

Краевая научно-практическая конференция
учебно-исследовательских работ учащихся 6-11 классов
«Прикладные и фундаментальные вопросы математики и физики»

Экспериментальная физика

Диффузия

Вяткина Ксения Леонидовна, Мухина

Светлана Александровна,

7 кл., МБОУ «Лицей №1» г. Пермь

Гольдштейн И.Г., учитель физики

Пермь. 2017

Содержание

Содержание2

Введение3

Глава 1. Изучение диффузии5

1.1. История открытия диффузии5

1.2. Понятие диффузии8

1.3. Диффузия в газах, жидкостях и твердых телах.10

Глава 2. Исследовательская часть13

2.1. Диффузия в жидкостях14

2.2. Диффузия в газах17

Заключение19

Библиографический список21

Введение

Мы живем на планете Земля, не замечая, какие явления нас окружают. Не задумываемся о том, как все вокруг нас сложно и разнообразно. Оказывается, что процессы, которые происходят в нашем организме, явления окружающей действительности, осуществляются благодаря законам, которые можно объяснить с помощью физики.

В данной работе мы хотим изучить явление диффузии. Дыхание человека, всасывание питательных веществ в кишечнике – все это происходит благодаря диффузии. Выравнивание температуры воздуха в проветриваемом помещении, распространение запаха духов, пищи – это тоже диффузия. Из энциклопедии для детей «Научные эксперименты дома», мы узнаем, что перемещение слоев воды в море – причина морских течений, играющих огромную роль в природе. Например, в Антарктике – на Южном полюсе – вода остывает, огромные массы холодной, а значит, более плотной и тяжелой воды, опускаются на дно, это вызывает морские течения по всей планете. А в Балтийском море свежая, обогащенная кислородом вода поступает из Северного моря через проливы Скагеррак и Каттегат. Если бы не морские течения, многие участки Балтийского моря оказались бы безжизненными из-за нехватки кислорода. А у полуострова Ютланд – на севере Дании, Северное и Балтийские моря сходятся, и хорошо видно, что вода в них разного цвета. И в этом примере тоже присутствует явление диффузии. Питание растений, выделение ими углекислого газа и поглощение кислорода – это также диффузия.

Как видим, данное явление играет огромную роль в нашей жизни.

Целью данной работы является изучение диффузии.

Для реализации цели необходимо выполнить следующие задачи:

1. изучить историю открытия диффузии;
2. дать определение диффузии;
3. рассмотреть диффузию в газах, жидкостях, твердых телах;
4. показать на практике явление диффузии (в жидкостях, газах).

Предположим, что диффузия играет только положительную роль в окружающем мире.

