

МИКРОМИР С КОМПЛЕКСНЫМ ВРЕМЕНЕМ. КВАНТОВАЯ САМООРГАНИЗАЦИЯ.

И.Н. Таганов и В.-В.Е. Саари

1. Что является причиной быстро растущего количества различных интерпретаций квантовой механики и какую философскую дилемму они пытаются разрешить?
2. Можно ли обнаружить что-то новое с помощью анализа причин множественности интерпретаций квантовой механики?

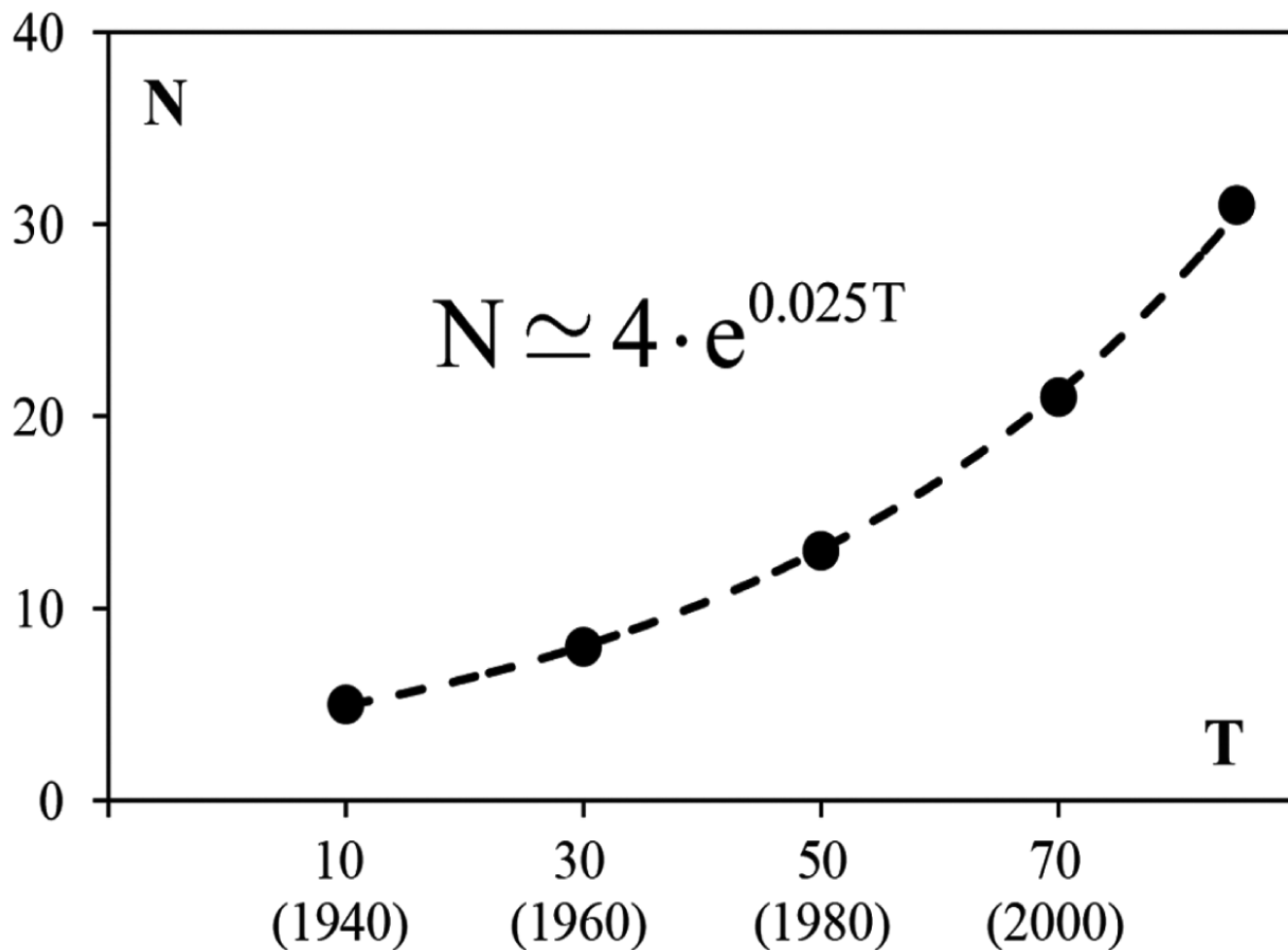
1

- В наше время хорошо разработаны **9** различных математических формализмов квантовой механики, которые вполне соответствуют экспериментальным данным: формализм волновой функции, матричный (операторный) формализм, интегрирование по траекториям, формализм фазового пространства, формализм матрицы плотности, осреднение вторичного квантования, вариационный формализм, формализм волны-пилота и формализм Гамильтона-Якоби.
- Кроме того известно более **30** философско-методологических интерпретаций квантовой механики и их число быстро возрастает.

2. Первые 10 интерпретаций квантовой механики

- **Max Born, 1926**
- **Niels Bohr, 1927**
- **Louis de Broglie, 1927,**
- **John v. Neumann, 1932**
- **Garrett Birkhoff, 1936**
- **David Bohm, 1952**
- **Satosi Watanabe, 1955**
