

# *Основные положения МКТ*

Из коллекции [www.eduspб.com](http://www.eduspб.com)

© В.Е. Фрадкин, 2004

[pptcloud.r](http://pptcloud.r)

# *Молекулярно-кинетическая теория*

- учение о строении и свойствах вещества на основе представления о существовании атомов и молекул как наименьших частиц химического вещества.
- Левкипп и Демокрит — 400 лет до н.э.
- М. В. Ломоносов — XVIII в. «О причине теплоты и холода», «О коловратном движении корпускул».

# *Атом и молекула*

- АТОМ –

наименьшая частица  
*химического элемента,*

которая является носителем  
его химических свойств.

- МОЛЕКУЛА -

наименьшая устойчивая  
частица *вещества,*

обладающая всеми  
химическими свойствами  
и состоящая из одинаковых  
(простое вещество) или  
разных (сложное  
вещество) атомов,  
объединенных  
химическими связями.

# Модели молекул разных веществ



Водород



Кислород



Вода

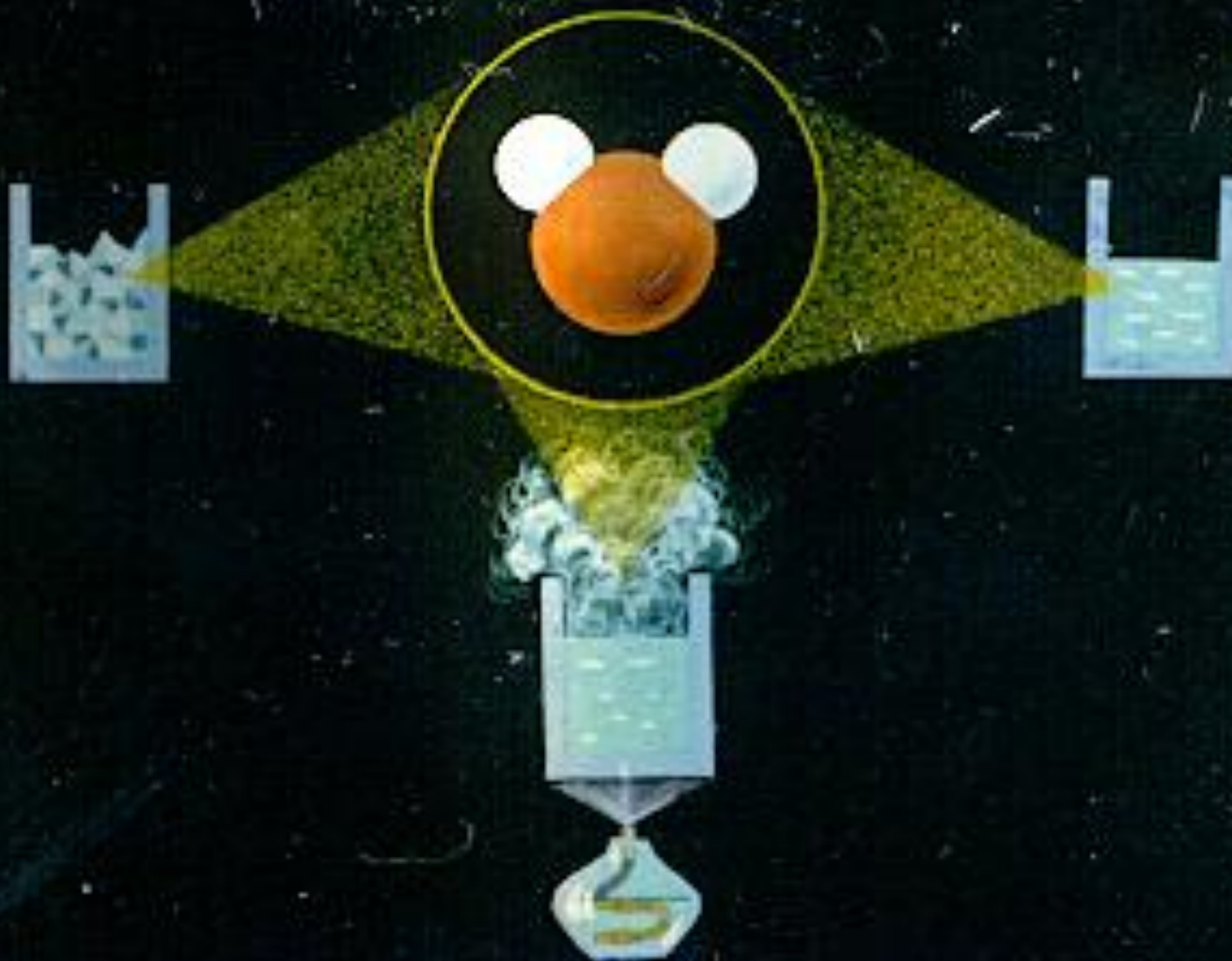


Аммиак



Спирт

# Молекула льда, воды и водяного пара



# Объект и предмет изучения молекулярной физики.



# *Границы применимости молекулярно-кинетической теории.*

1. Рассматриваются только системы, состоящие из большого числа частиц ( $N > 10^{20}$ );
2. Температурный интервал, в котором молекулы и атомы можно считать бесструктурными неделимыми частицами:
  - для молекул – 1000 – 3000К,
  - Для атомов – 10000К.

