

Температура и тепловое равновесие

При изучении тепловых явлений вводится новая физическая величина — температура. Понятие температуры вошло в физику из бытовых представлений тёплого и холодного посредством нашего чувственного восприятия степени нагретости тел. Однако, наши ощущения неоднозначны и зависят от состояния человека и окружающей среды. Так, например, в одной и той же комнате металлические предметы кажутся всегда более холодными, чем деревянные или пластмассовые. Рукой можно грубо отличить холодную воду от горячей, однако мы знаем, что при этом нетрудно и ошибиться.

Проделайте такой опыт. Одну руку опустите в холодную воду, а другую — в горячую, подержите некоторое время. Затем опустите одновременно обе руки в сосуд с тёплой водой. Та рука, которая была до этого в горячей воде, почувствует холод, рука же, бывшая до этого в холодной воде, ощутит тепло. Этот опыт показывает, что наши ощущения, обычно надёжные, могут оказаться ошибочными, и, поэтому, желательно иметь такой способ измерения температуры, который не зависел бы от наших ощущений и от нашего настроения.

В физике к понятию температуры приходят через понятие теплого равновесия.

Рассмотрим пример. Пусть в сосуд с холодной водой опускается сильно нагретая стальная деталь, т.е. в контакт приводятся тела, имеющие разные температуры. Опыт показывает, что одно тело (вода) при этом будет нагреваться, а другое (стальная деталь) — охлаждаться. При этом можно наблюдать и видимые признаки изменения состояния тел: раскалённая "докрасна" деталь изменит свой цвет, вода закипит и т.д.

Через некоторое время процессы нагревания и охлаждения прекратятся. Перестанут быть заметными и всякие видимые изменения в состоянии тел. Тогда говорят, что эти два тела (в рассматриваемом примере — вода и стальная деталь) находятся в тепловом равновесии и имеют одинаковые температуры. Тепловое равновесие, как показывает опыт, устанавливается не только в случае соприкосновения двух, но и в случае соприкосновения нескольких тел.

Термоскопы и термометры

Для суждения об одинаковости или различии температур двух тел A и B нет необходимости обязательно приводить их в тепловой контакт друг с другом. Можно для этой цели воспользоваться третьим телом C , приводимым последовательно в контакт с телами A и B . В основе этого способа сравнения температур лежит следующий опытный факт.

Если тело C находится в тепловом равновесии с телами A и B , то тела A и B , приведённые в контакт друг с другом, также будут находиться в тепловом равновесии. Иными словами, если температура тела C равна температурам тел A и B , то тела A и B имеют одну и ту же температуру, равную по определению температуре тела C .

Достаточно малое тело C , служащее для установления одинаковости или различия температур двух или нескольких тел, называется термоскопом. Малость тела существенна. Показания массивного термоскопа могут заметно отличаться от показаний маленького термоскопа.

О постоянстве или изменении температуры термоскопа можно судить по изменению различных величин, характеризующих его физические свойства. Опыт показывает, что практически все физические свойства тел изменяются при изменении температуры. Так, при нагревании большинство тел расширяются, т.е. увеличивается их объём. Исключение составляет вода в интервале температур от 0°C до 4°C . От температуры зависят также сопротивление проводников и полупроводников, величина термо-электрического тока, давление газа в сосуде, спектр теплового излучения нагретых тел и т.д..

Первый прибор для наблюдений за изменением температуры (термоскоп) изобрёл в конце XVI века итальянский учёный Галилео Галилей. Термоскоп Галилея представлял собой небольшой стеклянный шар с припаянной к нему узкой и длинной стеклянной трубкой. Трубка располагалась вертикально, так, что стеклянный шар оказывался сверху. При этом нижний конец трубки опускался в большой сосуд с водой. По мере нагревания или остывания колбы воздух в ней расширялся или сжимался и уровень воды в горлышке соответственно понижался или повышался. С помощью такого прибора можно было судить только об изменении степени нагретости тел: числовых значений температуры он не показывал, ибо не имел шкалы. Кроме того, уровень воды в трубке зависел не только от температуры, но и от атмосферного давления.

В течение XVII столетия многие исследователи занимались усовершенствованием этого прибора. Его снабдили измерительной шкалой, откачали воздух, запаяли трубку и перевернули шариком вниз. Сама собой отпала необходимость в большом сосуде. Прибор всё чаще стали называть не термоскопом, а термометром.

Показания разных термометров того времени не согласовывались друг с другом, не было договорённости от том, как размечать (градуировать) их шкалы. К концу XVII века всё большую популярность приобретала идея построения температурной шкалы на

основе использования двух постоянных температурных точек (реперных точек).

В начале XVIII века датский астроном О. Ремер изготовил термометр, где за постоянные точки своей температурной шкалы он принял температуры замерзания и кипения воды.

Идеи Ремера оценил Фаренгейт. Разметка шкалы в его термометре производилась следующим образом. На трубочке отмечались два положения верхней границы столбика жидкости: когда шарик термометра находился в тающем льде (нижняя отметка) и когда шарик находился в кипящей воде (верхняя отметка). Интервал между отметками делился на 180 равных частей, причём первой точке было присвоено значение $32^{\circ}F$, а второй $212^{\circ}F$ (градусов по шкале Фаренгейта).

Важнейшей заслугой Фаренгейта является также то, что он первым начал изготавливать ртутные термометры. В 1721 году комплект фаренгейтовских термометров заказал царь Петр I. Конструкция термометра, разработанная Фаренгейтом, применяется и теперь в комнатных и медицинских термометрах. Фаренгейт занимался не только усовершенствованиями конструкции термометра, но и проводил изучение некоторых тепловых явлений. Так, например, он обнаружил, что различные жидкости кипят при различных, но фиксированных температурах.

Использование термометров конструкции Фаренгейта в исследовании тепловых явлений позволило установить и другие постоянные метки (точки) на температурной шкале. Оказалось, что такими точками являются температуры перехода вещества из твёрдого состояния в жидкое и из жидкого состояния в газообразное при одних и тех же внешних условиях, например, температуры плавления (таяния) льда и кипения воды.

Андрес Цельсий в качестве нулевой отметки на шкале своего термометра взял уровень ртути, соответствующий температуре кипения воды, а через 100 обозначил уровень, отвечающий температуре таяния льда. Разделив этот интервал на 100 равных частей, Цельсий получил стоградусную шкалу, называемую теперь его именем (C°). Известный шведский ботаник Карл Линней пользовался термометром с переставленными значениями реперных точек: “0” означал температуру плавления льда, “100” – температуру кипения воды. Таким образом, современная шкала Цельсия по существу является шкалой Линнея.

В современной физике широко используется температурная шкала по Кельвину (К). Температурный интервал между точками плавления льда и кипения воды разделён в ней на 100 равных

частей, а температуры плавления льда и кипения воды равны соответственно 273,15 К и 373,15 К.