

**Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение  
«Шеркальская средняя общеобразовательная школа»**

**ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ ИТОГОВЫЙ ПРОЕКТ**

**Тема**

**«Броуновское движение и процесс диффузии»**

**Выполнил**

**Коржов Дмитрий Сергеевич**

**обучающийся 11 класса**

**Куратор проекта**

**Амирова Альфия Мунировна**

**учитель физики, математики**

**с. Шеркалы**

**2023**

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	<b>3</b>
<b>ИСТОРИЯ ОТКРЫТИЯ ЯВЛЕНИЯ ДИФФУЗИИ И БРОУНОВСКОГО ДВИЖЕНИЯ</b> .....	<b>5</b>
<b>ДИФФУЗИЯ В ЖИДКОСТЯХ, ГАЗАХ И ТВЕРДЫХ ТЕЛАХ</b> .....	<b>7</b>
<b>ПРИМЕНЕНИЕ ДИФФУЗИИ</b> .....	<b>10</b>
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b> .....	<b>12</b>
<b>ЛИТЕРАТУРА</b> .....	<b>15</b>

## **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 я планирую изучить броуновское движение и процесс диффузии. Дыхание человека, всасывание питательных веществ в кишечнике – все это происходит благодаря диффузии. Выравнивание температуры воздуха в проветриваемом помещении, оседание пыли, распространение запаха духов, пищи – это тоже диффузия и броуновское движение. Из уроков географии мы узнаем, что перемещение слоев воды в море – причина морских течений, играющих огромную роль в формировании климата. 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, данные явления играют огромную роль в нашей жизни.

### **Цель проекта:**

Изучить броуновское движение и процесс диффузии и факторы, влияющие на их протекание.

### **Задачи проекта:**

1. Изучить историю и значение открытия броуновского движения и диффузии.

2. Выяснить влияние разных факторов на характер броуновского движения и диффузии.

3. Показать на практике процесс диффузии.

**Методы исследования:**

1. Изучение литературы и материалов сайтов Интернета по данной теме.

2. Изучение характера броуновского движения и диффузии при помощи модели.

3. Наблюдение броуновского движения и диффузии.

4. Сравнение полученных результатов с научной теорией

**Научная новизна.** В работе впервые получены следующие основные результаты:

1. Предложены различные варианты направленного использования термодинамических особенностей диффузионного процесса для изучения твердых тел жидкостей и газов. Показано, что наиболее перспективными являются комплексные подходы, сочетающие специальным образом подобранные режимы нестационарного эксперимента.

2. Создан методический аппарат для различных способов изучения диффузии и броуновского движения в твердых телах, жидкостях и газах.

3. Проведено математическое моделирование диффузии и Броуновского движения.

В результате выполненной работы сформулированы и обоснованы научные положения, которые составляют основу нового перспективного направления на стыке физики 7 и 10 классов.

Практическое значение исследования продемонстрировано на примере использования методов повышения техники безопасности в быту и технике.

## ИСТОРИЯ ОТКРЫТИЯ ЯВЛЕНИЯ ДИФФУЗИИ И БРОУНОВСКОГО ДВИЖЕНИЯ

При наблюдении в микроскопе взвеси цветочной пыльцы в воде Роберт Броун наблюдал хаотичное движение частиц, возникающее «не от движения жидкости и не от ее испарения». Видимые только под микроскопом взвешенные частицы размером 1 мкм и менее совершали неупорядоченные независимые движения, описывая сложные зигзагообразные траектории. Броуновское движение не ослабевает со временем и не зависит от химических свойств среды; его интенсивность увеличивается с ростом температуры среды и с уменьшением ее вязкости и размеров частиц. Даже качественно объяснить причины броуновского движения удалось только через 50 лет, когда причину броуновского движения стали связывать с ударами молекул жидкости о поверхность взвешенной в ней частицы.

Первая количественная теория броуновского движения была дана А. Эйнштейном и М. Смолуховским в 1905-06 гг. на основе молекулярно-кинетической теории. Было показано, что случайные блуждания броуновских частиц связаны с их участием в тепловом движении наравне с молекулами той среды, в которой они взвешены. Частицы обладают в среднем такой же кинетической энергией, но из-за большей массы имеют меньшую скорость. Теория броуновского движения объясняет случайные движения частицы действием случайных сил со стороны молекул и сил трения. Согласно этой теории, молекулы жидкости или газа находятся в постоянном тепловом движении, причем импульсы различных молекул не одинаковы по величине и направлению. Если поверхность частицы, помещенной в такую среду, мала, как это имеет место для броуновской частицы, то удары, испытываемые частицей со стороны окружающих ее молекул, не будут точно компенсироваться. Поэтому в результате «бомбардировки» молекулами броуновская частица приходит в беспорядочное движение, меняя величину и направление своей примерно  $10^{14}$  раз в сек. Из этой теории следовало, что, измерив смещение частицы за определенное время и зная ее радиус и вязкость жидкости, можно вычислить число Авогадро.

