**Явления переноса в жидкостях**

Курсовая работа на тему:

Выполнил: студент 1 курса Злобин Д.

Тюменский государственный университет.

Тюмень 2008г.

**Введение.**

Мы рассматривали лишь свойства газов и твердых тел и не обсуждали свойства жидкостей. Жидкое состояние значительно труднее поддается теоретической трактовке по сравнению с газовым и твердым. Это определяется тем, что состояния (твердое и газовое) являются предельными для всякого вещества при достаточно низких (или высоких) температурах и достаточно высоких (или низких) давлениях.

Жидкое состояние является промежуточным по своей природе. Естественно, что около критической точки жидкость близка по свойствам к газу, а при температуре, близкой к температуре плавления, - к твердому телу.

Это обстоятельство приводит к отсутствию "идеальной модели" жидкости. Для газа таковой является идеальный газ, для твердого тела - идеальный кристалл. И теории реальных газов, и теория твердых тел строятся как описание отклонений от идеальных состояний. Отсутствие идеальной модели жидкости приводит к трудности формулировки общей теории жидкости

Такая теория должна объяснить равновесные термодинамические свойства жидкости, ее энтальпию, энтропию, уравнение состояния, температуру замерзания, поверхностное натяжение и т.п. Далее теория должна описать явления переноса - вязкость, диффузию, теплопроводность. Наконец, такая теория должна охватить явления рассеяния жидкостями различных излучений и прежде всего рентгеновского. В последние годы теория жидкостей достигла ряда серьезных успехов.

Вынужденное внутреннее движение в жидкости.

Если на жидкость в течение времени t >> ср действует внешняя сила,

то частицы жидкости смещаются главным образом в направлении этой силы. В этом проявляется текучесть жидкости.

Если время t действия внешней силы много меньше среднего време-

ни релаксации (t << ср), то за время действия силы частицы не успевают изменить свои положения равновесия и жидкость проявляет упругие свойства, сопротивляясь изменению объема и формы.

При определенных условиях в жидкостях происходят явления пере-

носа: диффузия, теплопроводность и внутреннее трение. Отличия

явлений переноса в жидкостях от аналогичных явлений в газах проявляются в величинах коэффициентов переноса.

Диффузия

ДИФФУЗИЯ (от латинского diffusio - распространение, растекание, рассеивание), движение частиц среды, приводящее к переносу вещества и выравниванию концентраций или установлению их равновесного распределения. Обычно диффузия определяется тепловым движением частиц. В отсутствие внешних воздействий диффузионный поток пропорционален градиенту концентраций; коэффициент пропорциональности называется коэффициентом диффузии. Процесс диффузии может происходить под воздействием разности температур (термодиффузия), электрического поля (электродиффузия), в турбулентном потоке (турбулентная диффузия) и т.д).

Диффузия крупных частиц, взвешенных в газе или жидкости (например, частиц дыма или суспензии), осуществляется благодаря их броуновскому движению. В дальнейшем, если специально не оговорено, имеется в виду молекулярная диффузия

Наиболее быстро диффузия происходит в газах, медленнее в жидкостях, ещё медленнее в твёрдых телах, что обусловлено характером теплового движения частиц в этих средах. Траектория движения каждой частицы газа представляет собой ломаную линию, т.к. при столкновениях частицы меняют направление и скорость своего движения. Неупорядоченность движения приводит к тому, что каждая частица постепенно удаляется от места, где она находилась, причём её смещение по прямой гораздо меньше пути, пройденного по ломаной линии. Поэтому диффузионное проникновение значительно медленнее свободного движения (скорость диффузионного распространения запахов, например, много меньше скорости молекул).

Для явления диффузии в жидкости справедлив закон Фика. Он гласит:

,

где I – диффузионный поток в направлении оси X, D – коэффициент диффузии, а - градиент концентрации по оси X.

Обозначим время между скачками молекул через t, тогда величина - скорости молекулы. Это дает возможность сравнить со средней длинной свободного пробега, а - со средней скоростью молекул. Тогда по аналогии с идеальными газами коэффициент диффузии (точнее самодиффузии) жидкости равен:

.

Коэффициент самодиффузии сильно зависит от температуры, т.е. с повышением температуры он увеличивается.

Выражение коэффициента диффузии можно переписать в виде

,

где , причем n - частота вышеописанных колебаний, а w – энергия, необходимая для скачка молекулы, называемая энергией активации молекулы.

