

Краевой конкурс учебно-исследовательских и проектных работ
учащихся «Прикладные вопросы математики»

Прикладные вопросы математики

Диффузия

Польгалова Татьяна,
Гребеньщикова Елизавета,
МОУ «Лицей №1» г. Перми, 7 кл.
Гольдштейн Инна Григорьевна,
преподаватель физики
МОУ «Лицей №1» г. Перми

Диффузия -(лат. *diffusio* — распространение, растекание, рассеивание) — процесс переноса материи или энергии из области с высокой концентрацией в область с низкой концентрацией. Самым известным примером диффузии является перемешивание газов или жидкостей (если в воду капнуть чернил, то жидкость через некоторое время станет равномерно окрашенной). Другой пример связан с твёрдым телом: если один конец стержня нагреть или электрически зарядить, распространяется тепло (или соответственно электрический ток) от горячей (заряженной) части к холодной (незаряженной) части. В случае металлического стержня тепловая диффузия развивается быстро, а ток протекает почти мгновенно. Если стержень изготовлен из синтетического материала, тепловая диффузия протекает медленно, а диффузия электрически заряженных частиц — очень медленно. Диффузия молекул протекает в общем ещё медленнее. Например, если кусочек сахара опустить на дно стакана с водой и воду не перемешивать, то пройдет несколько недель, прежде чем раствор станет однородным. Ещё медленнее происходит диффузия одного твёрдого вещества в другое. Например, если медь покрыть золотом, то будет происходить диффузия золота в медь, но при нормальных условиях (комнатная температура и атмосферное давление) золотосодержащий слой достигнет толщины в несколько микрометров только через несколько тысяч лет.

Все виды диффузии подчиняются одинаковым законам. Скорость диффузии пропорциональна площади поперечного сечения образца, а также разности концентраций, температур или зарядов (в случае относительно небольших величин этих параметров). Так, тепло будет в четыре раза быстрее распространяться через стержень диаметром в два сантиметра, чем через стержень диаметром в один сантиметр. Это тепло будет распространяться быстрее, если перепад температур на одном сантиметре будет 10 °C вместо 5 °C. Скорость диффузии пропорциональна также параметру, характеризующему конкретный материал. В случае тепловой диффузии этот параметр называется теплопроводность, в случае потока электрических зарядов — электропроводность. Количество вещества, которое диффундирует в течение определённого времени, и расстояние, проходимое диффундирующим веществом, пропорциональны квадратному корню времени диффузии.

Диффузия представляет собой процесс на молекулярном уровне и определяется случайным характером движения отдельных молекул. Скорость диффузии в связи с этим пропорциональна средней скорости молекул. В случае газов средняя скорость малых молекул больше, а именно она обратно пропорциональна квадратному корню из массы молекулы и растёт с повышением температуры. Диффузионные процессы в твёрдых телах при высоких температурах часто находят практическое применение. Например, в определённых типах электронно-лучевых трубок (ЭЛТ) применяется металлический торий, продиффундировавший

через металлический вольфрам при 2000 °С. Если в смеси газов масса одной молекулы в четыре раза больше другой, то такая молекула передвигается в два раза медленнее по сравнению с её движением в чистом газе. Соответственно, скорость диффузии её также ниже. Эта разница в скорости диффузии лёгких и тяжёлых молекул применяется, чтобы разделять субстанции с различными молекулярными весами. В качестве примера можно привести разделение изотопов. Если газ, содержащий два изотопа, пропускать через пористую мембрану, более лёгкие изотопы проникают через мембрану быстрее, чем тяжёлые. Для лучшего разделения процесс производится в несколько этапов. Этот процесс широко применялся для разделения изотопов урана, поскольку такой способ разделения требует больших энергетических затрат, были развиты другие, более экономичные способы разделения. Например, широко развито применение термодиффузии в газовой среде. Газ, содержащий смесь изотопов, помещается в камеру, в которой поддерживается пространственный перепад (градиент) температур. При этом тяжёлые изотопы со временем концентрируются в холодной области.

Диффузия в газах, жидкостях и твердых телах:

Всем хорошо известно, что если в комнату внести какое-либо пахучее вещество, например духи или нафталин, то запах вскоре будет чувствоваться во всей комнате. Распространение запахов происходит из-за того, что молекуле духов (или нафталина) движутся.

Возникает вопрос, почему же запах в комнате распространяется не мгновенно, а спустя некоторое время.

