

1. Термодинамические системы
и термодинамические
параметры. 2. Равновесное и не
равновесное состояние
термодинамических систем.
3. Температура-как мера
средней кинетической энергии
теплового движения частиц
вещества

■ ■ ■

Основные понятия термодинамики вводились не с помощью представлений о внутренней структуре изучаемой системы, а на основе эксперимента. В термодинамике оперируют только макроскопическими величинами:

температурой, объемом, давлением, внутренней энергией



Одним из основных понятий термодинамики является понятие *термодинамическая система*, под которой понимают совокупность тел любого химического состава и любой физической природы, характеризуемую определенным числом макроскопических параметров. Если термодинамическая система переходит из одного состояния (с одним набором параметров) в другое, то говорят, что произошел *термодинамический процесс*, т. е. *всякое изменение состояния термодинамической системы и есть термодинамический процесс, который сопровождается изменением термодинамических параметров.*

Под термодинамическими параметрами понимают физические величины, которые характеризуют свойства макроскопических тел (макросистемы) в целом. К ним относятся: давление газа, объем, температура.

Все макротела состоят из *микротел* (атомов и молекул). Микротела тоже имеют свои характеристики (*микропараметры*). К ним относятся: *объем* V_0 молекулы (атома), *масса* m_0 молекулы (атома), *скорость* v_0 молекулы (атома), *концентрация* n молекул (атомов). Понятно, что процессы, происходящие с макротелами, обусловлены изменением параметров микротел, из которых данное макротело состоит.

Каждая физическая величина несет определенную информацию, т. е. имеет физический смысл. Так, например, *масса макротела* показывает нам, какое количество вещества содержится в данном теле, *объем* — количественная характеристика пространства, занимаемого телом или веществом, *давление газа* характеризуется силой, с которой он действует на единицу площади.

Всякая система может находиться в различных состояниях, отличающихся температурой, давлением, объемом и т. д. Когда термодинамические параметры (термопараметры) макротела (макросистемы) не изменяются, то говорят об определенном состоянии этого тела. При переходе тела из одного состояния в другое его термопараметры изменяются.



Представим себе, что у нас имеется система тел, где в разных точках параметры состояния или хотя бы один из них, например, температура, имеют различные значения. В этом случае мы не можем приписать всей системе какую-то определенную температуру. Состояние такой системы называют *неравновесным*. Если такую систему изолировать и предоставить самой себе, то произойдет процесс выравнивания температуры, после чего процесс теплообмена прекратится — наступит термодинамическое равновесие. *Равновесным* называется такое состояние, при котором параметры системы имеют определенные значения, одинаковые для всех ее частей.

Процесс перехода макросистемы из неравновесного состояния в равновесное называется *релаксацией*, а промежуток времени, требующийся для такого перехода, — *временем релаксации*. Для различных процессов время релаксации может принимать значения от долей секунды (установление равновесного давления в газе) до нескольких лет (выравнивание концентрации в твердых сплавах).



Температура. Особое место в молекулярной физике, и в термодинамике в частности, занимает такая физическая величина, как *температура*. Изначально физический смысл температуры сводился к тому, чтобы показать степень нагретости тела. О различной степени нагретости судят по процессу теплопередачи, происходящему при соприкосновении тел. То тело, которое отдает тепло, обладает большей степенью нагретости, а, следовательно, его температура выше. В результате теплообмена температура обоих тел становится одинаковой, и наступает *тепловое равновесие*.

Тепловым равновесием называют такое состояние, при котором все макроскопические параметры сколь угодно долго остаются неизменными. Это означает, что в системе *не меняются объем и давление*, не происходит теплообмен, отсутствуют взаимные превращения газов, жидкостей, твердых тел и т. д. В частности, не меняется объем столбика ртути в термометре. Это означает, что *температура системы остается постоянной*.

Тепловое равновесие с течением времени устанавливается между любыми телами, имеющими различную температуру.

Тепловое равновесие устанавливается не только в случае соприкосновения двух тел, но и при контакте нескольких тел. Так, *при тепловом равновесии температура всех тел одинакова, ее можно считать характеристикой состояния теплового равновесия.* То, что в состоянии теплового равновесия температура тел одинакова, используется для ее измерения. Для этого тело и прибор, измеряющий температуру — *термометр* (рис. 29.1), приводят в непосредственный контакт. При этом их температуры приходят в состояние теплового равновесия (сравниваются).

Вещества, которые используются для измерения температуры тел, называются термометрическими.

В устройстве термометра использовано свойство тел изменять объем при нагревании или охлаждении. Термометр никогда не покажет температуру тела сразу же после того, как он с ним соприкоснулся. Необходимо некоторое время для того, чтобы температуры тела и термометра выровнялись, и между телами установилось *тепловое равновесие.*

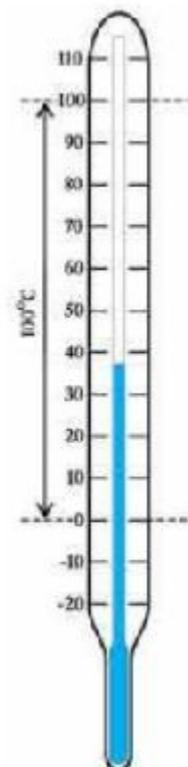


Рис. 29.1

При изучении таких физических явлений, как диффузия, броуновское движение, неоднократно подчеркивалась зависимость их протекания от температуры. При этом предполагалось, что температура связана со скоростью движения молекул.