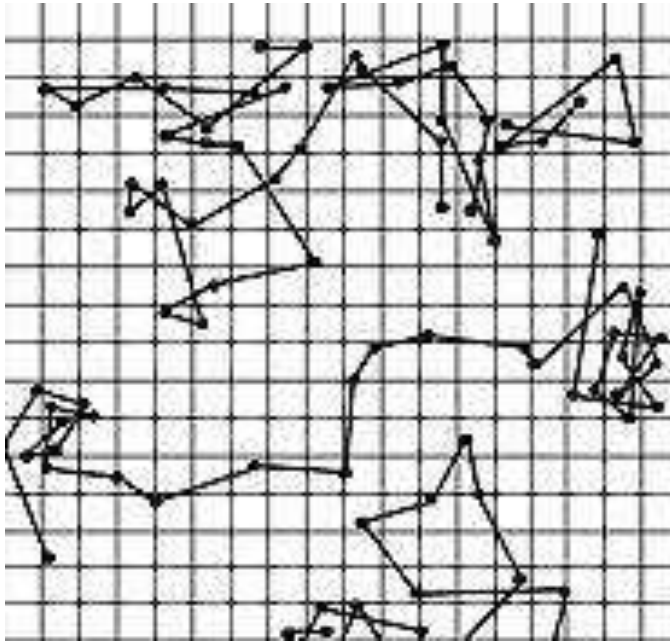
Выводы теории броуновского движения были подтверждены измерениями Ж. Перрена и Т. Сведберга в 1906 г. На основе этих соотношений были экспериментально определены постоянная Больцмана и постоянная Авогадро (Постоянная Авогадро обозначается  $N_A$ , число молекул или атомов в 1 моле вещества,  $N_A=6,022.10^{23}$  моль<sup>-1</sup>; название в честь А. Авогадро.

Постоянная Больцмана, физическая постоянная  $k$ , равная отношению универсальной газовой постоянной  $R$  к числу Авогадро  $N_A$ :  $k = R / N_A = 1,3807.10^{-23}$  Дж/К. Названа по имени Л. Больцмана.

При наблюдении броуновского движения фиксируется положение частицы через равные промежутки времени. Чем короче промежутки времени, тем более изломанной будет выглядеть траектория движения частицы.

Закономерности броуновского движения служат наглядным подтверждением фундаментальных положений молекулярно-кинетической теории. Было окончательно установлено, что тепловая форма движения материи обусловлена хаотическим движением атомов или молекул, из которых состоят макроскопические тела.

Теория броуновского движения сыграла важную роль в обосновании статистической механики, на ней основана кинетическая теория коагуляции (перемешивания) водных растворов. Помимо этого, она имеет и практическое значение в метрологии, так как броуновское движение рассматривают как основной фактор, ограничивающий точность измерительных приборов. Например, предел точности показаний зеркального гальванометра определяется дрожанием зеркальца, подобно броуновской частице бомбардируемого молекулами воздуха. Законами броуновского движения определяется случайное движение электронов, вызывающее шумы в электрических цепях. Диэлектрические потери в диэлектриках объясняются случайными движениями молекул-диполей, составляющих диэлектрик. Случайные движения ионов в растворах электролитов увеличивают их электрическое сопротивление.



Траектории броуновских частиц (схема опыта Перрена); точками отмечены положения частиц через одинаковые промежутки времени.

Таким образом, ДИФФУЗИЯ, ИЛИ БРОУНОВСКОЕ ДВИЖЕНИЕ – это беспорядочное движение мельчайших частиц, взвешенных в жидкости или газе, происходящее под действием ударов молекул окружающей среды; открыто Р. Броуном в 1827 г.