Дело в том, что движению молекул пахучего вещества в определенном направлении мешает движение молекул воздуха. Молекулы духов (или нафталина) на своем пути сталкиваются с молекулами газов, которые входят в состав воздуха. Они постоянно меняют направление движения и, беспорядочно перемещаясь, разлетаются по комнате. Проведем опыт, который можно объяснить только тем, что тела состоят из молекул, которые находятся в непрерывном движении.

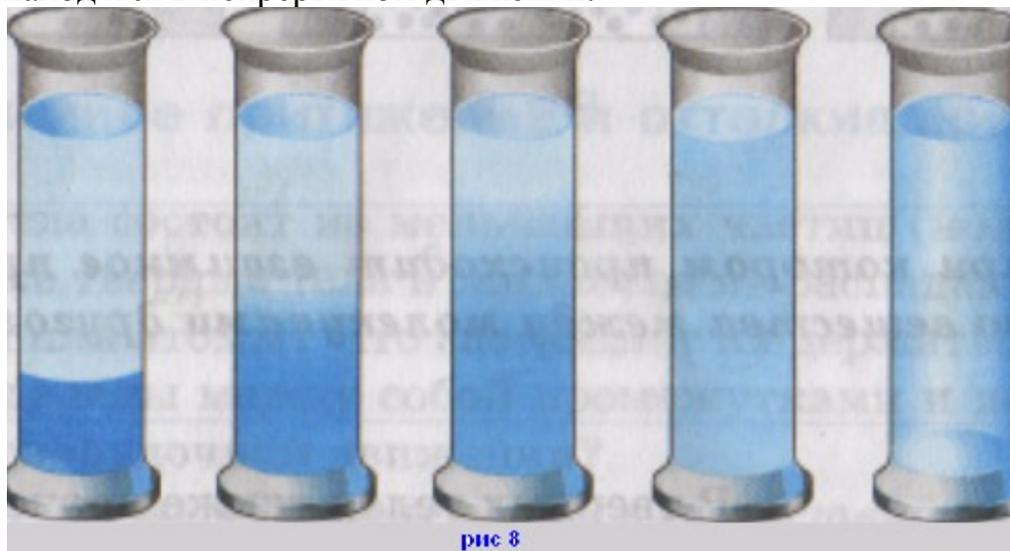


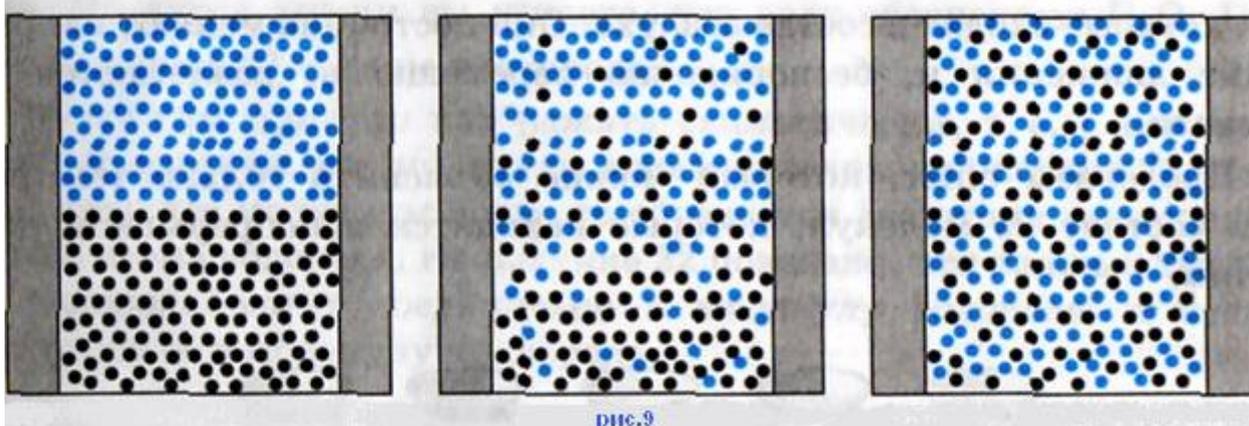
рис 8

Нальем в мензурку (или стакан) раствор медного купороса, имеющего темно-голубой цвет. Сверху осторожно добавим чистой воды (рис.1).

