

2

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА

ОСНОВНЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

АБСОЛЮТНАЯ ВЛАЖНОСТЬ — физическая величина, равная отношению массы водяного пара в воздухе к его объему

$$\rho = \frac{m_{\text{пара}}}{V}$$

Практической единицей А.в. является г/м³. Иногда под А.в. понимают парциальное давление водяного пара. В этом случае ее измеряют в *паскалях* (Па).

АБСОЛЮТНАЯ ТЕМПЕРАТУРА — температура, измеряемая по абсолютной термодинамической шкале, не зависящей от свойств термометрического вещества. Отсчитывается от абсолютного нуля. Единица А.т. в СИ *кельвин* (К).

АБСОЛЮТНЫЙ НУЛЬ — начало отсчета абсолютной температуры; находится на 273,16 К ниже температуры тройной точки воды, для которой принято значение 0,01°C. При А.н. прекращается поступательное и вращательное движение атомов и молекул, но они находятся не в покое, а в состоянии «нулевых» колебаний. Из законов термодинамики следует, что А.н. практически недостижим.

АВОГАДРО ЗАКОН — один из основных законов идеальных газов: в равных объемах различных газов при одинаковой температуре и давлении содержится одинаковое число молекул. Открыт в 1811 году А. Авогадро (1776–1856).

АВОГАДРО ПОСТОЯННАЯ (число), N_A — число частиц в единице количества вещества (в 1 моле): $N_A = 6,022 \cdot 10^{23}$ моль⁻¹.

АДИАБАТА — линия, изображающая на любой термодинамической диаграмме равновесный *адиабатный процесс*.

АДИАБАТНЫЙ (АДИАБАТИЧЕСКИЙ) ПРОЦЕСС — модель термодинамического процесса, при котором отсутствует теплообмен между рассматриваемой системой и окружающей средой. Реальный термодинамический процесс может рассматриваться как А., если он происходит либо в теплоизолирующей оболочке, либо настолько быстро, что теплообмен не успевает произойти.

АНИЗОТРОПИЯ (АНИЗОТРОПНОСТЬ) — зависимость физических свойств вещества от направления (в противоположность *изотропии*). Связана с внутренним упорядоченным строением сред и обнаруживается в явлениях упругости, тепло- и электропроводности, распространения звука и света в твердых телах. Может быть присуща и физическому пространству при наличии электромагнитного, гравитационного и других полей.

АТМОСФЕРНОЕ ДАВЛЕНИЕ — давление, которое оказывает атмосфера Земли на все находящиеся в ней предметы. Определяется весом вышележащего столба воздуха и является наиболее важной величиной, описывающей состояние земной атмосферы. Единицы А.д. в СИ — *паскаль* (Па). Часто используемая внесистемная единица — мм рт. ст. Нормальное А.д. равно 1013 кПа или 760 мм рт. ст.

БОЙЛЯ-МАРИОТТА ЗАКОН — один из законов *идеального газа*: для данной массы данного газа при постоянной температуре произведение давления на объем есть величина постоянная: $pV = \text{const}$. Описывает изотермический процесс.

БОЛЬЦМАНА ПОСТОЯННАЯ (k) — одна из основных физических постоянных, равная отношению *универсальной газовой постоянной* R к *Авогадро постоянной* N_A . Б.п. $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К. Входит в ряд важнейших соотношений статистической физики: связывает ср. кинетическую энергию частиц и температуру, энтропию физической системы и ее термодинамическую вероятность.

БРОУНОВСКОЕ ДВИЖЕНИЕ — беспорядочное движение мелких макроскопических частиц, взвешенных в жидкости или

газе, обусловленное тепловым движением молекул. Наглядное подтверждение молекулярно-кинетической теории. Открыто Р. Броуном в 1827 г. Объяснено А. Эйнштейном и М. Смолуховским в 1905 г. Теория проверена в опытах Ж. Перрена в 1906–1911 г.

ВАКУУМ — состояние заключенного в сосуд газа, имеющего давление значительно ниже атмосферного. В зависимости от соотношения между длиной свободного пробега атомов или молекул и линейным размером сосуда различают сверхвысокий, высокий, средний и низкий вакуум.

