

Уральский Государственный Лесотехнический
Университет



СИСТЕМЫ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Лабунец В.Г.



Екатеринбург 2020



Уральский Государственный Лесотехнический
Университет



МОДУЛЬ 4. КВАНТОВЫЕ КОМПЬЮТЕРЫ И МОЗГ

Екатеринбург 2020

СОДЕРЖАНИЕ



1. Детерминированные автоматы

“How wonderful are the things the Lord does! All who are delighted with them want to understand them“

Good News Bible, Psalm 111:2

2. Вероятностные автоматы

3. Квантовые автоматы

“Первый глоток из стакана знания делает нас атеистами. Но на дне нас ожидает Бог“

В. Гейзенберг

4. Является ли нейрон квантовым компьютером?



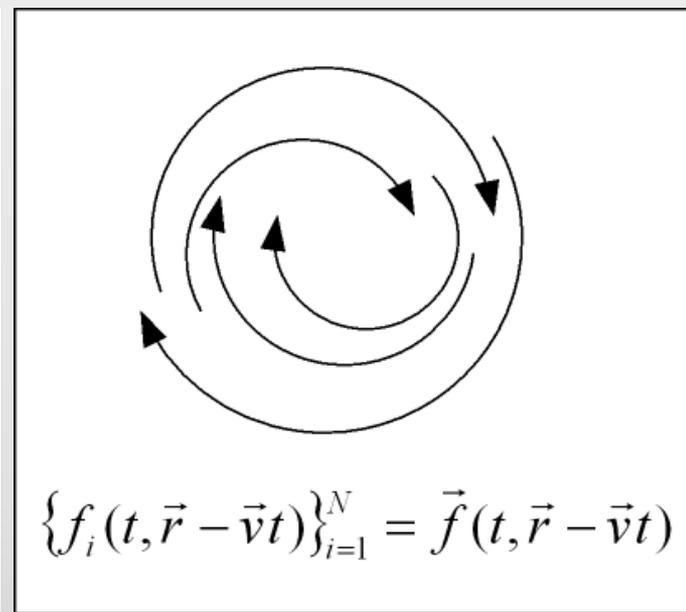
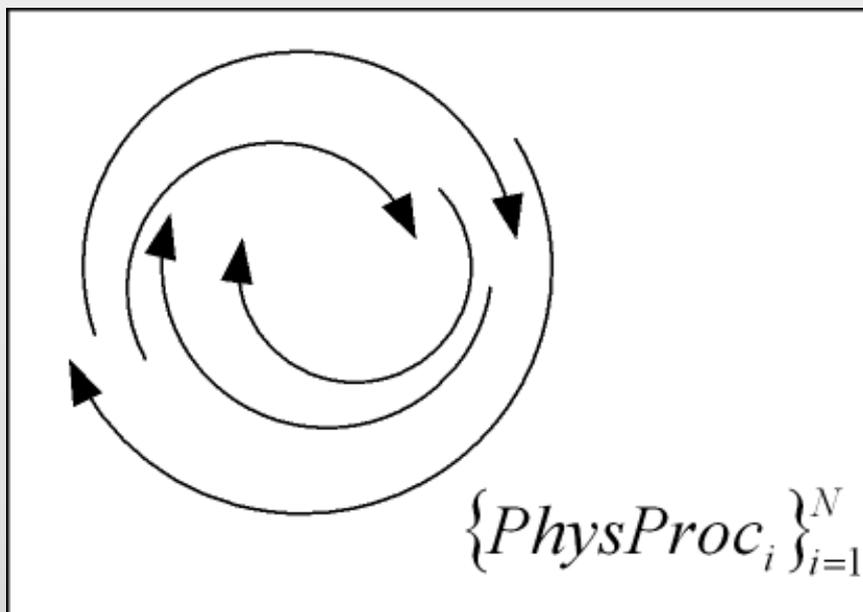
Детерминированные автоматы



Детерминированные системы



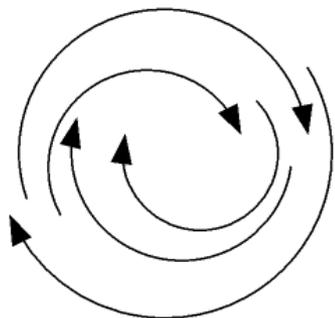
Что есть динамическая система?



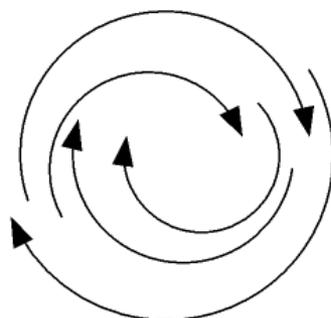
Детерминированные системы



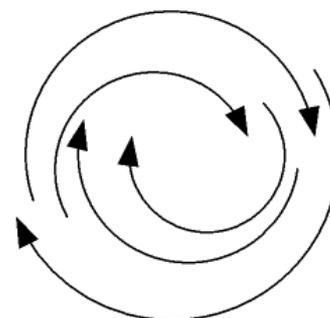
Наблюдатель и динамическая система



$$\vec{x}(t, \vec{r} - \vec{v}t)$$



$$\vec{q}(t, \vec{r} - \vec{v}t)$$



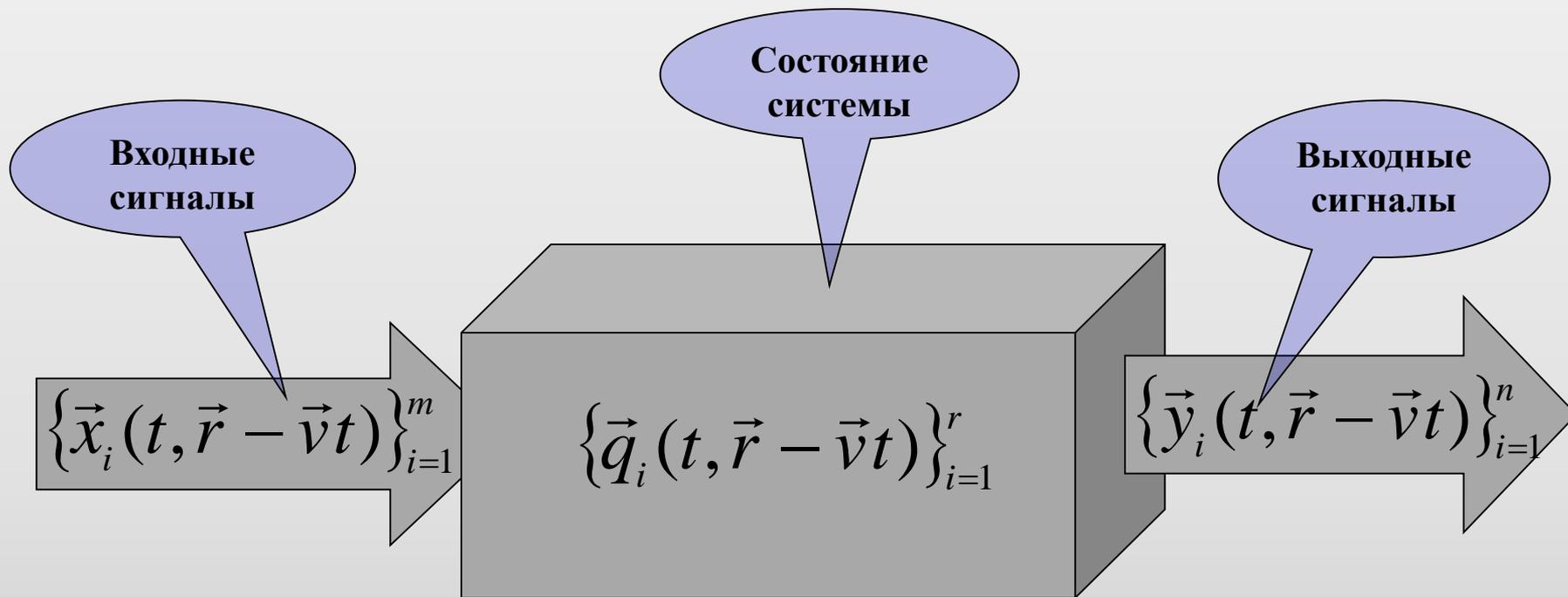
$$\vec{y}(t, \vec{r} - \vec{v}t)$$

$$\vec{f}(t, \vec{r} - \vec{v}t) = \begin{bmatrix} \vec{x}(t, \vec{r} - \vec{v}t) \\ \vec{q}(t, \vec{r} - \vec{v}t) \\ \vec{y}(t, \vec{r} - \vec{v}t) \end{bmatrix}$$

Детерминированные системы



ДС как “черный ящик”



Конечные автоматы



Таблица переходов и выходов конечного автомата

ψ	q_0	q_1	...	q_{r-1}
x_0	$q_{i_0,0}$	$q_{i_0,1}$	...	$q_{i_0,r-1}$
x_1	$q_{i_1,0}$	$q_{i_1,1}$	...	$q_{i_1,r-1}$
...
x_{n-1}	$q_{i_{n-1},0}$	$q_{i_{n-1},1}$	...	$q_{i_{n-1},r-1}$

Φ	q_0	q_1	...	q_{r-1}
x_0	$y_{i_0,0}$	$y_{i_0,1}$	...	$y_{i_0,r-1}$
x_1	$y_{i_1,0}$	$y_{i_1,1}$	...	$y_{i_1,r-1}$
...
x_{n-1}	$y_{i_{n-1},0}$	$y_{i_{n-1},1}$	...	$y_{i_{n-1},r-1}$

$$\mathbf{q}(n) = \Psi [\mathbf{q}(n-1), \mathbf{x}(n)]$$

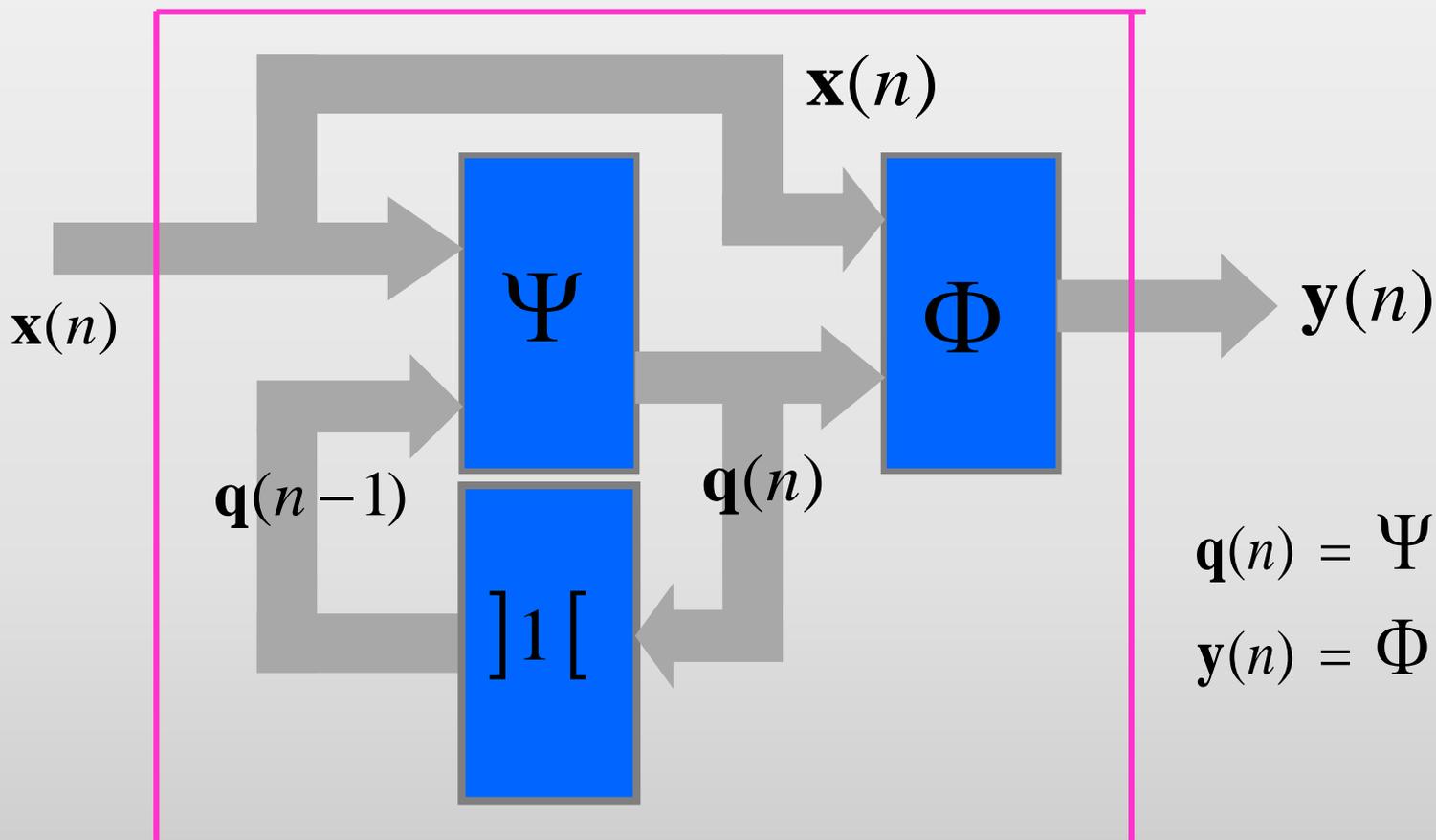
$$\mathbf{y}(n) = \Phi [\mathbf{q}(n), \mathbf{x}(n)]$$



Конечные автоматы



Функциональная схема конечного автомата

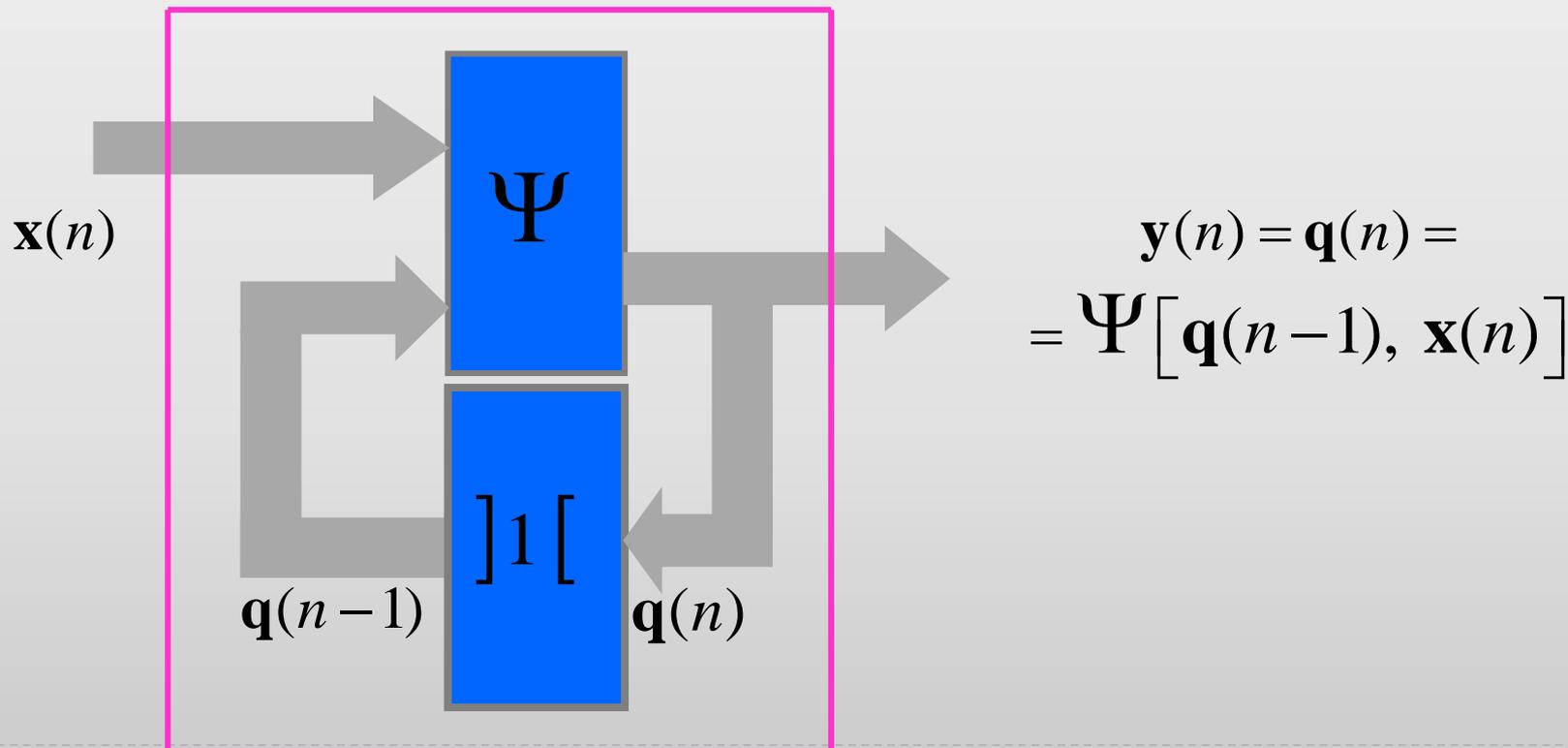


Конечные автоматы



Закон функционирования конечного автомата

$$X = \{x^0, x^1, \dots, x^{n-1}\} \quad Q = \{q^0, q^1, \dots, q^{r-1}\} \quad Y = \{y^0, y^1, \dots, y^{m-1}\}$$