Вначале между водой и медным купоросом будет видна резкая граница, которая через несколько дней станет не такой резкой. Граница, отделяющая одну жидкость от другой, исчезнет через 2 — 3 недели. В сосуде образуется однородная жидкость бледно-голубого цвета. Это значит, что жидкости перемешались.

Наблюдаемое явление объясняется тем, что молекулы воды и медного купороса, которые расположены возле границы раздела этих жидкостей, поменялись местами (рис.2). Граница раздела стала расплывчатой. Молекулы медного купороса оказались в нижнем слое воды, а молекулы воды переместились в верхний слой медного купороса.

Если дать мензурке постоять 2—3 недели, то граница раздела будет еще более расплывчатой и постепенно совсем исчезнет. Вся вода окрасится в голубой цвет. Это происходит потому, что молекулы, двигаясь непрерывно и беспорядочно, распространяются по всему объему. Жидкость в сосуде становится однородной



Явление, при котором происходит взаимное проникновение молекул одного вещества между молекулами другого, называют диффузией.

В твердых телах также происходит диффузия, но только еще медленнее.

Например, очень гладко отшлифованные пластинки свинца и золота кладут одна на другую и ставят на них некоторый груз. (Пластинку золота, как более тяжелую, располагают внизу.) При комнатной температуре (20 °С) за 4—5 лет золото и свинец взаимно проникают друг в друга на расстояние около 1 мм.

Во всех приведенных опытах мы наблюдаем взаимное проникновение молекул веществ, т.е. диффузию. Процесс диффузии ускоряется с повышением температуры. Это происходит потому, что с повышением температуры увеличивается скорость движения молекул.

Явление диффузии играет большую роль в природе. Так, например, благодаря диффузии поддерживается однородный состав атмосферного

воздуха вблизи поверхности Земли. Диффузия растворов различных солей в почве способствует нормальному питанию растений и т. д.

Зависимость диффузии от условий:

- **Температура.** В одном и том же кристалле при различных условиях и для различных атомов диффузия может происходить по различным механизмам с различными энергиями активации. Диффузия может быть сложным, многоступенчатым процессом, каждый из которых имеет свою температурную зависимость.
- **Давление.** Увеличение температуры всегда ускоряет диффузию, а давление оказывает более сложное влияние. Оно зависит от механизма диффузии. Если диффузия происходит по вакансионному механизму, то увеличение давления уменьшает содержание вакансий. Происходит это потому, что увеличение содержания вакансий увеличивает объем кристалла, давление стремится уменьшить объем кристалла и поэтому понижает содержание вакансий, соответственно уменьшая скорость диффузии. Если диффузия происходит по межузельному механизму, то с одной стороны увеличение давления повышает содержание межузельных атомов, с другой же стороны, атомы в кристалле сближаются и перемещение между узлами затрудняется.

Вращательная диффузия — процесс, при котором устанавливается или поддерживается равновесное статистическое распределение энергии по вращательным степеням свободы ансамбля частиц или молекул. Вращательная диффузия (диффузия вращения) является аналогом обычной (трансляционной) диффузии.

Для многих биофизических процессов важны характеристики случайного вращения молекул в растворе. Согласно закону равномерному распределению по степеням свободы, молекулы большего размера будут переориентироваться в растворе медленнее, чем маленькие объекты. Следовательно, измеряя характерные времена переориентации молекул, можно судить о их общей массе и о ее распределении в объекте. При равной энергии, средний квадрат проекции угловой скорости на каждую из главных осей объекта обратно пропорционален моменту инерции по этой оси. Откуда следует, что существует три значения характерного времени релаксации при переориентации, соответствующие каждой из трех главных осей. Некоторые из значений могут быть равны, если объект симметричен в главных осях. К примеру, шаровидные частицы имеют две характерных временных константы, отвечающие вращательной диффузии. Значения временных характеристик можно вычислить, используя факторы трения Перрона, по аналогии с соотношению Эйнштейна.

Осмоз.

Явление осмоса наблюдается в тех средах, где подвижность растворителя больше подвижности растворённых веществ. Важным частным случаем осмоса является осмос через полупроницаемую мембрану. Полупроницаемыми называют мембраны, которые имеют

достаточно высокую проницаемость не для всех, а лишь для некоторых веществ, в частности, для растворителя. (Подвижность растворённых веществ в мембране стремится к нулю). Если такая мембрана разделяет раствор и чистый растворитель, то концентрация растворителя в растворе оказывается менее высокой, поскольку там часть его молекул замещена на молекулы растворенного вещества. Вследствие этого, переходы частиц растворителя из отдела, содержащего чистый растворитель, в раствор будут происходить чаще, чем в противоположном направлении. Соответственно, объём раствора будет увеличиваться (а концентрация уменьшаться), тогда как объём растворителя будет соответственно уменьшаться.