## **ДИФФУЗИЯ В ЖИДКОСТЯХ, ГАЗАХ И ТВЕРДЫХ ТЕЛАХ**

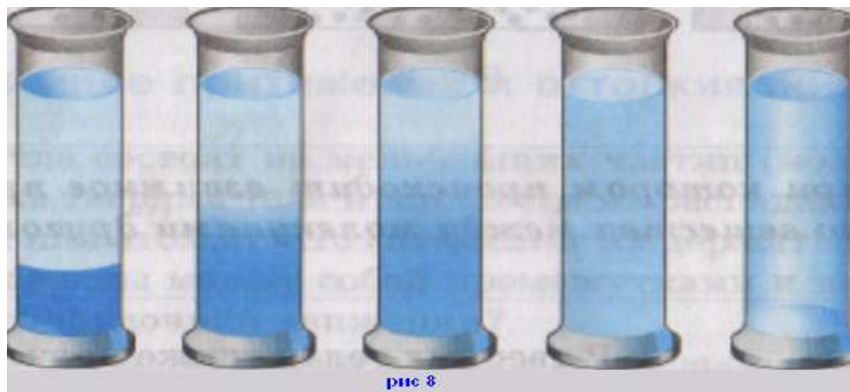
Всем хорошо известно, что если в комнату внести какое-либо пахучее вещество, например духи или нафталин, то запах вскоре будет чувствоваться во всей комнате. Распространение запахов происходит из-за того, что молекулы духов (или нафталина) движутся.

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.

Прделаем опыт, который можно объяснить только тем, что тела состоят из молекул, которые находятся в непрерывном движении.



Нальем в мензурку (или стакан) воды, и осторожно будем добавлять раствор марганцовки, имеющую темно-бордовый цвет. Образовался слой воды и слой марганцовки

Вначале между водой и марганцовкой 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-розового цвета. Это значит, что жидкости перемешались.

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

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



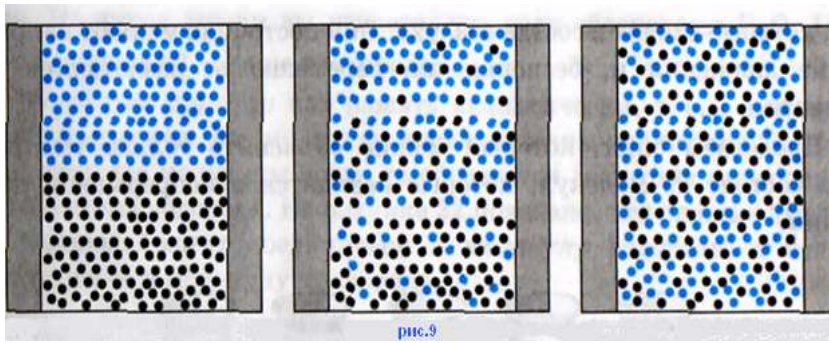


рис.9

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.

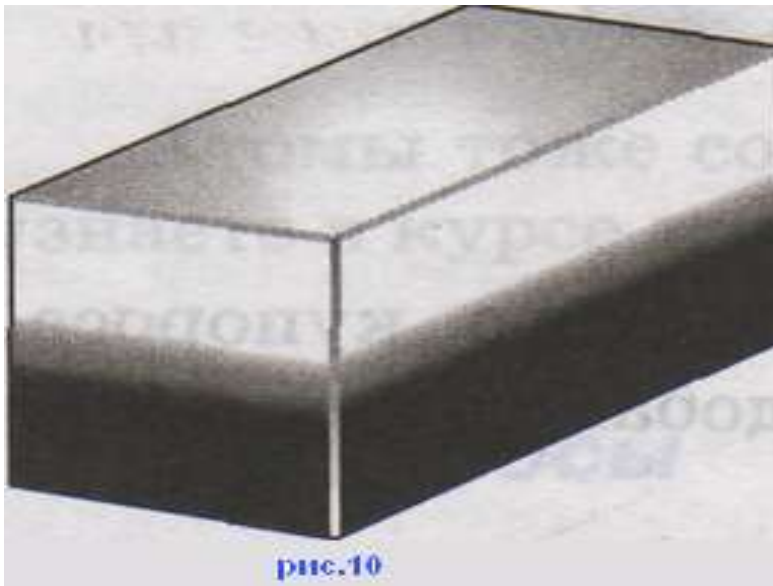


рис.10

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.

## **ПРИМЕНЕНИЕ ДИФФУЗИИ**

Человек с древних времён использует явления диффузии. С данным процессом связаны приготовление пищи и обогрев жилища. Мы встречаемся с диффузией при термообработке металлов (сварке, пайке, резке, нанесении покрытий и т.п.); нанесении тонкого слоя металлов на поверхность металлических изделий для повышения химической стойкости, прочности, твёрдости деталей и приборов, или в защитно-декоративных целях (оцинкование, хромирование, никелирование).