Численное значение коэффициента диффузии у жидкостей много меньше чем у газов. Например коэффициент диффузии NaCl в воде равен 1,1·10-9 м2/с, в то время как для диффузии аргона в гелий он равен 7·10-5 м2/с.

В жидкостях, в соответствии с характером теплового движения молекул,

диффузия осуществляется перескоками молекул из одного временного положения равновесия в другое. Каждый скачок происходит при сообщении молекуле энергии, достаточной для разрыва её связей с соседними молекулами и перехода в окружение др. молекул (в новое энергетически выгодное положение). В среднем скачок не превышает межмолекулярного расстояния. Диффузионное движение частиц в жидкости можно рассматривать как движение с трением, к нему применимо второе соотношение Эйнштейна: D ~ ukT. Здесь k — Больцмана постоянная, u — подвижность диффундирующих частиц, т. е. коэффициент пропорциональности между скоростью частицы с и движущей силой F при стационарном движении с трением (с = uF). Если частицы сферически симметричны, то u = 1/6phr, где h — коэффициент вязкости жидкости, r — радиус частицы (см. Стокса закон).

Коэффициент диффузии в жидкости увеличивается с температурой, что обусловлено «разрыхлением» структуры жидкости при нагреве и соответствующим увеличением числа перескоков в единицу времени.

В твёрдом теле могут действовать несколько механизмов диффузии: обмен местами атомов с вакансиями (незанятыми узлами кристаллической решётки), перемещение атомов по междоузлиям, одновременное циклическое перемещение нескольких атомов, прямой обмен местами двух соседних атомов и т.д. Первый механизм преобладает, например, при образовании твёрдых растворов замещения, второй — твёрдых растворов внедрения.

Коэффициент диффузии в твёрдых телах крайне чувствителен к дефектам кристаллической решётки, возникшим при нагреве, напряжениях, деформациях и др. воздействиях. Увеличение числа дефектов (главном образом вакансий) облегчает перемещение атомов в твёрдом теле и приводит к росту коэффициента диффузии. Для коэффициента диффузии в твёрдых телах характерна резкая (экспоненциальная) зависимость от температуры. Так, коэффициент диффузии цинка в медь при повышении температуры от 20 до 300°С возрастает в 1014 раз.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Диффундирующее вещество | Основной компонент | Температура, °С | Коэффициент диффузии, м2/сек |
| Водород (газ)  | Кислород (газ)  | 0 | 0,70·10-4  |
| Пары воды  | Воздух  | 0 | 0,23·10-4  |
| Пары этилового спирта  | Воздух  | 0 | 0,10·10-4  |
| Соль (NaCI)  | Вода  | 20 | 1,1·10-9 |
| Сахар  | Вода  | 20 | 0,3·10-9 |
| Золото (тв.)  | Свинец (тв.)  | 20 | 4·10-14 |

Значение коэффициента диффузии (при атмосферном давлении)

Для большинства научных и практических задач существенно не диффузионное движение отдельных частиц, а происходящее от него выравнивание концентрации вещества в первоначально неоднородной среде. Из мест с высокой концентрацией уходит больше частиц, чем из мест с низкой концентрацией. Через единичную площадку в неоднородной среде проходит за единицу времени безвозвратный поток вещества в сторону меньшей концентрации — диффузионный поток j. Он равен разности между числами частиц, пересекающих площадку в том и др. направлениях, и потому пропорционален градиенту концентрации ÑС (уменьшению концентрации С на единицу длины). Эта зависимость выражается законом Фика (1855):

j = -DÑC.

Единицами потока j в Международной системе единиц являются 1/м2·сек или кг/м2·сек, градиента концентрации — 1/м4 или кг/м4, откуда единицей коэффициента Диффузия является м2/сек. Математически закон Фика аналогичен уравнению теплопроводности Фурье. В основе этих явлений лежит единый механизм молекулярного переноса: в 1-м случае переноса массы, во 2-м — энергии.

Диффузия возникает не только при наличии в среде градиента концентрации (или химического потенциала). Под действием внешнего электрического поля происходит диффузия заряженных частиц (электродиффузия), действие поля тяжести или давления вызывает бародиффузию, в неравномерно нагретой среде возникает термодиффузия.

Все экспериментальные методы определения коэффициента диффузии содержат два основных момента: приведение в контакт диффундирующих веществ и анализ состава веществ, изменённого диффузией состав (концентрацию продиффундировавшего вещества) определяют химически, оптически (по изменению показателя преломления или поглощения света), масс-спектроскопически, методом меченых атомов и др.

