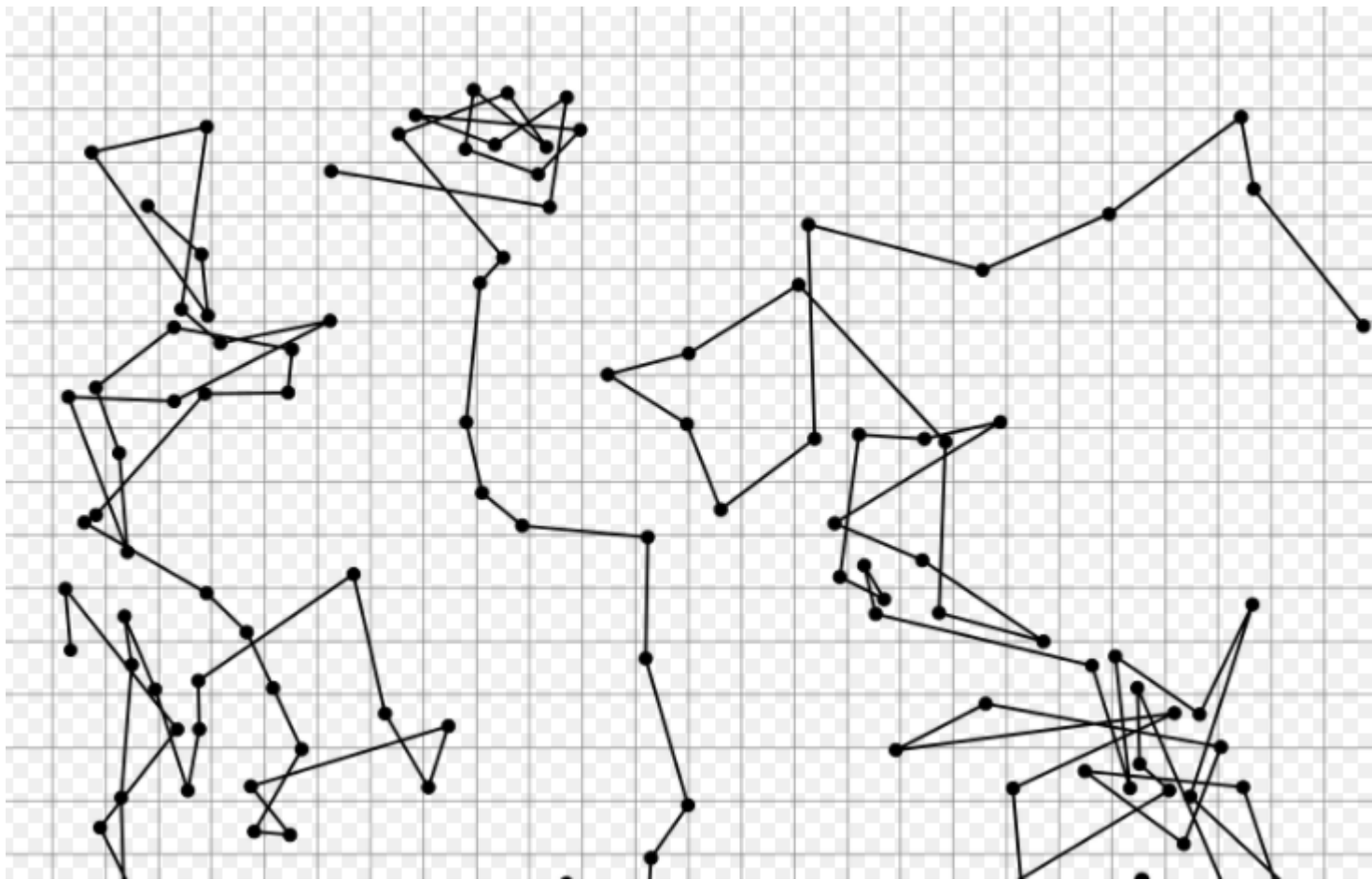


Лекция 6

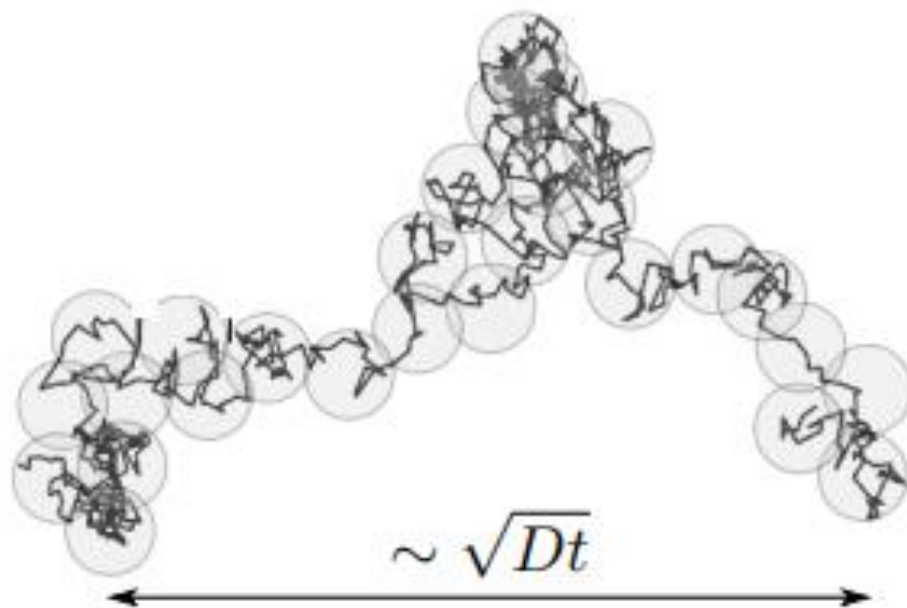
Среднеквадратичное смещение
микрочастиц

Броуновское движение (броуновское движение) — беспорядочное движение микроскопических видимых взвешенных в жидкости или газе частиц твёрдого вещества, вызываемое тепловым движением частиц жидкости или газа. Было открыто в 1827 году Робертом Броуном¹. Броуновское движение никогда не прекращается. Оно связано с тепловым движением, но не следует смешивать эти понятия. Броуновское движение является следствием и свидетельством существования теплового движения. Броуновское движение является наглядным экспериментальным подтверждением хаотического теплового движения атомов и молекул, являющегося фундаментальным положением молекулярно-кинетической теории.

Если промежуток наблюдения гораздо больше, чем характерное время изменения силы, действующей на частицу со стороны молекул среды, и прочие внешние силы отсутствуют, то *средний квадрат проекции смещения частицы на какую-либо ось пропорционален времени*.



Воспроизведение рисунка из книги Перрена *Les Atomes*, показывающего движение трёх коллоидальных частиц радиусом 0,53 мкм, наблюдавшееся под микроскопом. Последовательные положения частицы отмечены через каждые 30 секунд, шаг сетки



