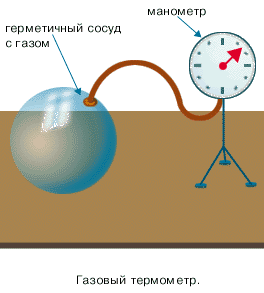
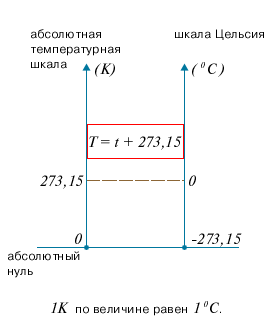
**Температура. Абсолютная шкала температур.**

    Молекулярно-кинетическая теория позволяет нам понять, что представляет собой физическая сущность такого сложного понятия, как температура. Когда соприкасаются два тела (или несколько тел), между ними происходит теплообмен. Если система тел изолирована (т.е. не взаимодействует с окружающими телами и внешней средой), теплообмен будет длиться до тех пор, пока температуры тел не выровняются и не установится тепловое равновесие.   
Тепловым или термодинамическим равновесием называют такое состояние, при котором все макроскопические параметры в системе сколь угодно долго остаются неизменными. Это означает, что в системе не меняются объем и давление, не изменяются агрегатные состояния вещества, концентрации веществ. Но микроскопические процессы внутри тела не прекращаются и при тепловом равновесии: меняются положения молекул, их скорости при столкновениях. В системе тел, находящейся в состоянии термодинамического равновесия, объемы и давления могут быть различными, а температуры обязательно одинаковы. Таким образом, температура характеризует состояние термодинамического равновесия изолированной системы тел.   
Для измерения температуры служат специальные приборы - термометры. Их действие основано на том факте, что при изменении температуры, изменяются и другие физические параметры тела, например, такие, как давление и объем.   
В 1787 году Ж. Шарль из эксперимента установил прямую пропорциональную зависимость давления газа от температуры. Из опытов следовало, что при одинаковом нагревании давление любых газов изменяется одинаково. Использование этого экспериментального факта легло в основу создания газового термометра. Если использовать температурную шкалу Цельсия, то экспериментально установленный Шарлем закон имеет вид: р = рo(1+ αt), где Рo - давление газа при температуре 0oС, α - установленный из опытов температурный коэффициент давления газа. Можно преобразовать формулу, выражающую зависимость давления от температуры, используя абсолютную температурную шкалу (Т), предложенную Кельвином: р =T· const. (T=t + 273 K). Измеряемая по шкале Цельсия температура может быть как положительной, так и отрицательной, в то время как абсолютная температура всегда неотрицательна. Наименьшая температура по абсолютной шкале - это абсолютный нуль. При такой температуре р=0, что согласно МКТ возможно, если средняя кинетическая энергия молекулы равна нулю.   
 Таким образом, при абсолютном нуле температуры прекращается тепловое движение частиц вещества. Ниже этой температуры быть уже не может. Эта температура приблизительно равна - 273oС. Единица абсолютной температуры называется кельвином (K).   
Опытным путем было установлено, что при постоянном объеме и температуре давление газа прямо пропорционально его концентрации. Объединяя экспериментально полученные зависимости давления от температуры и концентрации, получаем уравнение: р = nkT, где - k коэффициент пропорциональности - постоянная Больцмана. Постоянная Больцмана связывает температуру со средней кинетической энергией движения молекул в веществе. Это одна из наиболее важных постоянных в МКТ. Температура прямо пропорциональна средней кинетической энергии теплового движения частиц вещества. Следовательно, температуру можно назвать мерой средней кинетической энергии частиц, характеризующей интенсивность теплового движения молекул. Этот вывод хорошо согласуется с экспериментальными данными, показывающими увеличение скорости частиц вещества с ростом температуры.   
Рассуждения, которые мы проводили для выяснения физической сущности температуры, относятся к идеальному газу. Однако выводы, полученные нами, справедливы не только для идеального, но и для реальных газов. Справедливы они и для жидкостей и твердых тел. В любом состоянии температура вещества характеризует интенсивность теплового движения его частиц.