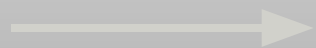
# ЗНАЧЕНИЕ СТАТИСТИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ

- Объяснение явлений природы: диффузии, поверхностного натяжения, теплового расширения тел и др.
- Предсказание свойств новых свойств материалов.
- Расчеты физических характеристик тел: теплоемкости, давление газа и др.
- Обоснование эмпирических законов идеального газа.



# СТАТИСТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

ИЗУЧАЕМЫЕ ОБЪЕКТЫ



МАКРОСИСТЕМА

Система,  
состоящая  
из большого  
числа  
частиц

ТИПИЧНЫЕ ЯВЛЕНИЯ



Броуновское  
движение

Диффузия

Изопроцессы

# СРЕДСТВА ОПИСАНИЯ

## ПОНЯТИЯ

- Равновесная замкнутая система
- Идеальный газ
- Молекула и ее характеристики:  
 $m, V \dots$
- Постоянная Больцмана
- Параметры системы:  
 $P, T, V, m, M$
- Среднее значение величин

## Основные положения МКТ

1. Все тела состоят из частиц, разделенных промежутками.
2. Частицы непрерывно, хаотически движутся.
3. Частицы взаимодействуют друг с другом: притягиваются и отталкиваются.

## ЗАКОНЫ

- Уравнение МКТ идеального газа.
- Распределение Максвелла.

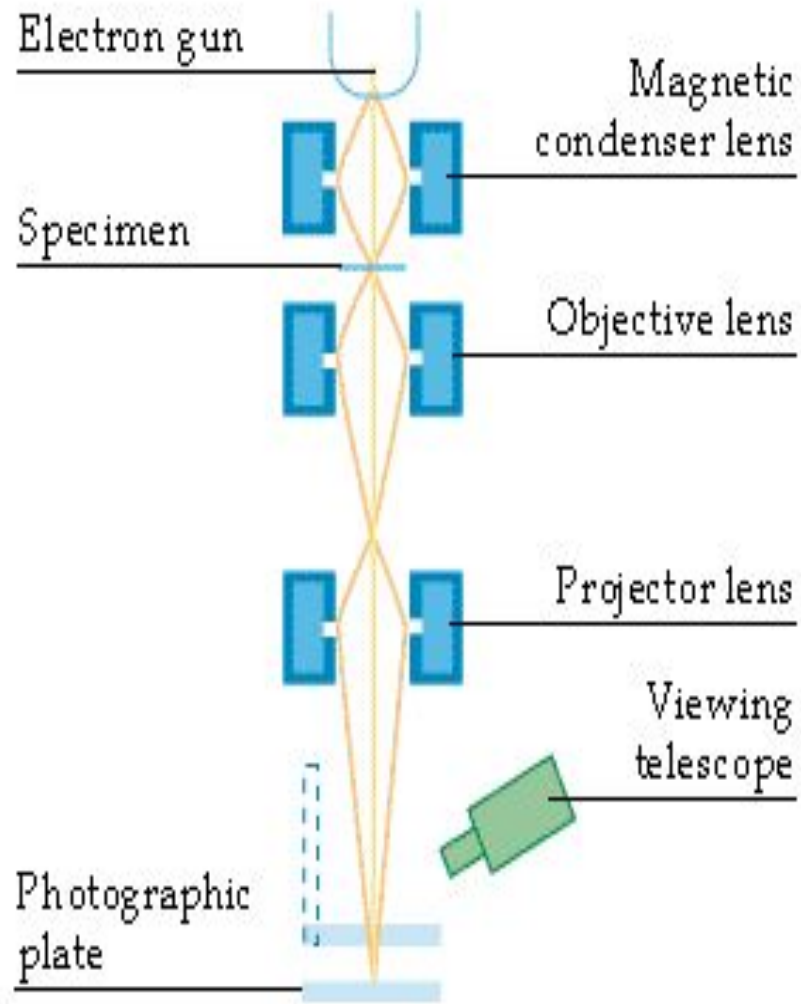
## *Три основных положения МКТ:*


- Все вещества – жидкие, твердые и газообразные – образованы из мельчайших частиц – молекул, которые сами состоят из атомов.
- Атомы и молекулы находятся в непрерывном хаотическом движении.
- Частицы взаимодействуют друг с другом силами, имеющими электрическую природу.

