Региональная конференция по научно-техническому творчеству школьников «Лабиринты науки»

Секция физика

Тема: «Эффузия»

Автор: Иванов Артем Олегович,

Обучающийся 11 класса

Средней школы №39 г. Ярославль

Научный руководитель:

Ягубянц Ирина Владимировна,

Учитель физики и математики, Почетный работник общего образования Российской Федерации

2021г.

Оглавление

1.Введение…….....3

Цели и задачи…….....3

2.Эффузия……...…….....3

3. Виды эффузии……..……..…..……5

4. Закон Грэма……..……6

5. Эффузия в разреженных газах и вакууме…….……6

а) Виды вакуума……...7

б) Применение вакуума……...8

6. Эффузия и молекулярные пучки……..…….....8

7. Применение эффузии….....9

8.Практическая часть……...…….……...10

9.Заключение……...…...11

Список литературы……...……...……..12

Приложения……13-16

1.Введение.

Физика-основа техники. Техника непрерывно совершенствуется. Мы привыкли к тому, что на орбите Земли постоянно находятся космические корабли, в которых живут люди. Работа на орбите может длиться несколько месяцев. Космонавты трудятся, исследуют космическое пространство. Космический корабль – замкнутый объект. Внутри него воздух, которым дышат исследователи, его надо восполнять, потому, что газ вытекает через обшивку корабля. Задав вопрос учителю физики, узнал, что это происходит из-за эффузии газов. Меня заинтересовала эта тема. Я решил разобраться в ней подробнее.

Цель: Ознакомиться с физическим явлением эффузия газов.

Задачи:

1. Прочитать литературу по данной теме
2. Узнать, что такое эффузия
3. Рассмотреть виды эффузии
4. Выяснить, где встречается это явление, его применение.
5. При выполнении практической части убедиться в справедливости закона Грэма.

Гипотеза: создать модель эффузии в обычных условиях.

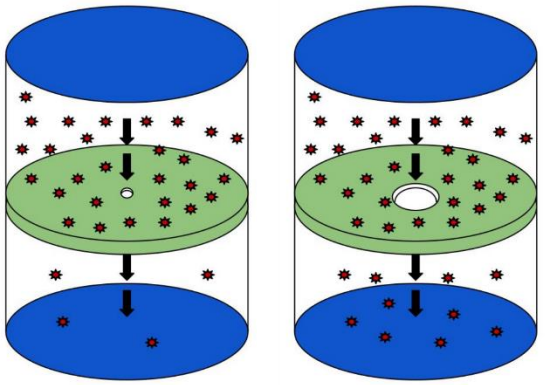
Объект исследования: явление эффузии в газах.

Методы исследования: сбор и обработка информации по теме, выполнение практической части.

2. Эффузия.

Начиная работать над данной темой, я ознакомился с научной литературой. Сивухин Д.В. Курс общей физики. Т.2. М.: Наука,2009, Савельев И.В. Курс общей физики. Т.1, М.: Наука,2011. Грошковский Я. Техника высокого вакуума. М.: Мир,2004. Данная литература оказалась для меня достаточно сложной, поэтому приходилось обращаться за комментариями к учителю и родителям.

Эффузия (от лат. effusio - разлитие, растекание) – это процесс медленного истечение газов через маленькие (часто микроскопические) отверстия. Исследования данного явления проводились еще в первой половине 19 века шотландским ученым Томасом Грэмом.



Процесс истечение газа через относительно малые отверстия в результате теплового движения молекул, получивший название эффузия, часто встречается в природе и технике.

Эффузия так же встречается и при извержении вулканов, с ее тремя видами:

Эффузия латеральная — излияние лавы из кратеров, расположенных на склонах вулкана в удалении от главного кратера.

Эффузия субтерминальная — излияние лавы, происходящее из выводного канала, расположенного на внешнем склоне центрального вулкана, недалеко от главного кратера

Эффузия терминальная — излияние лавы из вершинного кратера.

