

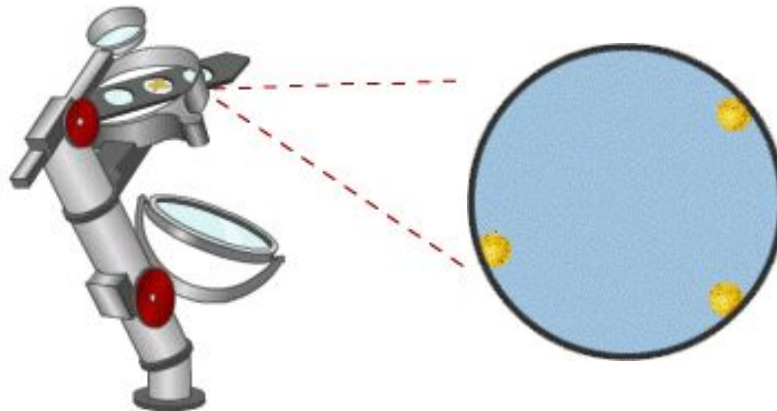
# Броуновское движение

---

Работу выполнила: Макарова Екатерина,  
ученица 7 класса, ГОУ СОШ № 546 г.Москвы  
Руководитель: Казакова Ю.В., учитель физики



**В 1827 году Броун, разглядывая под микроскопом выделенные из клеток пыльцы североамериканского растения *Clarkia pulchella* взвешенные в воде цитоплазматические зёрна, неожиданно обнаружил, что они непрерывно дрожат и передвигаются с места на место.**



- **Цель работы:** пронаблюдать и изучить броуновское движение частиц, взвешенных в воде.

---

- **Объект исследования:** броуновское движение.
- **Предмет исследования:** особенности наблюдения и характер броуновского движения.
- **Место проведения работы:** Учебно-научный радиофизический центр МПГУ



## **Задачи исследования:**

1. Изучить историю открытия броуновского движения.

---

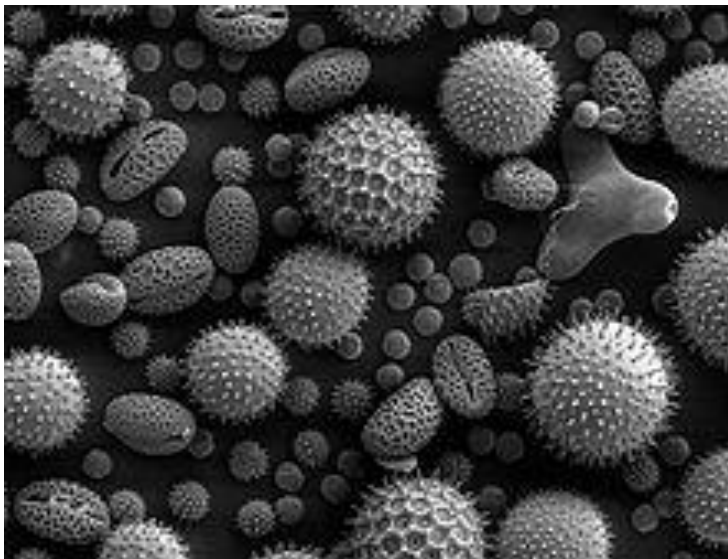
2. Изучить значение открытия броуновского движения для развития науки.
3. Выяснить влияние разных факторов на характер броуновского движения.
4. Провести эксперимент по наблюдению броуновского движения.

## **Методы исследования:**

1. Изучение литературы и материалов сайтов Интернета по данной теме.
2. Изучение характера броуновского движения при помощи модели.
3. Наблюдение броуновского движения.

Величина пыльцевых клеток колеблется от 2,5 мкм до 250 мкм  
Броуновские частицы имеют размер порядка 0,1–1 мкм.

- В 1824 г. появляется новый тип **микроскопа**, обеспечивающий увеличение в 500-1000 раз. Он позволял увеличить частицы, до размера 0,1-1 мм
- Но в своей статье Броун специально подчеркивает, что у него были обычные двояковыпуклые линзы, значит он мог увеличивать объекты не более, чем в 500 раз, то есть частицы увеличивались до размера всего 0,05-0,5 мм.



