

применимо только для систем, находящихся в термодинамическом равновесии, однако им постоянно пользуются также и в тех случаях, когда полного термодинамического равновесия еще нет. Говорят, например, о неравномерно нагретых телах, разные точки которых имеют разные температуры. Это возможно потому, что время релаксации уменьшается с уменьшением размеров системы. Разобьем мысленно неравновесную систему на достаточно малые макроскопические части. Ввиду малости времен релаксации таких частей каждая из них быстро придет практически в состояние термодинамического равновесия. Это значит, что если такую малую часть мгновенно заключить в твердую адиабатическую оболочку, то ее состояние практически окажется равновесным и не будет меняться с течением времени. Поэтому и можно говорить о температурах таких малых частей. Система в целом при этом не находится в термодинамическом равновесии — происходит медленный процесс выравнивания температур ее различных частей. Но могут быть и такие сильно неравновесные состояния, что разделение системы на малые макроскопические части, практически являющиеся равновесными, невозможно. К таким состояниям понятие температуры не применимо.

§ 2. Термоскоп и температурные точки

1. Для суждения об одинаковости или различии температур двух тел A и B нет необходимости обязательно приводить их в тепловой контакт друг с другом. Можно воспользоваться для этой цели третьим телом C , приводимым последовательно в контакт с телами A и B . Этот способ имеет то преимущество, что он позволяет сравнивать температуры и в том случае, когда тела A и B реагируют друг с другом химически, не используя при этом теплопроводящих перегородок. В основе его лежит следующий опытный факт.

Если тело C находится в тепловом равновесии с телами A и B , то тела A и B , приведенные 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 .

Допустим теперь, что тело C настолько мало, что при приведении в контакт с телами A и B оно не меняет заметно температуры этих тел, хотя изменения температуры самого тела C и могут быть значительными. Такое тело C может служить «пробным телом», с помощью которого можно констатировать одинаковость или различие температур тел A и B . Приведем тело C в контакт с телом A и подождем, пока не наступит тепловое равновесие между ними. Тело C примет температуру тела A , тогда как температура последнего практически останется неизменной. Затем приведем тело C

в контакт с телом B . Если окажется, что при этом температура тела C не изменилась, то тела A и B имеют одну и ту же температуру; в противном случае их температуры разные.

Достаточно малое тело C , служащее для констатации одинаковости или различия температур двух или нескольких тел, называется *термоскопом*. Малость тела C существенна. В противном случае термоскоп заметно искажал бы температуру испытываемого тела.

2. О постоянстве или изменении температуры термоскопа можно судить по изменению различных величин, характеризующих его физические свойства. Опыт показывает, что практически все физические

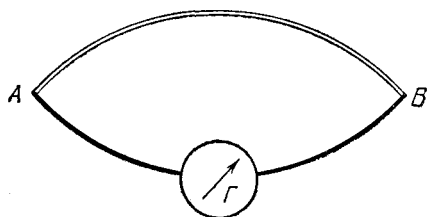


Рис. 1.

свойства тел изменяются с изменением температуры. Так, при нагревании большинство тел расширяется, т. е. увеличивается их объем. Электрическое сопротивление металлов возрастает с повышением температуры, а полупроводников — убывает. Если две проволоки из разнородных металлов спаять своими концами и включить гальванометр, как показано на рис. 1, то прибор не обна-

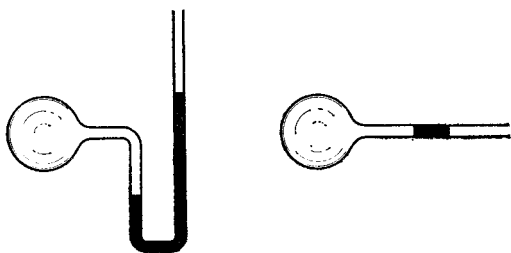


Рис. 2.

ружит электрического тока, если все места соединений разнородных металлов имеют одну и ту же температуру. Если же нагреть или охладить один спай, то в цепи возникнет электрический ток, называемый *термоэлектрическим током*. Совокупность разнородных проволок, спаянных, как указано выше, составляет так называемую *термоэлектрическую пару* или, короче, *термопару*.

Все подобные явления могут быть использованы для построения термоскопа. Примером может служить воздушный термоскоп, представленный на рис. 2 в двух различных вариантах. При соприкосновении шарика термоскопа с исследуемым телом меняется объем содержащегося внутри него воздуха. Изменение объема воздуха констатируется с помощью жидкостного манометра или

по перемещению столбика жидкости в трубке, соединенной с шариком.

3. С помощью термоскопа можно установить ряд постоянных *температурных точек*, т. е. неизменных, хорошо воспроизводимых температур. Они используются при построении *температурных шкал*. Отметим наиболее важные из таких точек.

Если твердое тело и жидкость, состоящие из одного и того же вещества, находятся в контакте, то, в зависимости от температуры, твердое тело будет плавиться или, наоборот, жидкость затвердевать. При этом предполагается, что давление в системе поддерживается постоянным. Лишь при вполне определенной температуре, как показывает опыт, оба процесса — плавление и затвердевание — взаимно компенсируют друг друга. В этом случае массы жидкой и твердой фаз остаются неизменными. Тогда говорят, что жидкость и твердое тело находятся или сосуществуют в *фазовом равновесии*. Температура, при которой твердая и жидкая фазы одного и того же вещества сосуществуют в фазовом равновесии при нормальном атмосферном давлении (101325 Н/м^2), называется *нормальной точкой плавления* рассматриваемого вещества (сокращенно НТП).

Аналогичные определения вводятся для процессов *кипения* и *возгонки* (возгонкой называется превращение твердой фазы непосредственно в газообразную, минуя промежуточную — жидкую — фазу). Температура, при которой жидкость сосуществует в фазовом равновесии со своим паром при нормальном атмосферном давлении, называется *нормальной точкой кипения* (сокращенно НТК). Аналогично определяется *нормальная точка возгонки* (сокращенно НТВ). Примером вещества, которое при нормальном давлении не плавится, а возгоняется, может служить твердая углекислота (см. § 104, пункт 4).

Наконец, могут сосуществовать в фазовом равновесии три фазы одного и того же вещества — твердая, жидкая и газообразная. Однако для этого требуется не только вполне определенная температура, но и вполне определенное давление. Для воды, например, давление должно составлять 4,58 мм рт. ст. Температура, при которой сосуществуют в фазовом равновесии твердая, жидкая и газообразная фазы одного и того же вещества, называется *тройной точкой* этого вещества (сокращенно ТТ).

§ 3. Эмпирические температурные шкалы

1. Мы описали лишь способ, позволяющий убедиться в равенстве или различии температур двух тел. Но мы еще не определили температуру *количественно*. Решение этого вопроса сводится к установлению *температурной шкалы*, т. е. к принятию системы правил, с помощью которых каждая температура может быть охарактеризована определенным числом. Пока мы не располагаем коли-