

Температура

Темы кодификатора ЕГЭ: тепловое равновесие, абсолютная температура.

Мы часто используем слово «температура» в повседневной речи. А что такое температура? В данной статье мы объясним физический смысл этого понятия.

В молекулярной физике и термодинамике рассматриваются *макроскопические* тела, т. е. тела, состоящие из огромного числа частиц. Например, в стакане воды содержится порядка 10^{25} молекул. Такое грандиозное число с трудом поддаётся осмыслению.

Термодинамическая система

Термодинамической системой называется макроскопическое тело или система тел, которые могут взаимодействовать друг с другом и с окружающими телами. Стакан с водой — пример термодинамической системы.

Термодинамическая система состоит из столь большого числа частиц, что совершенно невозможно описывать её поведение путём рассмотрения движения каждой молекулы в отдельности. Однако именно грандиозность числа молекул делает ненужным такое описание.

Оказывается, что состояние термодинамической системы можно характеризовать небольшим числом *макроскопических параметров* — величин, относящимся к системе в целом, а не к отдельным атомам или молекулам. Такими макроскопическими параметрами являются давление, объём, температура, плотность, теплоёмкость, удельное сопротивление и др.

Состояние термодинамической системы, при котором все макроскопические параметры остаются неизменными с течением времени, называется *тепловым равновесием*. В состоянии теплового равновесия прекращаются все макроскопические процессы: диффузия, теплопередача, фазовые переходы химические реакции и т. д.¹

Термодинамическая система называется *изолированной*, если она не может обмениваться энергией с окружающими телами. Чай в термосе — типичный пример изолированной системы.

Тепловое равновесие

Фундаментальный постулат, вытекающий из многочисленных опытных данных, гласит: *каково бы ни было начальное состояние тел изолированной системы, со временем в ней устанавливается тепловое равновесие*. Таким образом, тепловое равновесие — это состояние, в которое любая система, изолированная от окружающей среды, самопроизвольно переходит через достаточно большой промежуток времени.

Температура как раз и является величиной, характеризующей состояние теплового равновесия термодинамической системы.

Температура — это макроскопический параметр, значения которого одинаковы для всех частей термодинамической системы, находящейся в состоянии теплового равновесия. Попросту говоря, температура — это то, что является одинаковым для любых двух тел, которые находятся в тепловом равновесии друг с другом. При тепловом контакте тел с одинаковыми температурами между ними не будет происходить обмен энергией (теплообмен).

¹Следует отметить, что тепловое равновесие является *динамическим равновесием*. Так, при тепловом равновесии жидкости и её насыщенного пара весьма интенсивно идут взаимные превращения жидкости и пара. Но это — процессы молекулярного масштаба, они происходят с одинаковыми скоростями и компенсируют друг друга. На макроскопическом уровне количество жидкости и пара со временем не меняется.

В общем же случае при установлении между телами теплового контакта теплообмен начнётся. Говорят, что тело, которое отдаёт энергию, имеет *более высокую температуру*, а тело, которое получает энергию — *более низкую температуру*. Температура, таким образом, указывает *направление теплообмена* между телами. В процессе теплообмена температура первого тела начнёт уменьшаться, температура второго тела — увеличиваться; при выравнивании температур теплообмен прекратится — наступит тепловое равновесие.

Особенность температуры заключается в том, что она *не аддитивна*: температура тела не равна сумме температур его частей. Этим температура отличается от таких физических величин, как масса, длина или объём. И по этой причине температуру нельзя измерить путём сравнения с эталоном.

Измеряют температуру с помощью *термометра*.

Для создания термометра выбирают какое-либо вещество (*термометрическое вещество*), какую-либо характеристику этого вещества (*термометрическую величину*), и используют зависимость термометрической величины от температуры. При этом выбор термометрического вещества и термометрической величины может быть весьма произвольным.

Так, в бытовых *жидкостных* термометрах термометрическим веществом является ртуть (или спирт), а термометрической величиной — длина столбика жидкости. Здесь используется линейная зависимость объёма жидкости от температуры.

В *идеально-газовых* термометрах используется линейная зависимость давления разреженного газа (близкого по своим свойствам к идеальному) от температуры.

Действие *электрических* термометров (*термометров сопротивления*) основано на температурной зависимости сопротивления чистых металлов, сплавов и полупроводников.

В процессе измерения температуры термометр приводится в тепловой контакт² с телом, температура которого определяется. Показания термометра после наступления теплового равновесия — это и есть температура тела. При этом термометр показывает *свою* температуру!

Температурная шкала. Абсолютная температура

При установлении единицы температуры чаще всего поступают следующим образом. Берут две температуры (так называемые *реперные точки*) — температуру таяния льда и температуру кипения воды при нормальном атмосферном давлении. Первой температуре приписывают значение 0, второй — значение 100, а интервал между ними делят на 100 равных частей. Каждую из частей называют *градусом* (обозначают °C), а полученную таким образом температурную шкалу — *шкалой Цельсия*.

При измерениях по шкале Цельсия с помощью жидкостных термометров возникает одна трудность: разные жидкости при изменении температуры изменяют свой объём *по-разному*. Поэтому два термометра с различными жидкостями, приведённые в тепловой контакт с одним и тем же телом, могут показать разные температуры. От данного недостатка свободны идеально-газовые термометры — зависимость давления разреженного газа от температуры не зависит от вещества самого газа.

Кроме того, для температурной шкалы идеально-газового термометра существует естественное начало отсчёта (исчезает произвол выбора реперной точки!): *это та предельно низкая температура, при которой давление идеального газа постоянного объёма обращается в нуль*. Эта температура называется *абсолютным нулём температур*.

Температурная шкала, началом отсчёта которой является абсолютный нуль, а единицей температуры — градус Цельсия, называется *абсолютной температурной шкалой*.

²В области температур выше 1000 °C (раскалённые газы, расплавленные металлы) используются бесконтактные высокотемпературные термометры — *пирометры*. Их действие основано на измерении интенсивности теплового излучения в оптическом диапазоне.

Температура, измеряемая по абсолютной шкале, называется *абсолютной температурой* и обозначается буквой T . Единица абсолютной температуры называется *кельвином* (К).

Абсолютному нулю ($T = 0$) соответствует температура $t = -273,15^\circ\text{C}$. Поэтому связь абсолютной температуры и температуры по шкале Цельсия даётся формулой:

$$T = t + 273,15.$$

В задачах достаточно использовать формулу $T = t + 273$.