Микроскопы 18 века

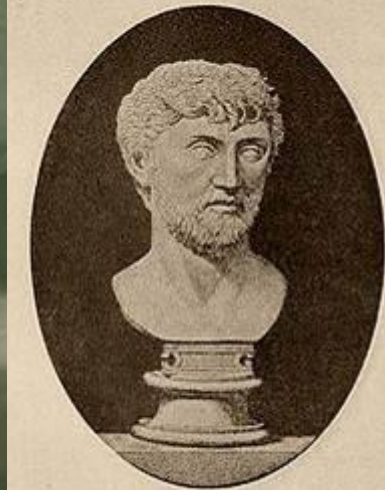
## Антони ван Левенгук (1632-1723)

---

Ещё в 1670 году изобретатель микроскопа голландец Антони Левенгук возможно наблюдал аналогичное явление, так как его микроскоп давал увеличение до 300 раз, но зачаточное состояние молекулярного учения в то время не привлекли внимания к наблюдению Левенгука.



# Отрывок из поэмы Лукреция Кара «О природе вещей»



Вот посмотри: всякий раз, когда солнечный свет проникает  
В наши жилища и мрак прорезает своими лучами,  
Множество маленьких тел в пустоте, ты увидишь, мелькая,  
Мечутся взад и вперед в лучистом сиянии света...

# Сравнение характера движения частицы при помощи модели броуновского движения



Низкая температура (1 мин)



Высокая температура (1 мин)





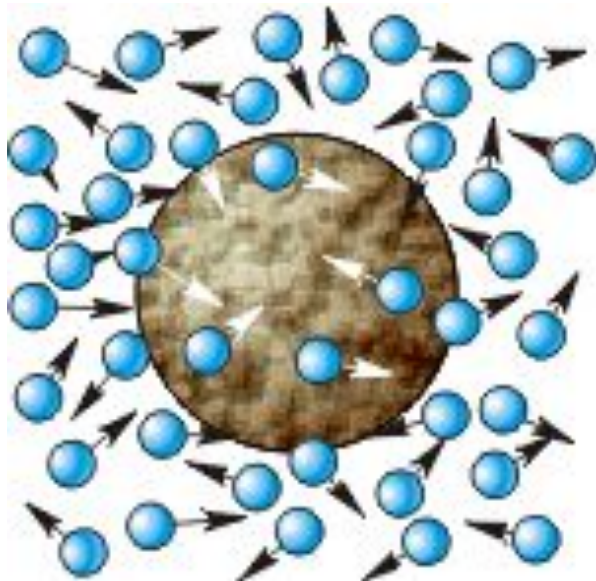
# Выводы:

---

- 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.

# Мариан Смолуховский (1872–1917)

Впервые в 1904 году дал  
строгое объяснение  
броуновского движения



# Альберт Эйнштейн

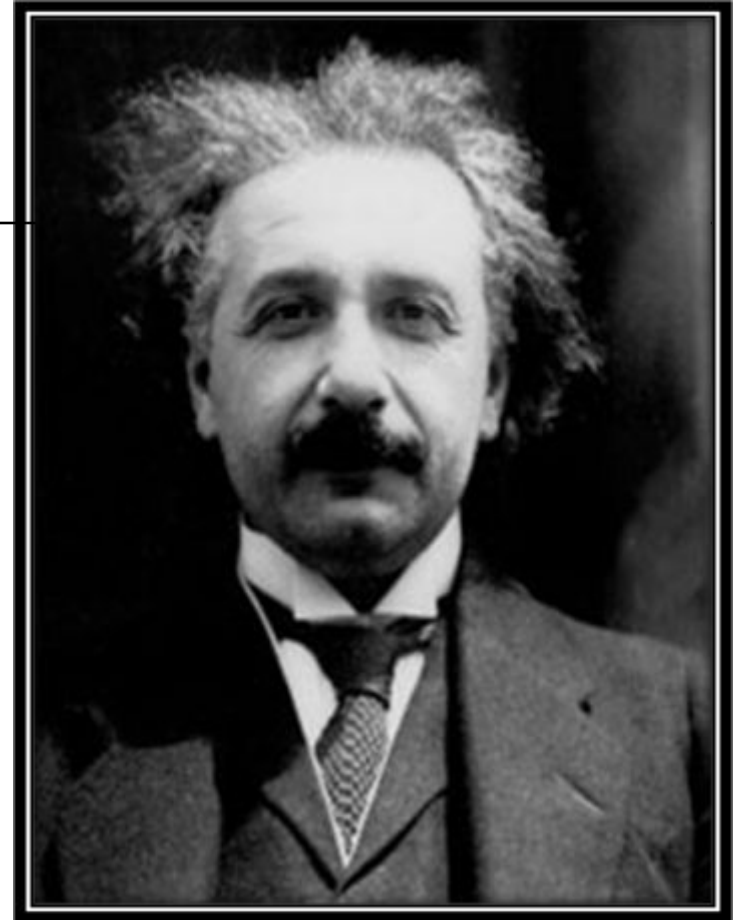
(1879-1955)

В 1905 году создал  
первую количественную теорию  
броуновского движения.