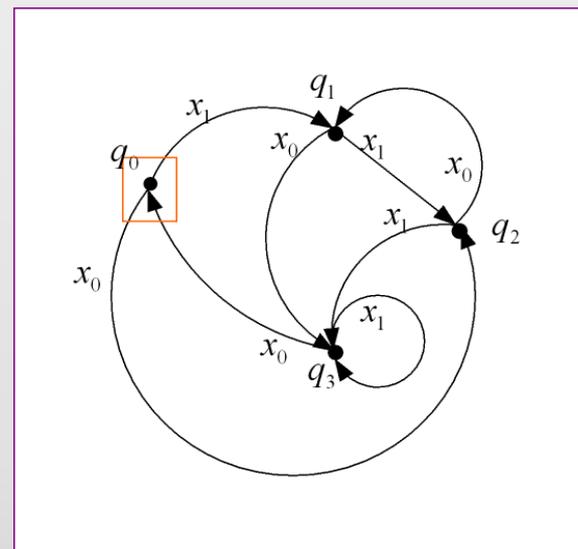
Конечные автоматы



Таблица и граф переходов КА в пространстве состояний

$$q(n) = \Psi [q(n-1), \mathbf{x}(n)]$$

ψ	q_0	q_1	...	q_{r-1}
x_0	$q_{i_{0,0}}$	$q_{i_{0,1}}$	...	$q_{i_{0,r-1}}$
x_1	$q_{i_{1,0}}$	$q_{i_{1,1}}$	...	$q_{i_{1,r-1}}$
...
x_{n-1}	$q_{i_{n-1,0}}$	$q_{i_{n-1,1}}$	...	$q_{i_{n-1,r-1}}$



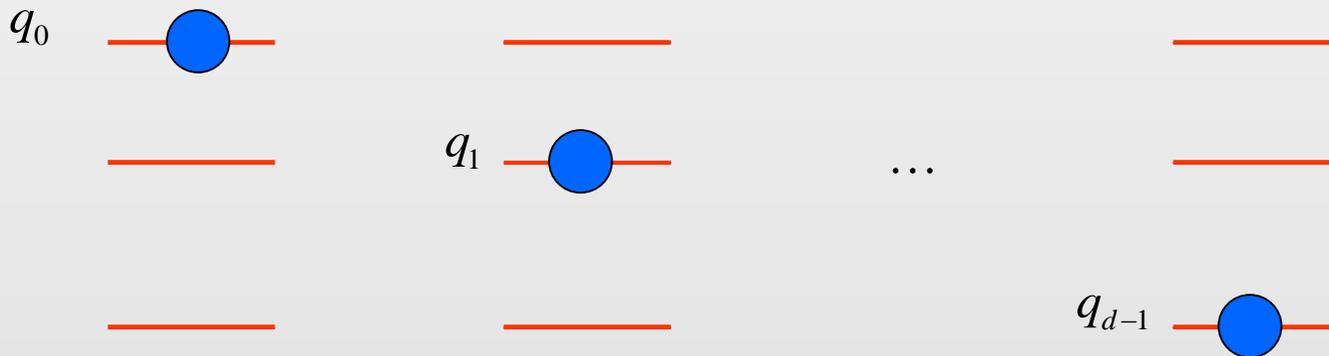
$x_0 \quad x_0 \quad x_1 \quad x_1 \quad x_0 \quad x_1 \quad x_1 \quad x_1$
 $q_0 \quad q_2 \quad q_3 \quad q_3 \quad q_0 \quad q_1 \quad q_2 \quad q_3$



Конечные автоматы



Графическое и векторное представление состояний конечного автомата



$$q_0 \rightarrow |0\rangle = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$q_1 \rightarrow |1\rangle = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$q_{d-1} \rightarrow |d-1\rangle = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ \vdots \\ 1 \end{bmatrix}$$





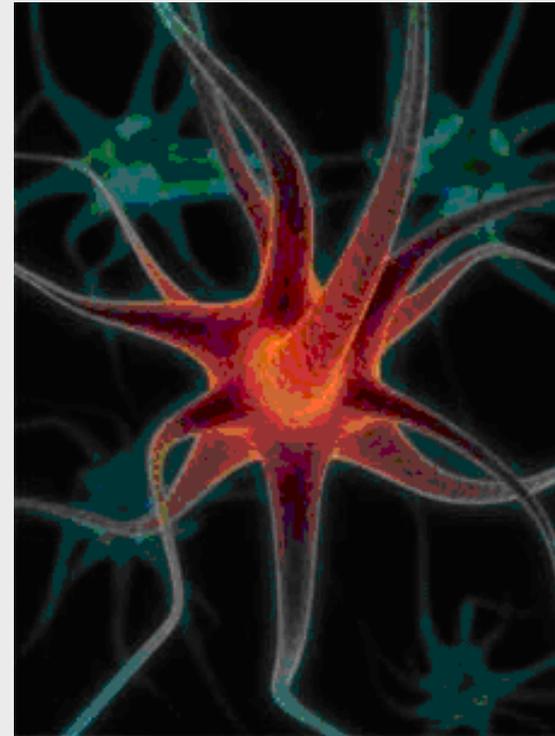
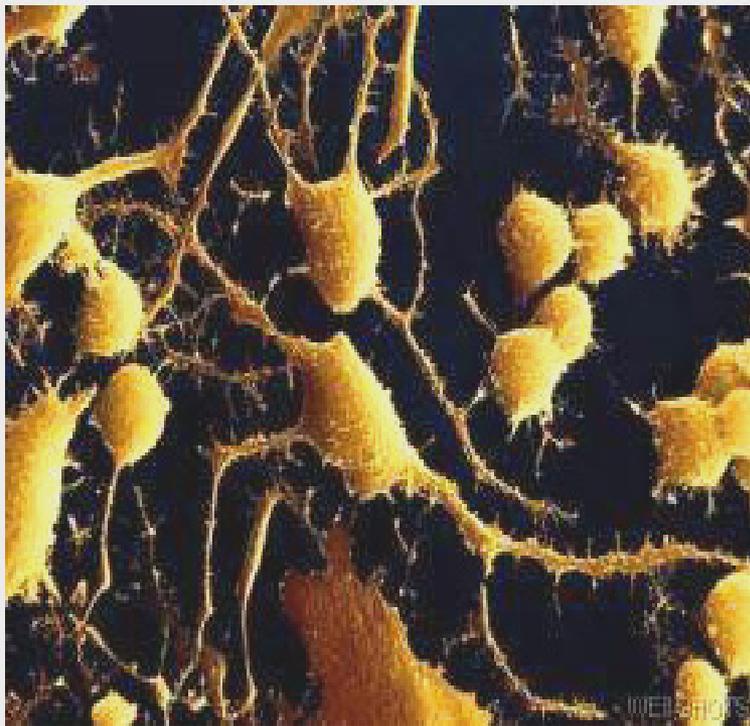
Нейроны



Нейроны



Нейроны мозга человека

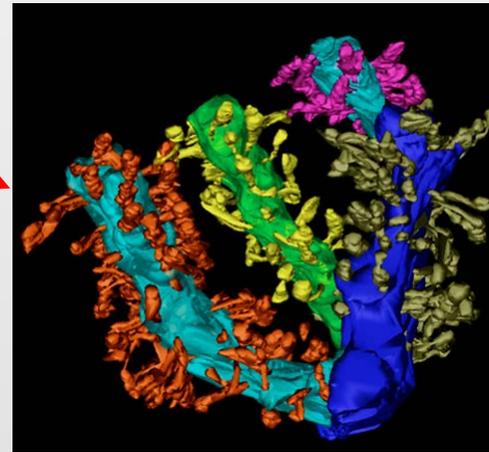
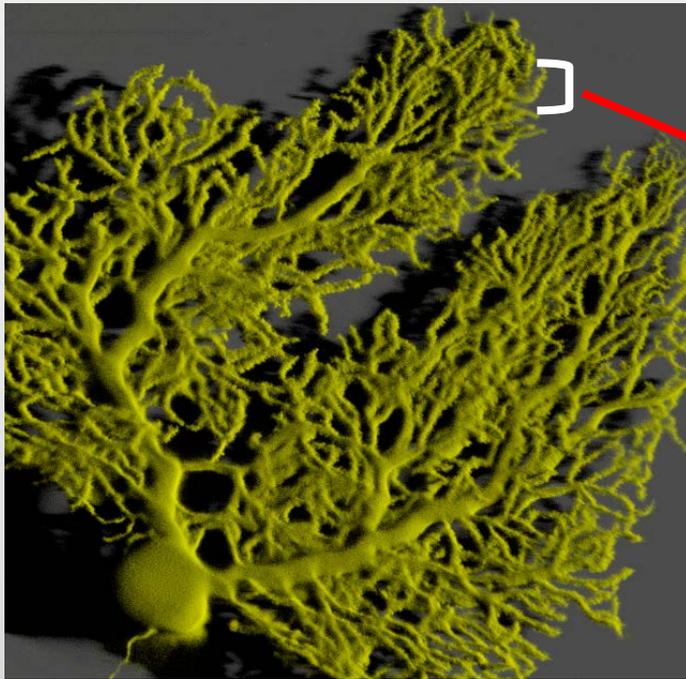


Мозг человека содержит 10^{12} нейронов

Нейроны



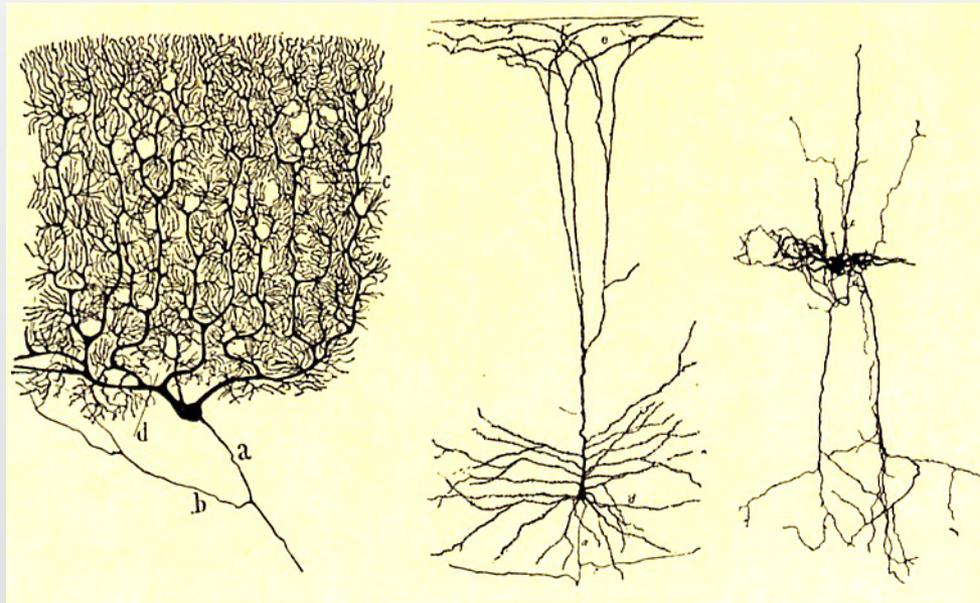
1.2. 3D структура нейрона



Нейроны



1.3. Типы нейронов



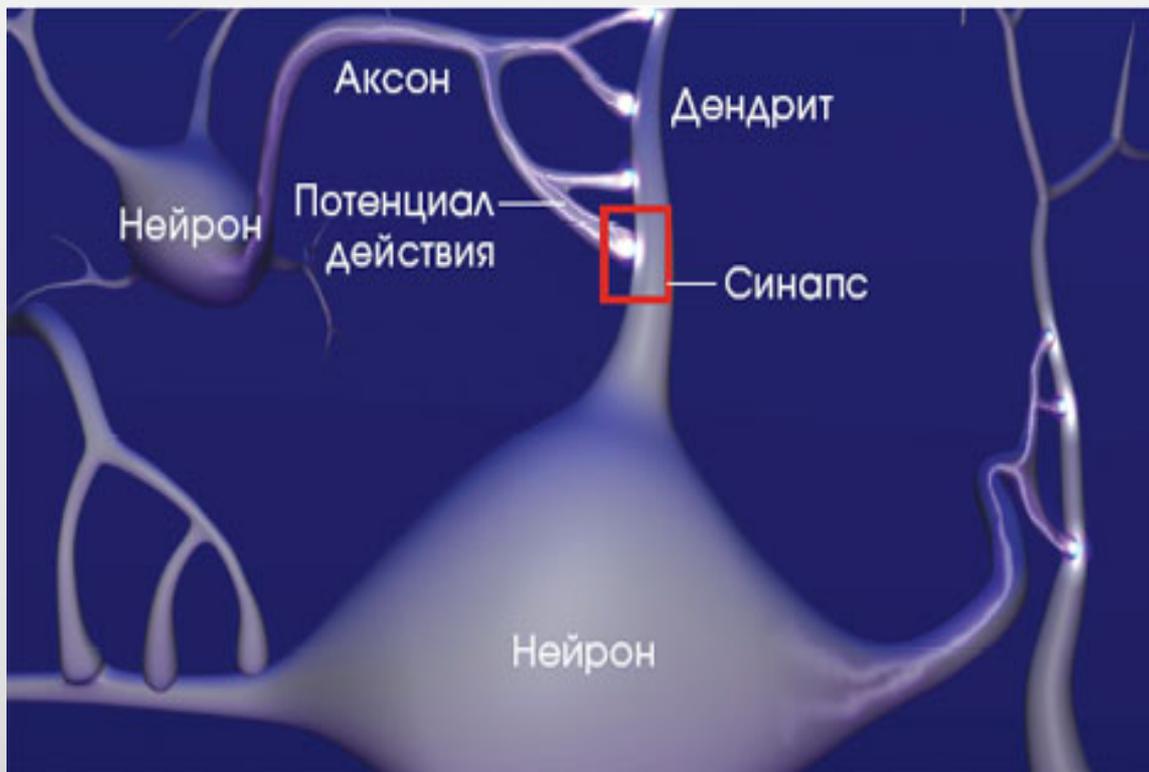
- a) Нейрон Пуркинье в мозжечке (полная высота клетки с дендритным деревом составляет около 1мм)
- b) Пирамидальный нейрон коры больших полушарий
- c) Звездчатая клетка коры



Нейроны



1.4. Связи нейронов



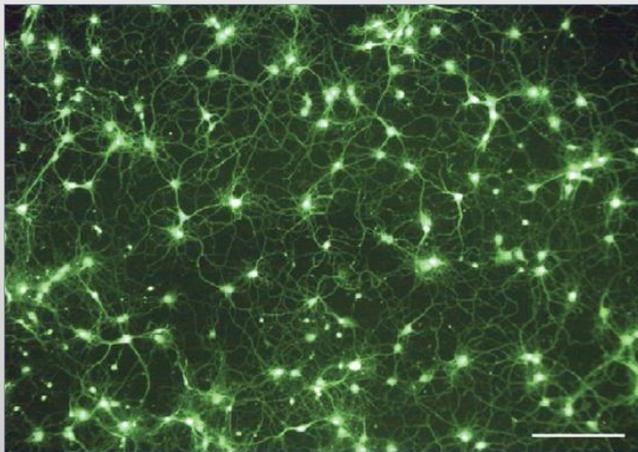
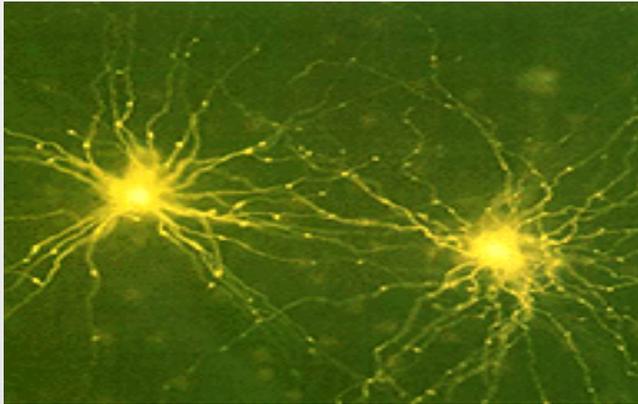
- ▶ Число нейронов: $\sim 10^{12}$
- ▶ Число синапсов на нейрон: $\sim 10^4$ to 10^5
- ▶ Время переключения нейрона: ~ 0.001 сек



Нейроны



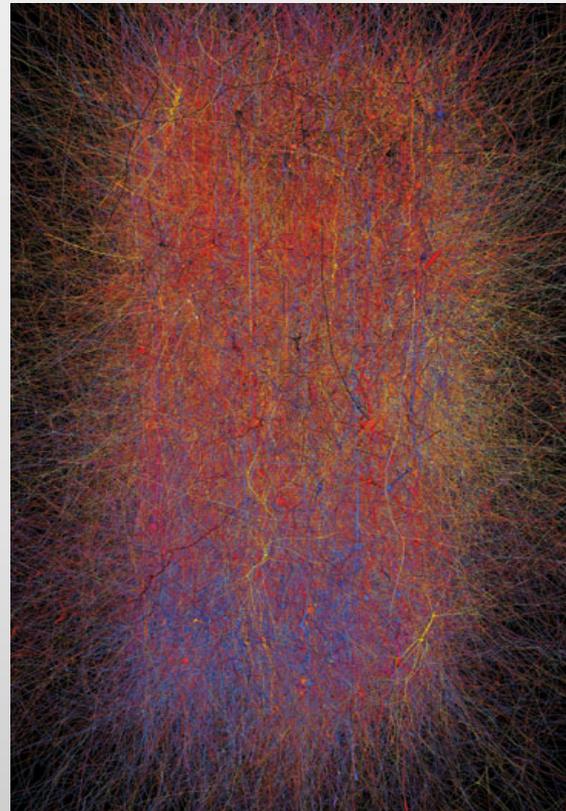
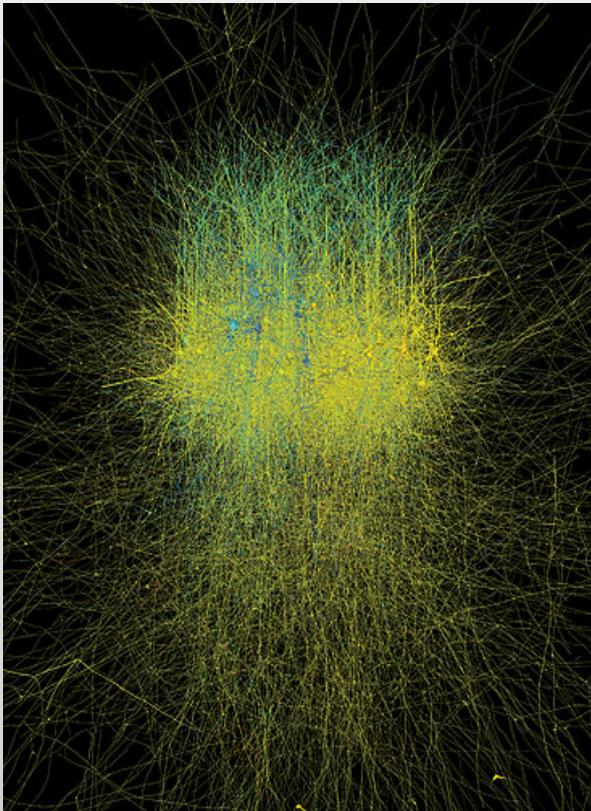
1.5. Нейронные сети (2, 10, 100 и 1000 нейронов)