Глава 1. Изучение диффузии

1.1. История открытия диффузии

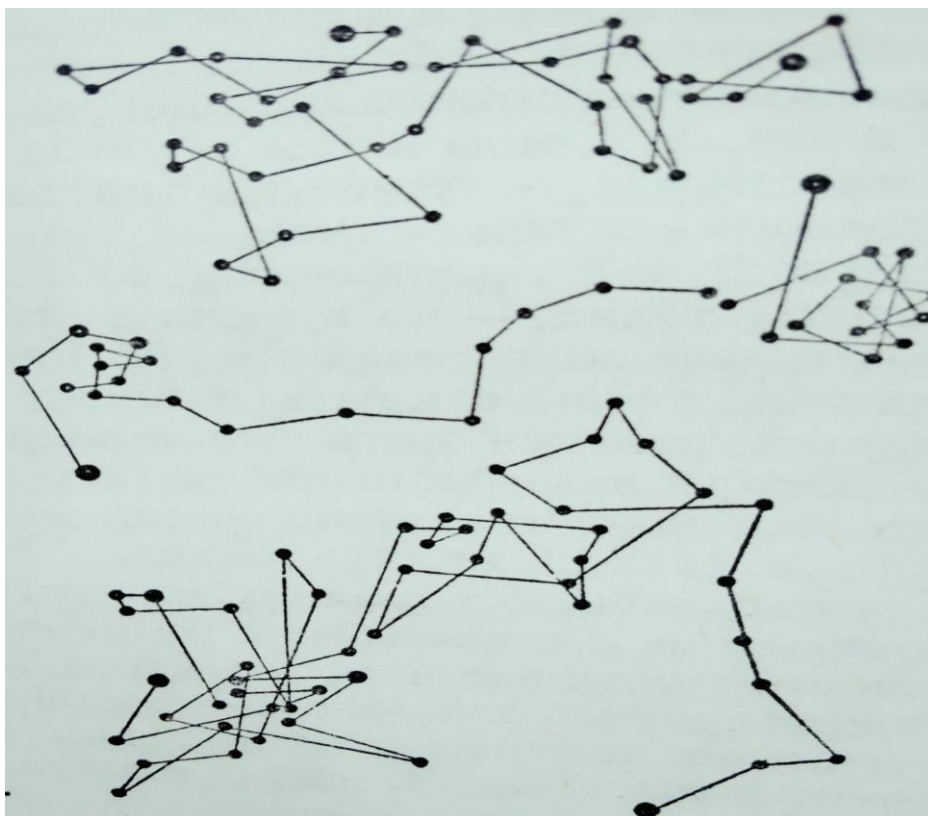
[5] В 1827 Роберт Броун проводил исследования пыльцы растений. Его интересовало, как пыльца участвует в процессе оплодотворения. Используя микроскоп, Броун увидел, что мельчайшие твердые крупинки, которые едва можно было разглядеть в капле воды, непрерывно дрожат и передвигаются с места на место. Он установил, что эти движения, по его словам, «не связаны ни с потоками в жидкости, ни с ее постепенным испарением, а присущи самим частичкам». Мельчайшие частички вели себя, как живые, причем «танец» частиц ускорялся с повышением температуры и с уменьшением размера частиц и явно замедлялся при замене воды более вязкой средой. Это удивительное явление никогда не прекращалось: его можно было наблюдать сколь угодно долго. Поначалу Броун подумал даже, что в поле микроскопа действительно попали живые существа, тем более что пыльца – это мужские половые клетки растений, однако так же вели себя частички из мертвых растений, даже из засушенных за сто лет до этого в гербариях. Тогда Броун подумал, не есть ли это «элементарные молекулы живых существ», о которых говорил знаменитый французский естествоиспытатель Жорж Бюффон (1707–1788), автор 36-томной Естественной истории. Это предположение отпало, когда Броун начал исследовать явно неживые объекты. Сначала это были очень мелкие частички угля, а также сажи и пыли лондонского воздуха, затем тонко растертые неорганические вещества: стекло, множество различных минералов. «Активные молекулы» оказались повсюду: «В каждом минерале, – писал Броун, – который мне удавалось измельчить в пыль до такой степени, чтобы она могла в течение какого-то времени быть взвешенной в воде, я находил, в больших или меньших количествах, эти молекулы».

В связи с открытием Броуна в физике появилось такое понятие, как броуновское движение.

[1] Броуновское движение – это беспорядочное движение мельчайших видимых частиц веществ, находящихся в жидкости во взвешенном состоянии и нерастворимых в ней. Это движение происходит под действием беспорядочных ударов молекул в окружающей жидкости, находящихся в постоянном хаотичном движении.

Вследствие беспорядочности ударов молекул, движение частиц непрерывно меняется, как это видно из рисунка 1.

Рис. 1



В каждый момент времени оно зависит от преобладающих направлений ударов молекул жидкости. Интенсивность броуновского движения возрастает с уменьшением размеров, помещенных в жидкости частиц. Это связано с тем, что чем больше частицы, тем больше вероятность того, что удары молекул жидкости, действующие на всю частицу, окажутся взаимно уравновешенными, и тем труднее изменить движение частицы (большая

частица имеет и большую массу). Интенсивность движения растет также с увеличением температуры жидкости.

[1, 4] В 1905 году А. Эйнштейн и на год позднее польский физик

М. Смолуховский выяснили, что диффузионный путь, то есть смещение из исходного положения при диффузии, пропорционален корню квадратному из времени диффузии: $x_{\text{дифф}} \cong \sqrt{2Dt}$,

где Dt — коэффициент диффузии

[2] Возникающий при диффузии перенос вещества и приводит к самопроизвольному выравниванию концентрации различных веществ. Молекулы одного вида перемещаются туда, где их меньше и где больше молекул другого вида, и наоборот. В результате происходит диффузионное перемешивание в газах, жидкостях, твердых телах.