# *Опытные обоснования МКТ*

- **Существование молекул.**
  1. Делимость вещества.
  2. Закон кратных отношений: при образовании из двух элементов различных веществ массы одного из элементов в разных соединениях находятся в кратных отношениях –  $N_2O : N_2O_2 : N_2O_3$  - 1:2:3. (1803, Дж. Дальтон; 1808, Ж.Л. Гей-Люссак).
  3. Наблюдение молекул с помощью ионного проектора, электронного микроскопа, туннельного микроскопа.
  4. Явление диффузии.

# Электронный микроскоп



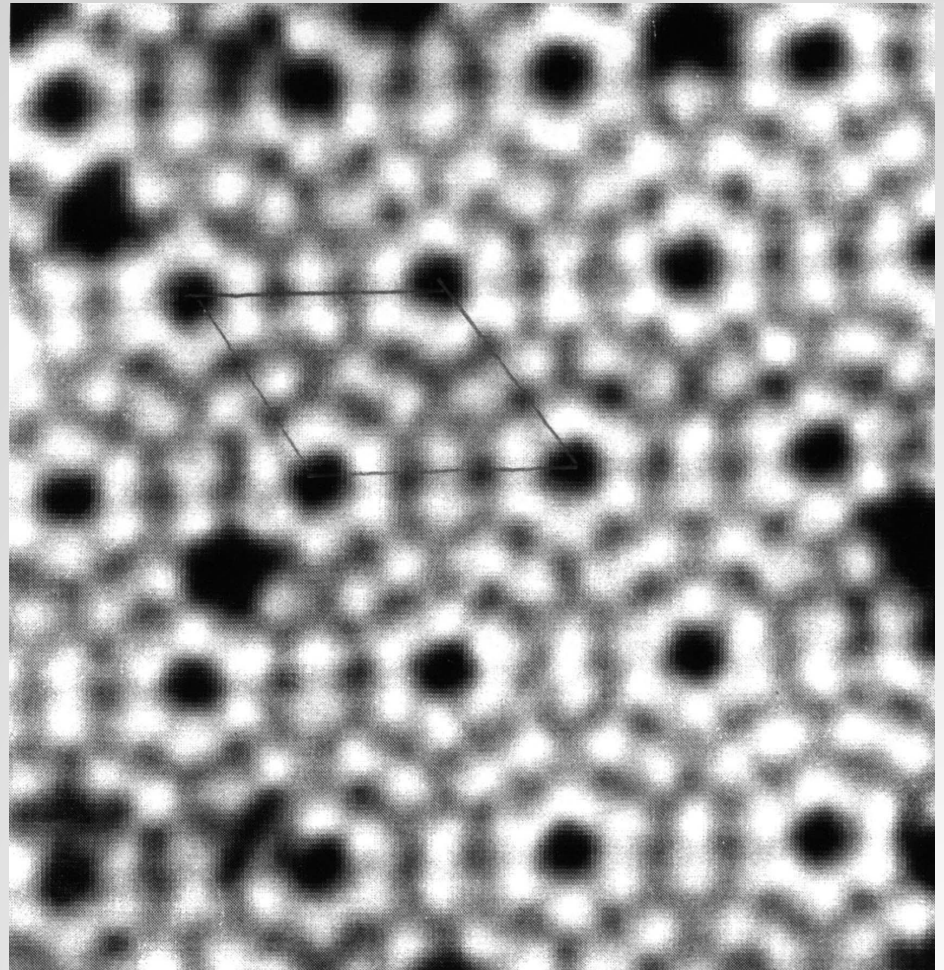
A scanning electron micrograph (SEM) of a mosquito head, showing the intricate structure of the proboscis and the surrounding sensory organs. The proboscis is a long, thin, needle-like structure that is used for feeding. It is surrounded by a complex network of sensory structures, including the palps and the labrum. The image is in black and white, highlighting the fine details of the mosquito's anatomy.