С помощью статистических методов  
он вывел формулу для среднего  
значения квадрата смещения  
броуновской частицы:

$$\langle r^2 \rangle = 6kTv$$

где  $V$  - подвижность частицы, которая  
обратно пропорциональна вязкости среды и размеру частицы,  
 $t$  – время наблюдения,  $T$  – температура жидкости.



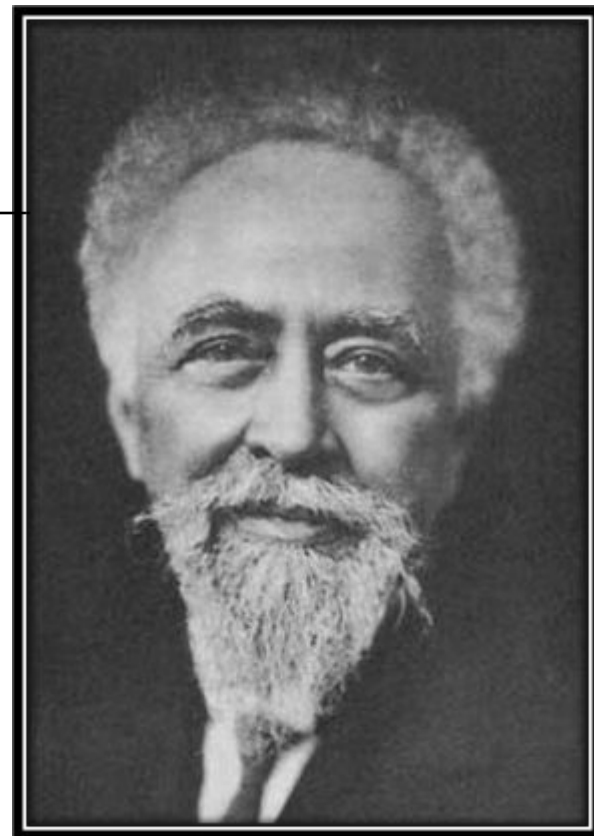
# Жан Батист Перрен

(1870 - 1942)

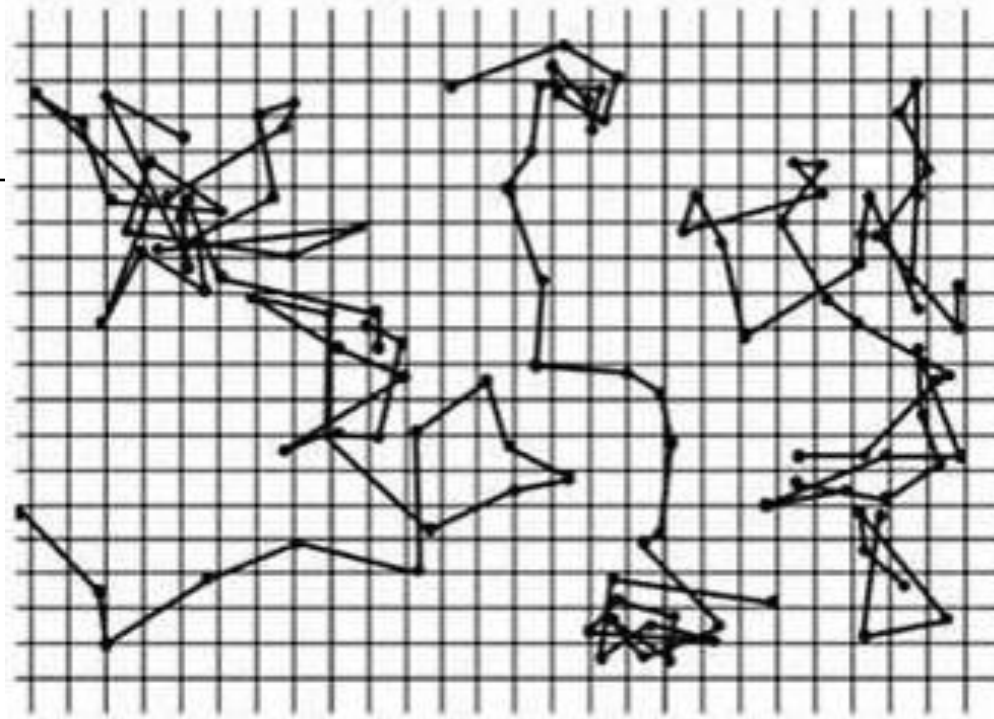
В 1906 году начал проводить опыты,  
подтвердившие теорию Эйнштейна.