Диффузия играет важную роль в химической кинетике и технологии. При протекании химической реакции на поверхности катализатора или одного из реагирующих веществ (например, горении угля) диффузия может определять скорость подвода др. реагирующих веществ и отвода продуктов реакции, т. е. являться определяющим (лимитирующим) процессом.

Для испарения и конденсации, растворения кристаллов и кристаллизации определяющей оказывается обычно. Процесс диффузия газов через пористые перегородки или в струю пара используется для изотопов разделения. Диффузия лежит в основе многочисленных технологических процессов — адсорбции, цементации и др. (см. диффузионные процессы); широко применяются диффузионная сварка, диффузионная металлизация.

В жидких растворах диффузии молекул растворителя через полупроницаемые перегородки (мембраны) приводит к возникновению осмотического давления (см. Осмос), что используется в физико-химическом методе разделения веществ — диализе.

Диффузия в биологических системах. Диффузия играет важную роль в процессах жизнедеятельности клеток и тканей животных и растений (например, диффузия кислорода из лёгких в кровь и из крови в ткани, всасывание продуктов пищеварения из кишечника, поглощение элементов минерального питания клетками корневых волосков, диффузия ионов при генерировании биоэлектрических импульсов нервными и мышечными клетками). Различная скорость диффузии ионов через клеточные мембраны — один из физических факторов, влияющих на избирательное накопление элементов в клетках организма. Проникновение растворённого вещества в клетку может быть выражено законом Фика, в котором значение коэффициента диффузии заменено коэффициентом проницаемости мембраны, а градиент концентрации — разностью концентраций вещества по обе стороны мембраны. Диффузионное проникновение в клетку газов и воды (см. Осмос) также описывается законом Фика; при этом значения разности концентраций заменяются значениями разности давлений газов и осмотических давлений внутри и вне клетки.

Различают простую диффузию — свободное перемещение молекул и ионов в направлении градиента их химического (электрохимического) потенциала (так могут перемещаться лишь вещества с малыми размерами молекул, например вода, метиловый спирт); ограниченную диффузию, когда мембрана клетки заряжена и ограничивает диффузия заряженных частиц даже малого размера (например, слабое проникновение в клетку анионов); облегчённую Диффузия — перенос молекул и ионов, самостоятельно не проникающих или очень слабо проникающих через мембрану, др. молекулами («переносчиками»); так, по-видимому, проникают в клетку сахара и аминокислоты. Через мембрану, вероятно, могут диффундировать и переносчик, и комплекс переносчика с веществом. Перенос вещества, определяемый градиентом концентрации переносчика, называется обменной диффузией; такая диффузия отчётливо проявляется в экспериментах с изотопными индикаторами. Различную концентрацию веществ в клетке и окружающей её среде нельзя объяснить только диффузия их через мембраны за счёт имеющихся электрохимических и осмотических градиентов. На распределение ионов влияют также процессы, которые могут вызывать перераспределение веществ против их электрохимического градиента с затратой энергии, — так называемый активный транспорт ионов

Теплопроводность

Теплопроводность в жидкостях имеет место при наличии градиента температуры. При этом энергия в жидкостях передается в процессе столкновения колеблющихся частиц. Частицы с более высокой энергией совершают колебания с большей амплитудой, и при столкновениях с другими частицами как бы раскачивают их, передавая им энергию. Такой механизм передачи энергии не обеспечивает ее быстрого переноса. Поэтому теплопроводность жидкостей очень мала.

Вязкость.

Вязкость - сопротивление, оказываемое телом движению отдельной его части без нарушения связи целого. Такое движение составляет характеристику жидкостей, как "капельных", так и "упругих", т. е. газов.

Внутреннее трение жидкостей возникает при движении жидкости из-за переноса импульса в направлении, перпендикулярном к направлению движения. Перенос импульса из одного слоя в другой осуществляется при скачках молекул, о которых говорилось выше.

Очевидно, что жидкость будет тем менее вязкой, чем меньше время t между скачками молекул, и значит, чем чаще происходят скачки. Исходя из этого, можно написать выражение для коэффициента вязкости, называемого уравнением Френкеля – Андраде:

.

Множитель C, входящий в это уравнение зависит от дальности скачка , частоты колебаний n и температуры. Однако температурный ход вязкости определяется множителем ew/kT. Как следует из этой формулы, с повышением температуры вязкость быстро уменьшается.