Изображение  
ГОЛОВЫ КОМАРА В  
ЭЛЕКТРОННОМ  
МИКРОСКОПЕ

Изображение  
поверхности  
лазерного диска,  
полученное с  
помощью  
электронного  
микроскопа

Питы

Поверхность  
кремния.  
Изображение  
получено с  
помощью  
туннельного  
микроскопа





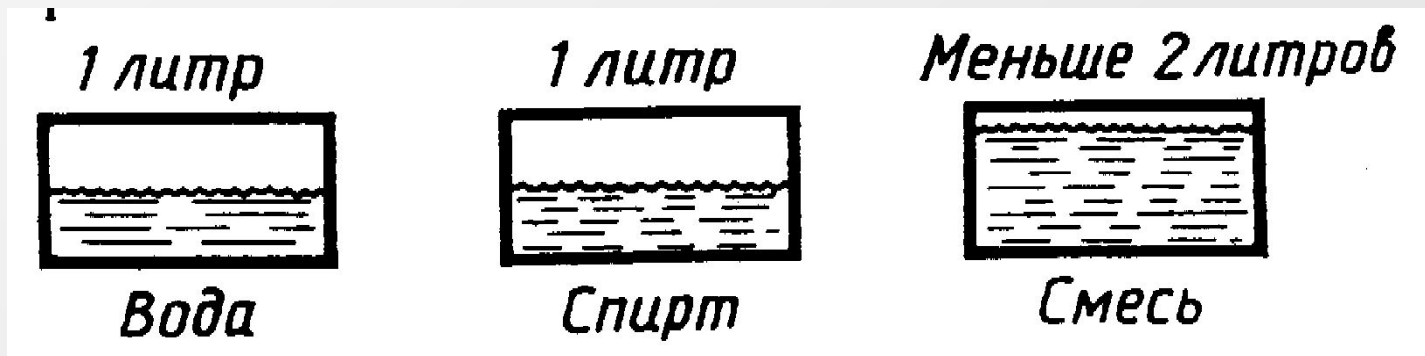
# *Опытные обоснования МКТ*

- **Наличие промежутков**

1. При смешивании различных жидкостей объем смеси меньше суммы объемов отдельных жидкостей.

2. Диффузия.

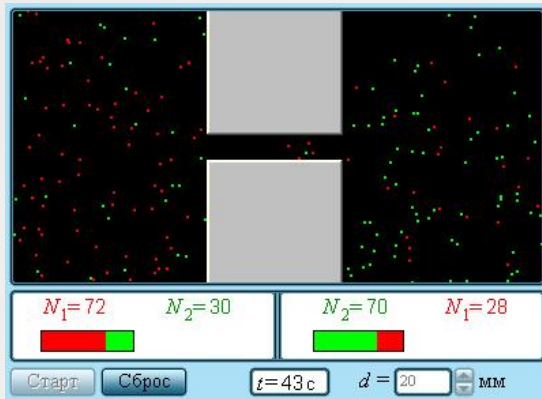
3. Деформация



# *Опытные обоснования МКТ*

- **Хаотическое движение молекул**
  1. Броуновское движение.
  2. Диффузия.
  3. Давление газа на стенки сосуда.
  4. Стремление газа занять любой объем.
  5. Опыты по измерению скоростей атомов и молекул методом молекулярных пучков:  
(И. Штерн, 1920).

# Диффузия

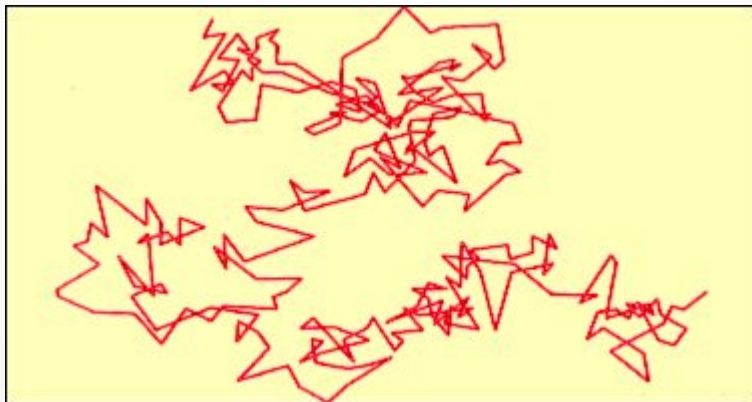


## Роль в природе, технике

1. Питание растений из почвы.
2. В организмах человека и животных всасывание питательных веществ происходит через стенки органов пищеварения.
3. Работа органов обоняния.
4. Цементация.

- явление проникновения частиц одного вещества в промежутки между частицами другого.
- Скорость диффузии зависит от температуры и состояния вещества (быстрее в газах).