Итак, открытие броуновского движения имело большое значение для изучения строения вещества. Стало понятно, что тела состоят из отдельных частиц (молекул), которые находятся в непрерывном беспорядочном движении.

1.2. Понятие диффузии

Из представленного выше материала мы поняли, что молекулы постоянно находятся в движении. Всем нам знакомо такое явление, как запах. Мама готовит ароматный суп, возле кулинарии вкусно пахнет булочками, машина обдала тебя выхлопными газами. Запах распространяется благодаря тому, что молекулы движутся и при этом сталкиваются с молекулами газов, которые находятся в воздухе.

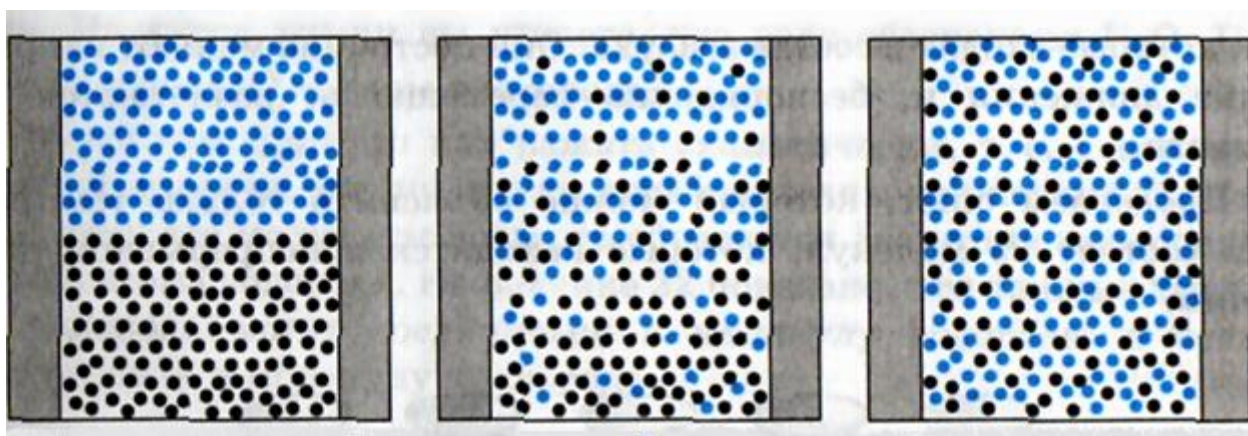
[1] Взаимное проникновение молекул соприкасающихся веществ называется диффузией (лат. *diffusio* — распространение, растекание, рассеивание, взаимодействие). При диффузии молекулы одного тела, находясь в непрерывном движении, проникают в промежутки между молекулами другого соприкасающегося с ним тела и распределяются между ними. В одном и том же неоднородном веществе вследствие движения молекул концентрация вещества выравнивается — вещество становится однородным.

К примеру, если воду и чернила осторожно налить в тонкую пробирку, то четкая вначале поверхность раздела начнет расплываться, и, в конце концов, жидкости перемешаются. Взаимное перемешивание есть следствие беспорядочных блужданий атомов или молекул. Оно реализуется благодаря тепловому движению частиц. Движения частиц при диффузии совершенно случайны: протяженность очередного смещения частицы произвольна, все направления смещения равновероятны.

Итак, явление диффузии можно объяснить следующим образом: сначала между двумя телами чётко видна граница раздела двух сред. Затем, вследствие своего движения отдельные частицы веществ, находящиеся около границ, обмениваются местами. Граница между веществами расплывается. Проникнув между частицами другого вещества, частицы первого начинают обмениваться местами с частицами второго, находящимися во всё более

глубоких слоях. Граница раздела вещества становится ещё более расплывчатой благодаря непрерывному и беспорядочному движению частиц, этот процесс приводит к тому, что раствор становится однородным. При диффузии вещества распространяются во все стороны, также и вверх, то есть против силы тяжести. Схематично диффузию можно представить следующим образом (рис.2).

