

## Беседа 14. Броуновское движение

*Валерий Пивоваров*

В 1827 году шотландский ботаник (Почётный член Петербургской Академии наук) Роберт Броун (иногда его фамилию произносят как Браун, 1773-1858), разглядывая под микроскопом взвешенные в воде мельчайшие частички пыльцы растения *Clarkia pulchella* (кларкии хорошенькой), неожиданно обнаружил, что эти частички непрерывно дрожат и передвигаются с места на место.

Коллега, это явление можно наблюдать только в воде?

Не только. К примеру, можно рассмотреть с помощью микроскопа и дым, освещённый лучом света. В газе видны рассеивающие свет маленькие клочки пепла или сажи (в зависимости от источника дыма), которые непрерывно перемещаются в разные стороны с огромными ускорениями, но без наблюдаемых деформаций.

Объяснить это загадочное явление, названное «броуновским движением», которое никогда не прекращается (его можно наблюдать сколь угодно долго), а перемещения частиц совершенно беспорядочны, не смог ни сам Броун, ни многие другие учёные в течение многих лет.

Первая попытка объяснения броуновского движения была предпринята в 1863 году Людвигом Винером (1826–1896), который предположил, что это явление связано с колебательными движениями неких атомов, которые невидимы даже в микроскоп – как не видны с берега волны, качающие далёкую лодку, тогда как движения самой лодки видны вполне отчётливо. Винер даже попытался измерить скорость перемещения броуновских частиц и её зависимость от их размера. Но самое главное в идее Винера было то, что броуновская частица у него (подобно лодке в воде) двигалась свободно вместе с окружающей её средой.

Однако в дальнейшем идеи Винера о «свободном» движении, как это часто бывает, были основательно «подправлены» рядом учёных, которые посчитали, что мельчайшие крупинки вещества испытывают удары молекул, т.е. движутся не свободно вместе с молекулами, а под воздействием их ударов.

Коллега, не вижу здесь расхождений с идеями Винера, ибо эти учёные

исходили из молекулярно-кинетической теории и вовсе не указывали на факт, будто молекулы, ударившись о броуновскую частицу, упруго отскакивали от неё (а она от них), как это происходит при обычном ударе.

Вот именно, при обычном ударе (если удар упругий, без деформаций) отскок предполагается по определению, то есть, молекулы среды, ударяя в броуновскую частицу, изменяют направление её движения. Обратите внимание, как этот процесс, к примеру, описывает ФЭС (Физический Энциклопедический Словарь, 1983, раздел «Броуновское движение»):

«Удары молекул среды приводят частицу в беспорядочное движение: скорость её быстро меняется по величине и направлению».

Это с точки зрения упомянутых учёных означает, что броуновская частица меняет направление своего движения именно от упругих ударов молекул среды, а не движется свободно вместе с молекулами в одном с ними направлении, как это следует из идей Винера.

Коллега, теперь это понятно. Однако, поясните, чем Вас не устраивает удар?

Спасибо за вопрос. Нам всем известно, что быстроту изменения скорости характеризует ускорение. А, вызванное ударами (воздействием поверхностных сил) ускорение (в данном случае огромное), обязательно должно привести к деформации броуновской частицы, чего в действительности не происходит. Следовательно, здесь действуют вовсе не ПОВЕРХНОСТНЫЕ (силы удара), а именно ОБЪЁМНЫЕ силы, которые деформаций не вызывают, ибо воздействуют одновременно на все элементарные частички по всему объёму броуновской частицы. С этим, мой друг, Вы согласны?

Коллега, тут с Вами трудно не согласиться. Однако, что это за силы, которые Вы называете объёмными?

К объёмным силам в данном случае можно отнести только силы тяготения. Значит, вокруг броуновской частицы в результате флуктуаций энергии хаотически возникают и тут же исчезают потенциальные поля, которые во время своего существования и увлекают частицу к своему центру.