Возникают вопросы: каким образом можно на опыте изменять среднюю кинетическую энергию движения молекул в сосуде неизменного объема? Какую физическую величину нужно изменить, чтобы изменилась средняя кинетическая энергия Ек. Такой величиной в физике является ***температура***.

Понятие температуры тесно связано с понятием **теплового равновесия**. Тела, находящиеся в контакте друг с другом, могут обмениваться энергией. Энергия, передаваемая одним телом другому при тепловом контакте, называется **количеством теплоты**.

***Тепловое равновесие*** – это такое состояние системы тел, находящихся в тепловом контакте, при котором не происходит теплопередачи от одного тела к другому, и все макроскопические параметры тел остаются неизменными. Температура – это физический параметр, одинаковый для всех тел, находящихся в тепловом равновесии. Возможность введения понятия температуры следует из опыта и носит название **нулевого закона термодинамики**.

Для измерения температуры используются физические приборы – ***термометры***, в которых о величине температуры судят по изменению какого-либо физического параметра. Для создания термометра необходимо выбрать **термометрическое вещество** (например, ртуть, спирт) и **термометрическую величину**, характеризующую свойство вещества (например, длина ртутного или спиртового столбика). В различных конструкциях термометров используются разнообразные физические свойства вещества (например, изменение линейных размеров твердых тел или изменение электрического сопротивления проводников при нагревании).

Термометры должны быть откалиброваны. Для этого их приводят в тепловой контакт с телами, температуры которых считаются заданными. Чаще всего используют простые природные системы, в которых температура остается неизменной, несмотря на теплообмен с окружающей средой – это смесь льда и воды и смесь воды и пара при кипении при нормальном атмосферном давлении. По температурной ***шкале Цельсия*** точке плавления льда приписывается температура 0 °С, а точке кипения воды – 100 °С. Изменение длины столба жидкости в капиллярах термометра на одну сотую длины между отметками 0 °С и 100 °С принимается равным 1 °С. В ряде стран (США) широко используется ***шкала Фаренгейта*** (*T*F), в которой температура замерзающей воды принимается равной 32 °F, а температура кипения воды равной 212 °F. Следовательно,

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | http://www.college.ru/physics/courses/op25part1/content/javagifs/63135218100481-23.gif |  |

Особое место в физике занимают ***газовые термометры*** (рис. 3.2.4), в которых термометрическим веществом является разреженный газ (гелий, воздух) в сосуде неизменного объема (*V* = const), а термометрической величиной – давление газа *p*. Опыт показывает, что давление газа (при *V* = const) растет с ростом температуры, измеренной по шкале Цельсия.

|  |
| --- |
| http://www.college.ru/physics/courses/op25part1/content/chapter3/section/paragraph2/images/3-2-4.gif |
| Рисунок 3.2.4.  Газовый термометр с постоянным объемом. |

Чтобы проградуировать газовый термометр постоянного объема, можно измерить давление при двух значениях температуры (например, 0 °C и 100 °C), нанести точки *p*0 и *p*100 на график, а затем провести между ними прямую линию (рис. 3.2.5). Используя полученный таким образом калибровочный график, можно определять температуры, соответствующие другим значениям давления. Экстраполируя график в область низких давлений, можно определить некоторую «гипотетическую» температуру, при которой давление газа стало бы равным нулю. Опыт показывает, что эта температура равна –273,15 °С и **не зависит от свойств газа**. Невозможно на опыте получить путем охлаждения газ в состоянии с нулевым давлением, так как при очень низких температурах все газы переходят в жидкие или твердые состояния.

|  |
| --- |
| http://www.college.ru/physics/courses/op25part1/content/chapter3/section/paragraph2/images/3-2-5.gif |
| Рисунок 3.2.5.  Зависимость давления газа от температуры при *V* = const. |

Английский физик У. Кельвин (Томсон) в 1848 г. предложил использовать точку нулевого давления газа для построения новой температурной шкалы (**шкала Кельвина**). В этой шкале единица измерения температуры такая же, как и в шкале Цельсия, но нулевая точка сдвинута:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | *T*К = *T*С + 273,15. |  |

В системе СИ принято единицу измерения температуры по шкале Кельвина называть **кельвином** и обозначать буквой *K*. Например, комнатная температура *T*С = 20 °С по шкале Кельвина равна *T*К = 293,15 К.