- **Hugh Everett, 1957**
- **Edward Nelson, 1966**
- **Eugene Wigner, 1967**

3. Рост количества интерпретаций квантовой механики



4. Аксиоматика квантовой механики

- **Макс Планк (1900-1903)** **Луи де Бройль (1924)**
- **(1)** $\varepsilon = h\nu$ $\varepsilon = h\omega$ $h = h/2\pi$ **(2)** $p = h/\lambda$ $p = \hbar k$
- **Определения:** импульс $p = \hbar k$ энергия: $\varepsilon = p^2/2m$
- **Фазовая скорость: (3)** $w = \omega/k = \varepsilon/p = p/2m$
- **Групповая скорость: (4)** $u = d\omega/dk = d\varepsilon/dp = p/m$
- **Расплывание волнового пакета** $m > 0; \Delta k > 0$
 $u \neq w$ $u = 2w$

5. Уравнение Шредингера (1926)

- (5) $i\hbar \cdot \partial\psi/\partial t = -\hbar^2/2m \cdot \Delta\psi + \psi \cdot U$
- (6) $U = 0 \quad i\hbar \cdot \partial\psi/\partial t = -\hbar^2/2m \cdot \Delta\psi$
- (7) $\psi(x, t) = A \exp[i(\omega t - kx)]$
- (8) **Дисперсионное соотношение:** $\omega = \hbar/2m \cdot k^2$
- **Расплывание волнового пакета:** (9) $\Delta x ; \sqrt{\hbar/m \cdot t}$
- **Протон.** $m_p = 1,7 \cdot 10^{-24} \text{ Г.}$ $d_p = 1,75 \cdot 10^{-13} \text{ см.}$
 $d_p \cdot 10^9 : t ; m_p d_p^2 / \hbar = 10^{-4} \text{ сек}$