Измерение длины броуновской траектории

Средний квадрат отклонения (по оси x) от исходного положения составит

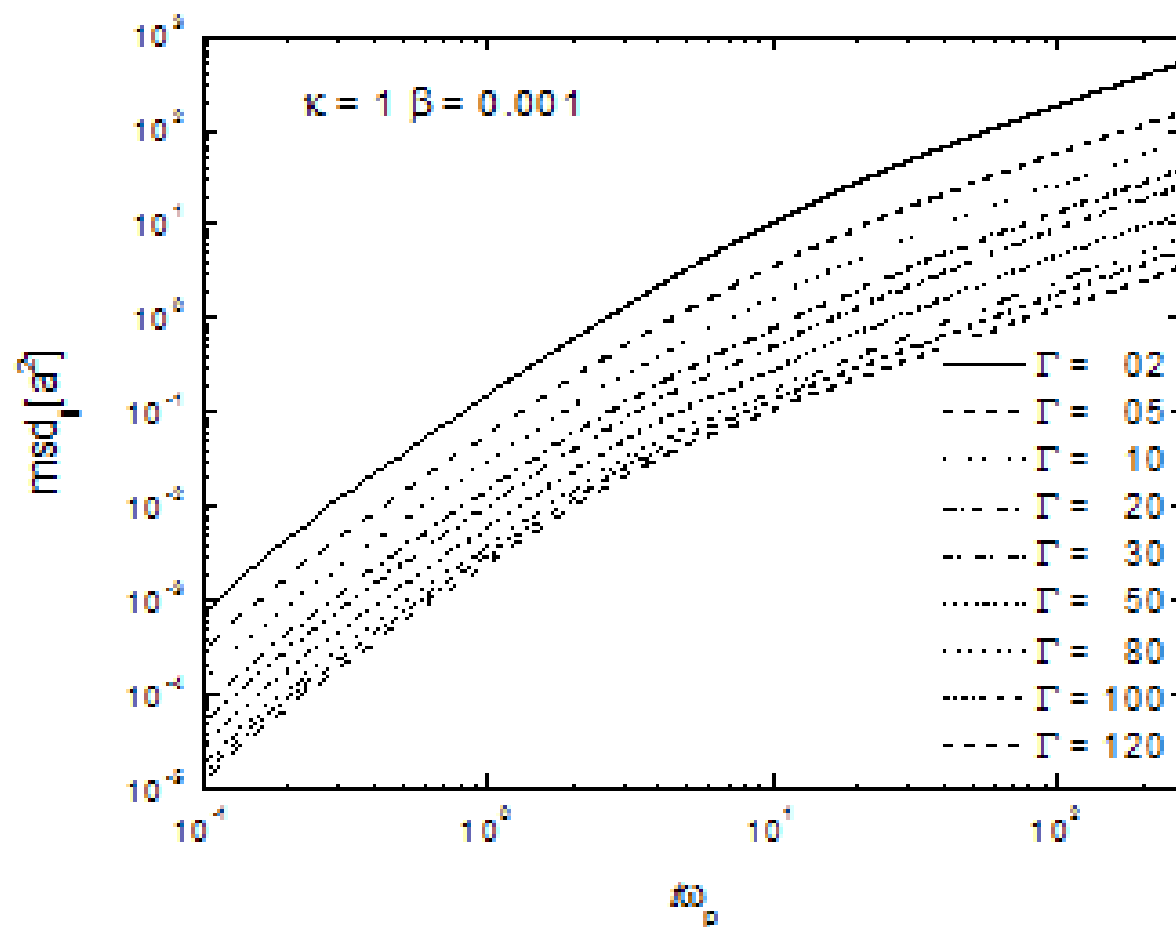
$$\langle \Delta x^2 \rangle$$

Средний квадрат проекции смещения частицы на какую-либо ось пропорционален времени. Это положение иногда называют законом Эйнштейна-Смолуховского:

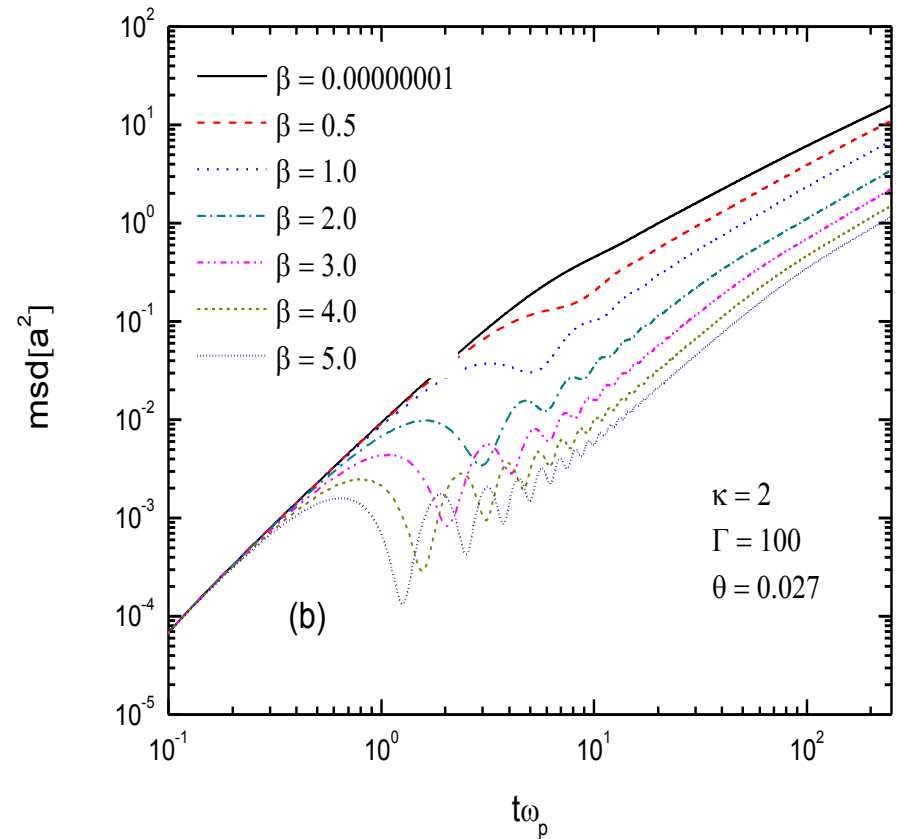
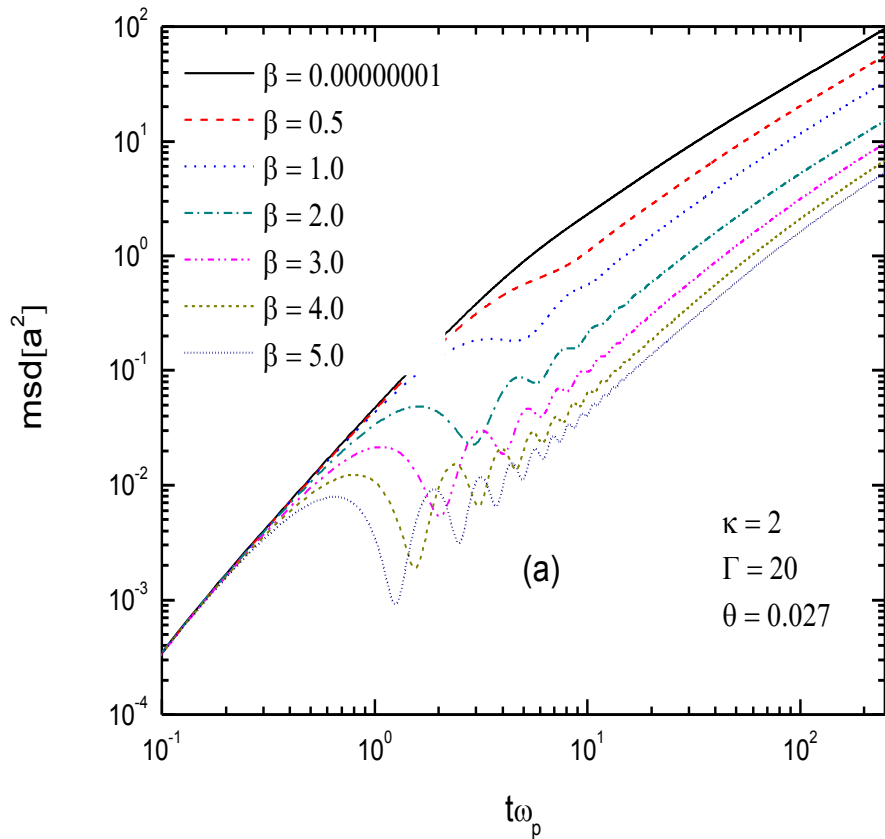
$$\langle \Delta x^2 \rangle = 2Dt,$$

