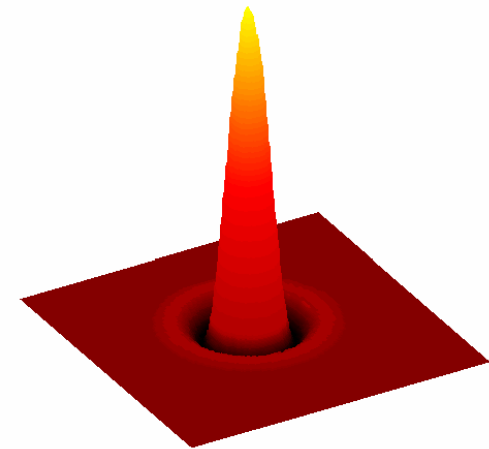


# **ОПТИЧНІ СОЛІТОНИ: ФУНДАМЕНТАЛЬНІ ВЛАСТИВОСТІ І ЗАСТОСУВАННЯ**

- 1. Вступ**
- 2. Часові солітони**
- 3. Просторові солітони**
- 4. Взаємодія солітонів**
- 5. Векторні солітони**
- 6. Просторова самоорганізація**



## Солітони мають довгу історію

**1834** John Scott Russel описав хвилю зсуву, яку він спостерігав в каналі між Едінбургом і Глазго

"... I followed it on horseback, and overtook it still rolling on at a rate of some eight or nine miles per hour, preserving its original figure some 30 feet long and a foot to a foot and a half in height."



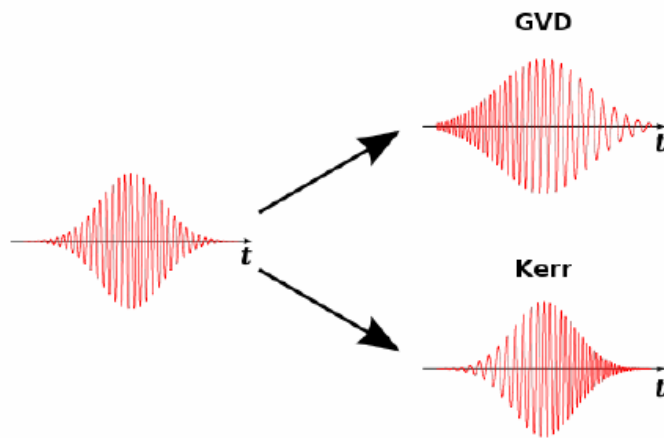
**1960 -1975** знайдено солітонні розв'язки нелінійного рівняння Шредінгера (Захаров, Аскарян, ...)

**1973** Akira Hasegawa (Bell Labs) запропонував компенсувати хроматичну дисперсію оптичних волокон нелінійністю Керра

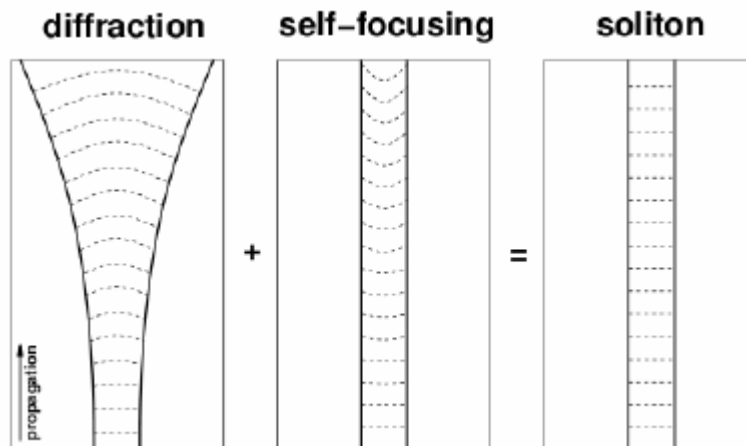
Оптичні солітони формуються при встановленні балансу між нелінійним стисненням хвильового пакета в часі (просторі) і його дисперсійним (дифракційним) розширенням