Например, к яичной скорлупе с внутренней стороны прилегает полупроницаемая мембрана: она пропускает молекулы воды и задерживает молекулы сахара. Если такой мембраной разделить растворы сахара с концентрацией 5 и 10 % соответственно, то через нее в обоих направлениях будут проходить только молекулы воды. В результате в более разбавленном растворе концентрация сахара повысится, а в более концентрированном, наоборот, понизится. Когда концентрация сахара в обоих растворах станет одинаковой, наступит равновесие. Растворы, достигшие равновесия, называются изотоническими.

Осмоз, направленный внутрь ограниченного объёма жидкости, называется эндосмосом, наружу — экзосмосом. Перенос растворителя через мембрану обусловлен осмотическим давлением. Оно равно избыточному внешнему давлению, которое следует приложить со стороны раствора, чтобы прекратить процесс, то есть создать условия осмотического равновесия. Превышение избыточного давления над осмотическим может привести к обращению осмоса — обратной диффузии растворителя.

В случаях, когда мембрана проницаема не только для растворителя, но и для некоторых растворённых веществ, перенос последних из раствора в растворитель позволяет осуществить диализ, применяемый как способ очистки полимеров и коллоидных систем от низкомолекулярных примесей, например электролитов.

Значение осмоса.

Осмоз играет важную роль во многих биологических процессах. Мембрана, окружающая нормальную клетку крови, проницаема лишь для молекул воды, кислорода, некоторых из растворённых в крови питательных веществ и продуктов клеточной жизнедеятельности; для больших белковых молекул, находящихся в растворённом состоянии внутри клетки, она непроницаема. Поэтому белки, столь важные для биологических процессов, остаются внутри клетки.

Осмоз участвует в переносе питательных веществ в стволах высоких деревьев, где капиллярный перенос не способен выполнить эту функцию.

Осмоз широко используют в лабораторной технике: при определении молярных характеристик полимеров, концентрировании растворов,

исследовании разнообразных биологических структур. Осмотические явления иногда используются в промышленности, например при получении некоторых полимерных материалов, очистке высоко-минерализованной воды методом «обратного» осмоса жидкостей.

Клетки растений используют осмос также для увеличения объёма вакуоли, чтобы она распирала стенки клетки (тургорное давление). Клетки растений делают это путём запасания сахарозы. Увеличивая или уменьшая концентрацию сахарозы в цитоплазме, клетки могут регулировать осмос. За счёт этого повышается упругость растения в целом. С изменениями тургорного давления связаны многие движения растений (например, движения усов гороха и других лазающих растений). Пресноводные простейшие также имеют вакуоль, но задача вакуолей простейших заключается лишь в откачивании лишней воды из цитоплазмы для поддержания постоянной концентрации растворённых в ней веществ.

Осмос также играет большую роль в экологии водоёмов. Если концентрация соли и других веществ в воде поднимется или упадёт, то обитатели этих вод погибнут из-за пагубного воздействия осмоса.

Использование в промышленности:

Первая в мире электростанция, использующая для выработки электричества явление осмоса, открылась 24 ноября 2009 года в Норвегии. Солёная морская и пресная вода на электростанции разделены мембраной; так как концентрация солей в морской воде выше, между солёной и пресной водой развивается явление осмоса, в результате чего давление солёной воды самопроизвольно возрастает. Так как давление солёной воды подвергшейся осмосу больше, чем атмосферное давление, возникает мощный поток воды, который и приводит в действие гидротурбину, вырабатывающую энергию.

Заключение:

Диффузия интересна нам потому что она широко используется людьми. Помимо того что она находится вокруг нас, ее еще применяют в промышленности. Что позволяет совершать людям множество других интересных открытий.

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА

Материал используемый при работе:

- 1) Сосуд с водой объемом 1,4 л.
- 2) 5ml шприц.
- 3) 5ml подкрашенной жидкости.
- 4) Термометр.