К определению физического смысла температуры можно прийти на основании следующих соображений. Повседневные опыты и наблюдения показывают, что при *тепловом контакте* двух различно нагретых тел они обмениваются энергией и при этом *происходят изменения физических параметров контактирующих тел.*

Процесс передачи энергии, происходящий при контакте более нагретого тела с менее нагретым и сопровождающийся изменением ряда физических параметров, называется теплопередачей.

Таким образом, температура как макроскопический физический параметр определяет возможность теплопередачи от одного тела к другому и направление теплопередачи. Кроме того, температура характеризует внутреннее состояние изолированной системы тел, находящихся в термодинамическом равновесии.

Следует учесть, что при установлении теплового равновесия термометр фиксирует свою собственную температуру, равную температуре тела.

Для теоретических исследований в физике используют так называемую *термодинамическую шкалу температур*, или *абсолютную температурную шкалу*. Впервые такую шкалу в 1848 г. предложил английский физик Уильям Томсон. За нулевую точку на этой шкале принята температура, при которой прекратилось бы тепловое движение молекул. Данную температуру называли *абсолютным нулем*. Это самая низкая температура из всех возможных ее значений. На абсолютной шкале температур нет отрицательных значений.

Абсолютного нуля практически невозможно достичь, так как тепловое поступательное движение молекул никогда не прекращается. К нему можно лишь приблизиться. В настоящее время в лабораторных условиях получены температуры, отличающиеся от абсолютного нуля всего на несколько миллионных долей градуса.

За вторую точку в абсолютной температурной шкале принята температура, при которой вода одновременно находится в трех состояниях (твердом, жидком и газообразном). Такое состояние получило название *тройная точка*, и оно соответствует температуре по шкале Цельсия $t = 0,01^{\circ}\text{C}$.

По термодинамической шкале температуру тройной точки воды приняли равной 273,16 единиц. За единицу абсолютной температуры условились принимать один *Кельвин* (1 К), размер которого равен одному градусу Цельсия (1°C):

$$1 \text{ К} = 1^\circ\text{С}.$$

Так как температура тройной точки по Международной шкале температур равна $T = 273,16 \text{ К}$, а по шкале Цельсия $t = 0,01^\circ\text{С}$ и, учитывая, что $1^\circ\text{С} = 1 \text{ К}$, то соотношение между температурами будет равно:

$$T - t = 273,15^\circ.$$

Отсюда найдем формулы, выражающие связь между термодинамической (или абсолютной) температурой T и температурой t , отсчитываемой по шкале Цельсия:

$$T = (t + 273,15) \text{ К} \text{ или } t = (T - 273,15)^\circ\text{С}.$$

На рисунке 29.2 показана простая сравнительная таблица между шкалами Цельсия и Кельвина.

Очевидно, что нуль по абсолютной шкале (абсолютный нуль) равен:

$$0 \text{ К} = -273,15^\circ\text{С}.$$

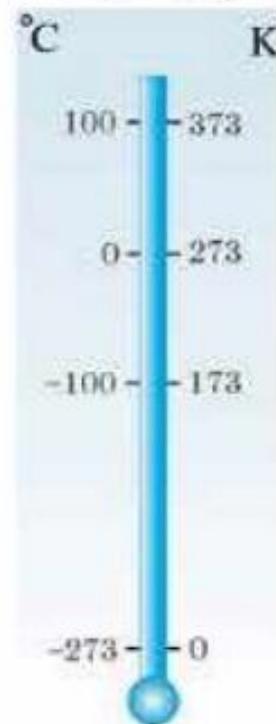


Рис. 29.2

Поскольку тела состоят из молекул, а температура характеризует внутреннее состояние тел, то можно предположить, что температура каким-то образом связана с движением молекул. Это предположение подтверждает и ряд опытных фактов. Так, броуновское движение частиц тем более интенсивно, чем выше температура жидкости. Увеличение скорости диффузии также зависит от повышения температуры среды.

Итак, *чем выше температура тела, тем быстрее движутся его молекулы и тем больше их кинетическая энергия.* Это означает, что кинетическую энергию движения молекул, как и температуру, можно рассматривать в качестве меры теплого движения молекул.

Теперь выясним, какова же связь между средней кинетической энергией молекул и температурой газа. Для этого рассмотрим описание следующих двух процессов.

1. Если привести в соприкосновение два газа с различными значениями средней кинетической энергии молекул, то в результате беспорядочного движения молекулы сталкиваются между собой. При этом молекулы газа с большой кинетической энергией передают часть своей энергии молекулам газа с меньшей кинетической энергией. Этот процесс передачи энергии продолжается до тех пор, пока средние кинетические энергии молекул не сравняются. Тогда между газами устанавливается тепловое равновесие, хотя столкновения хаотически движущихся молекул продолжают.

2. Но, как известно, аналогично ведут себя тела, имеющие неодинаковую температуру. При соприкосновении двух тел, нагретых до различных температур, происходит передача энергии от одного тела к другому. При этом температура более нагретого тела уменьшается, а менее нагретого — увеличивается. Тепловое равновесие наступает, когда температуры обоих тел становятся одинаковыми.

Домашнее задание

- Ответить на вопросы письменно:
 1. Что понимают под *термодинамической системой*? Какими параметрами она характеризуется?
 2. Что называется *термодинамическим процессом*?
 3. Что понимают под *термодинамическими параметрами*? Что к ним относится?
 4. Какое состояние системы называют *равновесным*? Какие значения имеют при этом параметры системы?
 5. Какое состояние системы называют *неравновесным*? Какие значения имеют при этом параметры системы?
 6. Что называется *релаксацией*?
 7. Что такое тепловое равновесие.
 8. Что такое теплопередача