Рис.2



[1] Необходимо отметить, что разница концентрации является движущей силой диффузии. Если концентрация всюду одинакова, диффузный перенос вещества отсутствует. Частицы двигаются, но перемешивания не происходит. Примером могут служить блуждания атомов газа, состоящего из частиц одного сорта. Такой процесс называется самодиффузией.

[3] Первое количественное описание процессов диффузии было дано немецким физиологом А. Фиком в 1855 году (уравнения Фика).

Итак, диффузия – это самопроизвольное выравнивание неоднородной концентрации атомов или молекул разного сорта.

Следует отметить, что диффузия проявляется во всех телах – в газах, жидкостях и твердых телах, - но в разной степени.

1.3. Диффузия в газах, жидкостях и твердых телах.

В характере движения молекул газа, жидкостей и твердых тел есть много общего, но имеются и существенные различия.

В учебном пособии И. П. Гурского «Элементарная физика» мы нашли информацию об общих чертах молекулярного движения:

а) средняя скорость молекулы тем больше, чем выше температура вещества;

б) скорости различных молекул данного вещества распределяются таким образом, что количество молекул, обладающих той или иной скоростью, тем больше, чем ближе эта скорость к некоторой определенной скорости, которая является наиболее вероятной скоростью движения молекул данного вещества при данной температуре.

Существенное различие в характере движения молекул газов, жидкостей и твердых тел объясняется различием силового взаимодействия их молекул, связанным с различием средних расстояний между молекулами.

В газах расстояния между молекулами во много раз превышают размеры самих молекул. Вследствие этого силы взаимодействия между молекулами газов малы и молекулы движутся по всему сосуду, в котором находится газ, почти независимо друг от друга, меняя направление и величину скорости при столкновениях с другими молекулами или стенками сосуда. Путь газовой молекулы представляет собой ломаную линию, похожую на траекторию броуновского движения (смотри рисунок 1).

Диффузию в газах можно наблюдать, если, например, сосуд с пахучим газом открыть в помещении. Через некоторое время газ распространится по всему помещению.

В жидкостях расстояния между молекулами значительно меньше, чем в газах. Силы взаимодействия каждой молекулы с соседними молекулами достаточно велики, вследствие чего молекулы жидкости совершают колебания около некоторых средних положений равновесия. Колеблющиеся

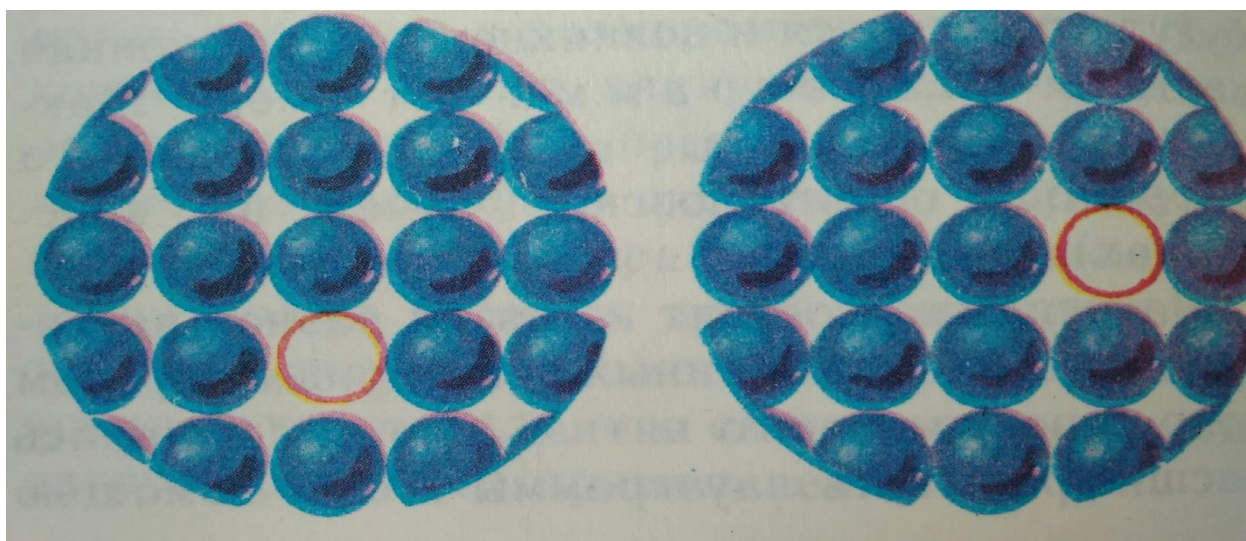
частицы жидкости через малые промежутки времени скачкообразно перемещаются в пространстве, что приводит к свойству текучести жидкостей.