Природный горючий газ, которым мы пользуемся дома для приготовления пищи, не имеет ни цвета, ни запаха. Поэтому трудно было бы сразу заметить утечку газа. А при утечке за счёт диффузии газ распространяется по всему помещению. Между тем при определённом соотношении газа с воздухом в закрытом помещении образуется смесь, которая может взорваться, например, от зажженной спички. Газ может вызвать и отравление.

Чтобы сделать поступление газа в помещение заметным, на распределительных станциях горючий газ предварительно смешивают с особыми веществами, обладающими резким неприятным запахом, который легко ощущается человеком даже при весьма малой его концентрации. Такая мера предосторожности позволяет быстро заметить накопление газа в помещении, если образовалась утечка.

В современной промышленности используют вакуумформование, способ изготовления изделий из листовых термопластов. Изделие требуемой конфигурации получают за счет разности давлений, возникающей вследствие разрежения в полости формы, над которой закреплен лист. Применяется, напр., в производстве емкостей, деталей холодильников, корпусов приборов. За счёт диффузии таким

путём можно сварить то, что само сварить невозможно (металл со стеклом, стекло и керамику, металлы и керамику, и многое другое).

Народная мудрость гласит: «коси коса, пока роса». Скажете, причем здесь диффузия и утренний покос? Объяснение очень просто. Во время утренней росы у трав повышенное тургорное давление, открыты устьица, стебли упругие, что облегчает их скашивание (трава, скошенная при закрытых устьицах, хуже сохнет).

В садоводстве, при окулировке и прививке растений на срезах за счёт диффузии образуется каллюс (от лат. Callus – мозоль) - раневая ткань в виде наплыва в местах повреждений и способствует их заживлению, обеспечивает срастание привоя с подвоем.

Каллюс используют для получения культуры изолированных тканей (эксплантации). Это метод длительного сохранения и выращивания в специальных питательных средах клеток, тканей, небольших органов или их частей, выделенных из организма человека, животных и растений. Основан на методах выращивания культуры микроорганизмов, обеспечивающих асептику, питание, газообмен и удаление продуктов обмена культивируемых объектов. Одно из преимуществ метода тканевых культур — возможность наблюдения за жизнедеятельностью клеток с помощью микроскопа. Для этого растительную ткань выращивают на питательных средах, содержащих ауксины и цитокинины. Каллюс состоит обычно из слабо дифференцированных однородных клеток образовательной ткани, но при изменении условий выращивания, прежде всего содержания фитогормонов в питательной среде, в нем возможно образование флоэмы, ксилемы и других тканей, а также развитие различных органов и целого растения.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Закономерностям диффузии подчиняются процессы физико-химических перемещений элементов в земных недрах и во Вселенной, а также процессы жизнедеятельности клеток и тканей живых организмов. Диффузия играет важную роль в различных областях науки и техники, в процессах, происходящих в живой и неживой природе. Диффузия оказывает влияние на протекание многих химических реакций, а также многих физико-химических процессов и явлений: мембранных, испарения, конденсации, кристаллизации, растворения, набухания, горения, каталитических, хроматографических, люминесцентных, электрических и оптических в полупроводниках, замедления нейтронов в ядерных реакторах и т.д.[1] Диффузия большое значение имеет при образовании на границах фаз двойного электрического слоя, диффузиофорезе и электрофорезе, в фотографических процессах для быстрого получения изображения и др. Диффузия служит основой многих распространённых технических операций: спекания порошков, химико-термической обработки металлов, металлизации и сварки материалов, дубления кожи и меха, крашения волокон, перемещения газов с помощью диффузионных насосов.[2] Роль диффузии существенно возросла в связи с необходимостью создания материалов с заранее заданными свойствами для развивающихся областей техники (ядерной энергетики, космонавтики, радиационных и плазмохимических процессов и т.п.). Знание законов, управляющих диффузией, позволяет предупреждать нежелательные изменения в изделиях, происходящие под влиянием высоких нагрузок и температур, облучения и многое-многое другое...

Каким вообще был бы мир без диффузии? Прекратись тепловое движение частиц – и вокруг всё станет мёртвым!