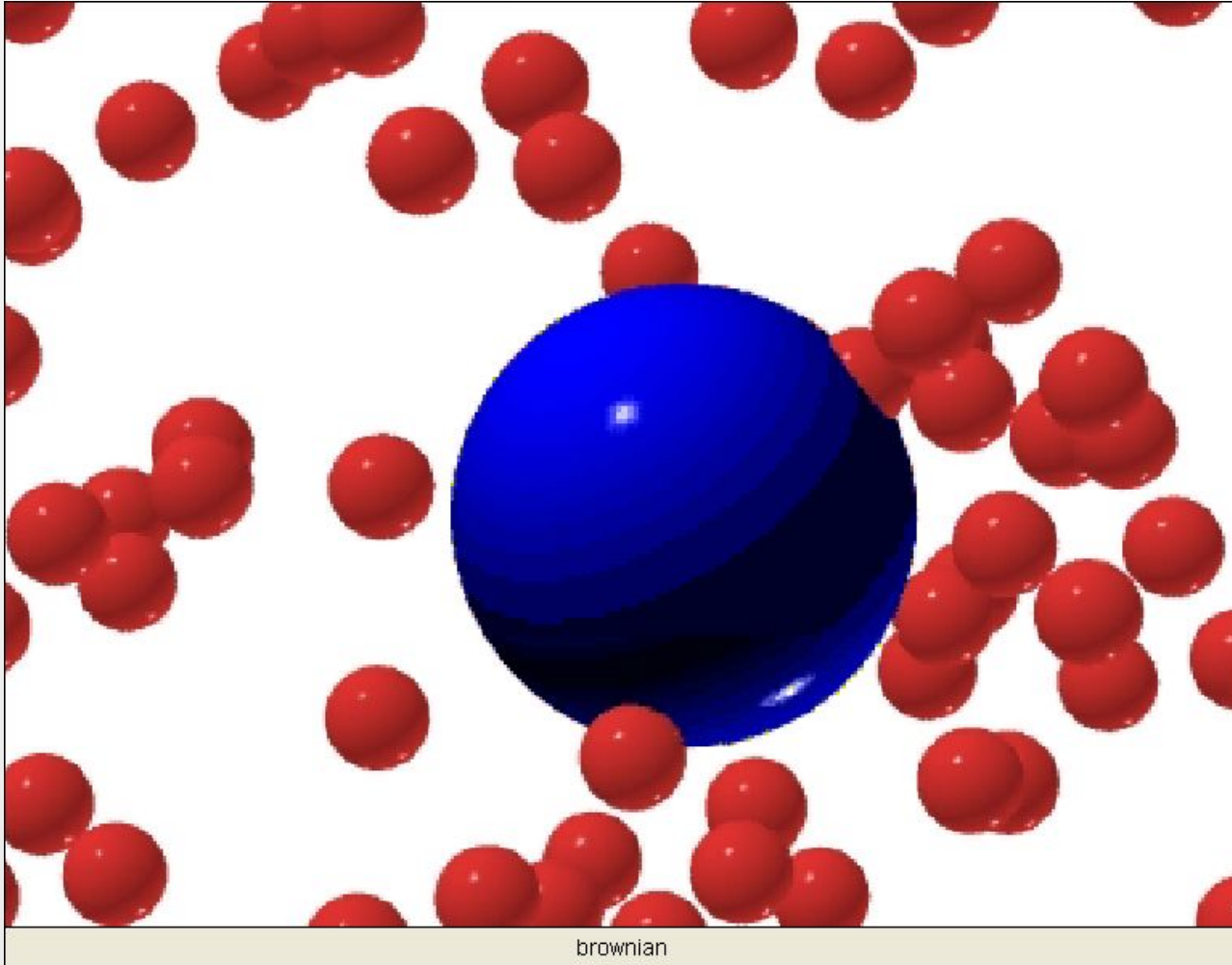
# Траектория броуновской частицы.