Подводя итоги в 1912 году, он заявил:

**«Атомная теория восторжествовала.  
Некогда многочисленные, её  
противники повержены и один за  
другим отрекаются от своих взглядов,  
в течение столь долгого времени  
считавшихся обоснованными и  
полезными».**



**В 1926 г. Перрен получил Нобелевскую  
премию  
за работу по «дискретной природе материи»**



**Броуновское движение частицы гуммигута в воде.**

**Точками отмечены последовательные положения частицы через 30 с.**

**Наблюдения велись под микроскопом при увеличении ок. 3000.**

**Размер частиц около 1 мкм.**

**Одна клетка соответствует расстоянию 3,4 мкм.**

A photograph of a Nikon Eclipse LV 100 microscope on a laboratory bench. The microscope is white and black, with a video camera mounted on top. A computer monitor is connected to the side. Red arrows point from text labels on the right to various parts of the microscope. The background shows a window with a grid pattern and a light blue wall.

# МИКРОСКОП НИКОН Eclipse LV 100

Видеокамера

Окуляр

Монитор

Объектив

Предметный столик

Винты для настройки  
резкости

Винты для горизонтального  
перемещения  
предметного столика



МОЛОКО



ГУАШЬ



АКВАРЕЛЬ









MONITOR











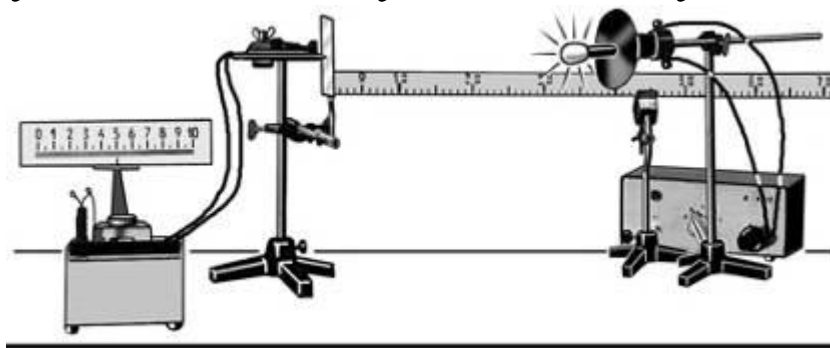
# Выводы:

---

1. Броуновское движение могло случайно наблюдаться учёными до Броуна, но из-за несовершенства микроскопов и отсутствия представления о молекулярном строении веществ, оно никем не изучалось. После Броуна оно изучалось многими учёными, но дать ему объяснение никто не смог.
2. Создание количественной теории броуновского движения Эйнштейном и её экспериментальное подтверждение Перреном позволило убедительно доказать существование молекул и их непрерывного беспорядочного движения.
3. Причины броуновского движения - тепловое движение молекул среды и отсутствие точной компенсации ударов, испытываемых частицей со стороны окружающих её молекул.
4. На интенсивность броуновского движения влияет размер и масса броуновской частицы, температура и вязкость жидкости.
5. Наблюдение броуновского движения весьма сложная задача, так как надо:
  - уметь пользоваться микроскопом,
  - исключить влияние негативных внешних факторов (вибрации, наклон стола),
  - проводить наблюдение быстро, пока жидкость не испарилась.

# Роль броуновского движения

- Броуновское движение ограничивает точность измерительных приборов. Например, предел точности показаний зеркального гальванометра определяется дрожанием зеркала, подобно броуновской частице бомбардируемого молекулами воздуха.



- Законами **броуновского движения** определяется случайное движение электронов, вызывающее шумы в электрических цепях.
- Случайные движения ионов в растворах электролитов увеличивают их электрическое сопротивление.

## ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

---

- <http://ru.wikipedia.org>
- [http://krugosvet.ru/enc/nauka\\_i\\_tehnika/fizika/BROUNOVSKOE\\_DVIZHENIE.html](http://krugosvet.ru/enc/nauka_i_tehnika/fizika/BROUNOVSKOE_DVIZHENIE.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>