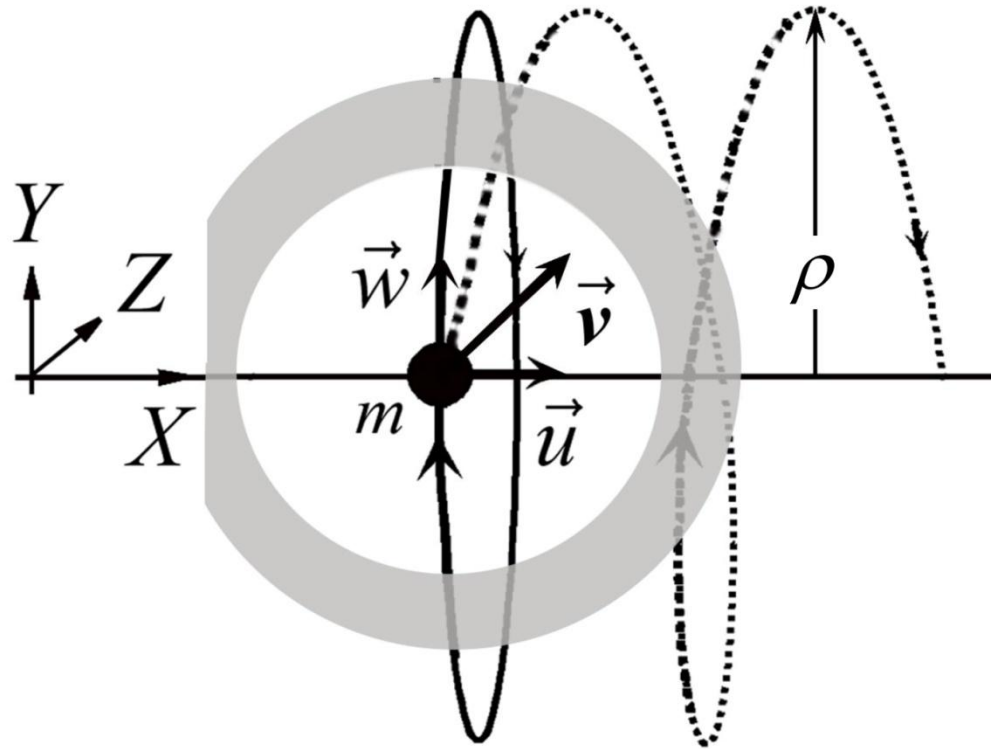
6. Комплексное время

$$T = at + ibt$$

$$r(T) = |r| \exp(itA) = |r| \exp[it(\nu - u/\lambda)]$$

Суперпозиции двух движений:

- вращения тела в плоскости YZ вокруг неподвижной оси с круговой частотой ω , радиусом ρ_1 , скоростью $\vec{W}$ и
- движения плоскости вращения тела YZ в направлении оси X со скоростью u .



7. Принцип наименьшего действия

$$dS/dt = d(E\Delta t)/dt = 0 \quad E\Delta t = h = \text{const}$$

- **Определения:** $\nu = \omega/2\pi \quad k = 2\pi/\lambda$
- **I. Энергия может быть определена как величина действия в единицу времени:** $E = S/\delta t = S\nu$
Следовательно: (10) $E = S\nu = h\nu = h\omega$
Это уравнение Планка.
- **II. Действие может быть определено как произведение импульса на единицу траектории движущегося тела:**
 $S = \dot{\mathbf{r}} \cdot \delta \dot{\mathbf{r}}$ **Следовательно для одномерного движения:**
(11) $p_x = S_x/\lambda = h/\lambda = hk$ **Это уравнение де Бройля.**
Радиус винтовой траектории $\rho = h/mv$
Протон 20 МэВ: $u ; 0.2c, \rho_p ; 10^{-13}; r_p ; 0.9 \cdot 10^{-13} \text{ см}$

8. Уравнения процессов самоорганизации

При выводе уравнений приняты предположения:

- 1. Время в микромире может быть представлено только комплексными числами
- 2. Движение в микромире определяется Принципом наименьшего действия.
- Принцип наименьшего действия $\delta \int E = 0$ приводит к уравнению Умова для плотности энергии:

$$(12) \quad \partial \rho_{\varepsilon} / \partial t + \operatorname{div}(\rho_{\varepsilon} \bar{u}) = 0$$

- В микромире с комплексным временем все функции времени тоже комплексные, поэтому $\rho_{\varepsilon} = \varepsilon \varepsilon^*$
а производная: $\partial \rho_{\varepsilon} / \partial t = \varepsilon^* \cdot \partial \varepsilon / \partial t + \varepsilon \cdot \partial \varepsilon^* / \partial t$

9. Линеаризация уравнения непрерывности

Для линеаризации используется процедура, предложенная Эрвином Маделунгом:

$$\bar{u} = A/i \cdot \nabla[\ln(\varepsilon/\varepsilon^*)] \quad \rho_\varepsilon \bar{u} = A/i \cdot (\varepsilon^* \nabla \varepsilon - \varepsilon \nabla \varepsilon^*)$$

После преобразований мы получим следующую систему уравнений:

$$(13) \quad \partial \varepsilon / \partial t + A/i \cdot \Delta \varepsilon + \varepsilon \cdot F = 0$$

$$\partial \varepsilon^* / \partial t - A/i \cdot \Delta \varepsilon^* - \varepsilon^* \cdot F = 0 \quad (14) \quad F \neq 0$$