$$n(I) = n + n_2 I$$

оптична нелінійність

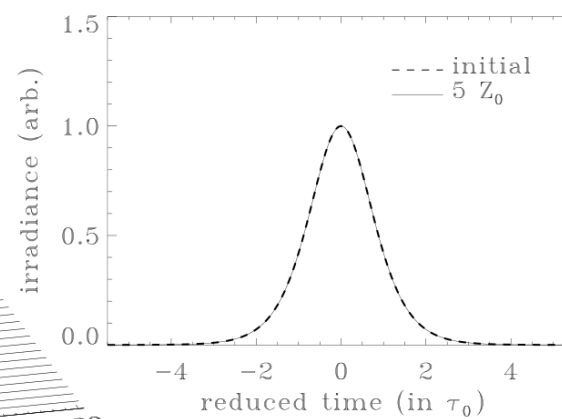
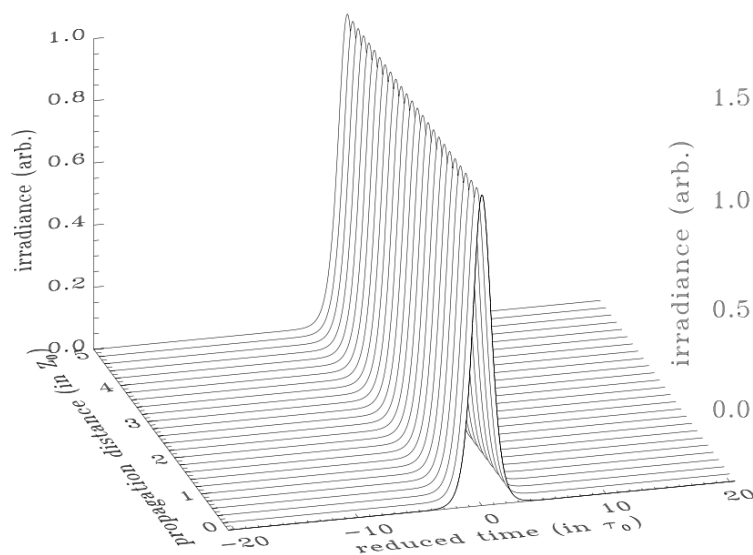
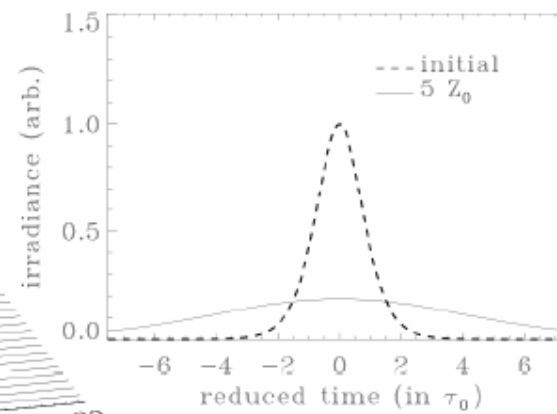
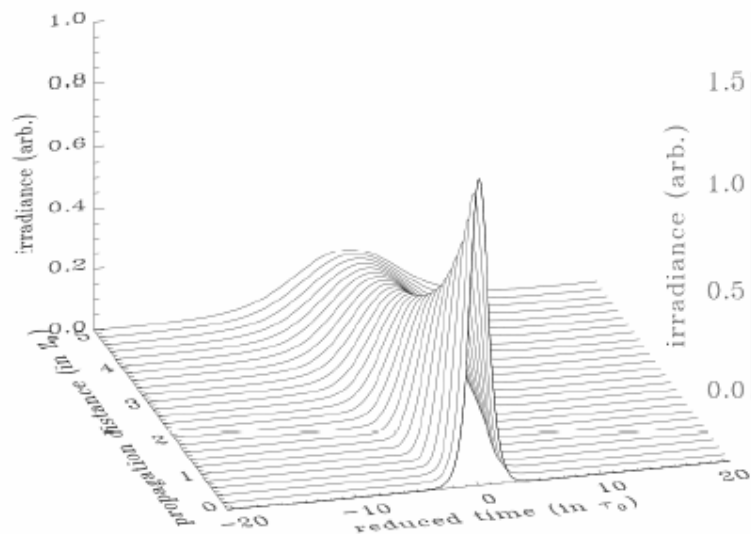


