

температурной зависимости давления в точке плавления гелия-3. Для градуировки этих и др. термометров обычно используют темп-ры перехода в сверхпроводящее состояние нек-рых металлов и интерметаллич. соединений, из к-рых самую низкую темп-ру имеет переход в вольфраме (15,5 мК), а также темп-ры перехода жидкого гелия-3 в сверхтекучее состояние (2,75 мК), перехода его во вторую сверхтекучую фазу (2,18 мК) и переход твёрдого гелия-3 в антиферромагн. состояние (1,1 мК). См. также *Низкие температуры*.

Лит.: Кричевский И. Р., Понятия и основы термодинамики, 2 изд., М., 1970; Куинн Г., Температура, пер. с англ., М., 1985.

Д. Н. Астров.

**ТЕМПЕРАТУРНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ** — см. *Тепловое излучение*.

**ТЕМПЕРАТУРНЫЕ ВОЛНЫ** — периодич. изменения распределения темп-ры в среде, связанные с периодич. колебаниями плотности тепловых потоков, поступающих в среду. Т. в. испытывают сильное затухание при распространении, для них характерна значит. дисперсия — зависимость скорости распространения от частоты Т. в. Обычно коэф. затухания Т. в. приближённо равен  $2\pi/\lambda$ , где  $\lambda$  — длина Т. в. Для монохроматич. плоской Т. в., распространяющейся вдоль теплоизолированного стержня пост. поперечного сечения,  $\lambda$  связана с периодом колебаний  $\tau$  и коэф. температуропроводности  $\kappa$  соотношением:  $\lambda = 2\sqrt{\kappa\tau}$ ; при этом скорость перемещения гребней волны  $v = 4\pi/\lambda = \sqrt{4\pi/\tau}$ . Т. о., чем меньше период колебаний (меньше длина волны), тем Т. в. быстрее распространяются и затухают на меньших расстояниях. За глубину проникновения плоской Т. в. в среду принимают расстояние, на к-ром колебания темп-ры уменьшаются в  $e \approx 2,7$  раза, равное  $\lambda/2\pi = \sqrt{\kappa\tau/\pi}$ , т. е. чем меньше период, тем меньше глубина проникновения Т. в. Напр., глубина проникновения в почву суточных колебаний темп-ры почти в 20 раз меньше глубины проникновения сезонных колебаний. Изучение Т. в. является одним из методов определения температуропроводности, теплоёмкости и др. тепловых характеристик материалов. Метод Т. в. особенно удобен для измерения характеристик чистых веществ при низких темп-рах. Слабо затухающие Т. в. в сверхтекучем жидком He II представляют собой колебания плотности квазичастиц (см. *Сверхтекучесть, Второй звук*).

Лит.: Карслоу Г. С., Егер Д., Теплопроводность твердых тел, пер. с англ., М., 1964.

**ТЕМПЕРАТУРНЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ** — напряжения, возникающие в теле вследствие различия темп-ры у разл. частей тела и ограничения возможности теплового расширения (или сжатия) со стороны окружающих частей тела или со стороны др. тел, окружающих данное (напр., растягивающие напряжения в натянутом между неподвижными опорами проводе при его охлаждении). Т. н. могут быть причиной разрушения деталей машин, сооружений и конструкций. Для предотвращения таких разрушений используют т. н. температурные компенсаторы (зазоры между рельсами, зазоры между блоками плотины, катки на опорах моста и т. п.).

**ТЕМПЕРАТУРОПРОВОДНОСТЬ** (коэффициент температуропроводности) — параметр, характеризующий скорость изменения темп-ры вещества в нестационарных тепловых процессах; мера теплоинерц. свойств вещества. Численно равна отношению коэф. теплопроводности вещества к произведению его уд. теплоёмкости (при пост. давлении) на плотность; выражается в м<sup>2</sup>/с.

**ТЕМПЕРАТУРЫ ВЫСОКИЕ** — 1) темп-ры Т, превышающие комнатную темп-ру (> 300 К). Нагрев металлич. проводников электрич. током позволяет достигнуть неск. тыс. К, нагрев в пламени — примерно 5000 К, электрич. разряды в газах — от десятков тыс. до миллионов К, нагрев лазерным лучом — до неск. млн. К, нагрев в зоне термоядерной реакции может составлять  $\sim 10^7$ — $10^8$  К. В момент образования нейтронных звезд темп-ра в их недрах достигает  $\sim 10^{11}$  К, а на нач. стадиях развития Вселенной вещество могло иметь ещё большую темп-ру.