Объясняется это тем, что потенциальная энергия поля, отнесённая к единице объёма ( $1 \text{ м}^3$ ) является объёмной плотностью энергии ( $\text{Дж}/\text{м}^3$ ) или просто давлением. Учитывая, что потенциальная энергия отрицательна и уменьшается (по модулю растёт) с приближением к центру поля, то давление в центре меньше, чем на периферии. Именно поэтому всё сущее и устремляется к центру потенциального поля. Не случайно в ФЭС отмечено, что «Броуновское движение обусловлено флуктуациями давления».

Дополнение:

Опыты показали, что интенсивность броуновского движения не ослабевает со временем и не зависит от химических свойств среды, но увеличивается с ростом температуры среды, уменьшением её вязкости и размеров частиц.

Броуновские частицы имеют размер порядка 0,1–1 мкм (т.е. Броун рассматривал крошечные цитоплазматические зернышки, а не саму пыльцу, о чем часто ошибочно пишут), что превышает примерно в тысячу раз диаметр молекулы воды. Тем не менее, перемещение броуновских частиц весьма напоминает перемещение отдельных молекул в результате их хаотичного теплового движения. Такое перемещение называется диффузией. Не зря русский физик Николай Гезехус (1845-1919) в 1905 году связывал броуновское движение с «простыми потоками внутри жидкости».

Справка: Диффузия (от лат. *diffusio* — распространение, растекание) предполагает взаимное проникновение соприкасающихся веществ друг в друга вследствие теплового движения частиц вещества, но наблюдается и самодиффузия в чистом веществе или растворе постоянного состава, при котором диффундируют собственные частицы вещества.

Это явление объясняется наличием в среде градиента концентрации, который называют химическим потенциалом. Под действием внешнего электрического поля происходит диффузия заряженных частиц (электродиффузия), действие поля тяжести или давления вызывает бародиффузию, а в неравномерно нагретой среде возникает термодиффузия. И все эти виды диффузии обусловлены (как мы уже знаем) хаотичными флуктуациями потенциальных полей (флуктуациями давления).

Теория броуновского движения находит приложение в обосновании статистической механики, в теории равновесия дисперсных систем в поле тяготения и поле центробежной силы, объясняет диэлектрические потери в диэлектриках, электрическое сопротивление в проводниках и электролитах, а также случайное изменение потенциалов, вызывающее «шумы» в электрических цепях.

© Copyright: [Валерий Пивоваров](#), 2013

Свидетельство о публикации №213111902153



[Список читателей](#) / [Версия для печати](#) / [Разместить анонс](#) / [Заявить о нарушении](#)

[Другие произведения автора Валерий Пивоваров](#)

## Рецензии

[Написать рецензию](#)

[Авторы](#) [Произведения](#) [Рецензии](#) [Поиск](#) [Магазин](#) [Вход для авторов](#) [О портале](#)  
[Стихи.ру](#) [Проза.ру](#)

Портал Проза.ру предоставляет авторам возможность свободной публикации своих литературных произведений в сети Интернет на основании [пользовательского договора](#). Все авторские права на произведения принадлежат авторам и охраняются [законом](#). Перепечатка произведений возможна только с согласия его автора, к которому вы можете обратиться на его авторской странице. Ответственность за тексты произведений авторы несут самостоятельно на основании [правил публикации](#) и [законодательства Российской Федерации](#). Данные пользователей обрабатываются на основании [Политики обработки персональных данных](#). Вы также можете посмотреть более подробную [информацию о портале](#) и [связаться с администрацией](#).

Ежедневная аудитория портала Проза.ру - порядка 100 тысяч посетителей, которые в общей сумме просматривают более полумиллиона страниц по данным счетчика посещаемости, который расположен справа от этого текста. В каждой графе указано по две цифры: количество просмотров и количество посетителей.

© Все права принадлежат авторам, 2000-2020. Портал работает под эгидой [Российского союза писателей](#). **18+**

	
ЭТ ДЕНЬ	18 738 770 1 751 544
ОТ ДНЕЙ	4 094 930 407 593
24 ЧАСА	590 602 75 512
СЕГОДНЯ	171 084 28 388
НА ПИИШ	14 664 1 841