- 1. При $A = -\hbar/2mi$ и $F = -U/i\hbar$ из (13) мы получаем классическое неоднородное уравнение Шредингера: $i\hbar \cdot \partial \varepsilon / \partial t = -\hbar^2/2m \cdot \Delta \varepsilon + \varepsilon \cdot U$
- Но уравнение Шредингера для свободного движения частицы из (13) получить нельзя в силу (14): $F \neq 0$

10. Уравнения процессов самоорганизации

- 2. Приняв в (13): $A = 1/2$ и $F = -\gamma/i \cdot |\varepsilon|^2 \varepsilon$ мы получим так называемое нелинейное уравнение Шредингера:

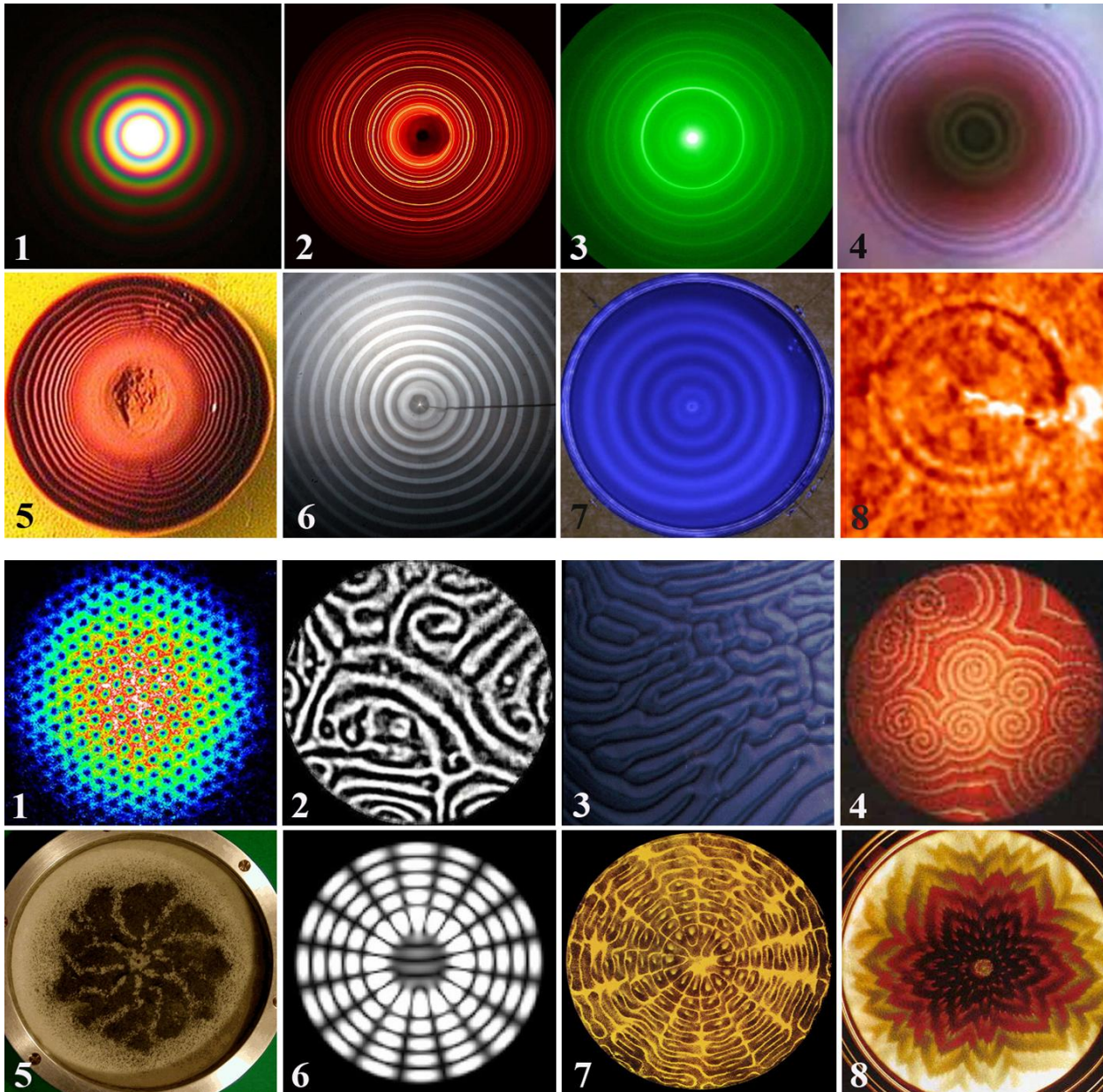
$$i \cdot \partial \varepsilon / \partial t = -1/2 \cdot \Delta \varepsilon + \gamma |\varepsilon|^2 \varepsilon$$