2) Темп-ры, превосходящие нек-рую характеристич. темп-ру, при достижении к-рой происходит качеств. изменение свойств веществ. Так, *Дебая температура*  $\Theta_D$  определяет для каждого вещества температурную границу, выше к-рой не сказываются квантовые эффекты (в этом случае Т. в.  $T \gg \Theta_D$ ). К таким характеристич. темп-рам можно отнести также *температуры плавления*, разграничивающие области твёрдого и жидкого состояний веществ, критич. темп-ры, определяющие верх. границу сосуществования пара и жидкости, темп-ры, при к-рых начинается диссоциация молекул ( $T \sim 10^3$  К) или ионизация атомов ( $T \sim 10^4$  К) и т. д. См. также *Экстремальное состояние вещества*.

Э. И. Асиновский.

**ТЕМПЕРАТУРЫ КОМПОНЕНТ ПЛАЗМЫ** — величины, характеризующие ср. кинетич. энергию компонент плазмы. В термодинамич. равновесии все компоненты имеют единую темп-ру, что соответствует *Максвелла распределению* частиц по скоростям и *Больцмана распределению* по возбуждённым уровням. Большие различия в значениях времени релаксации для разных по массе частиц приводят к тому, что равновесные распределения Максвелла и Больцмана для электронов и тяжёлых частиц устанавливаются гораздо быстрее, чем происходит энергообмен между ними и устанавливается единая темп-ра. Поэтому плазма характеризуется отдельно ионной и электронной темп-рами. Напр., в полностью ионизованной водородной плазме отношения времени установления электронной темп-ры к времени установления ионной и времени их выравнивания есть величины порядка

$$1: \sqrt{m_i T_i^3 / m_e T_e^3} : m_i / m_e \approx 1:43:1,8 \cdot 10^3,$$

т. е. имеется существенное различие времени установления  $T_i$  и  $T_e$ .

Так как источники и стоки энергии связаны с разными компонентами плазмы, а скорости *переноса процессов* для электронов и ионов отличаются на порядки величины, то значения Т. к. п.  $T_e$  и  $T_i$  могут сильно отличаться друг от друга. В частично ионизованной плазме обычно  $T_i$  совпадает с темп-рой тяжёлых частиц (атомов и молекул). Исключение составляет случай, когда массы тяжёлых частиц сильно различаются. В газовом разряде, напр., осн. источником энергии является джоулев нагрев электронов, затем энергия передаётся тяжёлым частицам и выносится на стенки и электроды. При низких давлениях, когда теплоперенос эффективен,  $T_e$  обычно превышает темп-ру нейтральных частиц  $T_N$  на два порядка. С ростом давления значения Т. к. п. в разряде сближаются и в пределе устанавливается локальное термодинамич. равновесие, характеризующееся общей темп-рой.

В сильнонеравновесных ситуациях, когда ф-ции распределения компонент сильно отличаются от распределений Максвелла и Больцмана, понятием Т. к. п. также пользуются, вводя его согласно ур-нию

$$3n_a T_a = \int m_a (v - u_a)^2 f_a dv,$$

где  $n_a$  — концентрация,  $u_a$  — ср. скорость,  $f_a$  — ф-ция распределения частиц компоненты  $\alpha$ . Если имеется значит. анизотропия ф-ций распределения (напр., в магн. поле в режиме редких столкновений), часто вводят понятия продольной  $T_{a\parallel}$  и поперечной  $T_{a\perp}$  по отношению к выделенному направлению Т. к. п. Однако следует учесть, что если ф-ции распределения сильно отличаются от равновесных, то они дают лишь значения ср. энергии хаотич. движения. Описание состояния плазмы с помощью Т. к. п. часто оказывается недостаточным, и для количеств. выводов обычно необходим кинетич. анализ.

Лит. см. при ст. *Термодинамика низкотемпературной плазмы*.

В. А. Рожанский, Л. Д. Цендин.

**ТЕНЕВОЙ МЕТОД** — метод обнаружения оптич. неоднородностей в прозрачных преломляющих средах и дефектов отражающих поверхностей (напр., зеркал). Впервые предложен в 1857 Л. Фуко (L. Foucault) для отражающих поверхностей. В 1867 А. Тёплером (A. Toepler) этот метод был усовершенствован при исследовании прозрачных пре-