*) путём введения T , зависящей от координат и времени. В квантовой статистике используют обобщённое понятие T . Нек-рые квантовые системы могут находиться в возбуждённых состояниях, к-рые формально характеризуются как состояния с отрицат. абс. T . (см. *Отрицательная температура*). Это не противоречит термодинамике, т. к. последняя строго определяет T лишь равновесных состояний. Состояния же с отриц. абс. T , рассматриваемые в статистич. физике, термодинамически неравновесны.

Лит.: Сивухин Д. В. Общий курс физики, т. 2. Термодинамика и молекулярная физика, М., 1979. Г. Я. Мякишев.

ТЕМПЕРАТУРА КИПЕНИЯ — темп-ра равновесного перехода жидкости в пар при пост. внеш. давлении. Так как *кипение* — фазовый переход 1-го рода, T к. является темп-рой фазового перехода 1-го рода. Ниже приведены T к. нек-рых веществ при нормальном внеш. давлении (1013,25 гПа).

Вещество	$T_{\text{кип.}} \text{ } ^\circ\text{C}$	Вещество	$T_{\text{кип.}} \text{ } ^\circ\text{C}$
Водород	-252,6	Иод	184,35
Азот	-195,8	Глицерин	290,0
Аргон	-185,7	Серная кислота	ок. 300
Кислород	-182,98	Натрий	882,9
Хлор	-34,1	Цинк	906
Ацетон	56,24	Алюминий	2500
Метиловый спирт	64,5	Медь	2540
Этиловый спирт	78,4	Железо	2750
Азотная кислота	82,6	Осмий	ок. 5000
		Тантал	ок. 5500

ТЕМПЕРАТУРА ПЛАВЛЕНИЯ — темп-ра равновесного фазового перехода кристаллич. (твёрдого) вещества в жидкое состояние (плавления) при пост. внеш. давлении. Так как *плавление* — фазовый переход 1-го рода, T п. — один из видов темп-ры фазового перехода 1-го рода. Ниже приведены значения T п. для нек-рых веществ при нормальном давлении (1013,25 гПа).

Вещество	$T_{\text{пл.}} \text{ } ^\circ\text{C}$	Вещество	$T_{\text{пл.}} \text{ } ^\circ\text{C}$
Водород	-259,1	Нитробензол	5,8
Кислород	-218,7	Уксусная кислота	16,7
Азот	-210	Глицерин	17,9
Аргон	-189,3	Цезий	28,4
Этиловый спирт	-114	Нафталин	80,3
Хлор	-101	Натрий	97,8
Метиловый спирт	-97,9	Иод	113,6
Ацетон	-95,35	α -Камфора	178,5
Ртуть	-38,86	Цинк	419,5
Этиленгликоль	-12,3	Алюминий	660,4
		Медь	1084,5
		Железо	1539
		Вольфрам	3420

ТЕМПЕРАТУРНАЯ ШКАЛА — способ получения числ. значений темп-ры посредством измерения др. физ. величины, с к-рой темп-ра связана известной зависимостью. Темп-ра t — величина неаддитивная (интенсивная), её в принципе невозможно измерить без использования T ш., устанавливающей связь $t(x)$ темп-ры с измеряемой величиной x , наз. термометрическим свойством. Термометрич. свойством может служить электрич. сопротивление металла, тепловое расширение жидкости, магн. восприимчивость парамагнетика и т. д. (см. *Термометр*).