Температурная шкала Кельвина называется ***абсолютной шкалой температур***. Она оказывается наиболее удобной при построении физических теорий.

Нет необходимости привязывать шкалу Кельвина к двум фиксированным точкам – точке плавления льда и точке кипения воды при нормальном атмосферном давлении, как это принято в шкале Цельсия.

Кроме точки нулевого давления газа, которая называется ***абсолютным нулем температуры***, достаточно принять еще одну фиксированную опорную точку. В шкале Кельвина в качестве такой точки используется **температура тройной точки воды** (0,01° С), в которой в тепловом равновесии находятся все три фазы – лед, вода и пар. По шкале Кельвина температура тройной точки принимается равной 273,16 К.

Газовые термометры громоздки и неудобны для практического применения: они используются в качестве прецизионного стандарта для калибровки других термометров.

Таким образом, давление разреженного газа в сосуде постоянного объема *V* изменяется прямо пропорционально его абсолютной температуре: *p* ~ *T*. С другой стороны, опыт показывает, что при неизменных объеме *V* и температуре *T* давление газа изменяется прямо пропорционально отношению количества вещества ν в данном сосуде к объему *V* сосуда

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | http://www.college.ru/physics/courses/op25part1/content/javagifs/63135218100934-24.gif |  |

где *N* – число молекул в сосуде, *N*A – постоянная Авогадро, *n* = *N* / *V* – концентрация молекул (т. е. число молекул в единице объема сосуда). Объединяя эти соотношения пропорциональности, можно записать:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | |  | | --- | | *p* = *nkT*, | |  |

где *k* – некоторая универсальная для всех газов постоянная величина. Ее называют ***постоянной Больцмана***, в честь австрийского физика [Л. Больцмана](http://www.college.ru/physics/courses/op25part1/content/scientist/boltzmann.html) (1844–1906 гг.), одного из создателей молекулярно-кинетической теории. Постоянная Больцмана – одна из фундаментальных физических констант. Ее численное значение в СИ равно:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | *k* = 1,38·10–23 Дж/К. |  |

Сравнивая соотношения *p* = *nkT* с основным уравнением молекулярно-кинетической теории газов, можно получить:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | |  | | --- | | http://www.college.ru/physics/courses/op25part1/content/javagifs/63135218101168-25.gif | |  |

***Средняя кинетическая энергия* хаотического движения молекул газа прямо пропорциональна абсолютной температуре.**

Таким образом, **температура есть мера средней кинетической энергии поступательного движения молекул**.

Следует обратить внимание на то, что средняя кинетическая энергия поступательного движения молекулы не зависит от ее массы. Броуновская частица, взвешенная в жидкости или газе, обладает такой же средней кинетической энергией, как и отдельная молекула, масса которой на много порядков меньше массы броуновской частицы. Этот вывод распространяется и на случай, когда в сосуде находится смесь химически невзаимодействующих газов, молекулы которых имеют разные массы. В состоянии равновесия молекулы разных газов будут иметь одинаковые средние кинетические энергии теплового движения, определяемые только температурой смеси. Давление смеси газов на стенки сосуда будет складываться из **парциальных давлений** каждого газа:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | |  | | --- | | *p* = *p*1 + *p*2 + *p*3 + … = (*n*1 + *n*2 + *n*3 + …)*kT*. | |  |

В этом соотношении *n*1, *n*2, *n*3, … – концентрации молекул различных газов в смеси. Это соотношение выражает на языке молекулярно-кинетической теории экспериментально установленный в начале XIX столетия ***закон Дальтона***: **давление в смеси химически невзаимодействующих газов равно сумме их парциальных давлений**.