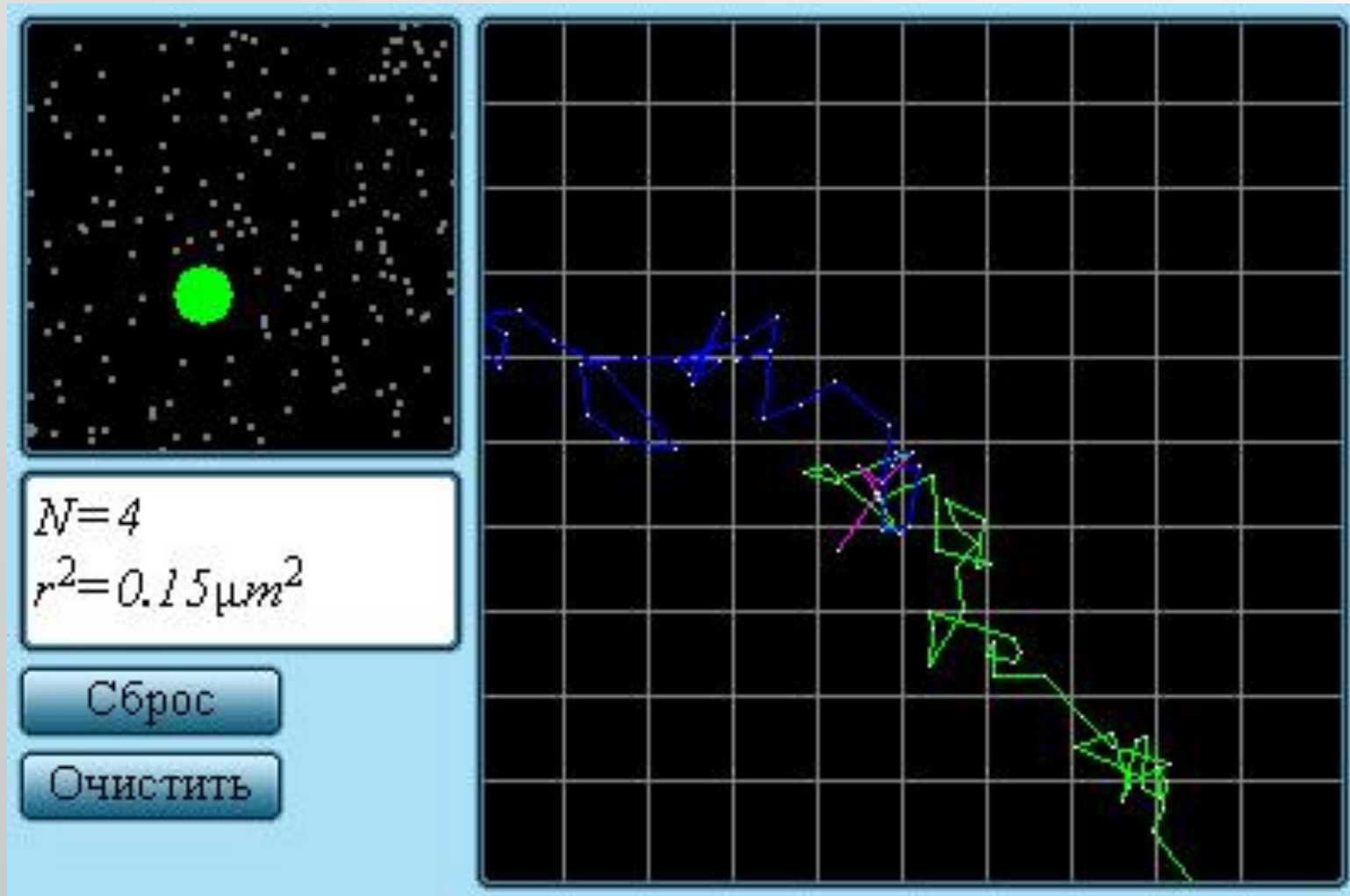
Броуновское движение - беспорядочное движение мелких частиц, взвешенных в жидкости или газе, происходящее под влиянием теплового движения молекул.

- Открыто Р. Броуном (1827 г.).
- Теория создана А. Эйнштейном и М. Смолуховским (1905 г.).
- Экспериментально теория подтверждена в опытах Ж. Перрена (1908–1911 гг.).