Это уравнение описывает движение устойчивого солитона, а также процессы квантовой самоорганизации в физике плазмы и в нелинейной оптике.

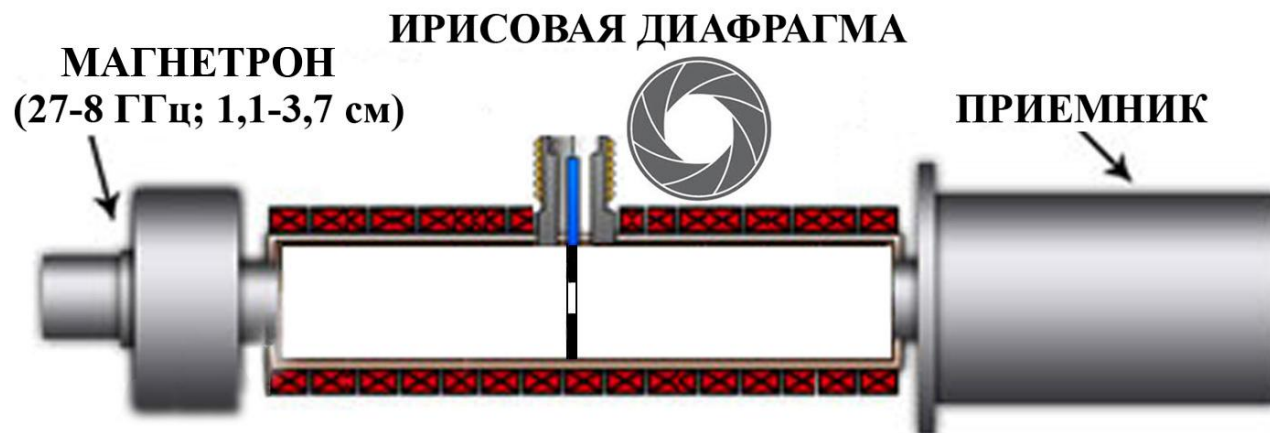
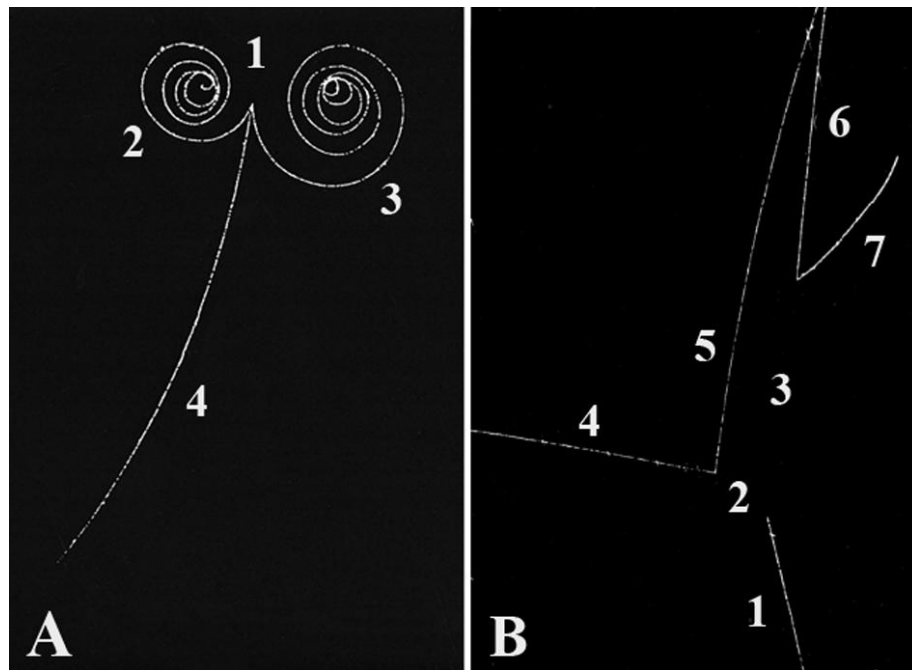
- 3. Приняв в (13): $A = iD$ и $F = -R(\varepsilon)$ мы получим класс уравнений, описывающих процессы самоорганизации в химических реакциях с диффузией:

$$\partial \varepsilon / \partial t = D \cdot \Delta \varepsilon + R(\varepsilon) \cdot \varepsilon$$

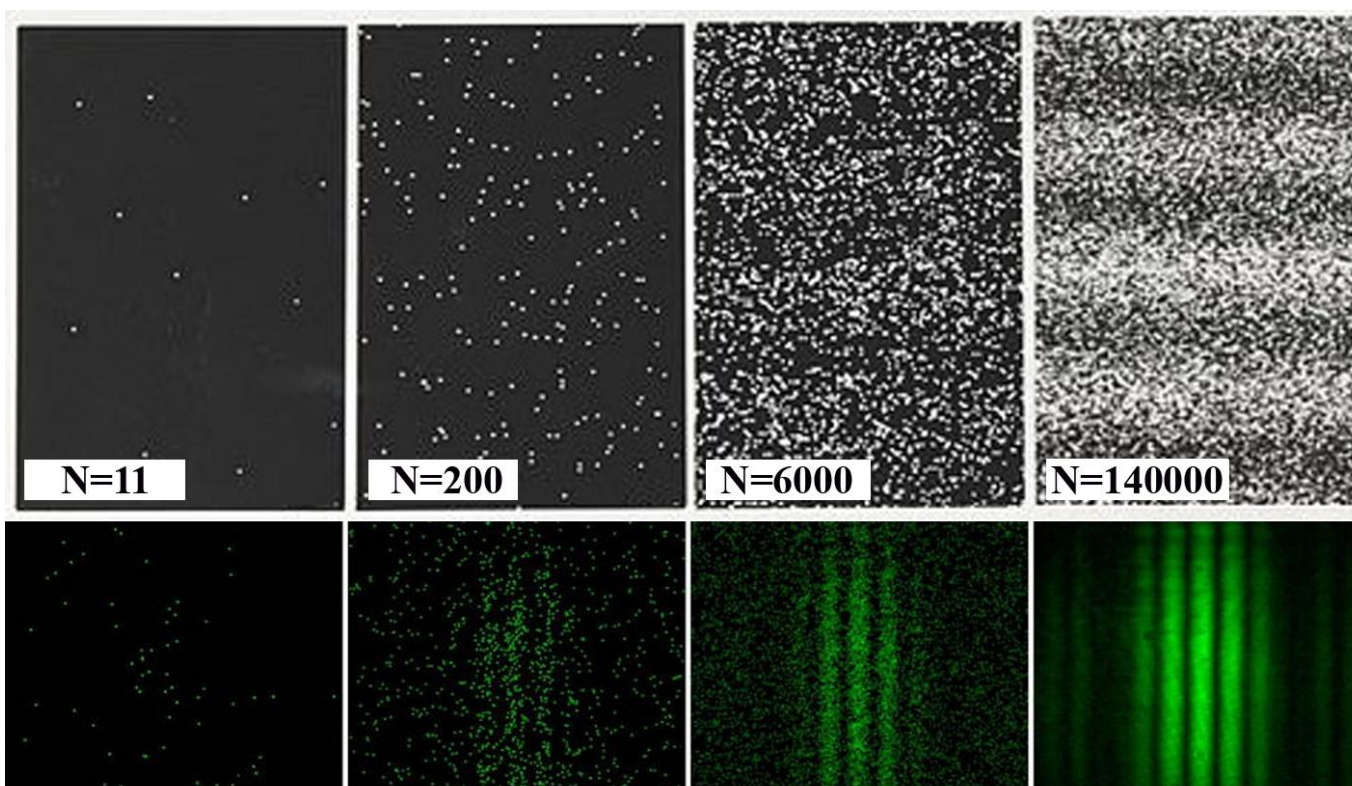
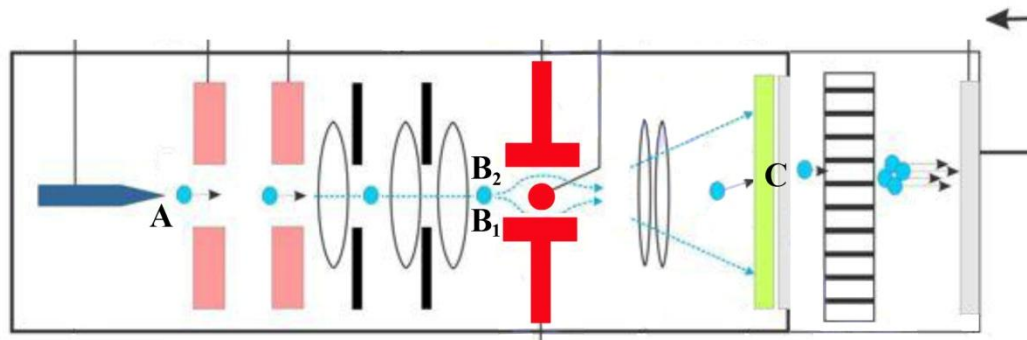
11. Фигуры самоорганизации