часові солітони



просторові солітони

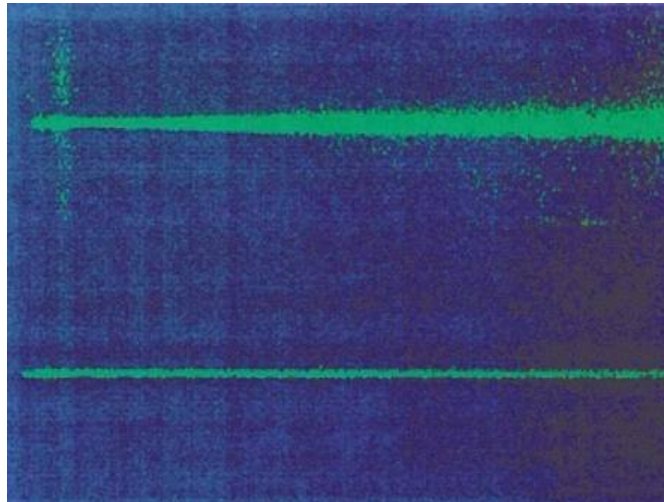
## Часові солітони в оптичному волокні



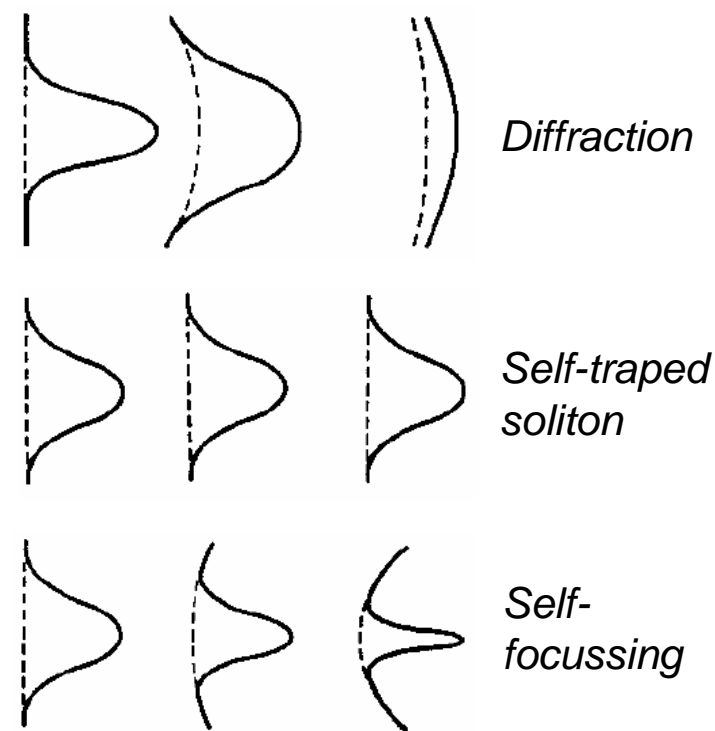
# Propagating spatial solitons

Weak  
beam

Strong  
beam



M.Shih et al., *Opt. Lett.* 21, 324 (1996)

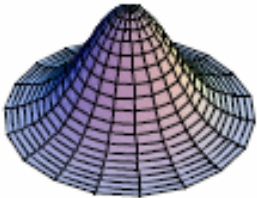

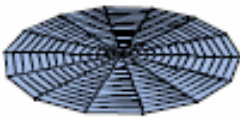
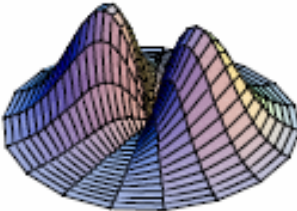
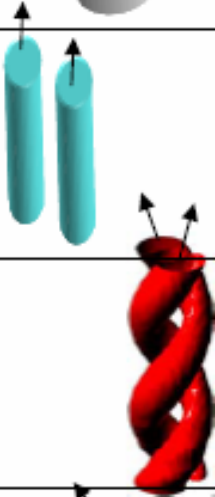
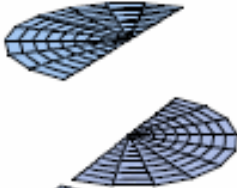
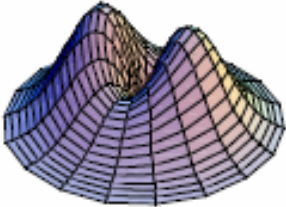

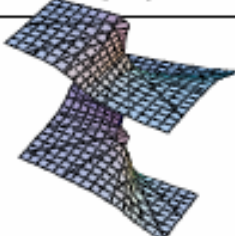
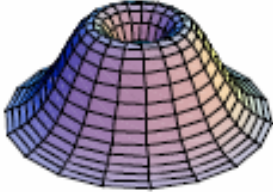