# Наблюдение броуновского движения

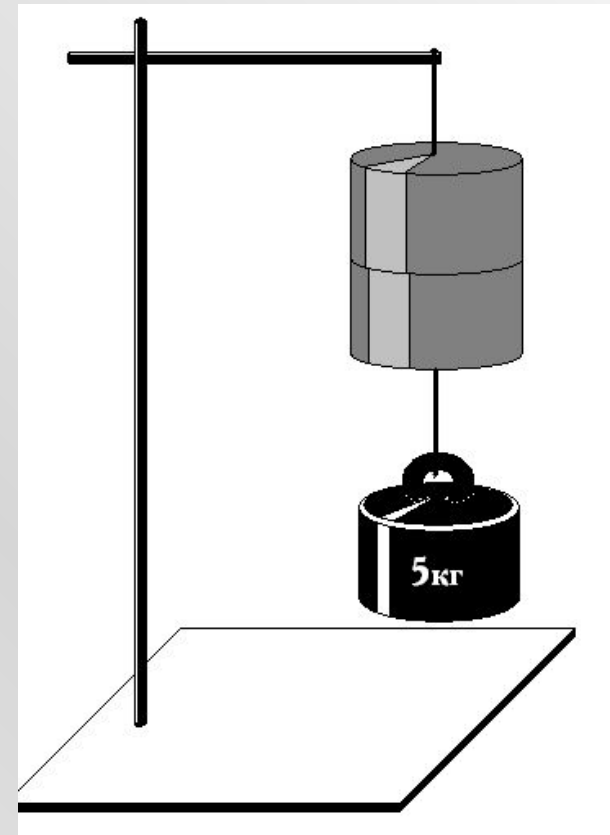


# Опыты Ж. Б. Перрена

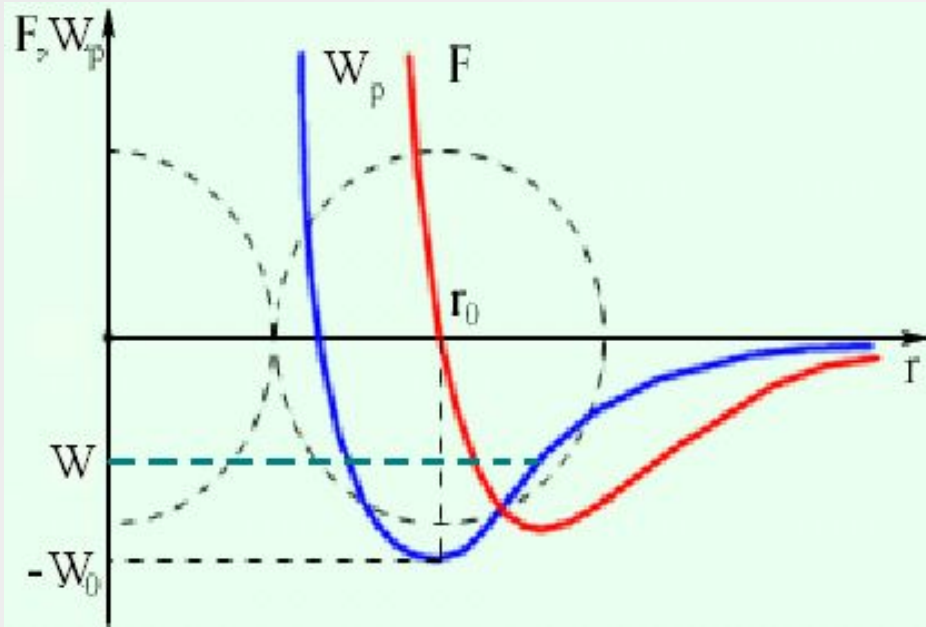


# *Опытные обоснования МКТ*

- **Силы взаимодействия.**
  1. Деформация тела.
  2. Сохранение формы твердого тела.
  3. Поверхностное натяжение жидкости.
  4. Свойства прочности, упругости, твердости и т.п.
  5. Опыт со свинцовыми цилиндрами.



# Взаимодействие молекул

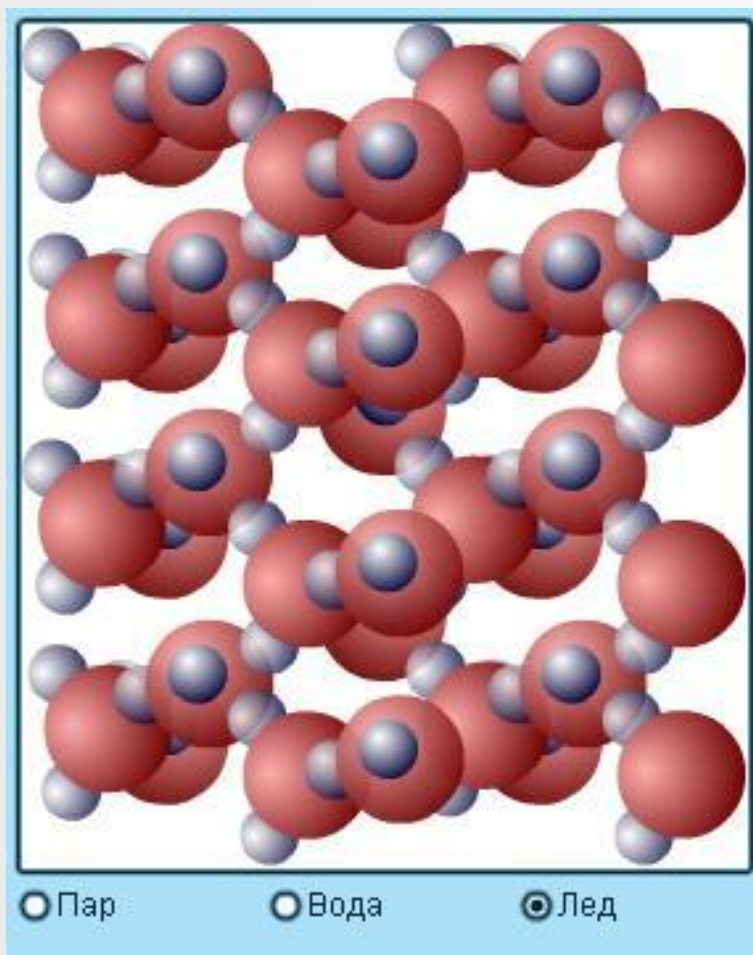


Природа сил  
взаимодействия –  
электрическая.


- Какая модель молекулы здесь используется?
- Как можно интерпретировать точку  $r_0$ ?
- Что можно принять за диаметр молекулы?
- Как будут двигаться частицы, имеющие энергию  $W$ ? Больше? Меньше?