С появлением летательных аппаратов, предназначенных для полетов в разреженных слоях атмосферы и в условиях космического вакуума, на передний план вышла проблема

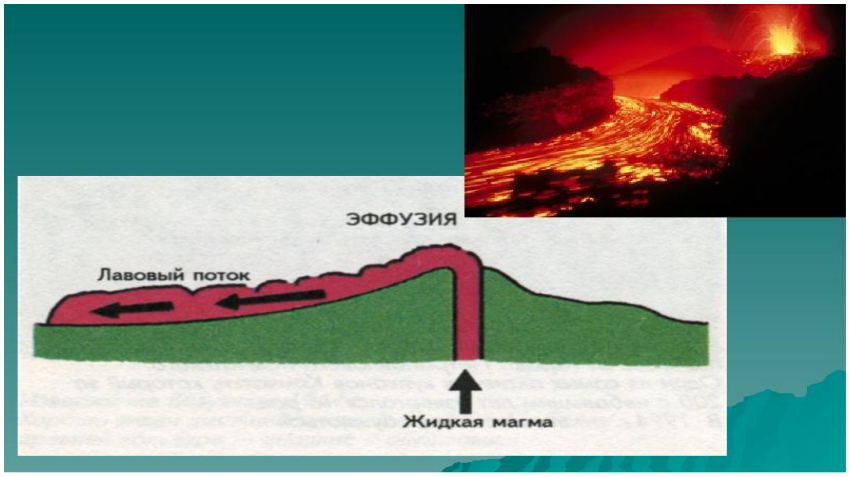
возможной разгерметизации жилых отсеков в результате различных аварий, браков, деградации сварных швов, столкновений с метеоритами, частицами космического мусора и т.д. В качестве примера можно привести разгерметизацию космического корабля «Союз-11» в 1971 году в результате

повреждения вентиляционного клапана, что повлекло за собой гибель экипажа. Другой пример – авария на орбитальной станции «Мир» в 1997 году. Тогда удалось изолировать поврежденный модуль станции. Появлению больших течей часто предшествуют малые течи, которые труднее поддаются диагностике.

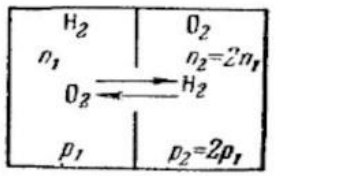
3. Виды эффузии.

Различают два вида эффузии:

1. Тепловая эффузия наблюдается, когда при равенстве давлений в обеих частях сосуда, в условиях вакуума давление больше в той части сосуда, у которой температура стенок больше. P1/P2=n1/n2=√T2=√T1.(где P-плотность газа, n- концентрация газа, T-температура)

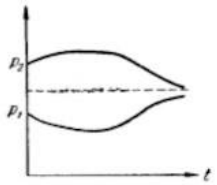


2. Когда давление газа настолько велико, что средняя длина свободного пробега молекул меньше диаметра отверстия, истечение газа происходит по законам гидродинамики. Вместо выравнивания давлений эффузионные потоки приведут к возрастанию различия в давлениях, называемой **изотермической эффузией.**



Условие равновесия

$$n_1\bar{v}_1 = n_2\bar{v}_2.$$



$$\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{n_1}{n_2} = \sqrt{\frac{T_2}{T_1}}.$$

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{n_1 k T_1}{n_2 k T_2} = \sqrt{\frac{T_1}{T_2}}$$

4. **Закон Грэма.**

Закон об относительной скорости истечения разных газов через пористую поверхность или искусственную мембрану при одинаковых условиях, открыт в 1829 году шотландским химиком Томасом **Грэмом**.

$r * \sqrt{M} = k$, где k- константа.

Чем меньше относительная молекулярная масса газа, тем выше скорость эффузии.

Как следует из уравнения состояния идеального газа, при постоянных температуре и давлении плотность газа пропорциональна его молярной массе M. Исходя из этого, можно переписать уравнение закона Грэма для двух разных газов следующим образом:

$r1/r2=\sqrt{M2}/\sqrt{M1}$- где r1 и r2 — скорости истечения первого и второго газов соответственно, M1 и M2 — их молярные массы.

Закон Грэма нашел применение и при конструировании космических кораблей, предназначенных для длительного нахождения человека в космосе. Корабль, конечно, отличается от воздушного шарика, но с течением времени воздух будет просачиваться через материал, из которого сделан корпус, так же, как он просачивается через оболочку шарика. Следует придумать способ получения газов прямо на борту корабля, чтобы компенсировать потери в безвоздушное пространство.

5. **Эффузия в разреженных газах и вакууме.**

Разреженные газы.