12. Траектории микрочастиц



13. Двух-щелевой одно-частичный эксперимент



14. Соотношения неопределенностей и корреляция флуктуаций при самоорганизации

- Соотношение неопределенностей Гейзенберга:

$$(16) \Delta p_x \cdot \Delta x \geq h/2$$

$$\Delta \varepsilon = u \Delta p_x \quad \Delta \tau = \Delta x / u$$

- Соотношение неопределенностей Мандельштама-Тамма

$$(17) \Delta \varepsilon \cdot \Delta \tau \geq h/2$$

- Существуют ли еще и другие соотношения неопределенностей, например, вида:

$$\Delta \varepsilon / \Delta \tau \geq f(\varepsilon, \dots) \quad \text{или} \quad \Delta \varepsilon \cdot \Delta \tau \geq f(\varepsilon, \dots)$$

15. Вывод нового соотношения неопределенностей из Принципа наименьшего действия

- Принцип наименьшего действия: $dS/d\tau = d(\varepsilon\tau)/d\tau = 0$

После дифференцирования: (18) $d\varepsilon \cdot \tau + \varepsilon \cdot d\tau = 0$

Заменяя дифференциалы на неопределенности:

$$d\varepsilon : \pm\Delta\varepsilon \quad d\tau : \pm\Delta\tau$$

Преобразуем (18): $d\varepsilon \cdot \tau + \varepsilon \cdot d\tau = 0 \Rightarrow \Delta\varepsilon/\Delta\tau \geq \text{const} \cdot \varepsilon/\tau$