Малейшая сила приводит в движение часть жидкого тела и вызывает в жидкости "течение", длящееся и по прекращении действия силы. При определении В. предстоит иметь прежде всего в виду тела жидкие, капельно-жидкие и упруго-жидкие. По определению Ньютона, жидкость представляет тело, обладающее такою подвижностью, что отдельные части его могут совершенно свободно перемещаться внутри тела, как бы скользя без трения. Таково oпpeделение идеальной жидкости, реальные же жидкости обнаруживают лишь определенную степень подвижности. Движение, сообщенное части жидкости, постепенно замедляется и, наконец, совершенно прекращается, превращаясь в теплоту. Причина, задерживающая свободное движение частей жидкости, причина мешающая жидкости "течь", называется "внутренним трением", или В. жидкости. Чтобы поддерживать течение жидкости с некоторою постоянной скоростью, необходимо непрерывное действие силы, необходимо постоянное давление, величина которого и может служить мерой вязкости.

Величина вязкость характеризует как бы степень несовершенства жидкости. И в обычном языке "густой", или "вязкой", жидкости мы противопоставляем "жидкую" (напр., мы говорим: "жидкое вино, жидкое молоко" и т. п.), т. е. такую, которая представляет высокую степень подвижности. Как бы не были, однако, велики величины вязкостию, пока мы имеем дело с жидкостями, явления движения их должны представлять лишь количественные различия. И при огромной вязкости всякая, даже весьма малая сила, должна вызывать конечную скорость "течения". Только в том случае, когда величина вязкость является бесконечной, когда конечная сила вызывает бесконечно малую скорость течения, т. е, когда тело вовсе не течет при действии некоторой силы, оно лишено свойств жидкости. При решении вопроса о том, приложимо ли и к твердым телам понятие о вязкости, необходимо рассмотреть, представляют ли и в каких условиях твердые тела бесконечную величину вязкость. Твердые тела характеризуются упругостью. Сила, приложенная к упругому телу, вызывает изменение формы - деформацию, наступающую немедленно, и никаких длящихся движений в частях упругого тела не происходит. Опыт показывает, что твердые тела упруги лишь в известных пределах деформации. За этими пределами упругости твердые тела обнаруживают большую или меньшую "пластичность", свойство в основе тождественное с "текучестью" жидкостей. Многие твердые тела обладают весьма низким пределом упругости и при действии даже весьма малых сил являются пластичными. Подвергая такие тела значительному давлению, можно вызвать движение, вполне отвечающее "течению" жидкостей.

По опытам Треска, свинец при большом давлении выдавливается из отверстий сосуда подобно жидкости, а по опытам Спринга- при давлении в несколько тысяч атмосфер почти все твердые тела (даже и весьма хрупкие при обычных условиях) являются пластичными. Высокую степень пластичности обнаруживают не только даже аморфные, но и кристаллические тела. Примером пластичности кристаллического тела может служить пластичность льда. Замечательны "текучие кристаллы" Лемана, обнаруживающие признаки кристаллического сложения (при оптическом исследовании) только тогда, когда их тяжесть уравновешена окружающею жидкостью; при недостаточном соблюдении этого условия кристаллы эти текут, как жидкость, и не обнаруживают кристаллического сложения. При низком пределе упругости различие между твердым телом и жидкостью сглаживается, и решить, имеем ли мы в таком случае дело с весьма вязкой жидкостью или с весьма пластичным твердым телом, нелегко. Глицерин напр., мы можем признать еще жидкостью, хотя и весьма вязкою, но чем считать вазелин, воск и т. п.? Критерием является существование предела упругости. Но при низком пределе упругости и при большой В. установить существование предала упругости невозможно. При этих условиях пришлось бы неизбежно прилагать малые силы, а при малых силах и большой вязкости скорость "течения" так ничтожна, что легко ускользает от наблюдения. Опыт показывает, что многие малопластичные тела, как, например, вар, даже чугун и мрамор при весьма продолжительном действии сравнительно слабых сил испытывают изменения формы, не исчезающие по прекращении действия силы. Весьма наглядно обнаруживает явления пластичности стекло. Если оставить, например, термометр в горизонтальном положении, подпертым в крайних точках, то через несколько лет он оказывается сильно изогнутым. Таким образом, подвергая тела кратковременному действию силы, можно впасть в ошибку относительно предела упругости и признать тело в известных пределах совершенно упругим и бесконечно вязким только вследствие недостаточной продолжительности наблюдения. Был, поэтому, возбуждаем вопрос: существует ли вообще предел упругости, или же при продолжительном действии даже малейших сил все тела испытывают длящиеся изменения формы. Существуют ли тела с бесконечно большой вязкостью и совершенно лишенные "текучести"? Опытного решения этого вопроса, как и аналогичного ему вопроса о летучести, или испаряемости, тел не имеется, и вряд ли такое решение можно ждать в будущем. Во всяком случае, мы можем утверждать, что по отношению к текучести нет резкой границы между жидкими и твердыми телами. Благодаря существованию весьма вязких жидкостей и весьма пластичных твердых тел оба состояния связаны столь непрерывной цепью, что можно по отношению к вязкости говорить о резких различиях только крайних членов цепи. Понятие о вязкости не связано исключительно с представлением о жидкости. Оно приурочено лишь к тому роду движения, который свойствен в высокой степени жидкостям и обнаруживается в их "течении". Чтобы определить меру вязкости, рассмотрим движение жидкости в простейших условиях, имеющих место при движении ее с постоянной скоростью по цилиндрической трубке, ею смачиваемой. При этом вязкое трение не имеет места, соприкасающийся с поверхностью трубки слой жидкости находится в покое и течение ее представляет скольжение бесконечного числа цилиндрических поверхностей. Такое движение по цилиндрическим поверхностям весьма наглядно обнаружено в вышеуказанных опытах Треска. Сжимая cepию пластинок свинца, Треска заставлял свинец выдавливаться через круглое отверстие внизу в форме цилиндра. Разрез этого цилиндра представлял ряд концентрических слоев, совершенно подобных годичным слоям дерева. Исходя из указанного представления и основываясь на следующих положениях Ньютона: 1) трение двух поверхностей жидкости пропорционально их относительной скорости, 2) пропорционально величине поверхностей, и 3) не зависит от давления, под которым находится жидкость, Стокс (а впоследствии и другие) вывел следующую зависимость