Разреженным называют газ, находящийся при очень низком давлении. Условие равновесия для разреженного газа существенно отличается от условия равновесия для не разреженного газа, длина свободного пробега молекул которого много меньше характерного размера отверстия в перегородке сосуда. Для не разреженного газа равновесие наступает при равенстве давлений в обеих частях сосуда. Если средняя длина свободного пробега того же порядка, что и характерный линейный размер сосуда d, в котором заключен газ, или больше, то состояние газа называют вакуумом.

Вакуум

Соотношение между длиной свободного пробега молекул газа λ и характерным размером среды d, называют вакуумом**.**

а) Виды вакуума:

1. **Космический вакуум** можно определять как пустоту, в которой отсутствуют все частицы материи в виде твердых тел, жидкостей или газов и которая свободна от всех тепловых и других видов излучения в холодной пустоте (при абсолютном нуле) 0 К-кельвинов.

Космический вакуум отличается от лабораторного огромным разнообразием физических условий и явлений, важнейшими из которых являются, в частности:

низкая концентрация газовых частиц в космосе;

разнообразные массы и скорости частиц в широких интервалах;

изменения скоростей и концентраций частиц;

низкий коэффициент возврата для частиц различных масс;

неограниченная поглощающая способность космического вакуума;

наличие различных типов излучения.

2. **Физический вакуум**- это не пустота или некий разреженный объем, а особое состояние материи, в котором нет частиц вещества и установилось низкое энергетическое состояние. Исходная идея состоит в том, что такая энергия имеет значение только для таких физических проблем, как малые возмущения в процессах атомных выбросов, которые в настоящее время, как известно, играют важную роль в масштабных явлениях и представляют интерес для технологов.

Газ в состоянии высокого вакуума называют **ультраразреженным.**

б) Применение вакуума

Развитие вакуумной промышленности привело к появлению различных устройств и систем, использующих вакуум. Это вакуумные насосы различных типов, вакуумные печи, вакуумные поезда, электровакуумные приборы, вакуумная изоляция и др. Здесь возможно проникание газа через зазоры трущихся деталей и микротрещины в вакуумное пространство, что приводит к различным нарушениям функциональности.

Явление эффузии лежит в основе ряда технологических процессов, связанных с разделением смеси газов на отдельные компоненты путем ее пропускания через пористые вещества. Примером может служить процесс получения обогащенного урана в атомной промышленности. Учитывая приведенные выше примеры, такое исследование представляется актуальным.



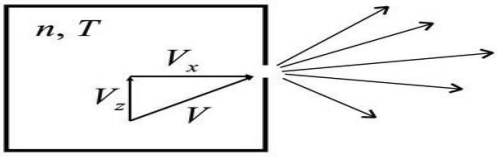
6. **Эффузия и молекулярные пучки.**

Молекулярный пучок- представляет собой струю **молекул**, образующуюся при испарении вещества в специальной печи и пропускании его через узкое сопло.

Его можно использовать с целью:

1. Изучение свойства молекул газа, находящегося в равновесии внутри сосуда.

2.Молекулярный пучок дает возможность изучать изолированные атомы и молекулы, что позволяет определить их атомные и ядерные свойства. Поток молекул газа через отверстие в стенке называется эффузионным потоком, если размеры и толщина стенки малы по сравнению с длиной свободного пробега. N1/N2=√m2/√m1



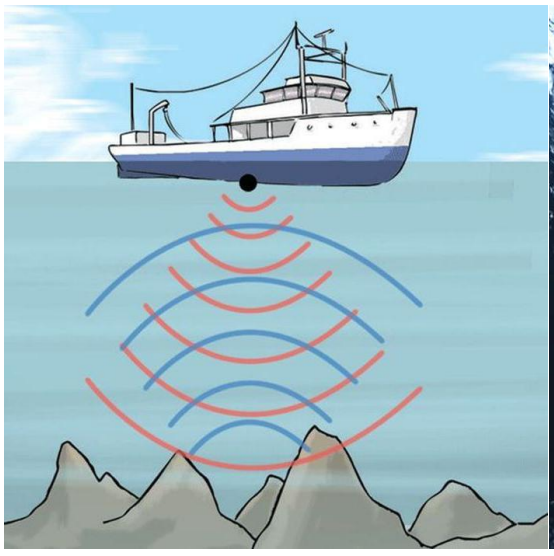
7. **Применение эффузии**

1.Явление эффузии используется для разделение газовых смесей, компоненты которых отличаются только тем, что в состав их молекул входят разные изотопы одних и тех же химических элементов.

2.Развитие вакуума привело к появлению различных устройств и систем, использующих вакуум.