Таким образом, жидкость состоит из множества микроскопических областей, в которых имеется некоторая упорядоченность в расположении близлежащих частиц, меняющаяся во времени и в пространстве, то есть не повторяющаяся во всем объеме жидкости.

Диффузию в жидкостях можно наблюдать на примере медного купороса и воды. Нальем в стакан сначала раствор медного купороса. Осторожно добавим слой воды и оставим стакан в помещении с неизменной температурой. Необходимо обеспечить неподвижность стакана. Через некоторое время исчезнет резкая граница между купоросом и водой, а через несколько дней жидкости перемешаются, несмотря на то, что плотность купороса больше плотности воды (смотри рисунок 2).

[2] Диффузия в твердых телах происходит еще медленнее, чем в жидкостях. В твердых телах расстояние между молекулами еще меньше, вследствие чего силы взаимодействия каждой молекулы с соседними молекулами настолько велики, что молекула совершает лишь малые колебания около некоторого постоянного положения равновесия – узла (рис.3).

Рис.3



Диффузия твердых тел может наблюдаться только в хорошо шлифованных телах, когда расстояния между поверхностями шлифованных тел близки к расстояниям между молекулами. Скорость диффузии увеличивается при повышении температуры и давления.

Диффузия в твердых телах обеспечивает соединение металлов при сварке, пайке, хромировании, позволяет повысить твердость металлов, их прочность и жаропрочность.

Необходимо отметить, что в газах и жидкостях диффузия протекает быстрее, чем в твердых телах.

В следующей главе путем эксперимента рассмотрим диффузию в жидкостях и газах.

Глава 2. Исследовательская часть

В первой главе мы рассмотрели теорию по теме «Диффузия». При изучении материала стало понятно, что явление диффузии играет важную роль в жизни человека. Мы узнали, что молекулы веществ находятся в постоянном движении и смешиваются между собой. Диффузия происходит в газах, жидкостях и твердых телах.

Путем экспериментов рассмотрим, как диффузия происходит в газах и жидкостях.

Целью данного исследования является наблюдение процесса диффузии в различных веществах.

Для проведения опытов мы взяли марганцовку, зеленку, гуашь, касторовое масло, духи, фенолфталеин.

2.1. Диффузия в жидкостях

1. Эксперимент с марганцовкой, зеленкой, гуашью и водой разной температуры.

Цель эксперимента: показать зависимость скорости диффузии марганцовки, зеленки, гуаши с водой разной температуры.

Нальем в один стакан холодную воду, а в другой горячую воду. Опустим марганцовку в оба стакана одновременно. Видим, что марганцовка, опущенная в горячую воду, растворяется быстрее, чем марганцовка, опущенная в холодную воду. Для полной уверенности сделаем тот же опыт с зеленкой. И опять мы наблюдаем тот же эффект: зеленка, которую налили в горячую воду, растворилась быстрее, чем зеленка, которую налили в холодную воду. Опыт с гуашью приводит нас к аналогичным выводам. Результаты измерений представлены в таблице 1. Эксперимент представлен на видео 1.

Таблица 1. «Зависимость скорости диффузии от температуры».

Вещество	В горячей воде, сек.	В холодной воде, сек.	Итог
Марганцовка и вода	985	1527	В горячей воде диффузия прошла быстрее
Зеленка и вода	5	17	В горячей воде диффузия прошла быстрее
Гуашь и вода	1513	2738	В горячей воде диффузия прошла быстрее

Из таблицы следует, что зеленка растворилась в холодной воде за 5 секунд, а в горячей – за 17 секунд. Марганцовка смешалась с холодной водой за 985 секунд, в горячей – за 1527 секунд, гуашь продиффузировала с холодной водой за 1513 секунд, с горячей – за 2738.