Нейроны



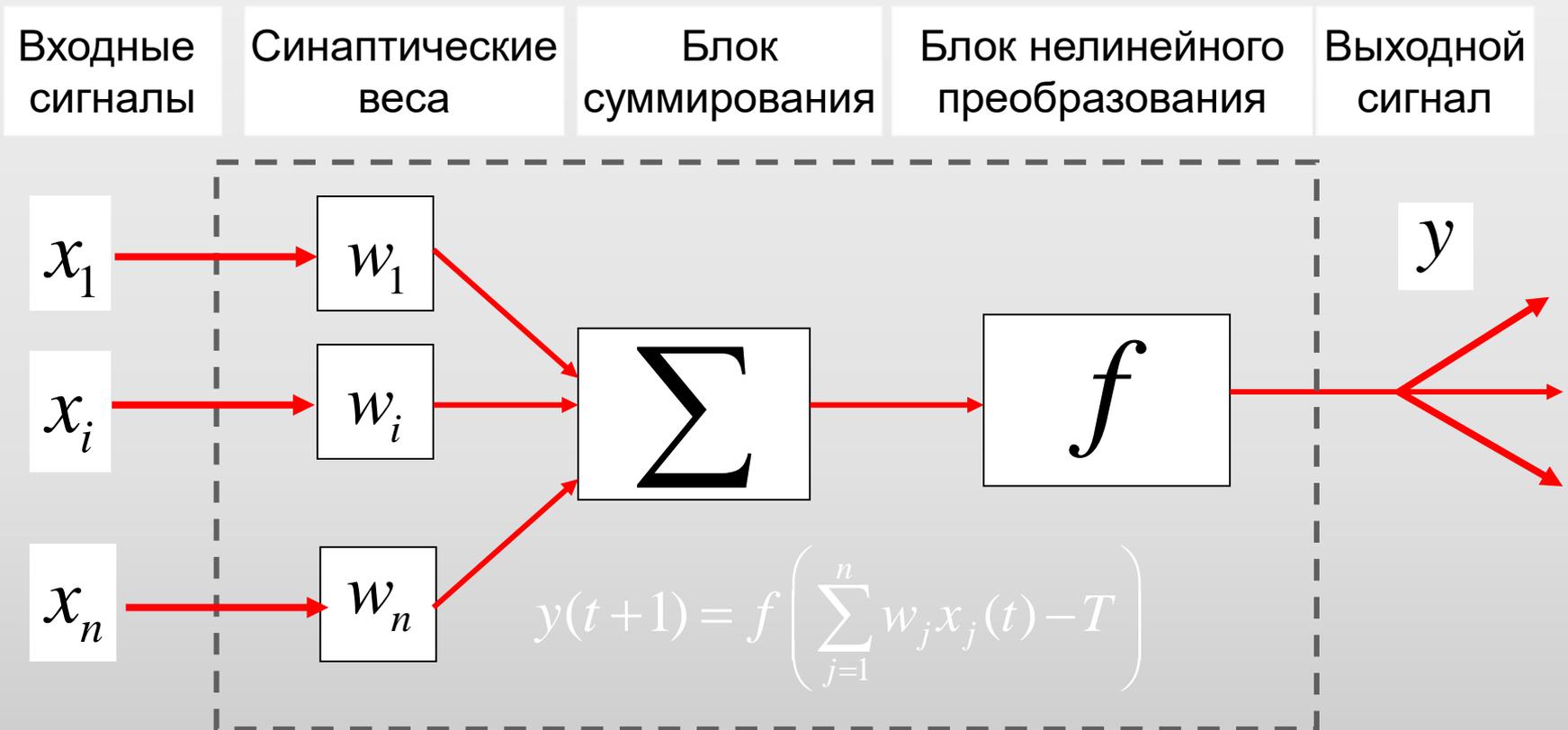
1.6. Нейронные сети (10 000 и 50 000 нейронов)



Нейроны



1.7. Математическая модель нейрона





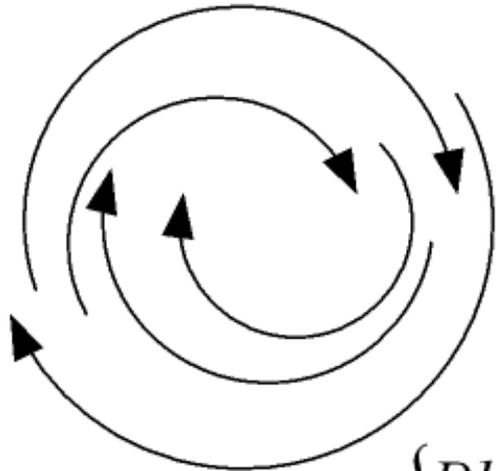
АВТОМАТЫ



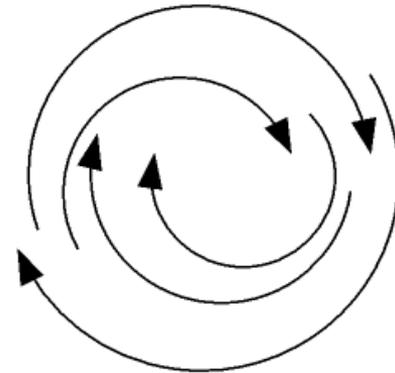
Детерминированные автоматы



2.1. Что есть динамическая система?



$$\{PhysProc_i\}_{i=1}^N$$



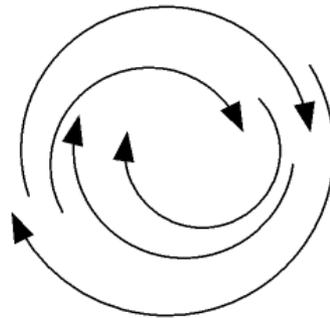
$$\{f_i(t, \vec{r} - \vec{v}t)\}_{i=1}^N = \vec{f}(t, \vec{r} - \vec{v}t)$$



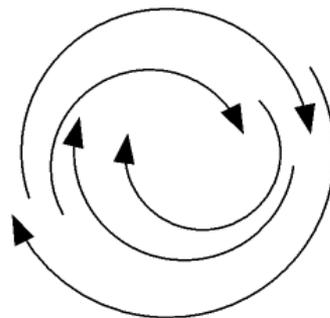
Детерминированные автоматы



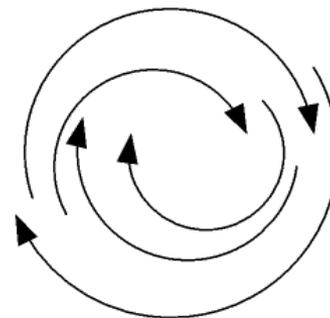
2.2. Наблюдатель и ДС



$$\tilde{x}(t, \vec{r} - \vec{v}t)$$



$$\tilde{q}(t, \vec{r} - \vec{v}t)$$



$$\tilde{y}(t, \vec{r} - \vec{v}t)$$

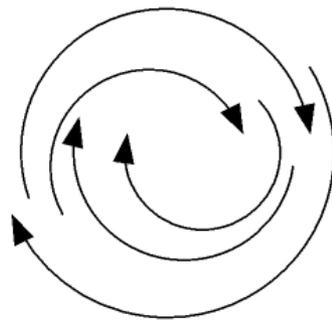
$$\vec{f}(t, \vec{r} - \vec{v}t) = \begin{bmatrix} \tilde{x}(t, \vec{r} - \vec{v}t) \\ \tilde{q}(t, \vec{r} - \vec{v}t) \\ \tilde{y}(t, \vec{r} - \vec{v}t) \end{bmatrix}$$



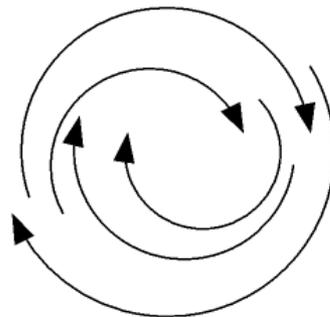
Детерминированные автоматы



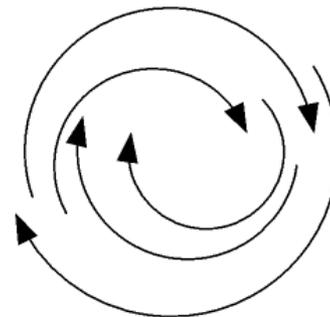
2.2. Наблюдатель и ДС



$$\vec{x}(t, \vec{r} - \vec{v}t)$$



$$\vec{q}(t, \vec{r} - \vec{v}t)$$



$$\vec{y}(t, \vec{r} - \vec{v}t)$$

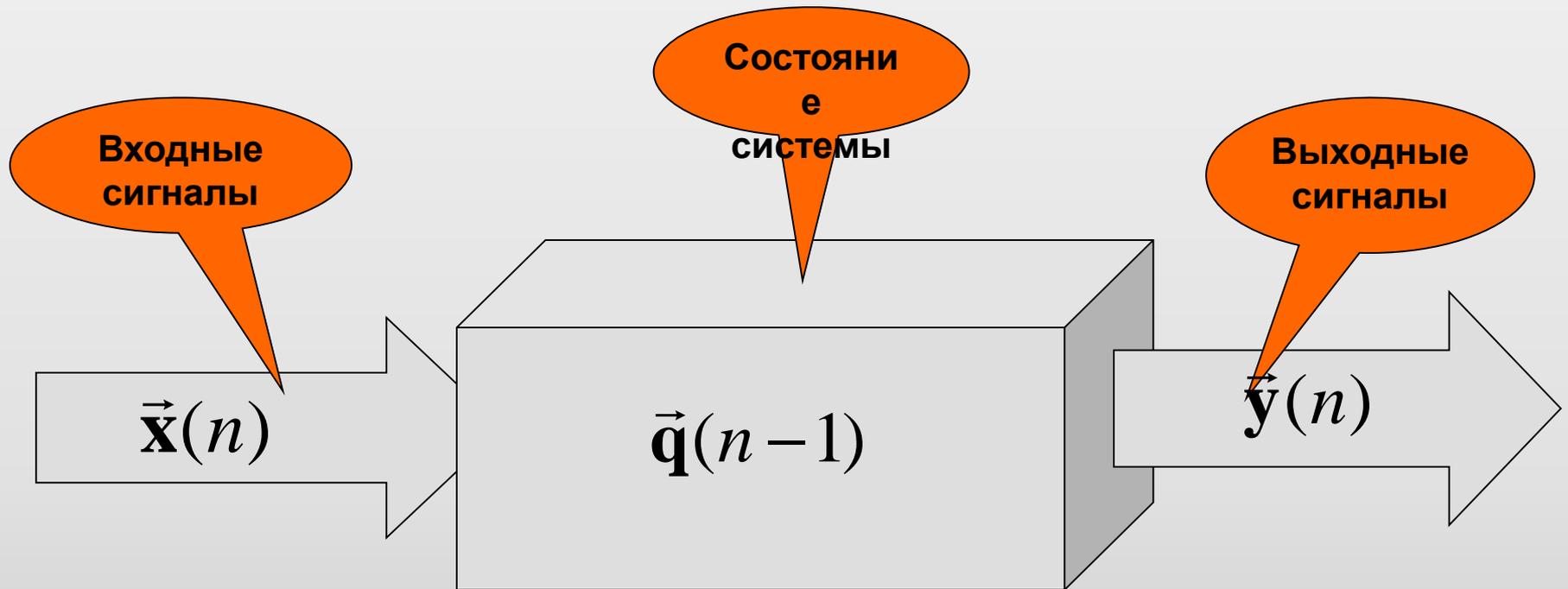
$$\vec{f}(t, \vec{r} - \vec{v}t) = \begin{bmatrix} \vec{x}(t, \vec{r} - \vec{v}t) \\ \vec{q}(t, \vec{r} - \vec{v}t) \\ \vec{y}(t, \vec{r} - \vec{v}t) \end{bmatrix}$$



Детерминированные автоматы



2.3. ДС как “черный ящик”



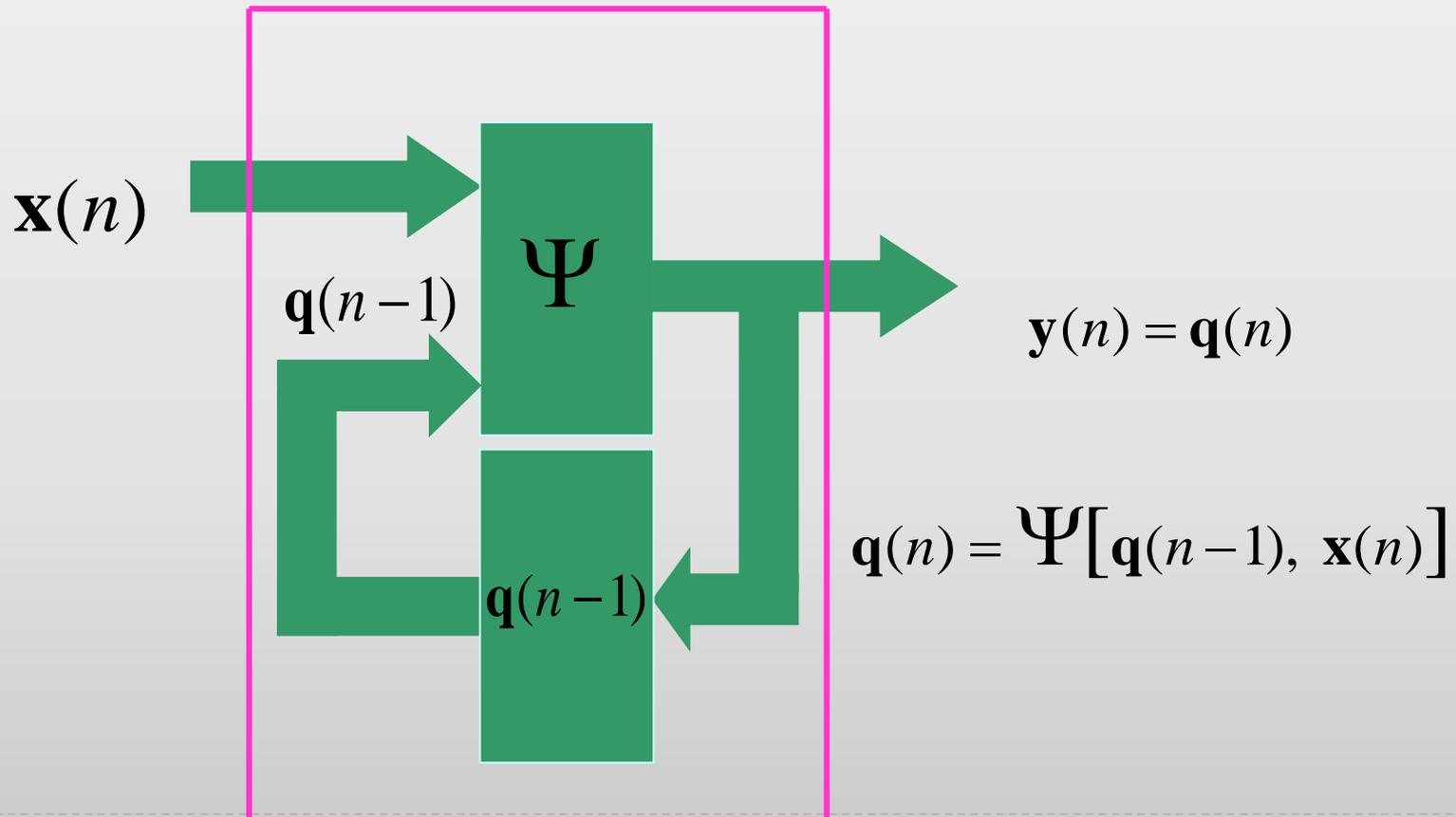
$$\vec{y}(n) = \vec{q}(n-1)$$



Детерминированные автоматы



2.5. Функциональная схема «простого» конечного автомата



Детерминированные автоматы



Детерминированные автоматы



Детерминированные автоматы



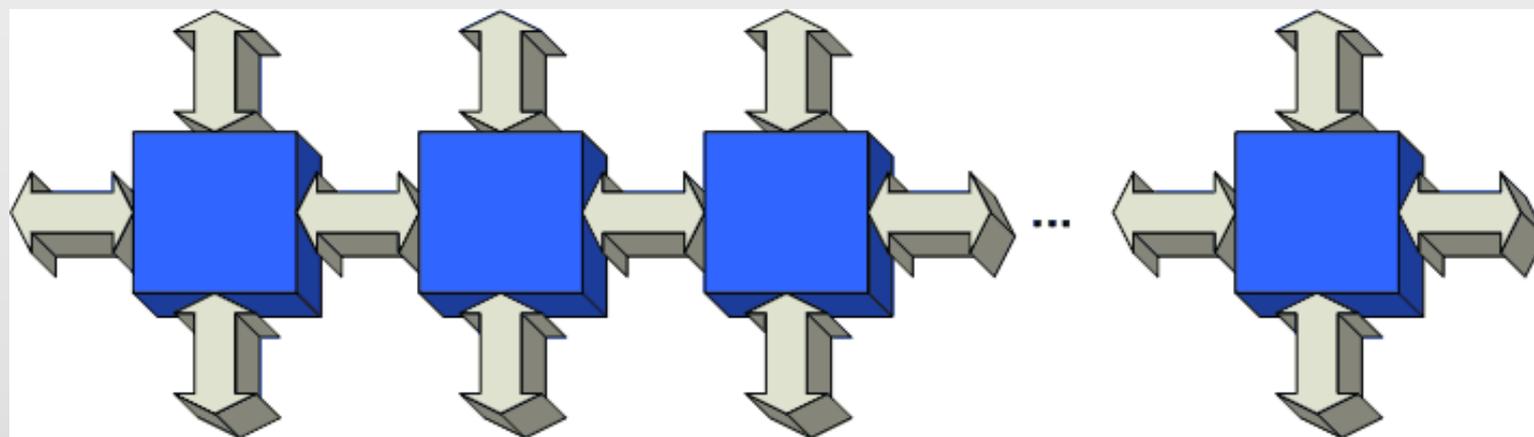
Детерминированные автоматы



Квантовая нить Шредингера



Квантовая диффузионная нить – квантовый клеточный автомат, т.е. линейно – распределенная динамическая система, состоящая из взаимодействующих квантовых клеток-автоматов