3.Закон Грэма нашел применение и при конструировании космических кораблей.

4. Эффузия используется как средство измерения расстояния r от источника сигнала до отображающего объекта. На этом принципе основаны различные применения эхо – сигналов в гидролокации, в навигации.





8. **Практическая часть.**

Цель: Исследовать закон об относительности истечения газов: чем меньше относительная молекулярная масса газа, тем выше скорость эффузии.

Оборудование: Три воздушных резиновых шарика (один наполнен водородом, другой - гелием, третий-воздухом), измерительная лента, линейка.

Ход работы: Для начала, я наполнил три шара разными газами, желтый шар - гелием, синий шар –водородом, красный- воздухом. (прил.№1)

1.Затем измерил первоначальную длину окружности каждого шарика. (прил.№ 2)

Длина окружности шаров: с углекислым газом-56 см., с водородом-53 см.,

с гелием-55 см.

2.Вычислил объем каждого шарика по формуле: **V=4:3πR3**

а)Углекислый газ V= 0.003 м3. б)Водород -V= 0.003 м3. в)Гелий -V= 0.003 м3.

3. Вычислил молярную массу каждого газа:

а) Углекислый газ - 44,01 г/моль б) Водород - 2,016 г/моль в) Гелий - 4,0026 г/моль.

В течение двух дней измерял длину окружности шариков (прил.№3). Заметил, что шарик с углекислым газом сдувался медленнее всех, шарик с гелием чуть быстрее, а шарик с водородом быстрее всех. Через два дня их размеры стали: длина окружности шарика с углекислым газом: 55 см., длина окружности шарика с водородом: 31 см., длина окружности шарика с гелием: 39 см.

4. По прошествию еще двух дней, длины окружностей стали еще меньше:

Шарик с углекислым газом: 52 см., шарик с водородом: 29 см., шарик с гелием: 36 см

5. На последних замерах, после 6 дней от момента начала опыта длины стали:

Шарик с углекислым газом: 48 см., шарик с водородом: 26 см., шарик с гелием: 31 см.

Таблица конечных результатов:

Цвет шарика	Замер №1 (изначальная длина окружности шара)	Замер №2 (спустя 2 дня после начала опыта)	Замер №3 (спустя 4 дня от начала опыта)	Замер №4 (6 дней от момента начала опыта)
Красный (углекислый газ)	56см	55см	52см	48см
Желтый (гелий)	55см	39см	36см	31см
Синий (водород)	53см	31см	29см	26см

9. Заключение.

Мне всегда нравилась физика, поэтому после окончания школы собираюсь поступать в технический вуз. В будущем хочу стать инженером. Начиная исследование, даже не предполагал, что данная работа окажется такой интересной. Явление эффузии не рассматривается в школьном курсе физики. Пришлось потрудиться над практической частью, я постарался смоделировать явление эффузии. Убедился на опыте, как действует закон Грэма. Исходя из молекулярной массы, я получил результат, соответствующий этому закону. Шарик с углекислым газом имел большую молярную массу, поэтому, сдувался медленнее остальных, судя по рассчитанному объему. Могу сказать сказать, что гипотеза подтвердилась, цель работы достигнута.

Список литературы:

1. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Т.2. М.: Наука, 2009.

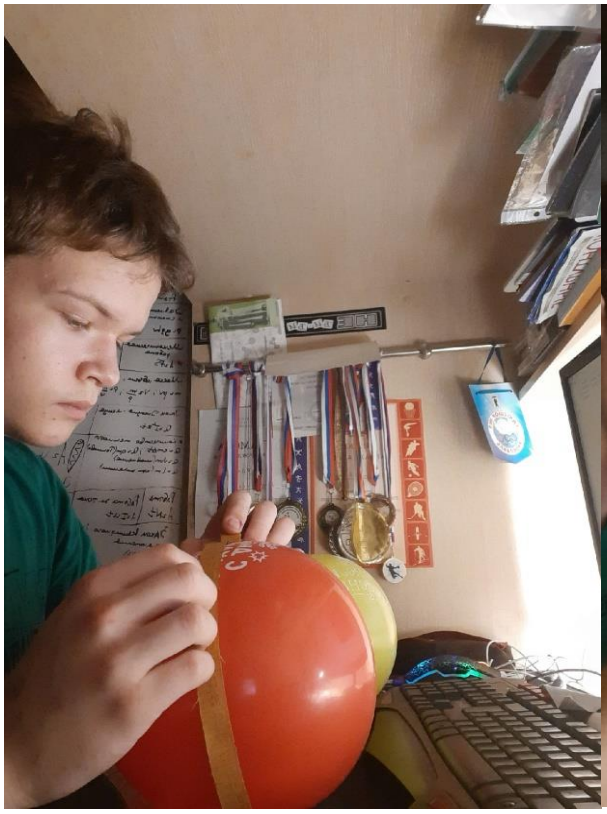
2. Савельев И.В. Курс общей физики. Т.1, М.: Наука,2011.