# *Модели движения частиц в различных агрегатных состояниях*



## Характеристики молекул

Метод определения Параметр	Теоретически	Экспериментально
Размеры	$d_0 = \frac{V}{S}$	 <p style="text-align: center;"><math>d_0 \approx 1,7 \cdot 10^{-7}</math> см</p>
Концентрация	$N = \frac{1 \text{ см}^3}{\frac{\pi}{6} d^3 \text{ см}^3} \approx 3,7 \cdot 10^{22}$	Косвенно
Масса	Для воды: $m_0 = \frac{m}{N} = \frac{1 \text{ г}}{3,7 \cdot 10^{22}} \approx 2,7 \times 10^{-23} \text{ г}$	Косвенно
Число Авогадро	$N_A = \frac{M}{m_0} = 6,92 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$	Опыт Перреня: от $6 \cdot 10^{23}$ до $7 \cdot 10^{23}$ молекул в 1 моль
Молярная масса	$M = m_0 N_A$	Косвенно

Характеристики одной молекулы	Характеристики системы молекул
<p>Диаметр <math>d</math></p> <p>Объем молекулы</p> $V = \frac{4\pi r^3}{3}$ <p>Масса молекулы <math>m_0</math></p> <p>Относительная атомная масса</p> $M_r = \frac{m_0}{\frac{1}{12} m_{12C}}$	<p>Объем вещества <math>V</math></p> <p>Число молекул в одном моле</p> $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$ <p>Число молекул <math>N</math></p> $N = N_A V$ <p>Масса вещества <math>m</math></p> $m = m_0 N = m_0 N_A V$ <p>Молярная масса</p> $M = m_0 N_A$

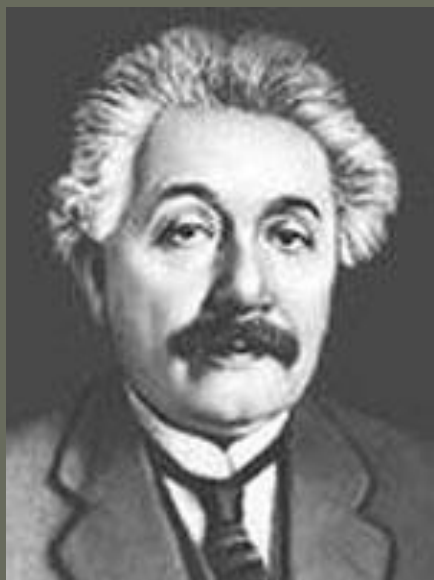
# Роберт Броун (Brown, Браун)

21.XII.1773–10.VI.1858



- Английский ботаник. Морфолого-эмбриологические исследования Брауна имели большое значение для построения естественной системы растений. Открыл зародышевый мешок в семяпочке, установил основное различие между покрытосеменными и голосеменными; в семяпочках хвойных открыл архегонии. Впервые правильно описал ядро в растительных клетках.
- Открыл в 1827 беспорядочное движение малых (размерами в нескольких мкм и менее) частиц, взвешенных в жидкости или газе, описал сложные зигзагообразные траектории.

# Эйнштейн (Einstein) Альберт (14.III.1879–18.IV.1955)



- Физик-теоретик, один из основателей современной физики. Родился в Германии, с 1893 жил в Швейцарии, в 1933 эмигрировал в США. Создатель теории относительности, теории фотоэффекта и др. Нобелевская премия 1921 г.

В 1905 вышла в свет его первая серьезная научная работа, посвященная броуновскому движению: «О движении взвешенных в покоящейся жидкости частиц, вытекающем из молекулярно-кинетической теории».

# Смолуховский Мариан

(28.5.1872 – 5.9.1917)



- Польский физик. Основные работы по молекулярной физике и термодинамике. Теоретически обосновал явление температурного скачка на границе газ – твердое тело, показал ограниченность классической трактовки второго начала термодинамики, установил законы флуктуаций равновесных состояний и др.

В 1905 – 06 гг. исходя из кинетического закона распределения энергии создал теорию броуновского движения, которая доказала справедливость кинетической теории теплоты.

# Перрен (Perrin) Жан Батист (30.IX.1870–17.IV.1942)



- Французский физик. Доказал, что катодные лучи представляют собой поток заряженных частиц. Изучал электрокинетические явления и предложил прибор для исследования электроосмоса (1904). Установил бимолекулярную структуру тонких мыльных пленок. Совместно с сыном Ф. Перреном исследовал явления флуоресценции. Нобелевская премия (1926).

Работы Перрена по изучению броуновского движения явились экспериментальным подтверждением теории Эйнштейна–Смолуховского; они позволили Перрену получить значение числа Авогадро, хорошо согласующееся со значениями, полученными др. методами, и окончательно доказать реальность молекул.