Линейная квантовая плоскость Шредингера



$$\frac{\partial \psi}{\partial t} \approx \frac{\psi^{k+1}(n, m) - \psi^k(n, m)}{\tau} \quad \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \approx \frac{w^k(n+1, m) - 2w^k(n, m) + w^k(n, m)}{h^2}$$

$$\frac{\psi^{k+1}(n, m) - \psi^k(n, m)}{\tau} = D \left[\frac{\psi^k(n+1, m) - 2\psi^k(n, m) + \psi^k(n-1, m)}{h^2} + \frac{\psi^k(n, m+1) - 2\psi^k(n, m) + \psi^k(n, m-1)}{h^2} \right]$$

$$\psi^{k+1}(n, m) = \psi^k(n, m) + D \frac{\tau}{h^2} \left[\psi^k(n+1, m) + \psi^k(n-1, m) - 4\psi^k(n, m) + \psi^k(n, m+1) + \psi^k(n, m-1) \right]$$



$$\psi^{k+1}(n, m) = \psi^k(n, m) + D \frac{\tau}{h^2}$$

	$\psi^k(n-1, m)$	
$\psi^k(n, m-1)$	$-4 \cdot \psi^k(n, m)$	$\psi^k(n, m+1)$
	$\psi^k(n+1, m)$	

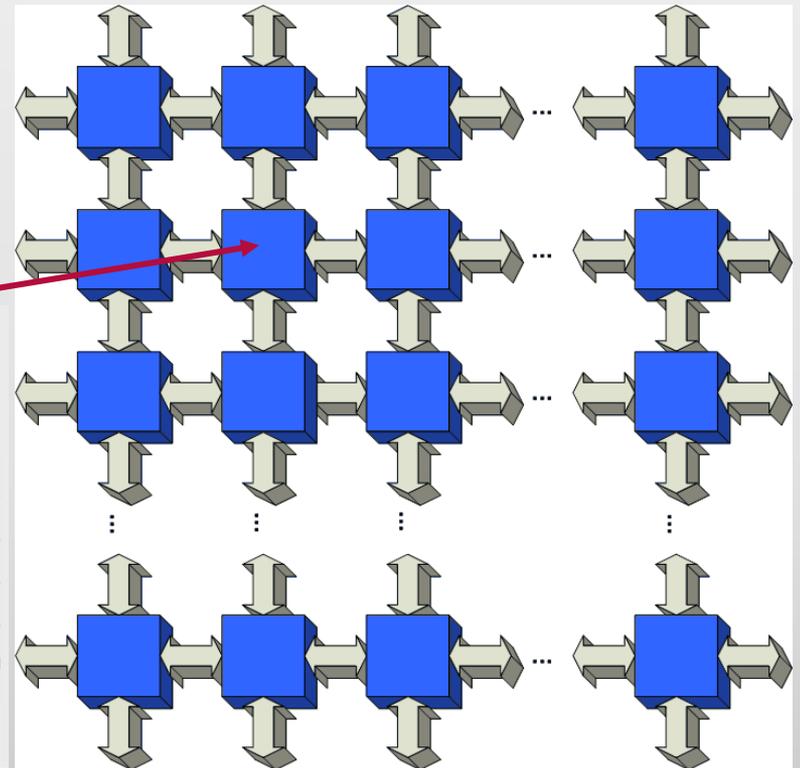
ЗФ ЛКВП Шредингера



Линейная квантовая плоскость Шредингера – квантовый клеточный автомат, т.е. распределенная на плоскости динамическая система, состоящая из взаимодействующих квантовых клеток-автоматов

$$\psi^{k+1}(n, m) = \psi^k(n, m) +$$

$$+iD \frac{\tau}{h^2} \left[\begin{array}{ccc} \square & \psi_t(n-1, m) & \\ \psi_t(n, m-1) & -4\psi_t(n, m) & \psi_t(n, m+1) \\ \square & \psi_t(n+1, m) & \square \end{array} \right]$$



ЗФ НЛКВП Шредингера



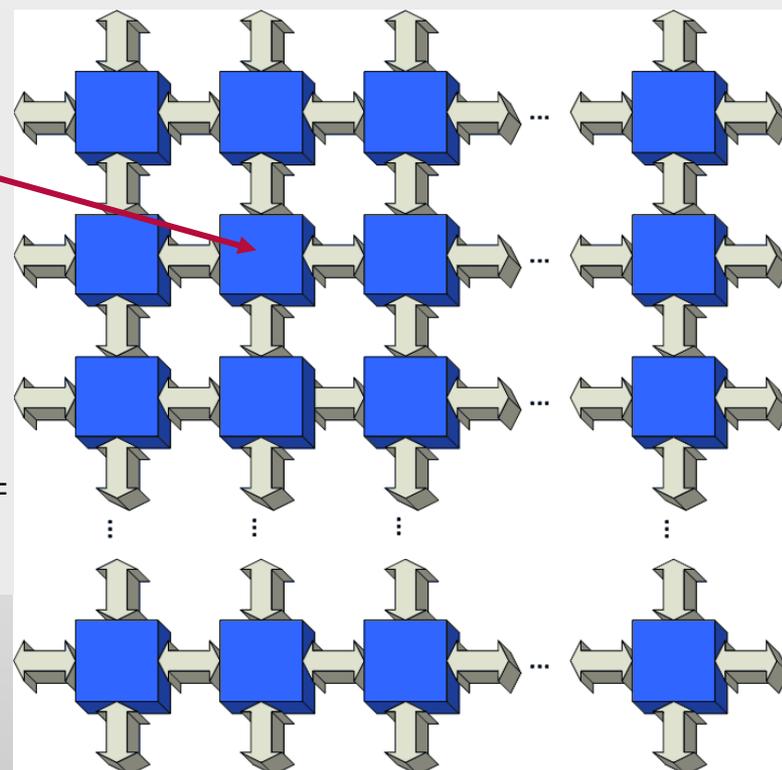
Нелинейная квантовая плоскость Шредингера – квантовый клеточный автомат, т.е. распределенная на плоскости динамическая система, состоящая из взаимодействующих квантовых клеток-автоматов

$$\psi_{t+1}(i, j) =$$

$$= \Phi \left[\begin{array}{ccc} \square & \psi_t(i-1, j) & \\ \psi_t(i, j-1) & \psi_t(i, j) & \psi_t(i, j+1) \\ \square & \psi_t(i+1, j) & \square \end{array} \right] =$$

$$= \Phi(q_0\psi_t(i, j) + q_1\psi_t(i, j-1) + q_2\psi_t(i-1, j) + q_4\psi_t(i, j+1) + q_5\psi_t(i+1, j)) =$$

$$= \Phi(\psi_t(i, j), \psi_t(i, j-1), \psi_t(i-1, j), \psi_t(i, j+1), \psi_t(i+1, j))$$





Возбуждение линейной метасреды



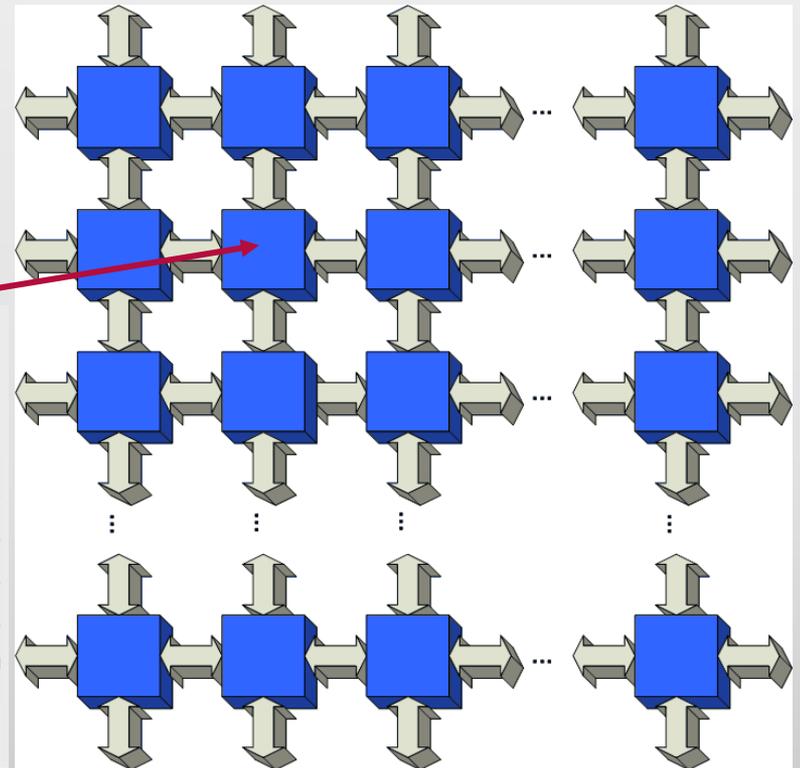
ЗФ ЛКВП Шредингера



Линейная квантовая плоскость Шредингера – квантовый клеточный автомат, т.е. распределенная на плоскости динамическая система, состоящая из взаимодействующих квантовых клеток-автоматов

$$\psi^{k+1}(n, m) = \psi^k(n, m) +$$

$$+iD \frac{\tau}{h^2} \left[\begin{array}{ccc} \square & \psi_t(n-1, m) & \\ \psi_t(n, m-1) & -4\psi_t(n, m) & \psi_t(n, m+1) \\ \square & \psi_t(n+1, m) & \square \end{array} \right]$$



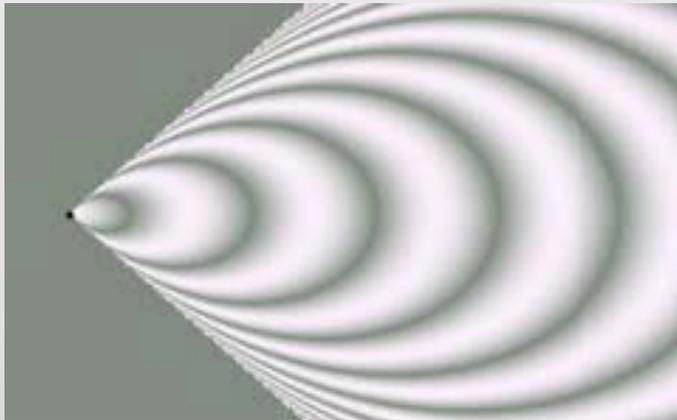
Возбуждение ДС и КвС $D = D_0 + iD_1$



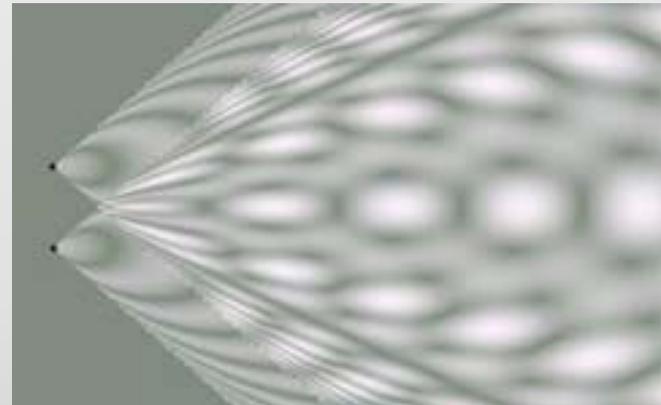
$$\varphi(x, 0) = \frac{1}{(\pi\alpha^2)^{1/4}} e^{-\frac{x^2}{2\alpha^2}}$$

$$\varphi(x, t) = \left(\frac{\alpha^2}{\pi}\right)^{1/4} \frac{1}{(\alpha^2 + 2iDt)^{1/2}} e^{-\frac{x^2}{2(\alpha^2 + 2iDt)}}$$

$$\rho(x, t) = |\varphi(x, t)|^2 = \varphi(x, t)\bar{\varphi}(x, t)$$



static_D=Im1.avi



static_D=Im2.avi

video-D1-Real-Mov.avi

moving_D=Im.avi

video-D-01-Real-Mov.avi

video-D-025-Real-Mov.avi



Возбуждение ДС и КвС

$$D = D_0 + iD_1$$



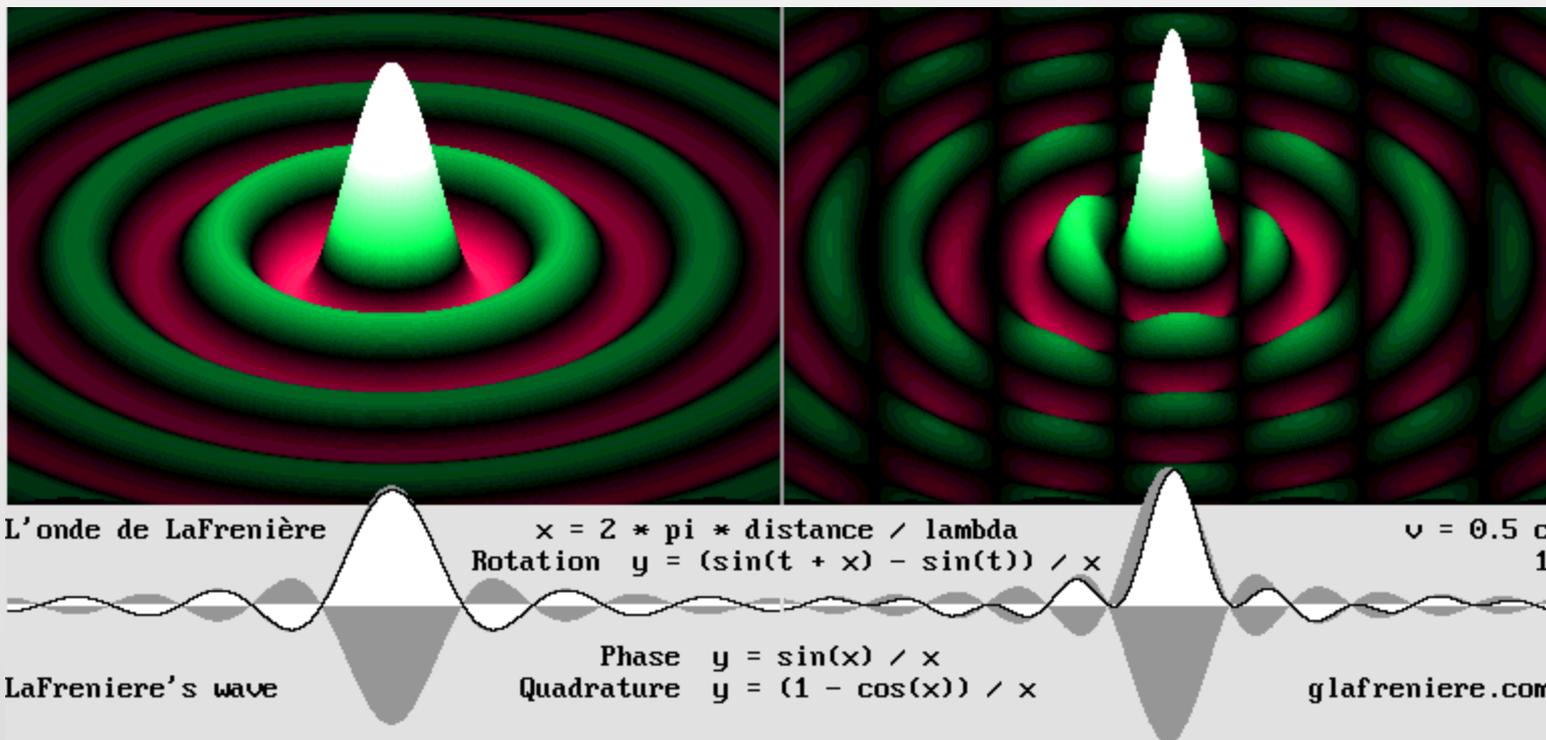
video-D=Re+Im-k=+1.avi

video-D=Re+Im-Mov2.avi

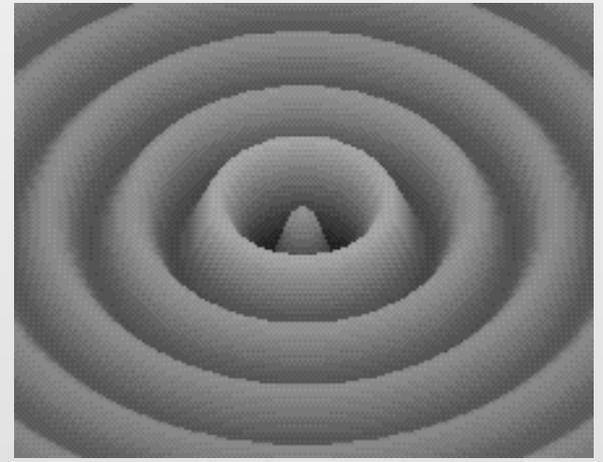
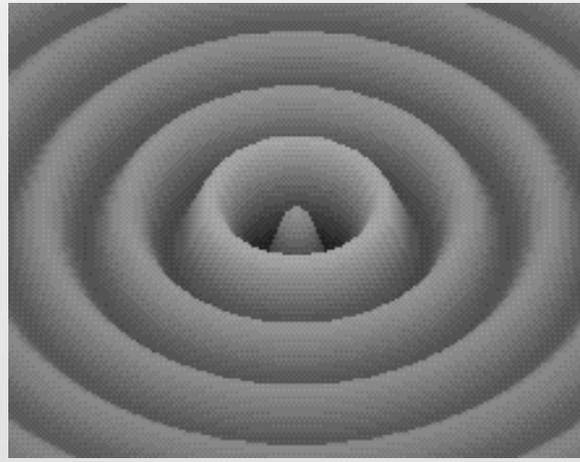
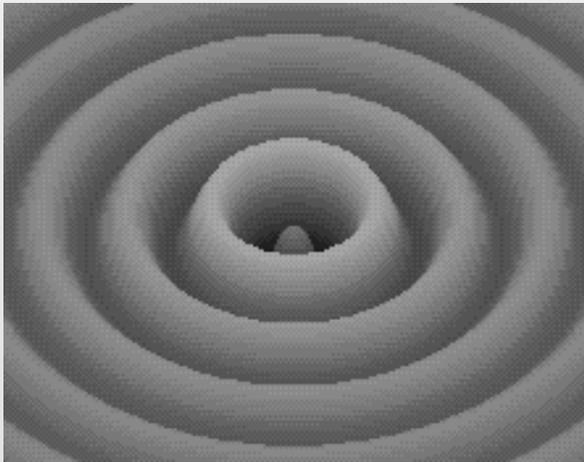