Вывод: в горячей воде диффузия протекает быстрее, чем в холодной воде. Скорость диффузии в жидкостях зависит от температуры.

Необходимо отметить, что зеленка была в жидком состоянии, марганцовка в гранулах, а гуашь в твердом состоянии. Диффузия зеленки и воды прошла значительно быстрее. Значит, скорость диффузии зависит еще и от состава вещества. Скорость диффузии может зависеть также и от внешнего воздействия. К примеру, если стакан с веществами подвигать, то смешивание произойдет быстрее.

2. Эксперимент с веществом (касторовым маслом), практически не вступающим в диффузию.

Цель эксперимента: показать, что есть вещества, которые не вступают в диффузию.

Нальем в два стакана чистой воды с одинаковой температурой. В один из них добавим касторовое масло. Видим, что масло образовало на поверхности воды пленку, а не смешалось с ней. Далее будем измерять температуру воды в обоих стаканах каждые 15 минут. Уже после 1 измерения видим, что температура в стакане с касторовым маслом выше. Это значит, что остывание (испарение) происходит медленнее, чем в стакане с чистой водой, а, следовательно, диффузия воды и воздуха тоже происходит медленнее. Результаты отображены в таблице 2. Опыт представлен на видео 2.

Таблица 2. «Диффузия касторового масла и воды».

Время, мин.	Температура чистой воды, °C	Температура воды с касторовым маслом, °C
0:00	34	34
0:15	30	32
0:30	26	28
0:45	24	26
1:00	22	24

Вывод: касторовое масло не вступает в диффузию с водой.

Пленка касторового масла препятствует испарению воды, а, следовательно, и ее охлаждению. Это значит, что масло препятствует диффузии воды с воздухом.

3. Эксперимент с фенолфталеином

Цель эксперимента: показать смешивание фенолфталеина с нашатырным спиртом.

При знакомстве с материалом по теме «Диффузия», в одном из опытов мы столкнулись с необычным веществом – фенолфталеином, который в кислотах остается бесцветным, а в щелочи окрашивается в малиновый цвет. Мы решили продемонстрировать диффузию с помощью нашатырного спирта и фенолфталеина. Для этого смешаем фенолфталеин с нашатырным спиртом. Видим, что фенолфталеин, вступив в реакцию с нашатырным спиртом, окрасился, и благодаря диффузии, окрасившийся фенолфталеин, смешался с нашатырным спиртом, поэтому вся жидкость, которая находилась в стакане, стала одного цвета. Весь процесс мы наблюдаем на видео 3.

Вывод: вещества окрасились в малиновый цвет, значит, диффузия состоялась.

2.2. Диффузия в газах

1. Эксперимент с духами.

Цель эксперимента: показать, что скорость диффузии в газах зависит от расстояния.

Предположим, что скорость диффузии в газах зависит от расстояния. Проведем эксперимент. Встанем один напротив другого на расстоянии четырех с половиной метров. Один распылит духи, а второй нажмет «стоп» на секундомере, как только почувствует запах. Прделаем то же, но только на расстоянии трех и полутора метров. Сравним результаты замеров на примере таблицы (таблица 3).

Таблица 3. «Зависимость скорости диффузии в газах от расстояния».

Расстояние, м.	Время, сек.
4,5	20
3	12
1,5	7

Из таблицы следует, что на расстоянии 450 сантиметров, запах духов партнер почувствовал через 20 секунд после распыления. При трехстах сантиметрах он ощутил аромат через 12 секунд, при ста пятидесяти – через 7 секунд.

Вывод: чем меньше расстояние, тем быстрее происходит диффузия в газах.

Необходимо отметить также, что скорость диффузии в газах может зависеть от объема помещения и от того, проветривается оно или нет.

2. Эксперимент с фенолфталеином.

Цель эксперимента: показать диффузию в газах с помощью фенолфталеина и нашатырного спирта.