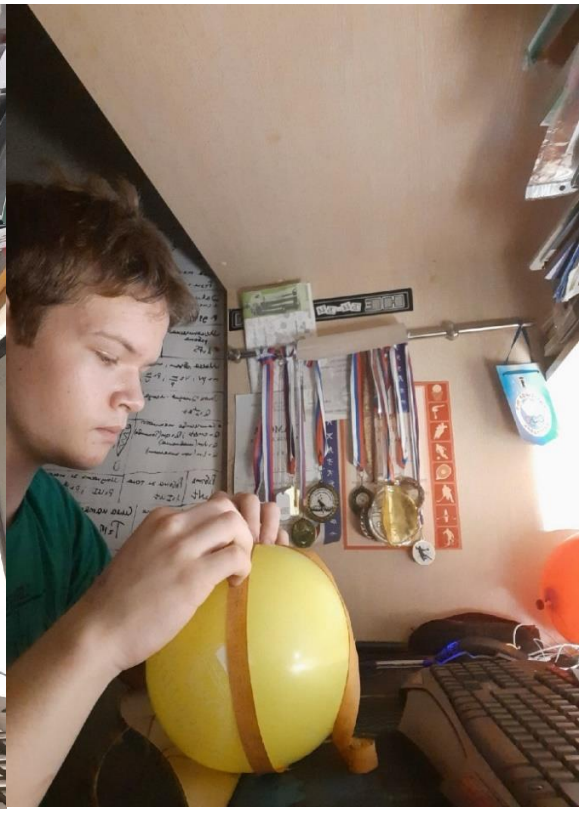
3. Грошковский Я. Техника высокого вакуума. М.: Мир,2004

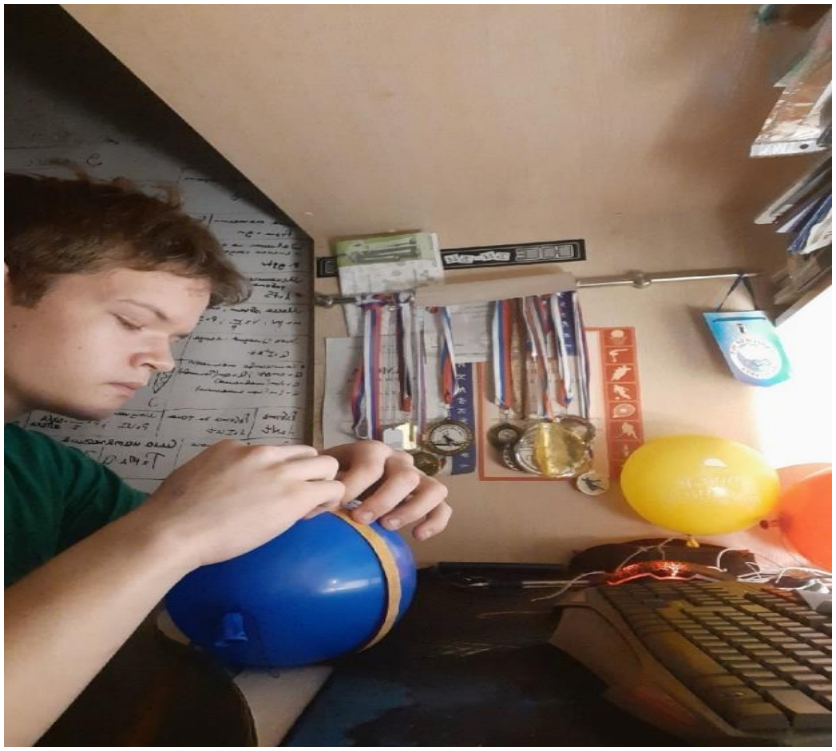
Приложение № 1



Приложение № 2







Приложение №3