ВНУТРЕННЯЯ ЭНЕРГИЯ — энергия тела, зависящая только от его внутреннего состояния; складывается из энергии беспорядочного (теплого) движения атомов, молекул или других частиц и энергии внутриатомных и межмолекулярных движений и взаимодействий. (См. *первый закон термодинамики*). В МКТ *идеального газа* энергия внутриатомных частиц и их взаимодействий не учитывается.

ВТОРОЙ ЗАКОН ТЕРМОДИНАМИКИ — один из основных законов *термодинамики*, согласно которому невозможен периодический процесс, единственным результатом которого является совершение работы, эквивалентной количеству теплоты, полученному от нагревателя. Другая формулировка: невозможен процесс, единственным результатом которого является передача энергии в форме теплоты от менее нагретого тела к более нагретому. В.з.т. выражает стремление системы, состоящей из большого количества хаотически движущихся частиц, к самопроизвольному переходу из состояний менее вероятных в состояния более вероятные. Еще один способ формулировки в.з.т.: невозможно создание вечного двигателя второго рода.

ГАЗ — одно из агрегатных состояний вещества, в котором его частицы слабо связаны между собой силами молекулярного притяжения и движутся хаотически, заполняя весь возможный объем, поэтому газы легко сжимаемы, летучи. Для описания свойств газа используются модели с различной степенью приближения к реальности. Так при малых плотностях Г. практически можно считать *идеальным газом*. Ср. *жидкость*. См. также *Клапейрона-Менделеева уравнение*.

ГАЗОВАЯ ПОСТОЯННАЯ УНИВЕРСАЛЬНАЯ (R) — одна из основных физических постоянных, входящая в уравнение состояния (См. *Клапейрона-Менделеева уравнение*). $R = (8,31441 \pm 0,00026)$ Дж/(моль · К). Физический смысл: работа расширения одного моля идеального газа в изобарном процессе при увеличении температуры на 1 К.

ГЕЙ-ЛЮССАКА ЗАКОН — один из законов идеального газа: для данной массы данного газа при постоянном давлении отношение объема к абсолютной температуре есть величина постоянная: $\frac{P}{T} = \text{const}$ (или: давление прямо пропорционален абсолютной температуре: $p = p_0 \alpha T$, где α — температурный коэффициент давления). Описывает *изобарный* процесс.

ДАЛЬТОНА ЗАКОН — один из основных законов идеального газа: давление смеси химически не взаимодействующих газов равно сумме парциальных давлений этих газов.

ДИССОЦИАЦИЯ — процесс распада молекул на более простые части — атомы, группы атомов или ионы. Может происходить при повышении температуры (термическая Д.), в растворе электролитов (электролитическая Д.) и под действием света (фотохимическая Д.).

ДИФФУЗИЯ — процесс распространения вещества в какой-либо среде в направлении убывания его концентрации, обусловленное тепловым движением атомов, молекул, ионов и др. более крупных частиц.

ЖИДКОСТЬ — одно из *агрегатных состояний* вещества, промежуточное между твердым и газообразным состоянием. Ж., как и твердое тело, обладает малой сжимаемостью, большой плотностью и в то же время, подобно *газу*, характеризуется изменчивостью формы (легко течет). Молекулы Ж., как и частицы твердого тела, совершают тепловые колебания, однако их положение равновесия время от времени меняется, что и обеспечивает текучесть жидкости.

ИДЕАЛЬНЫЙ ГАЗ — модель газа, в которой силами взаимодействия между частицами и размерами этих частиц можно пренебречь. Т.е. частицы принимаются за материальные точки, а все взаимодействие сводится к их абсолютно упругим ударам.

Разреженные газы при температурах, далеких от температуры конденсации, близки по своим свойствам к И.г. Уравнением состояния служит *Клапейрона-Менделеева уравнение*.

ИЗОБАРА — линия постоянного давления, изображающая на термодинамической диаграмме состояния равновесный *изобарный процесс*.

ИЗОБАРНЫЙ ПРОЦЕСС — мысленная модель термодинамического процесса, протекающего при постоянном давлении. Для идеальных газов описывается законом *Гей-Люссака*. Ср. *изохорный, изотермический процесс*.

ИЗОПРОЦЕССЫ — физические процессы, протекающие при постоянстве какого-либо из описывающих состояние системы параметров (см. *изобарный, изотермический, изохорный процесс*).

ИЗОТЕРМА — линия постоянной температуры, изображающая на термодинамической диаграмме состояния равновесный *изотермический процесс*.

ИЗОТЕРМИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС — модель термодинамического процесса, протекающего при постоянной температуре. Например, кипение химически однородной жидкости, плавление химически однородного кристалла при постоянном внешнем давлении. Для идеальных газов описывается *Бойля-Мариотта законом*. Ср. *изобарный, изохорный процесс*.

ИЗОТРОПИЯ, ИЗОТРОПНОСТЬ — одинаковость физических свойств во всех направлениях. Связано с отсутствием упорядоченного внутреннего строения сред и присуща газам, жидкостям (кроме жидких кристаллов) и аморфным телам. Ср. *анизотропия*.

ИЗОХОРА — линия постоянного объема, изображающая на термодинамической диаграмме состояния равновесный *изохорный процесс*.

ИЗОХОРНЫЙ ПРОЦЕСС — модель термодинамического процесса, происходящего при постоянном объеме системы. Для идеальных газов описывается законом *Шарля*. Ср. *изобарный, изотермический процесс*.

ИСПАРЕНИЕ — процесс парообразования со свободной поверхности жидкости при температуре ниже температуры кипения, а также с поверхности твердых тел. И. с поверхности твердых тел называют *возгонкой*. Ср. *кипение*.

КАРНО ЦИКЛ — мысленная модель обратимого кругового процесса, состоящего из двух *изотермических* и двух *адиабатных* процессов. При изотермическом расширении (температура нагревателя T_H) рабочему телу (идеальному газу) сообщается количество теплоты Q_H , а при изотермическом сжатии (температура холодильника T_X) — отводится количество теплоты Q_X . Кпд К.ц. не зависит от природы рабочего тела и равен:

$$\eta = \frac{T_H - T_X}{T_H}$$

КИПЕНИЕ — процесс интенсивного парообразования не только со свободной поверхности жидкости, но и по всему ее объему внутри образующихся при этом пузырьков пара. Температура К. зависит от природы жидкости и внешнего давления и находится между *тройной точкой* и критической температурой (см. *критическое состояние*). Ср. *кипение*.

КЛАПЕЙРОНА-МЕНДЕЛЕЕВА УРАВНЕНИЕ — уравнение состояния *идеального газа*:

$$pV = \frac{m}{M}RT$$

где p — давление, V — объем, T — абсолютная температура, m — масса, M — молярная масса газа, R — универсальная газовая постоянная. Из К.-М.у. вытекают законы *Авогадро*, *Бойля-Мариотта*, *Шарля* и *Гей-Люссака*.

КОЛИЧЕСТВО ВЕЩЕСТВА (количество молей) — физическая величина, равная отношению числа структурных элементов (напр., атомов, молекул и т.д.) к *Авогадро числу*. Единица в СИ — *моль* (моль).

КОЛИЧЕСТВО ТЕПЛОТЫ — физическая величина, равная части *внутренней энергии*, переданной в процессе теплообмена от одного макроскопического тела к другому без совершения работы. Единица в СИ — *джоуль* (Дж).

КОНДЕНСАЦИЯ — процесс перехода вещества из газообразного состояния в жидкое или кристаллическое. Сопровождается выделением теплоты. Процесс, обратный *парообразованию* (*испарению, кипению*). Играет важную роль в природе (образование облаков, тумана, росы, инея).

КРИСТАЛЛИЗАЦИЯ — процесс образования *кристаллов* из паров, растворов, расплавов в специальных установках или при химических реакциях. Играет важную роль в природе (напр., образование минералов) и технике (выплавка металлов, получение полупроводниковых, оптических и др. материалов, нанесение тонкопленочных покрытий и т.д.) В школьном курсе часто используется как синоним отвердевания, т.е. процесс, обратный *плавлению*.

КРИСТАЛЛИЧЕСКАЯ РЕШЕТКА — модель, дающая возможность представить расположение атомов, ионов и молекул, характеризующееся периодической повторяемостью в пространстве и присущее твердым телам (*кристаллам*). Период К.р. составляет 0,1–0,5 нм для простых соединений, 1–2 нм для сложных неорганических и органических соединений, 10 нм для белков и вирусов.

КРИСТАЛЛЫ — твердые тела с упорядоченным взаимным расположением образующих их частиц — атомов, ионов, молекул. См. *монокристаллы*.

КРУГОВОЙ ПРОЦЕСС (цикл) — модель термодинамического процесса, в результате которого рабочее тело возвращается в первоначальное состояние.