Возбуждение ДС и КвС

$$D = D_0 + iD_1$$

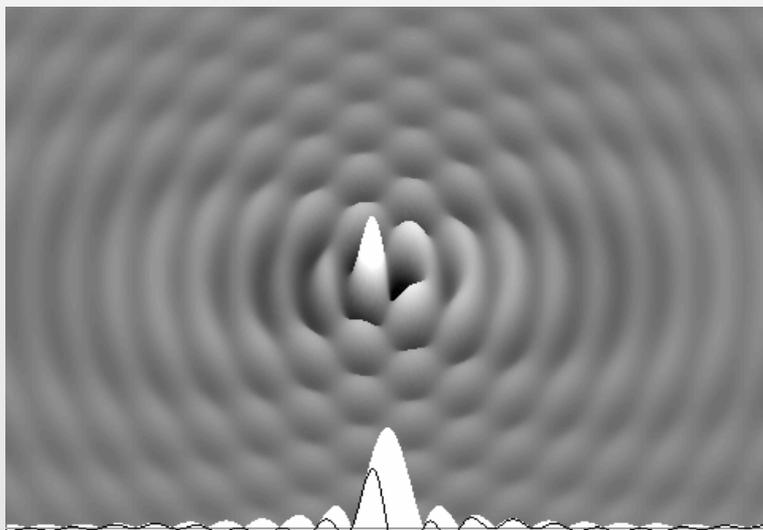


Возбуждение ДС и КвС $D = D_0 + iD_1$



Возбуждение ДС и КВС

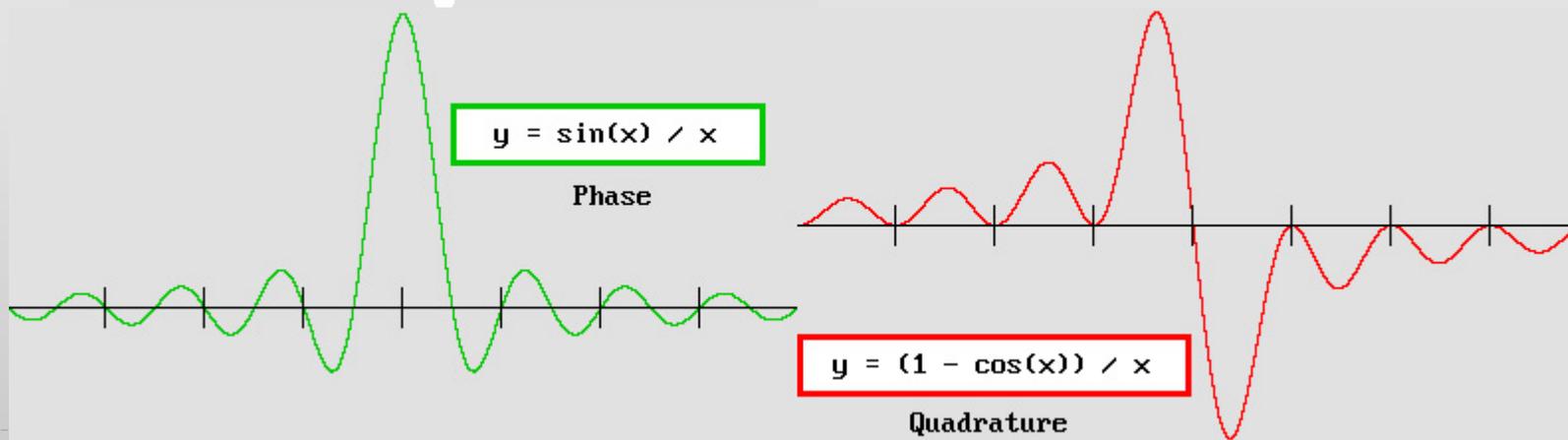
$$D = D_0 + iD_1$$



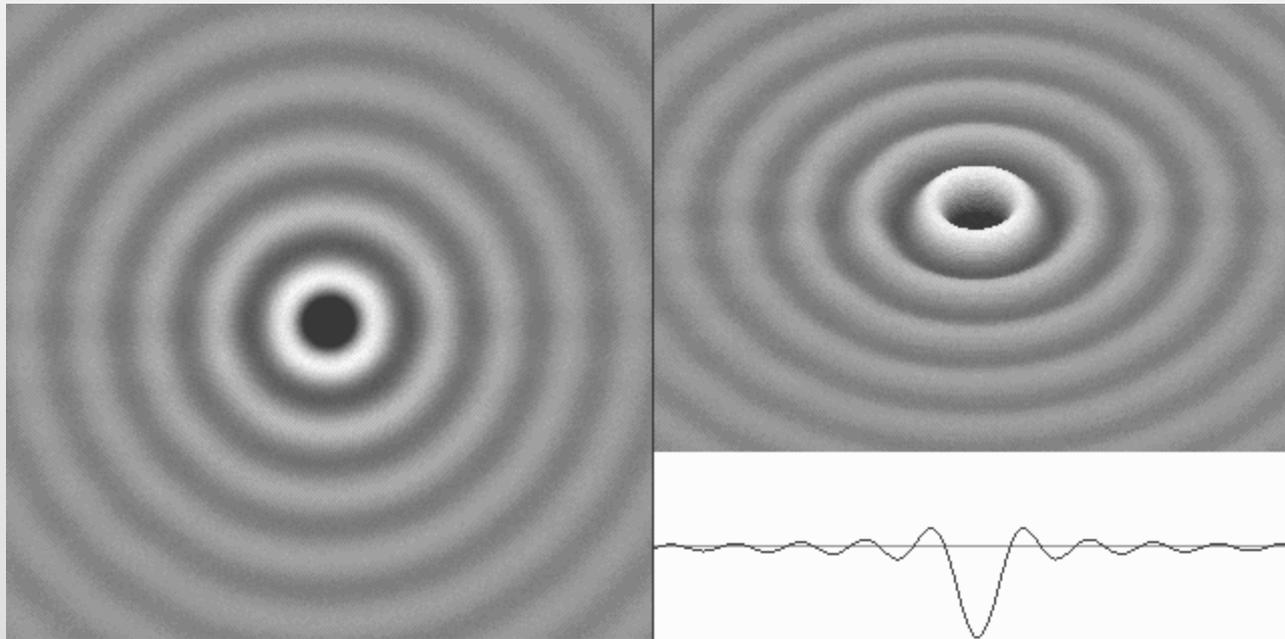
L'onde de LaFrenière
glafreniere.com

LaFreniere's Wave
Beta = 0.707

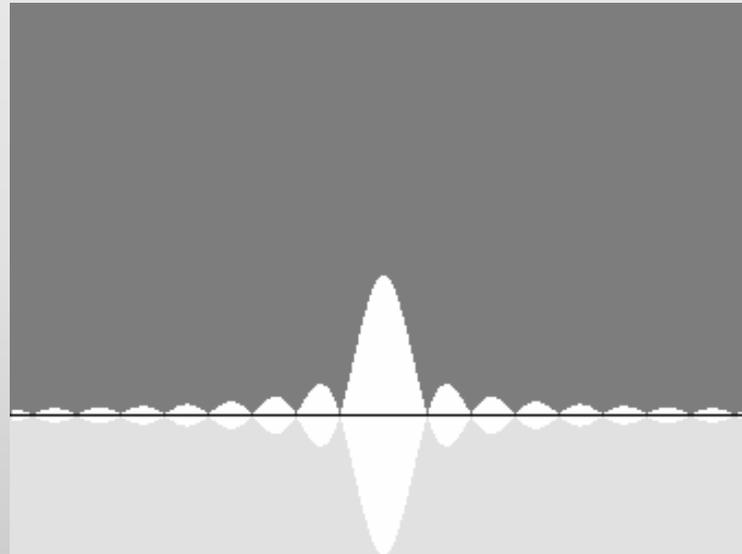
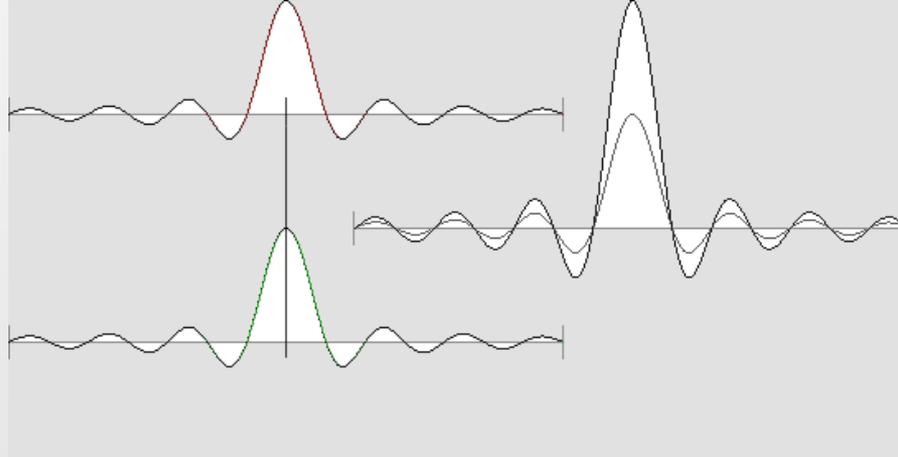
This wave is an electron.



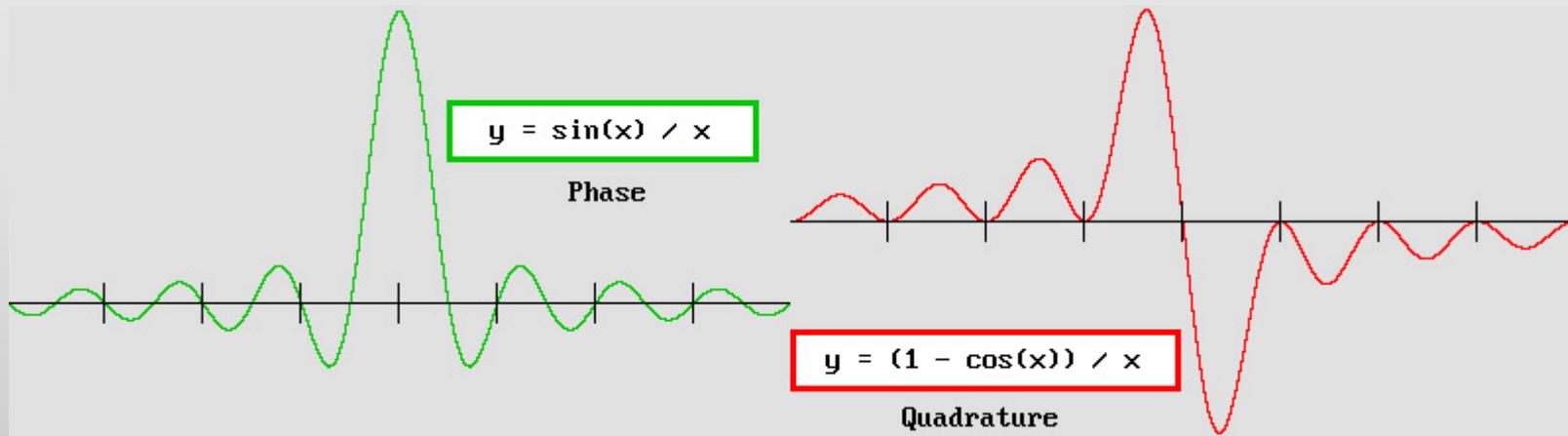
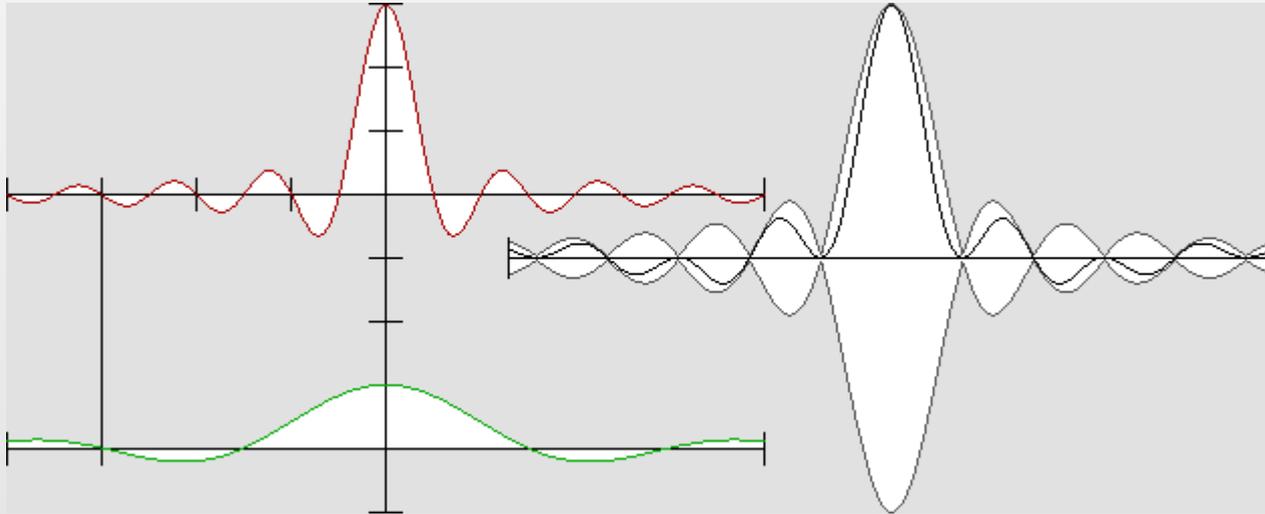
Возбуждение ДС и КвС $D = D_0 + iD_1$