Мы уже провели эксперимент с фенолфталеином в жидкостях, теперь проведем эксперимент с фенолфталеином в газах. Намочим вату нашатырным спиртом и с помощью скотча зафиксируем ее на дне банки. То

же сделаем с фенолфталеином, зафиксируем с помощью скотча на крышке банки. Закроем банку крышкой. Видим, что вата, смоченная фенолфталеином, окрашивается в малиновый цвет. Заметим, что вещества не соприкасались. Эксперимент удался благодаря тому, что нашатырный спирт имеет запах. Молекулы нашатырного спирта, оказавшиеся в замкнутом пространстве, смешались с молекулами воздуха, находящегося в банке, которые в свою очередь смешались с молекулами фенолфталеина. Произошла диффузия нашатырного спирта с фенолфталеином. Проведенный эксперимент представлен на видео 4.

Итак, путем проведения опытов, мы показали явление диффузии. Оказалось, что скорость диффузии в жидкостях зависит от температуры. Также на скорость диффузии влияют состав вещества и внешнее воздействие. На скорость диффузии в газах оказывает влияние расстояние, объем, замкнутое пространство.

Заключение

В данном исследовании мы изучили явление диффузии. Нам стало понятно, что диффузия – это смешивание молекул одного вещества с другим. Большое значение для изучения диффузии имело броуновское движение.

Мы узнали, что диффузия бывает в жидкостях, газах и твердых телах. В жидкостях и газах диффузия происходит быстрее, чем в твердых телах.

В окружающем нас мире диффузия встречается часто. Она играет важную роль в жизни человека. К примеру, именно благодаря явлению диффузии нижний слой атмосферы – тропосфера – состоит из смеси газов: азота, кислорода, углекислого газа и паров воды. При отсутствии диффузии произошло бы расслоение под действием силы тяжести: внизу оказался бы слой тяжёлого углекислого газа, над ним – кислород, выше – азот. Всего живого не было бы на планете. Благодаря диффузии, насекомые находят себе пищу. Бабочки, порхая меж растений, всегда находят дорогу к красивому цветку. Пчелы, обнаружив сладкий объект, штурмуют его своим роем.

В своей работе мы проделали опыты с зеленкой, марганцовкой, гуашью для того, чтобы продемонстрировать зависимость скорости диффузии в жидкостях от температуры воды. Оказалось, что в горячей воде диффузия происходит значительно быстрее. В ходе экспериментов мы поняли, что скорость диффузии в жидкостях зависит не только от температуры, но и от состава вещества и внешнего воздействия. Эксперимент с фенолфталеином и нашатырным спиртом, благодаря окрашиванию веществ в одинаковый цвет, продемонстрировал диффузию в жидкостях.

Скорость диффузии в газах мы показали в ходе эксперимента с духами. Выяснилось, что чем меньше расстояние, тем быстрее происходит диффузия. Также мы продемонстрировали наличие диффузии между фенолфталеином и нашатырным спиртом в замкнутом пространстве.

Следует отметить, что диффузия участвует и в отрицательных процессах. Экология окружающей среды ухудшается за счёт выбросов в атмосферу, в воду химических и прочих вредных веществ, и это всё распространяется и загрязняет огромные территории. Наша гипотеза оказалась неверной. Диффузия играет как положительную, так и отрицательную роль в окружающем мире. Эксперимент с касторовым маслом и водой показал нам, что бывают вещества, которые не вступают в диффузию между собой. Это говорит о том, что разлив нефтепродуктов на воде очень опасен для всех организмов, живущих в воде. Образуется нефтяное пятно, которое не пропускает свет и кислород.

Необходимо отметить, что человек должен заботиться о родной планете, не загрязнять ее, способствовать улучшению экологии.

Итак, изучение такого явления, как диффузия дает нам понять, что в окружающий мир многообразен и интересен. Поэтому нам многое еще предстоит узнать, в том числе и с помощью экспериментов по физике.

Библиографический список

1. Элементарная физика, И.П. Гурский, издательство «Наука» главная редакция физико-математической литературы Москва 2005 г.
2. Энциклопедический словарь юного физика, составитель В.А. Чуянов, Москва «Педагогика» 2000 г.
3. Википедия, <https://ru.wikipedia.org/wiki/Диффузия>
4. Диффузия – Юнциклопедия <http://yunc.org/>
5. Colomeo, <En/calameo/com/Диффузия>