МОЛЕКУЛА — наименьшая устойчивая частица вещества, обладающая всеми химическими свойствами и состоящая из одинаковых (простое вещество) или разных (сложное вещество) атомов, объединенных химическими связями.

МОЛЕКУЛЯРНАЯ МАССА — масса молекулы, выраженная в атомных единицах массы. Ср. *молярная масса*.

МОЛЯРНАЯ МАССА — масса одного моля вещества; скалярная величина, равная отношению массы тела к количеству вещества (числу молей), которое в нем содержится. В СИ

м.м. равна *молекулярной массе* вещества, умноженной на 10^{-3} , единица измерения — кг/моль.

МОНОКРИСТАЛЛЫ — кристаллы, имеющие по всему объему единую кристаллическую решетку. Образуются в природных условиях или искусственно выращиваются из расплавов, растворов, парообразной или твердой фазы.

НАСЫЩЕННЫЙ ПАР — пар, находящийся в динамическом равновесии с жидкой или твердой фазой. Под динамическим равновесием понимают такое состояние, при котором среднее число молекул, покидающих жидкость (твердое тело), равно среднему числу молекул пара, возвращающихся в жидкость (твердое тело) за то же время.

НЕОБРАТИМЫЙ ПРОЦЕСС — процесс, который может самопроизвольно протекать только в одном направлении. Все реальные процессы являются Н.п. и в замкнутых системах сопровождаются возрастанием энтропии. См. *обратимый процесс, второй закон термодинамики*.

НОРМАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ — стандартные физические условия, определяемые давлением $p = 101325$ Па (760 мм рт.ст.) и абсолютной температурой $T = 273,15$ К.

ОБРАТИМЫЙ ПРОЦЕСС — модель процесса, для которого возможен обратный процесс, последовательно повторяющий все промежуточные состояния рассматриваемого процесса. Обратимым является лишь *равновесный процесс*. Пример — *Карно цикл*. Ср. *необратимый процесс*.

ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ВЛАЖНОСТЬ — физическая величина, равная отношению плотности водяного пара, содержащегося в воздухе, к плотности насыщенного пара при той же температуре. Выражается в процентах. Ср. *абсолютная влажность*.

ПАР — вещество в газообразном состоянии в условиях, когда путем изотермического сжатия можно добиться равновесия с тем же веществом в жидком или твердом состоянии, т.е. при температурах и давлениях ниже критических. При низких давлениях и высоких температурах свойства пара приближаются к свойствам *идеального газа*.

ПАРООБРАЗОВАНИЕ — процесс перехода вещества из жидкого или твердого состояния в газообразное. В замкнутом объеме идет до тех пор, пока не образуется *насыщенный пар*. Различают два вида П.: *испарение* и *кипение*.

ПАРЦИАЛЬНОЕ ДАВЛЕНИЕ — давление газа, входящего в состав газовой смеси, которое он оказывал бы, занимая один весь объем смеси и находясь при температуре смеси. См. *Дальтона закон*.

ПАСКАЛЯ ЗАКОН — основной закон *гидростатики*: давление, производимое внешними силами на поверхность жидкости или газа, передается одинаково по всем направлениям.

ПЕРВЫЙ ЗАКОН ТЕРМОДИНАМИКИ — один из основных законов *термодинамики*, являющийся законом сохранения энергии для термодинамической системы: количество теплоты Q , сообщенное системе, расходуется на изменение внутренней энергии системы ΔU и совершение системой работы $A_{\text{сист}}$ против внешних сил: $Q = \Delta U + A_{\text{сист}}$. На использовании П.з.т. основана работа тепловых машин. Можно сформулировать по-другому: изменение внутренней энергии системы ΔU равно сумме переданного системе количества теплоты Q и работы внешних сил над системой $A_{\text{внеш}}$: $\Delta U = Q + A_{\text{внеш}}$. При этом $A_{\text{внеш}} = -A_{\text{сист}}$.

ПЛАВЛЕНИЕ — процесс перехода вещества из твердого состояния в жидкое. Происходит с поглощением некоторого определенного количества теплоты. Для кристаллических тел — при температуре плавления, зависящей от природы вещества и давления.

ПЛОТНОСТЬ — скалярная величина, равная отношению массы тела к его объему:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Одна из основных величин, применяемых для описания и сравнения веществ. В СИ измеряется в $\text{кг}/\text{м}^3$.