$$\text{MSD}(t) = \left\langle |\vec{r}_i(t) - \vec{r}_i(0)|^2 \right\rangle.$$

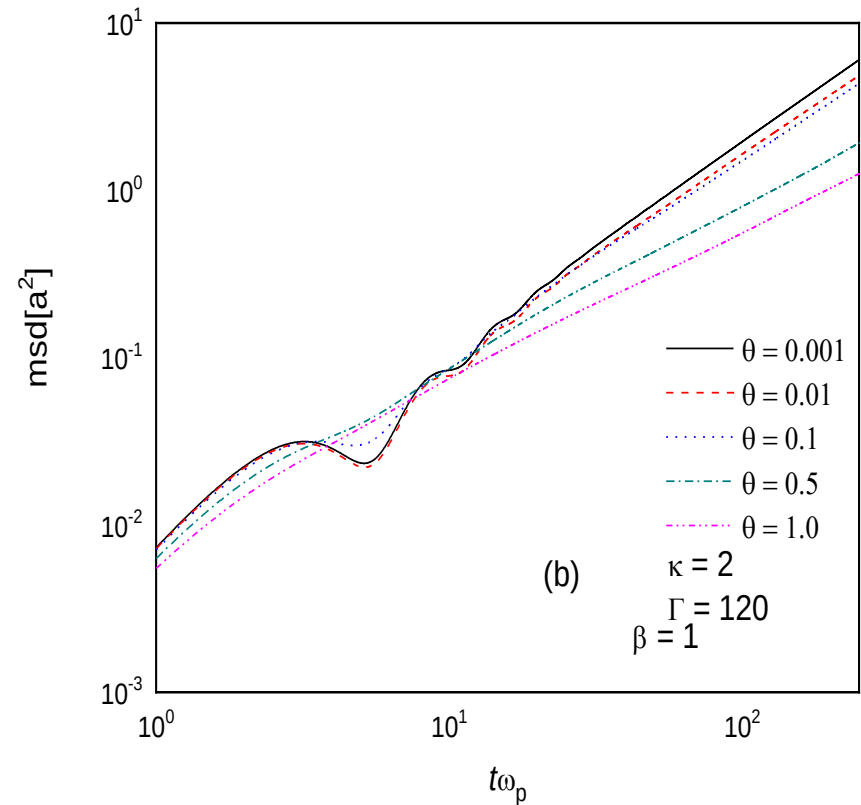
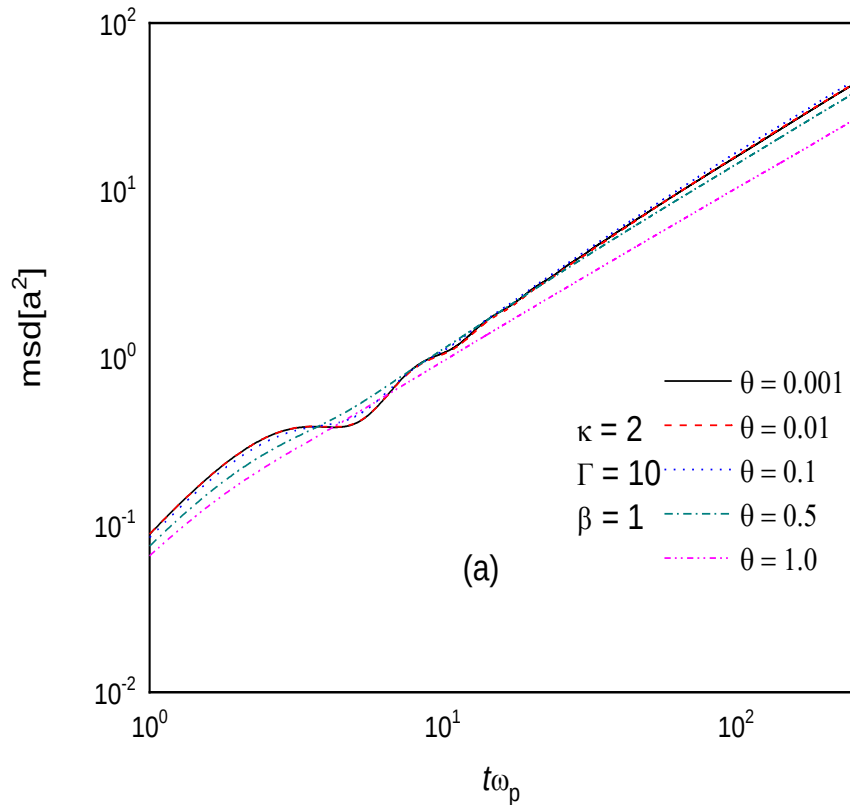
$$D = \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{\text{MSD}(t)}{2 * (\text{размерность системы}) t}$$



Среднеквадратичное смещение частиц для разных значений параметра связи



- Среднеквадратичное смещение частиц для разных значений параметра магнитного поля



- Влияние диссипации в системе на смещение частиц представлено на этом рисунке. Как можно видеть из рисунка, с увеличением трения в системе, уменьшается среднеквадратичное смещение частиц.