Теория Броуновского движения и диффузии в твердых телах, жидкостях и газах сыграла важную роль в обосновании статистической механики. Помимо этого, она имеет и практическое значение. Прежде всего, Броуновское движение ограничивает точность измерительных приборов. Например, предел точности по-

казаний зеркального гальванометра определяется дрожанием зеркальца, подобно броуновской частице бомбардируемого молекулами воздуха. Законами Броуновского движения определяется случайное движение электронов, вызывающее шум в электрических цепях. Диэлектрические потери в диэлектриках объясняются случайными движениями молекул-диполей, составляющих диэлектрик. Случайные движения ионов в растворах электролитов увеличивают их электрическое сопротивление. Для придания железным и стальным деталям твердости, износостойкости и предела прочности их поверхности подвергают диффузному насыщению углеродом (цементация). Приготовление солёных огурцов, квашенной капусты, солёной рыбы. Смог-диффузия твердого тела в газообразном.

Из всего изложенного выше мы можем заключить следующее:

- Броуновские частицы движутся под влиянием беспорядочных ударов молекул.
- Броуновское движение является хаотичным.
- По траектории частицы можно судить об интенсивности движения, чем меньше масса частицы, тем интенсивней становится движение.
- Интенсивность броуновского движения прямо зависит от температуры.
- Броуновское движение никогда не прекращается.
- Причина диффузии - беспорядочное движение молекул.
- Скорость диффузии зависит от того, в каком агрегатном состоянии находятся соприкасающиеся тела.
- Диффузия быстро протекает в газах, медленнее в жидкостях и очень медленно в твердых телах.
- Процесс диффузии ускоряется с повышением температуры, с уменьшением вязкости среды и размеров частиц.

В своей работе я обобщил собранный материал по теме проекта и подготовил презентацию в редакторе Power Point. Наиболее интересные примеры диффузии представлены на слайдах презентации в анимационных моделях.

Свое выступление хотелось бы закончить словами замечательного русского учёного Михаила Васильевича Ломоносова:

«Везде исследуйте, всечасно,  
Что есть велико и прекрасно,  
Чего ещё не видел свет».

## ЛИТЕРАТУРА

1. Албертс Б., Брэй Д., Льюис Дж. и др. Молекулярная биология клетки.
2. Антонов В. Ф., Черныш А. М., Пасечник В. И., и др. Биофизика.
3. Афанасьев Ю.И., Юрина Н.А., Котовский Е.Ф. и др. Гистология.
4. Богданов К.Ю. Физик в гостях у биолога. М.: Наука,1986.
5. Большая энциклопедия Кирилла и Мефодия 2006 В 3-х томах. Том 1. М., Мир, 1994.
6. Варикаш В.М. и др. Физика в живой природе. Минск,1984.
7. Демьянков Е.Н. Задачи по биологии. М. Владос, 2004.
8. Енохович А.С. Справочник по физике. М.: Просвещение, 1990.
9. Кац Ц.Б. Биофизика на уроках физики. М.: Просвещение,1998.
10. Ковтунович М.Г. «Домашний эксперимент по физике 7-11 классы». М.: Гуманитарный издательский центр, 2007.
11. Лукашик В.И. Задачник по физике 7-8кл. М.: Просвещение,2002.
12. М. Медицина, 1999.
13. М., Арктос-Вика-пресс, 1996
14. Николаев Н.И. Диффузия в мембранах. М. Химия, 1980, с.76
15. Ольгин О. И. Опыты без взрывов. М.: Химия ,1986.
16. Перышкин А.В. Физика. 7. М. Дрофа, 2004.
17. Семке А.И. «Нестандартные задачи по физике», Ярославль: Академия развития,2007.
18. Физический энциклопедический словарь, М., 1983, с. 174-175, 652, 754
19. Шабловский В. Занимательная физика. С-Петербург, «тригон» 1997, с.416
20. Шустова Л.В., Шустов С.Б. «Химические основы экологии». М.:Просвещение,1995.
21. Энциклопедия Физика. М.: Аванта +,1999.

Internet- ресурсы:

- <http://ru.wikipedia.org>
- [http://krugosvet.ru/enc/nauka\\_i\\_tehnika/fizika/BROUNOVSKOE\\_DVI](http://krugosvet.ru/enc/nauka_i_tehnika/fizika/BROUNOVSKOE_DVI)

### ZHENIE.html

- [http://www.physics.nad.ru/Physics/Cyrillic/brow\\_txt.htm](http://www.physics.nad.ru/Physics/Cyrillic/brow_txt.htm)
- <http://bse.sci-lib.com/article001503.html>
- <http://scorcher.ru/art/theory/determinism/broun.php>
- <http://marklv.narod.ru/mkt/ris2.htm>
- <http://elementy.ru/trefil/30>
- <http://allphysics.ru/phys/brounovskoe-dvizhenie>
- <http://dxdy.ru/topic24041.html>
- <http://vita-club.ru/micros1.htm>