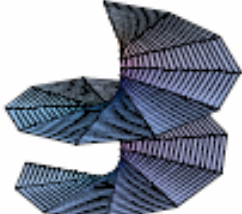


*Diffraction*

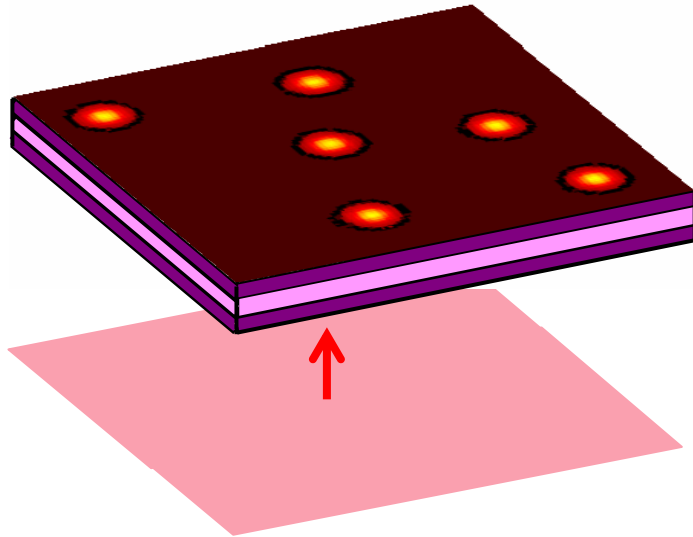
*Self-  
focussing*

$$\frac{\partial E}{\partial z} = i d \frac{\partial^2 E}{\partial x^2} + i c |E|^2 E$$

*nonlinear Schroedinger eq.*

Intensity Distribution	Intensity flow	Plane of equal phase
		
		
		
		

## Cavity solitons



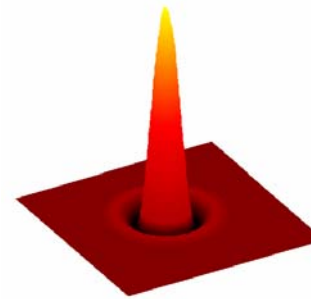
Diffraction

Kerr

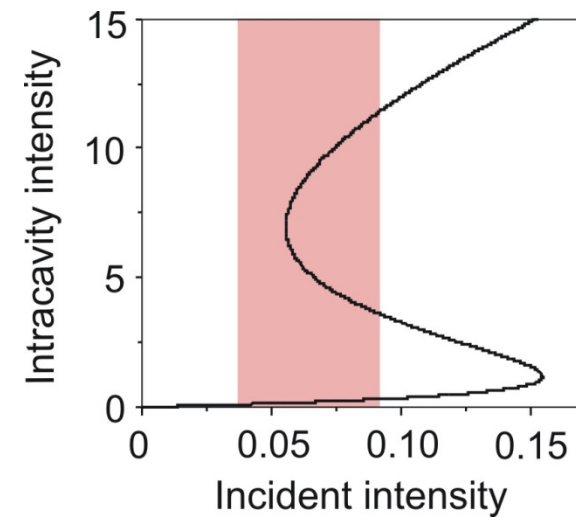
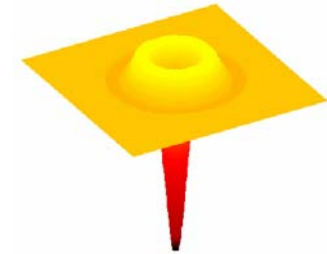
$$\frac{\partial E}{\partial t} = E_{\text{in}} - \eta E + i(\theta + d\nabla_{\perp}^2)E + ic|E|^2E$$

Detuning

Bright soliton



Dark soliton

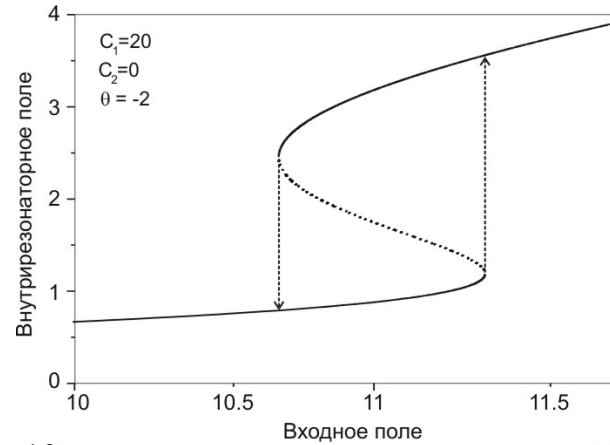


Moloney et al., PRL 51, 75 (1983)