- Применяя энергетический эквивалент массы $\varepsilon = mc^2$

Можно получить: $\Delta m/\Delta\tau \geq \text{const} \cdot m/\tau$

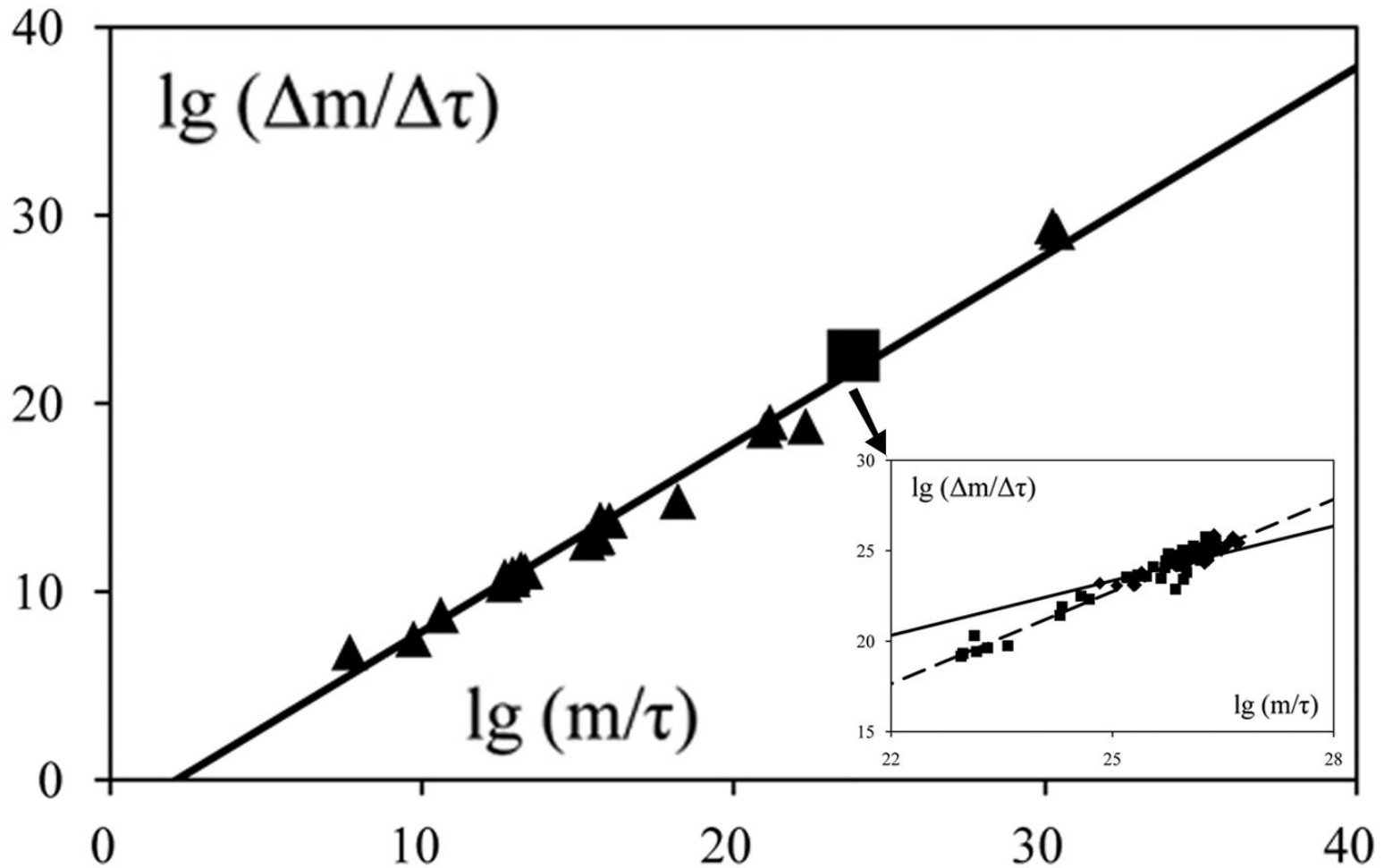
Безразмерная константа должна определяться постоянной

Планка и скоростью света:

$$(19) \Delta m/\Delta\tau \geq \alpha \cdot m/\tau \quad \alpha = e^2/\hbar c; \quad 7.3 \cdot 10^{-3}$$

постоянная тонкой структуры

16. Статистика флуктуаций характеристик частиц



17. Вывод нового соотношения неопределенностей

- Термодинамическое соотношение, связывающее работу r , свободную энергию f , энергию, температуру T и энтропию s в конечно-разностной форме имеет вид:

$$(20) \quad \Delta\varepsilon = \Delta f + T\Delta s$$

- Для безразмерной энтропии температура в энергетических единицах определяет среднюю энергию процесса $T = \varepsilon$. Умножая обе части (20) на $\Delta\tau \geq \tau_0 > 0$ получим при $\tau_0\Delta f \geq h/2$: (21) $\Delta\varepsilon \cdot \Delta\tau \geq h/2 + (\tau_0\Delta s) \cdot \varepsilon$
Применив соотношение $\varepsilon = mc^2$ и приняв во внимание, что для микрочастиц $\tau_0\Delta s \cdot mc^2 \geq h/2$, формулу (21) можно преобразовать к виду:

$$(22) \quad \Delta m/m \geq (\tau_0\Delta s)/\Delta\tau$$

18. Статистика флуктуаций характеристик частиц