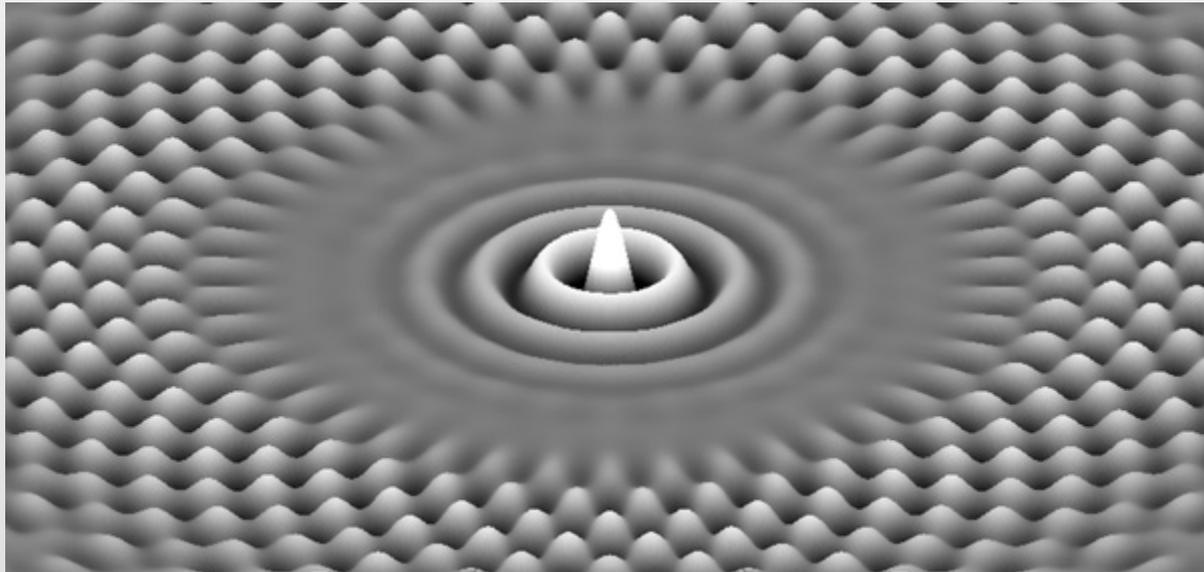
Возбуждение ДС и КвС $D = D_0 + iD_1$



Возбуждение ДС и КвС $D = D_0 + iD_1$

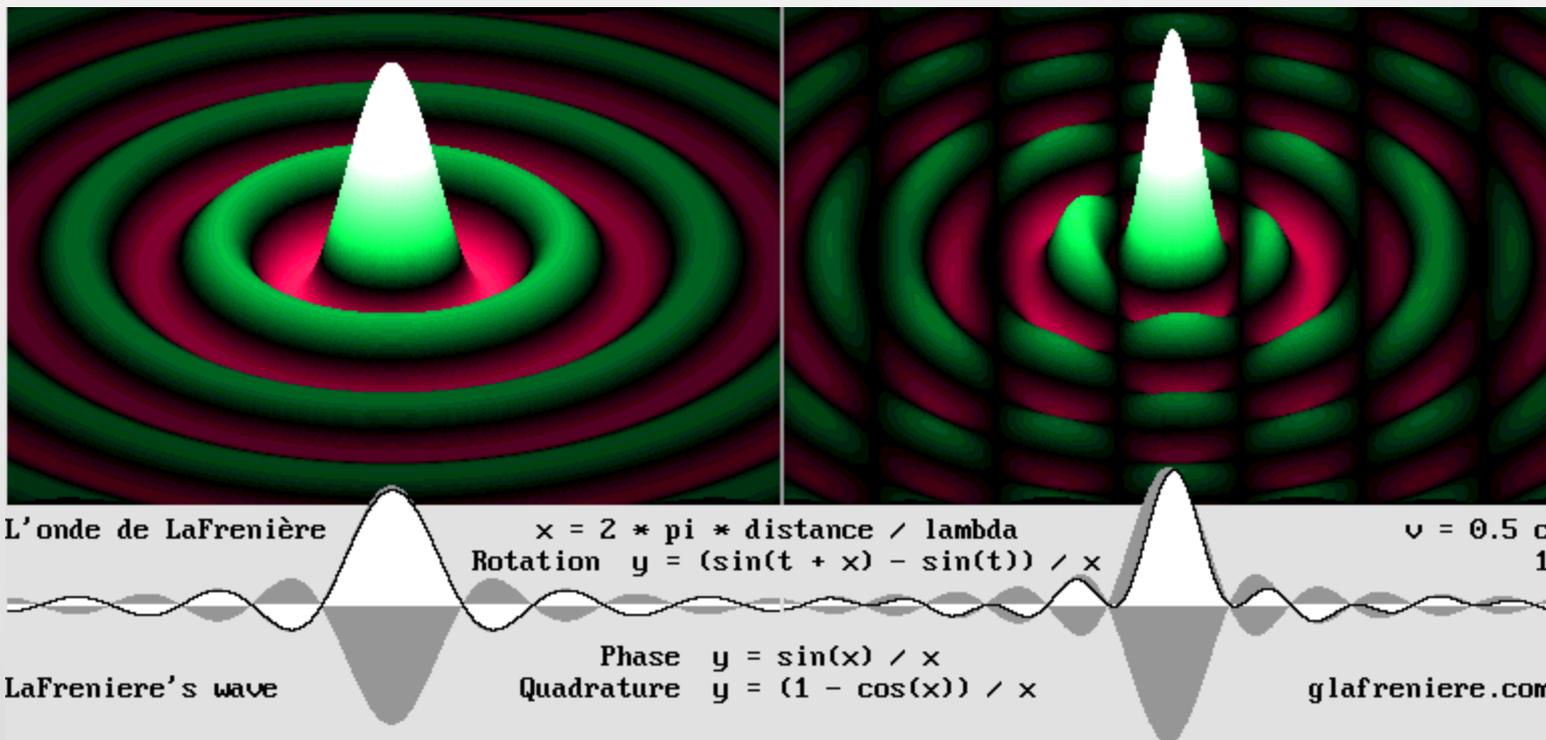


Возбуждение ДС и КвС $D = D_0 + iD_1$

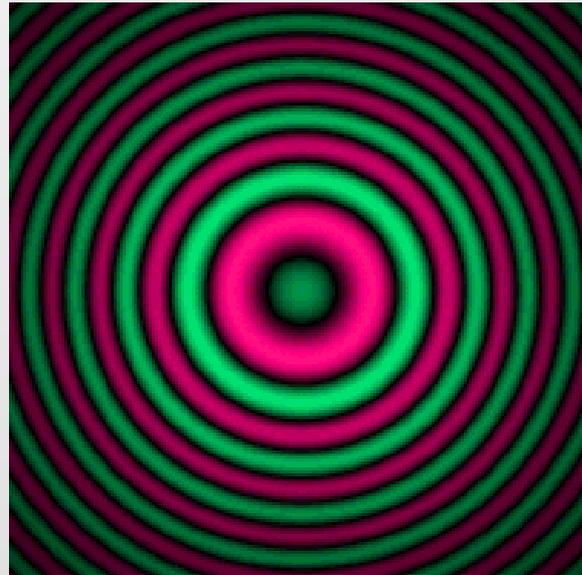


Возбуждение ДС и КвС

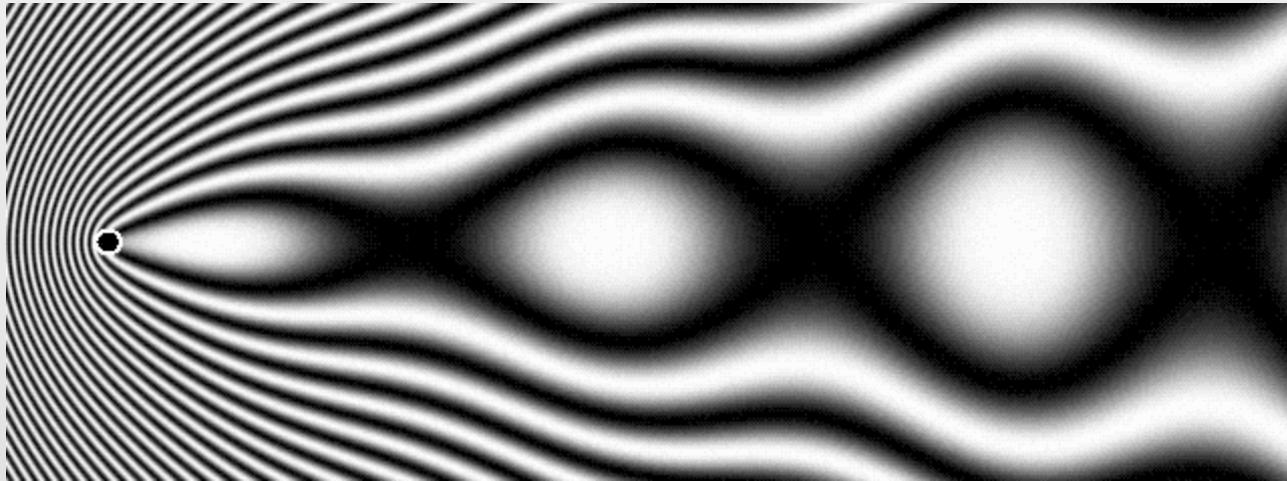
$$D = D_0 + iD_1$$



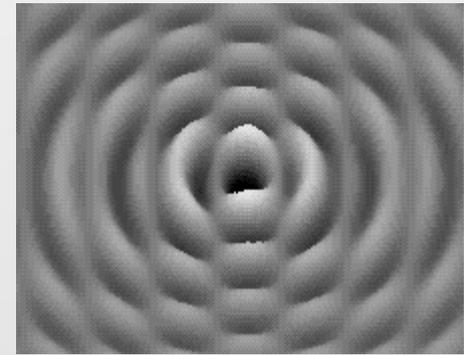
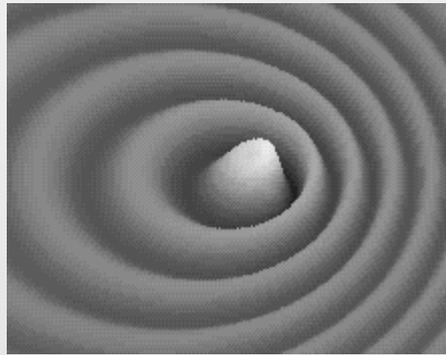
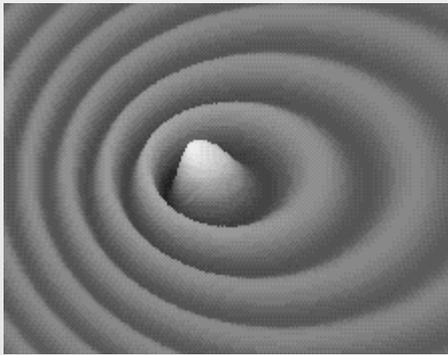
Возбуждение ДС и КВС $D = D_0 + iD_1$



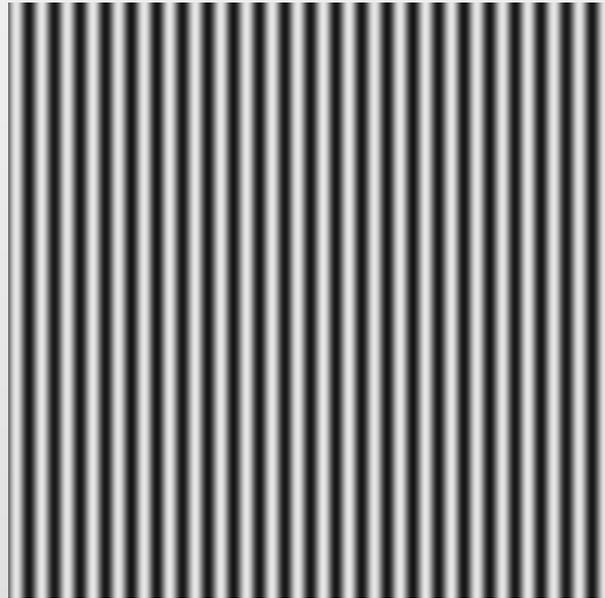
Возбуждение ДС и КвС $D = D_0 + iD_1$



Возбуждение ДС и КвС $D = D_0 + iD_1$

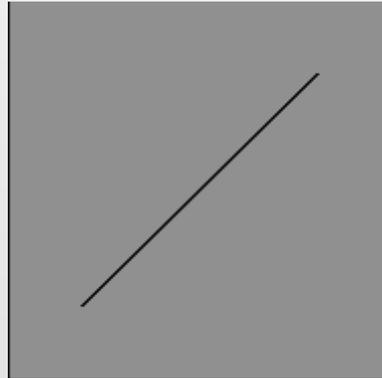


Возбуждение ДС и КвС $D = D_0 + iD_1$



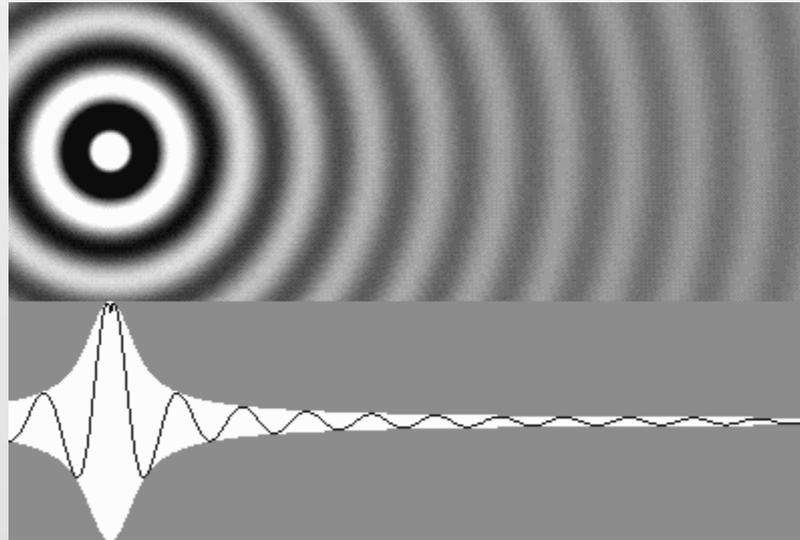
Возбуждение ДС и КВС

$$D = D_0 + iD_1$$

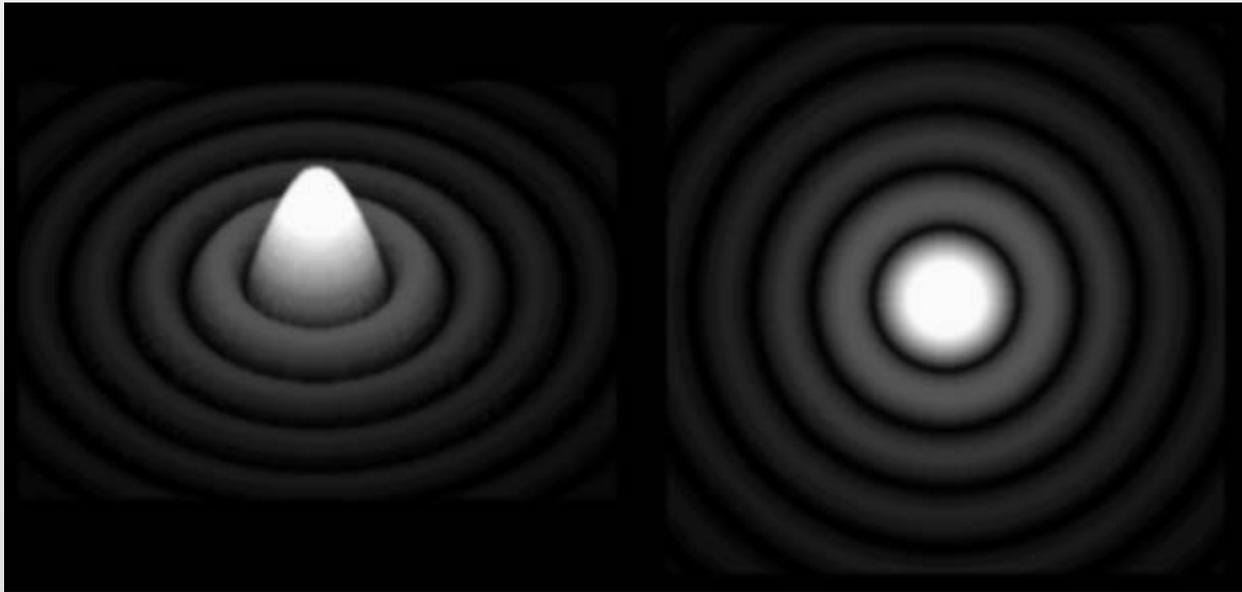


Возбуждение ДС и КвС

$$D = D_0 + iD_1$$



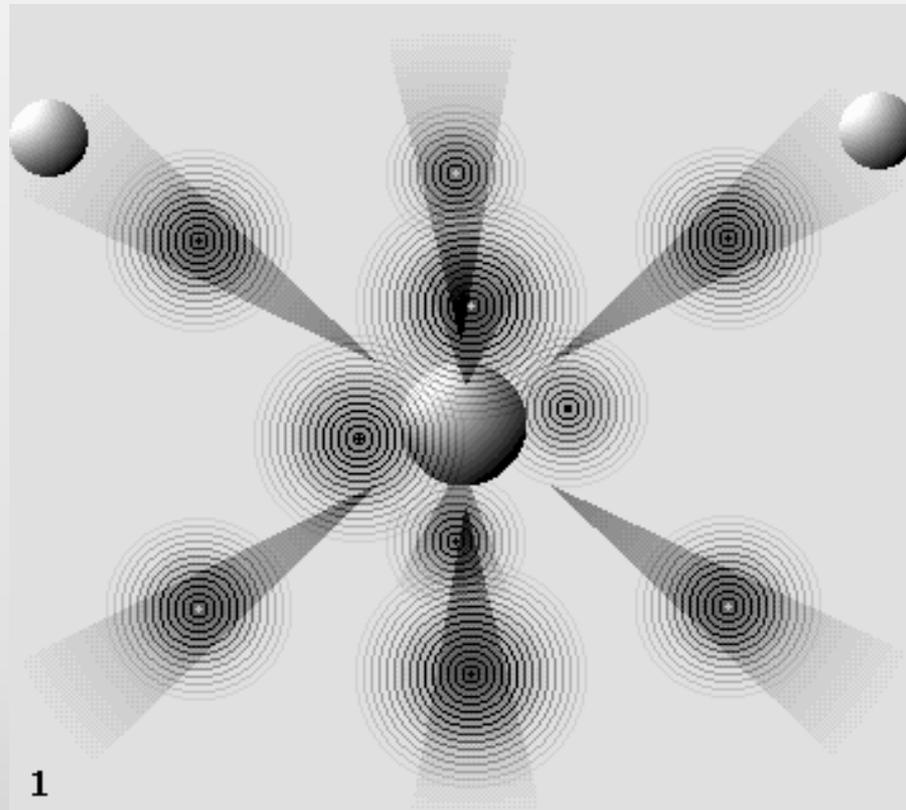
Возбуждение ДС и КВС $D = D_0 + iD_1$



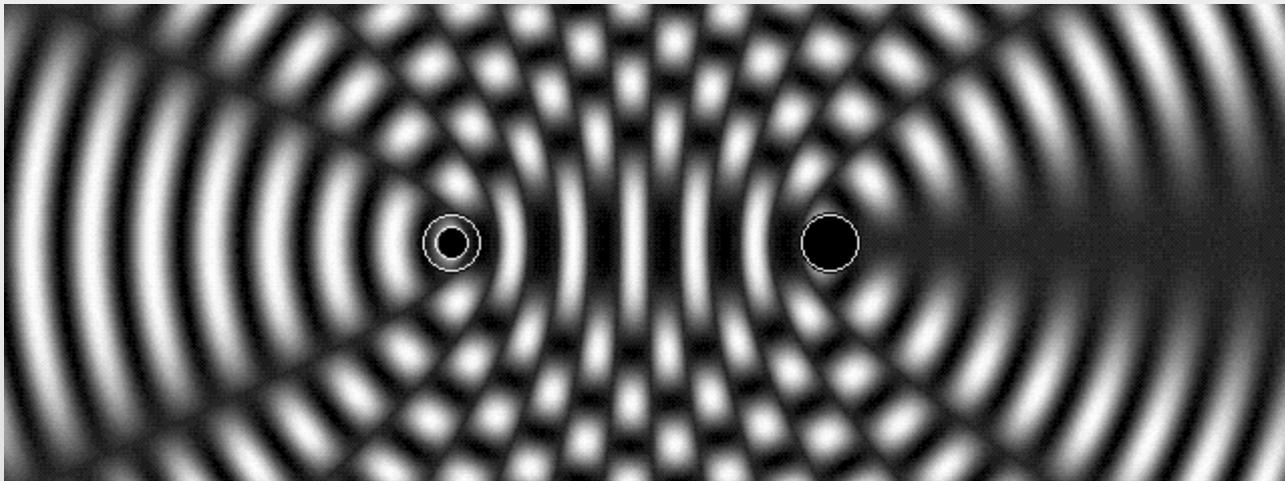
And finally, here is an artificial 3-D view
and a flat view of the cross section



The water molecule



Возбуждение ДС и КвС $D = D_0 + iD_1$



The nucleus (electron/positron) radiation pattern is similar to that of two antennas fed in quadrature.
There is no on-axis radiation on the right.