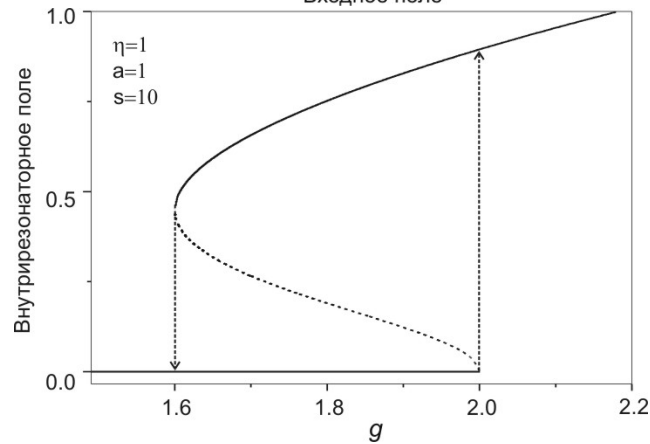
Rosanov et al., Opt. Spektr. 65, 1375 (1988)

Tlidi et. al., PRL 73, 640 (1994)

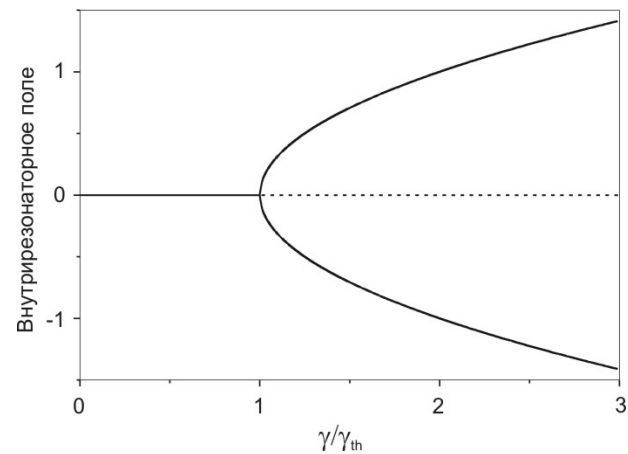
## Оптическая бистабильность



$$\partial_t E = E_{\text{in}} - \left[ \left( 1 + C_1 \frac{1-P}{1+|E|^2} \right) + i \left( \theta + C_2 \frac{|E|^2 + P}{1+|E|^2} + d \nabla_{\perp}^2 \right) \right] E$$



$$\partial_t E = \frac{gE}{1+|E|^2} - \frac{aE}{1+s|E|^2} + (-\eta + id \nabla_{\perp}^2) E$$



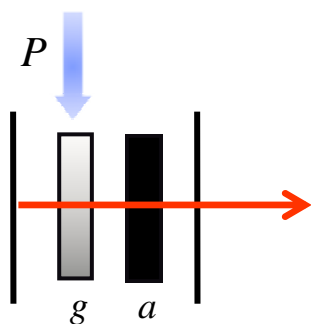
$$\partial_t E = (g + i\theta)E + \gamma E^* + id \nabla_{\perp}^2 E + (\alpha_3 + i\beta_3)|E|^2 E + i\beta_5|E|^4 E$$