Описание работы:

Сначала мы взяли сосуд с водой предварительно охладив воду до 10 градусов и впрыснули туда в горизонтальном направлении подкрашенную воду такой же температуры. Мы засекали время с момента впрыскивания подкрашенной воды в сосуд до полного смешивания молекул. Затем мы повысили температуру до 20 градусов и проделали те же действия. Таких опытов мы проделали 7 штук. Причем в каждом последующем опыте мы повышали температуру на 10 градусов. Для вычисления скорости диффузии по формуле $V = \frac{S}{t}$ где V - это скорость диффузии, S - это путь который проходят молекулы(которым в нашем случае является диаметр сосуда) и t - это время за которое молекулы

полностью перемешиваются, мы измерили диаметр нашего сосуда и этот результат мы поделили на полученное ранее время. Таким образом мы вычислили скорость диффузии. Полученные результаты мы поместили в таблицу представленную ниже.

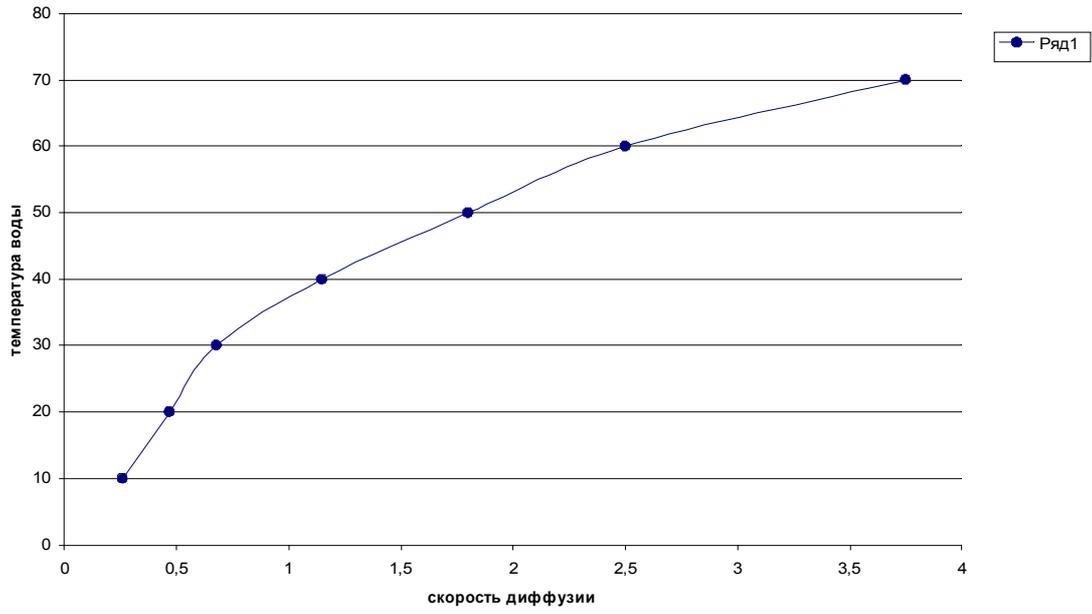
ТАБЛИЦА РЕЗУЛЬТАТОВ

Номер опыта	Объем сосуда (л)	Объем подкрашенного вещества (ml)	Количество красящего вещества (ml)	Диаметр сосуда (см)	Температура воды (в градусах)	Температура подкрашенной воды	Время за которое смешиваются молекулы (сек)	Скорость диффузии (см/сек)
1	1,3	5	0.5	9	10	10	34	0,26
2	1,3	5	0.5	9	20	20	19	0,48
3	1,3	5	0.5	9	30	30	13,3	0,68
4	1,3	5	0.5	9	40	40	7,8	1,15
5	1,3	5	0.5	9	50	50	5,1	1,8
6	1.3	5	0.5	9	60	60	3,6	2,5
7	1,3	5	0.5	9	70	70	2,4	3,75

Следуя результатам таблицы мы можем сделать вывод:

Диффузия напрямую зависит от температуры воды. Чем температура воды выше тем быстрее происходит диффузия. Сделав этот вывод мы построили график зависимости скорости диффузии от температуры.

график зависимости скорости диффузии от температуры



Список используемой литературы:

1. <http://stucturesubstan.narod.ru/3.htm>, <http://ru.wikipedia.org>,
Ф.В.Рабиза «Простые опыты: забавная физика
для детей» Издательство: «детская литература».
Москва 2000 г.