V = (Dπr 4)/(8μl)

где V - объем вытекшей в единицу времени жидкости, r - радиус трубки, l - ее длина, D - давление жидкости, μ - постоянная, характеризующая вязкость жидкости, а π - известное отношение окружности к диаметру. Такая же зависимость выведена была еще ранее из непосредственных опытов Пуазелем. Таким образом, зная объем протекшей по трубке в единицу времени жидкости, давление, длину и радиус трубки, можно вычислить μ – постоянную вязкость. Эта постоянная выражает силу, необходимую для того, чтобы вызвать в двух слоях жидкости с поверхностью, равной 1, и расположенных на расстоянии, равном 1, разность скоростей, равную 1, при условии, что движение представит скольжение бесконечного числа параллельных плоскостей. Точное определение абсолютной величины постоянной сопряжено с затруднениями вследствие трудности точного измерения размеров трубки. Вследствие этого предпочитают определять относительную величину этой постоянной, сравнивая время, необходимое для прохождения через одну и ту же трубку данного объема жидкостей при данном давлении. В этом случае

μ/μ 1 = t/t1

т. е. вязкости относятся, как времена истечения. За единицу вязкости принимают вязкость воды. Описанный способ наиболее употребителен для определения вязкости. Для той же цели применялись также наблюдения над качанием дисков. В. представляет величину весьма характерную для жидкостей.Зависимость между составом и вязкостью , как показал Грэм, представляет тот же характер, как и зависимость между составами и температурой кипения. Несмотря на значительное число исследований, привести зависимость между составом жидкостей и их вязкостью к простой форме и поныне не удалось.

Вязкость уменьшается с температурой. Заслуживают внимания наблюдения над вязкостью растворов. Найдено, что раствор, составленный в пропорции, представляющей и в отношении других свойств особенности, обнаруживает и наибольшую вязкость. Так, из растворов спирта и воды наибольшую вязкость обнаруживает раствор, которому отвечает и наибольшее сжатие. Наибольшая отвечает растворам, состав которых выражается простыми частичными формулами. Замечательны также наблюдения над вязкостью водных растворов солей хлористо-водородной кислоты, обнаруживших соотношение между вязкостью этих растворов и положением элементов в периодической системе.

**Список литературы**

Френкель Я. И., Собр. избр. трудов, т. 3 — Кинетическая теория жидкостей, М. — Л., 1959

Гиршфельдер Дж., Кертисс Ч., Берд Р., Молекулярная теория газов и жидкостей, пер. с англ., М., 1961

Шьюмон П., Диффузия в твердых телах, пер. с англ., М., 1966

Франк-Каменецкий Диффузия А., Диффузия и теплопередача в химической кинетике, 2 изд., М., 1967

Булл Г., Физическая биохимия, пер. с англ., М., 1949

С. В. Богословский, Физические свойства газов и жидкостей, 2001