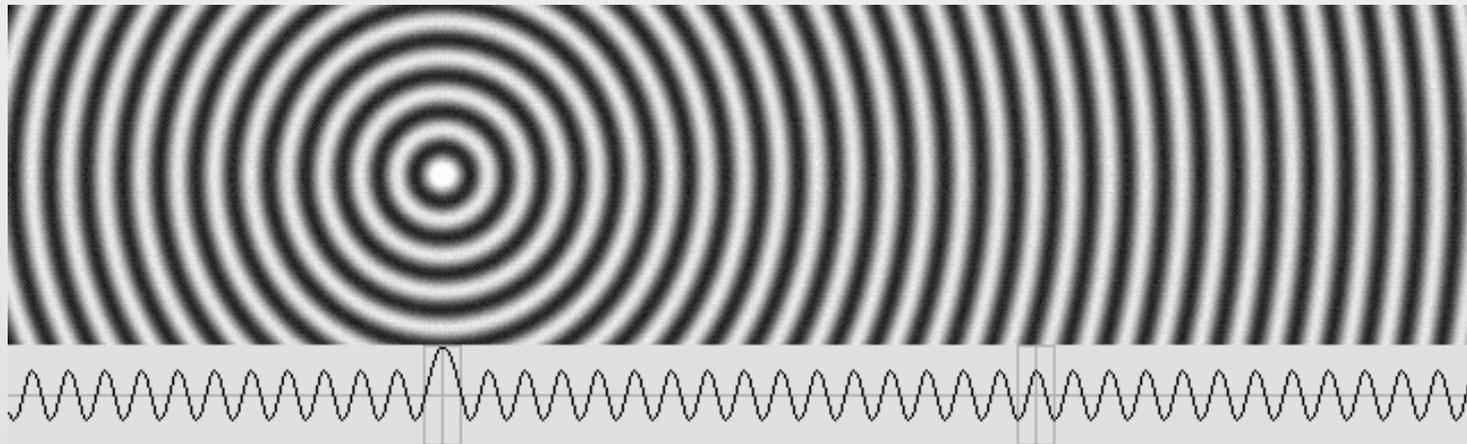


Возбуждение ДС и КВС

$$D = D_0 + iD_1$$

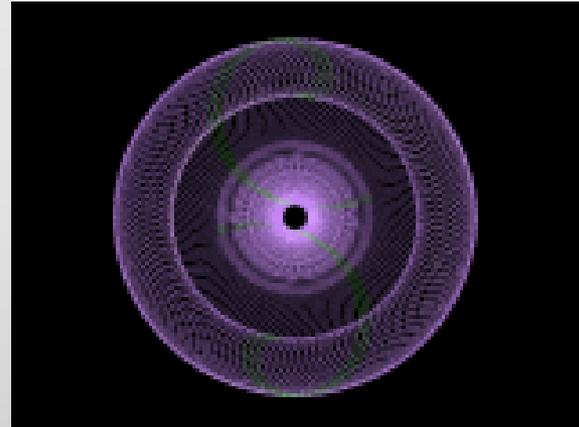
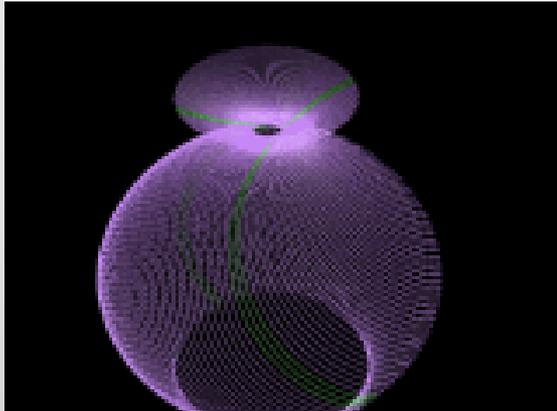
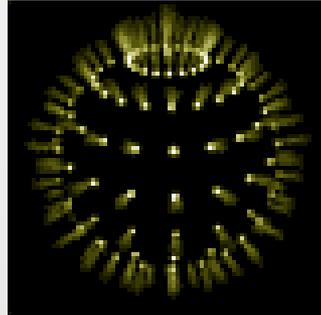


Surprisingly, a *convergent* radiation replaces
the zero radiation on the right:



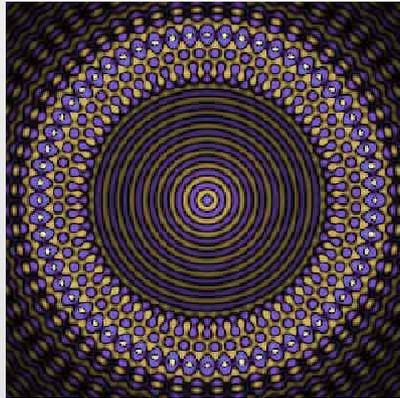
Two standing waves sets oscillating at quadrature
generate *inward* waves, hence an attraction effect.
A polarization occurs if both spins are not present,
explaining magnetic fields: north and south poles.

Возбуждение ДС и КвС $D = D_0 + iD_1$



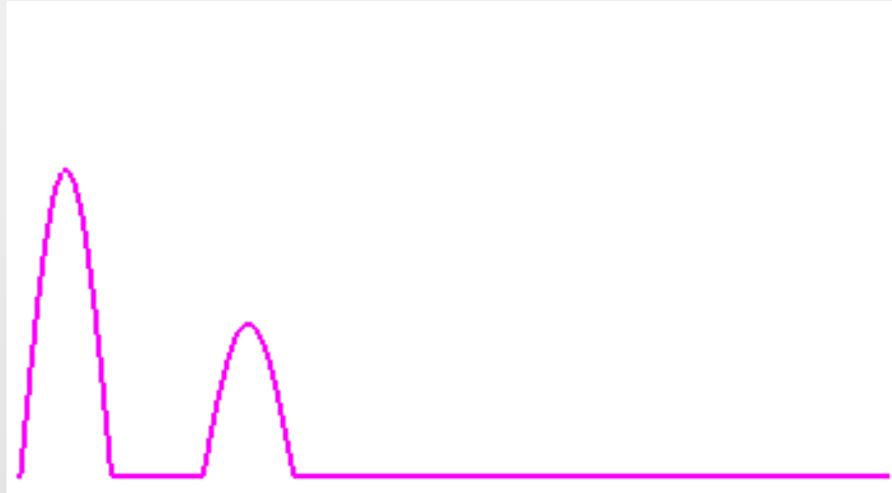
Возбуждение ДС и КВС

$$D = D_0 + iD_1$$



Возбуждение ДС и КВС

$$D = D_0 + iD_1$$





Возбуждение нелинейной метасреды



ЗФ НЛКВП Шредингера



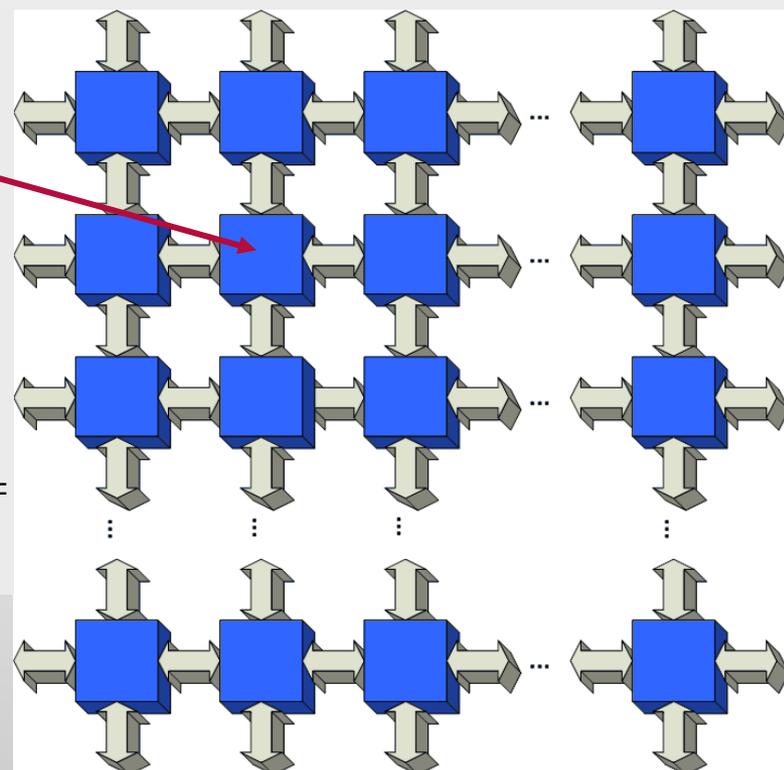
Нелинейная квантовая плоскость Шредингера – квантовый клеточный автомат, т.е. распределенная на плоскости динамическая система, состоящая из взаимодействующих квантовых клеток-автоматов

$$\psi_{t+1}(i, j) =$$

$$= \Phi \left[\begin{array}{ccc} \square & \psi_t(i-1, j) & \\ \psi_t(i, j-1) & \psi_t(i, j) & \psi_t(i, j+1) \\ \square & \psi_t(i+1, j) & \square \end{array} \right] =$$

$$= \Phi(q_0\psi_t(i, j) + q_1\psi_t(i, j-1) + q_2\psi_t(i-1, j) + q_4\psi_t(i, j+1) + q_5\psi_t(i+1, j)) =$$

$$= \Phi(\psi_t(i, j), \psi_t(i, j-1), \psi_t(i-1, j), \psi_t(i, j+1), \psi_t(i+1, j))$$

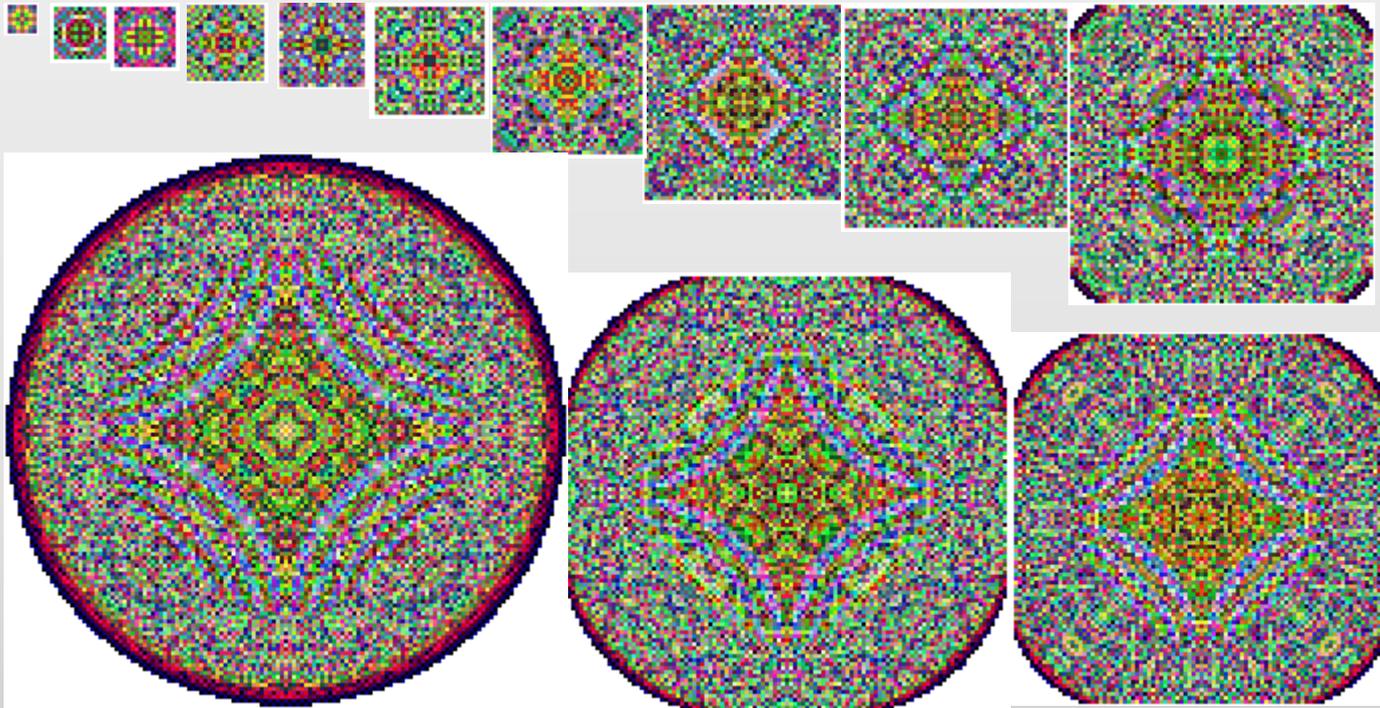


Нелинейная квантовая плоскость Шредингера



История жизни нелинейной квантовой плоскости

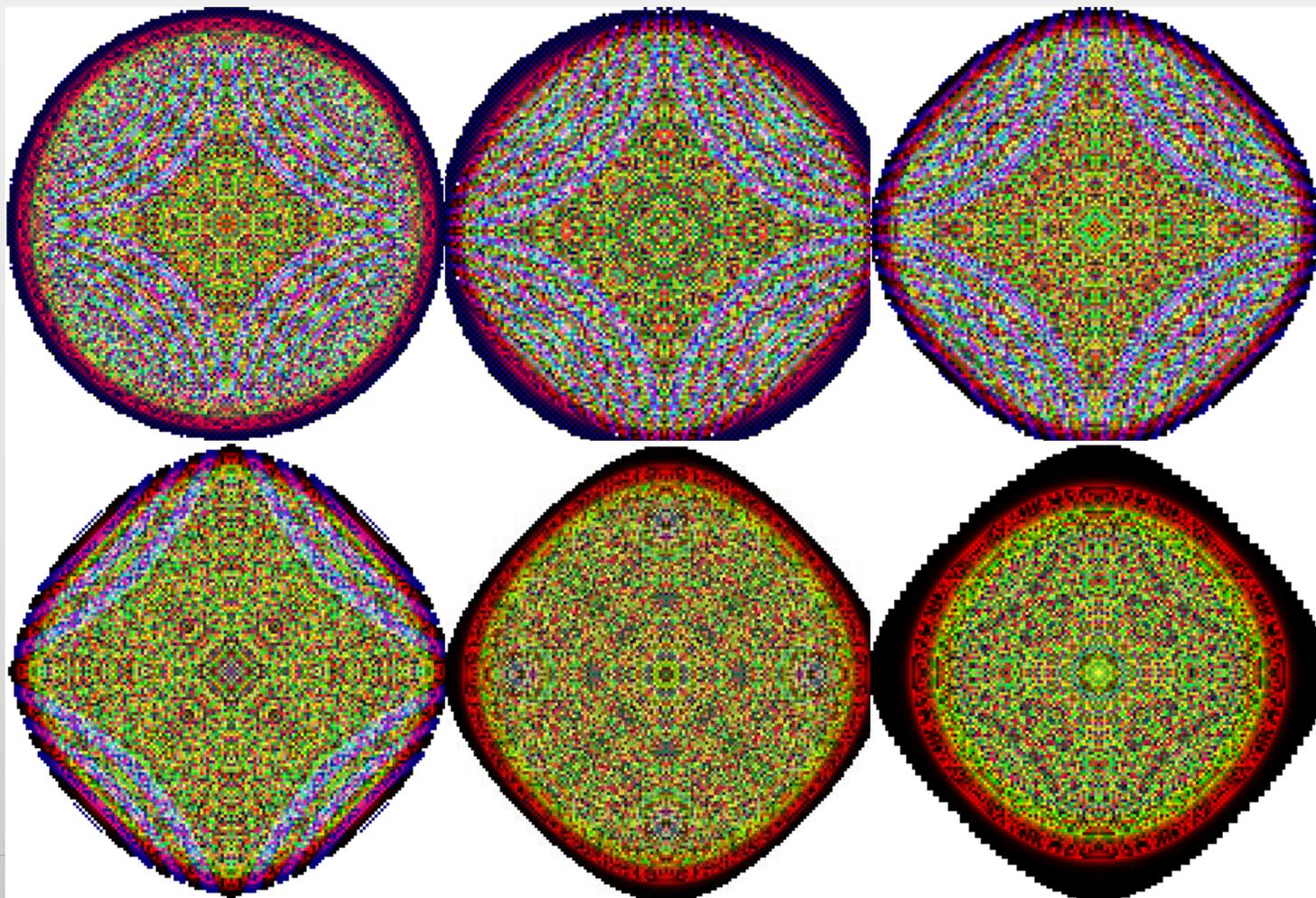
Первая треть жизни (юность)