$$\theta = \frac{\omega_c - \omega_o}{\kappa}$$

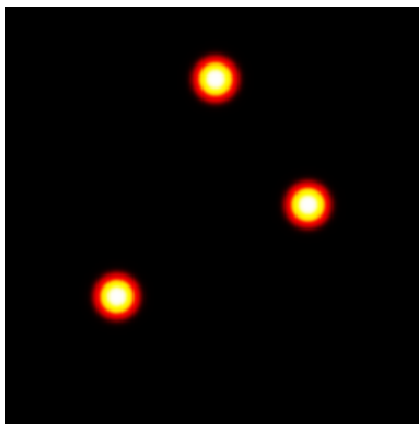
$$d = \sqrt{\lambda L / T}$$



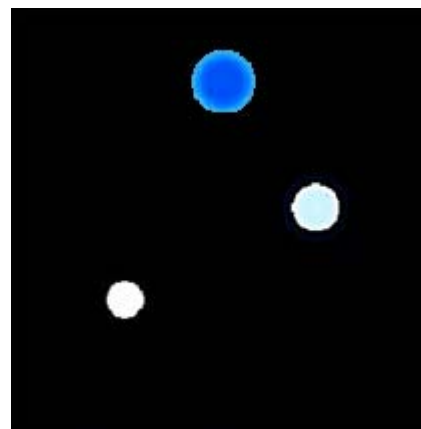
# Лазерні солітони



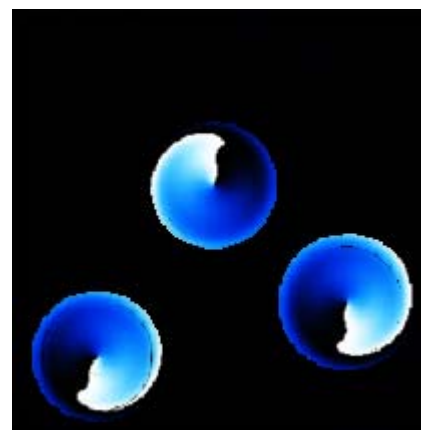
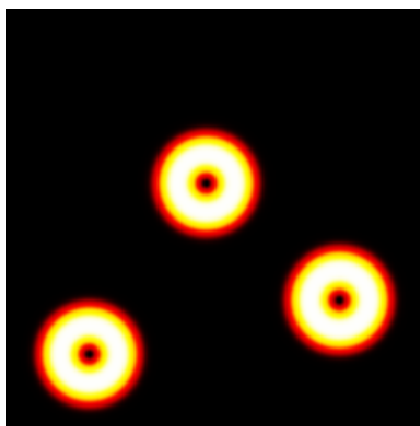
інтенсивність



фаза

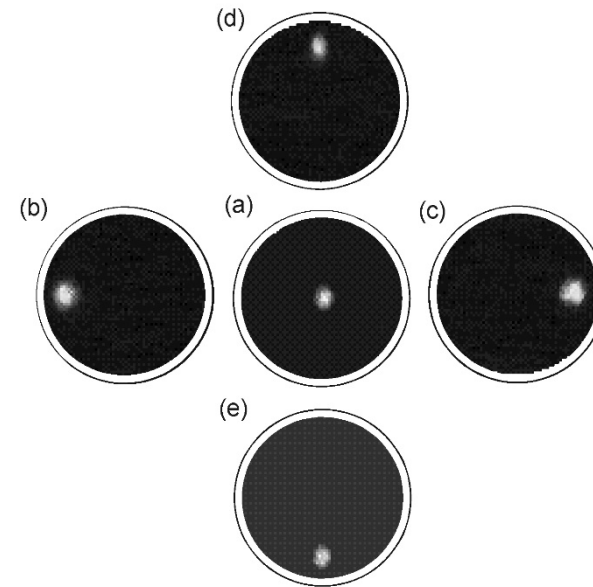
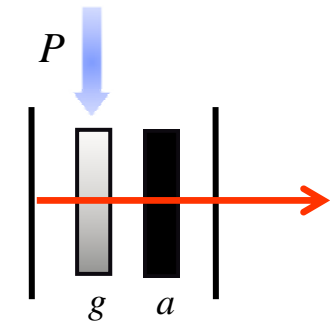
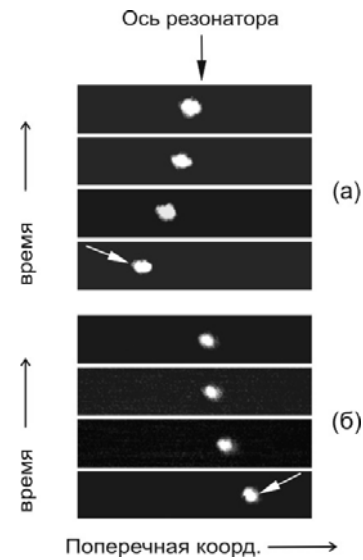
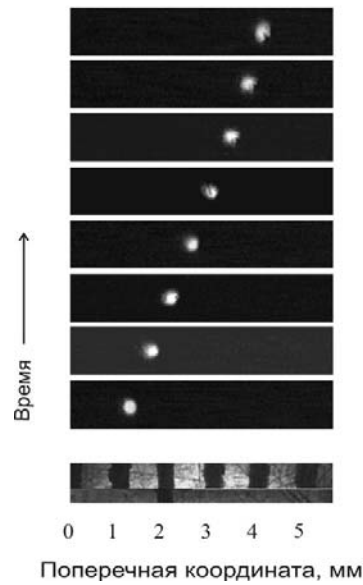
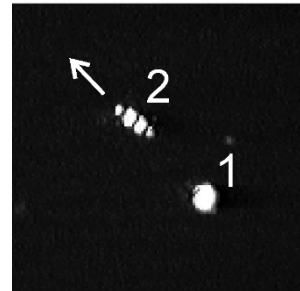
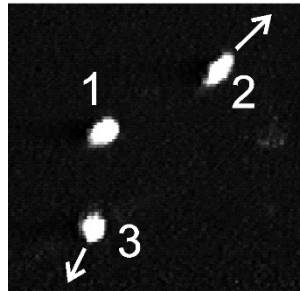