Квантовая плоскость Шредингера



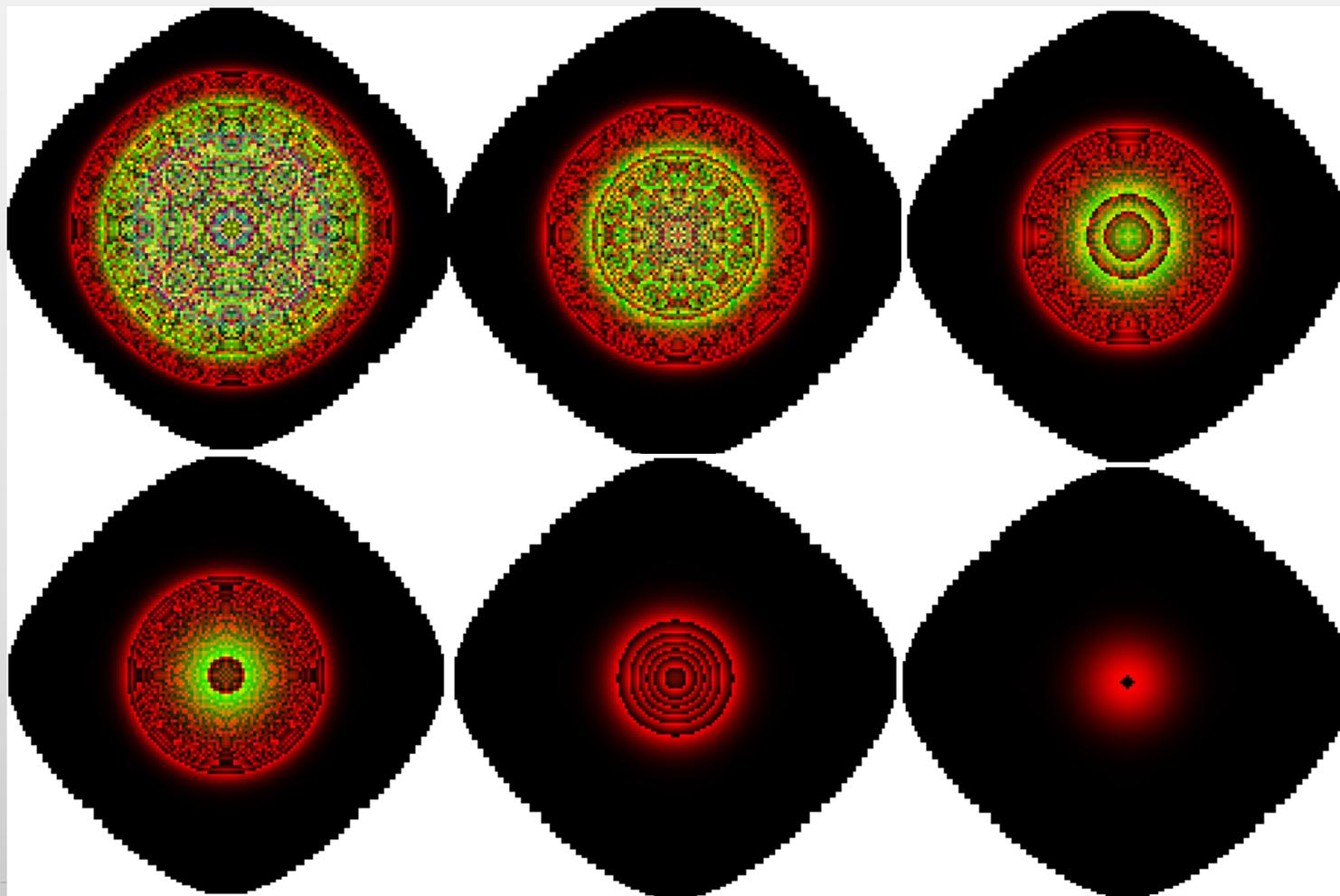
Вторая треть жизни (зрелость)



Квантовая плоскость Шредингера



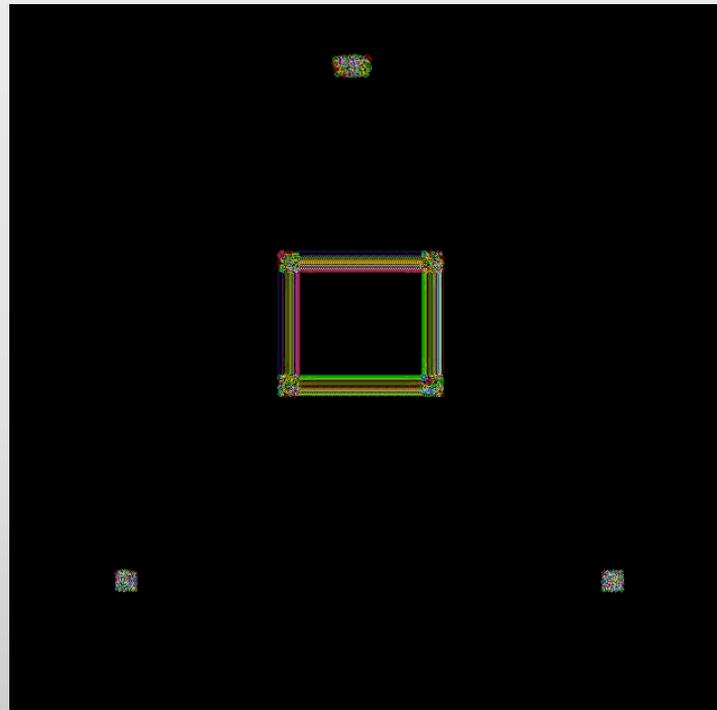
Последняя треть жизни (старость)



Нелинейная квантовая плоскость Шредингера



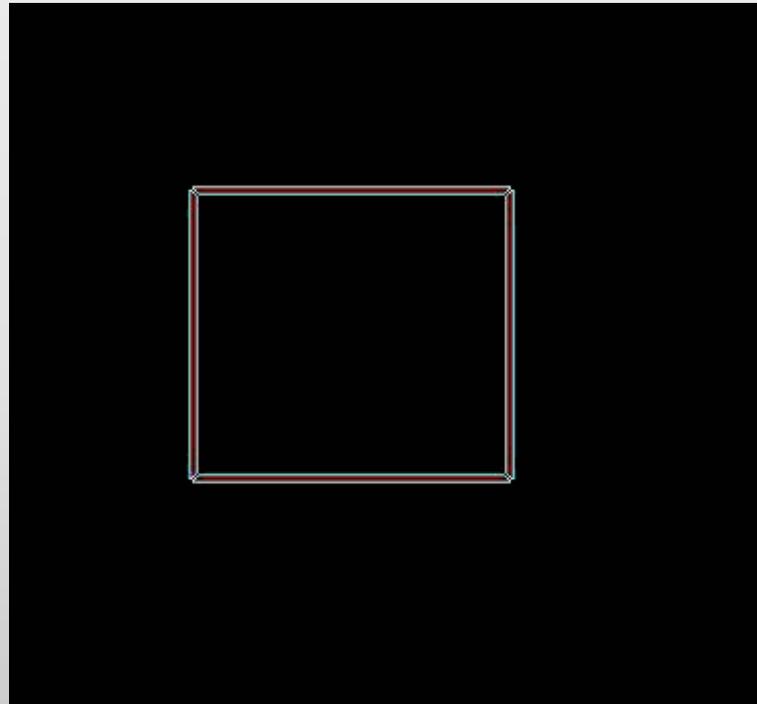
Квантовая плоскость – квантовый клеточный автомат, т.е. распределенная на плоскости динамическая система, состоящая из взаимодействующих квантовых точек (клеток-автоматов)



Нелинейная квантовая плоскость Шредингера



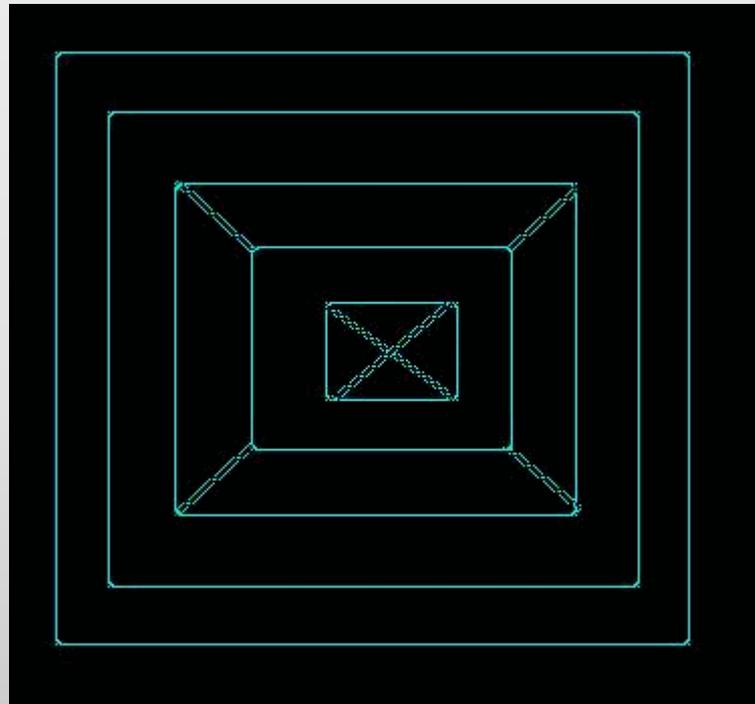
Квантовая плоскость – квантовый клеточный автомат, т.е. распределенная на плоскости динамическая система, состоящая из взаимодействующих квантовых точек (клеток-автоматов)



Нелинейная квантовая плоскость Шредингера



Квантовая плоскость – квантовый клеточный автомат, т.е. распределенная на плоскости динамическая система, состоящая из взаимодействующих квантовых точек (клеток-автоматов)



Нелинейная квантовая плоскость Шредингера



Квантовая плоскость – квантовый клеточный автомат, т.е. распределенная на плоскости динамическая система, состоящая из взаимодействующих квантовых точек (клеток-автоматов)



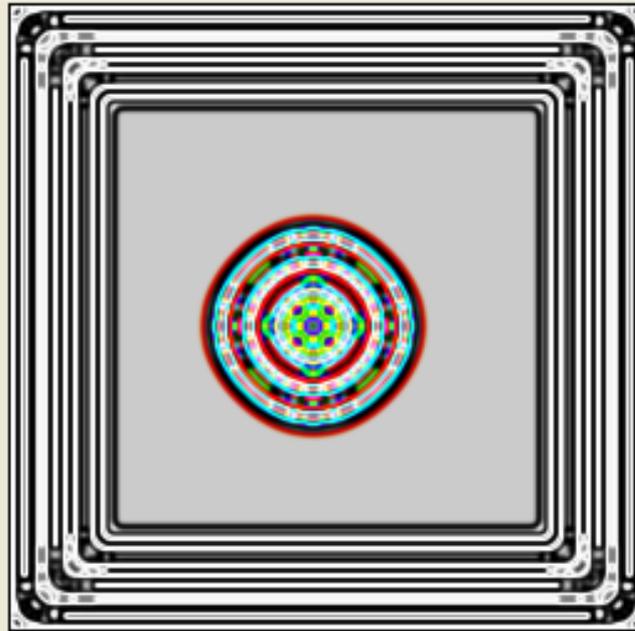
Квантовая плоскость Шредингера



Project029.exe



Квантовая плоскость Шредингера



Project007.exe

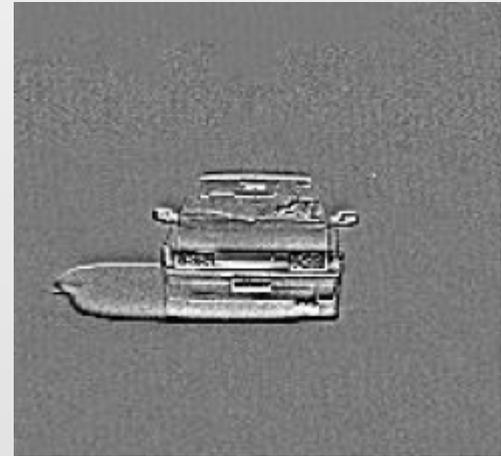




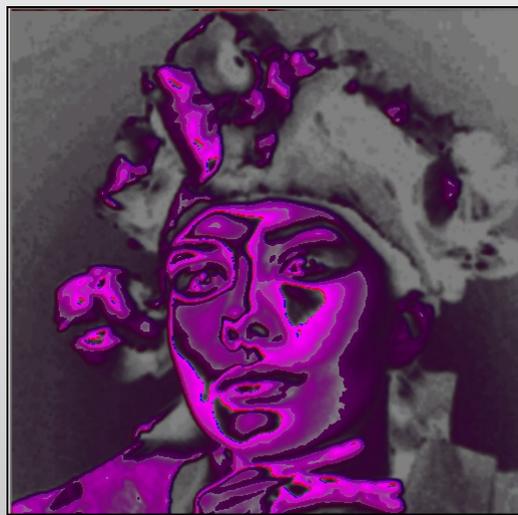
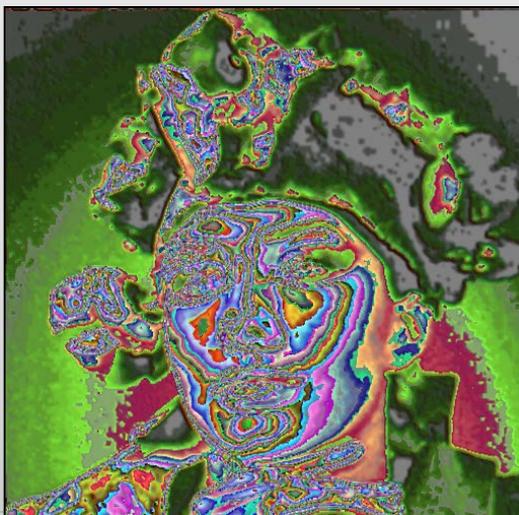
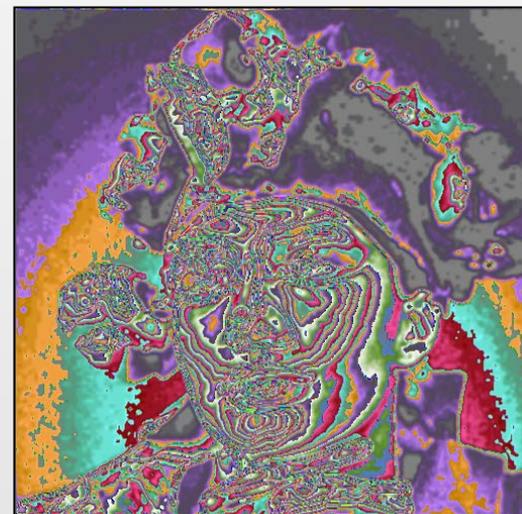
Применение МСШ

Применение МСШ

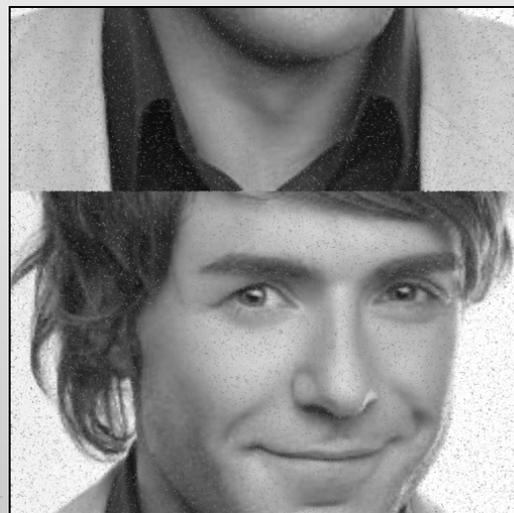
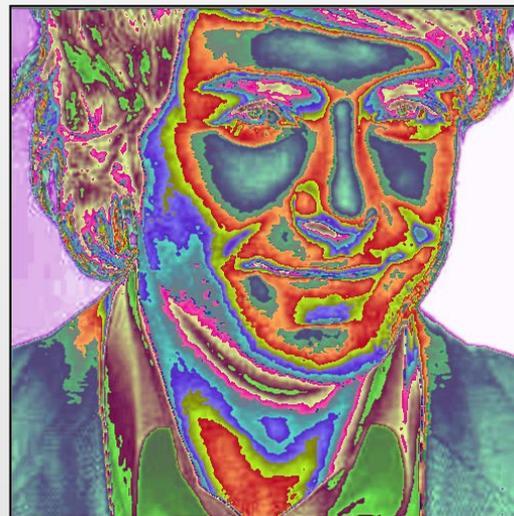
Обработка изображений в ДС



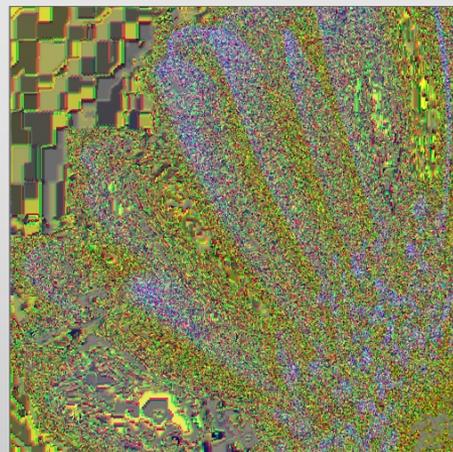
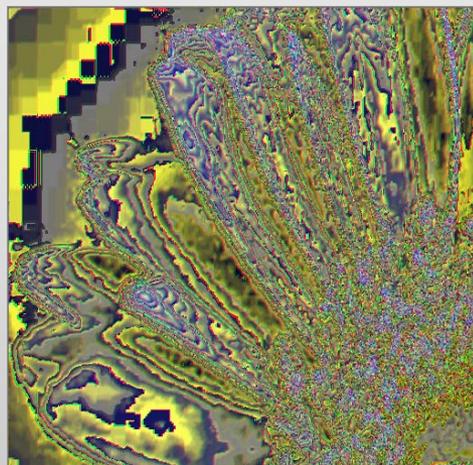
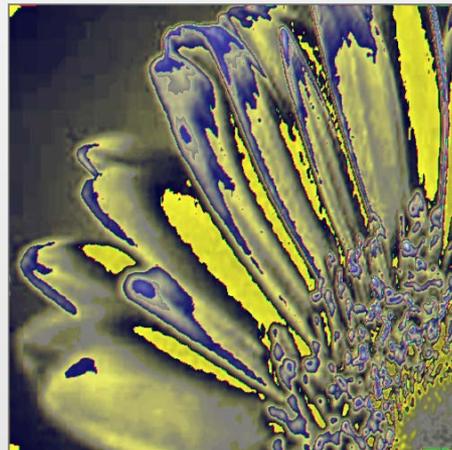
Обработка изображений на ПК



Обработка изображений на НКВП



Обработка изображений на НКвП





Что дальше ?





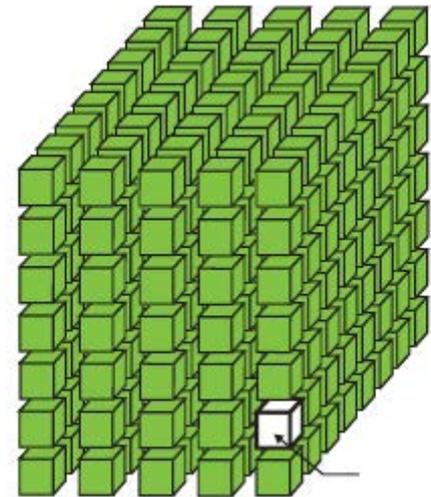
The End



Квантовая плоскость Шредингера



Project011.exe



Квантовая плоскость Шредингера