Фундаментальні  
солітони



Вихрові  
солітони

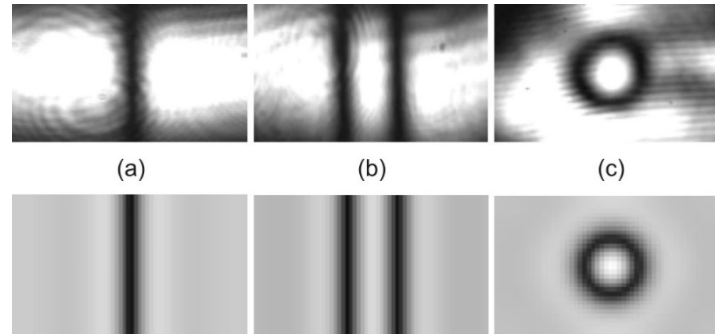
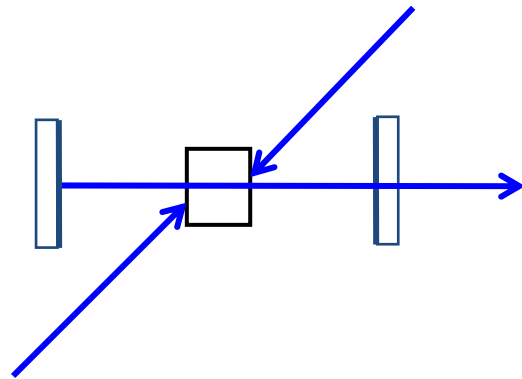
# Лазерні фундаментальні солітони



V.B.Taranenko, K.Staliunas, C.O.Weiss  
*Phys. Rev. A* 56, 1582 (1997)

K.Staliunas, V.B.Taranenko, et al.,  
*Phys. Rev. A* 57, 599 (1998)

## Оптичні доменні стінки



Експеримент

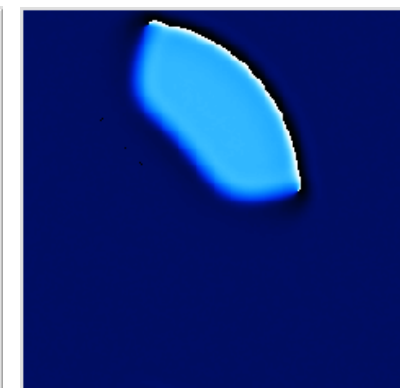
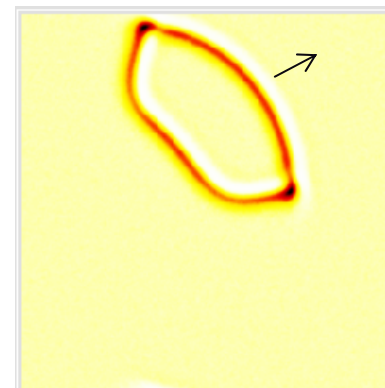
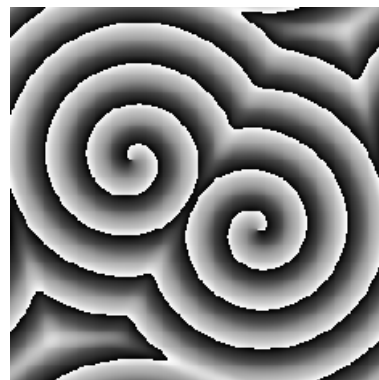
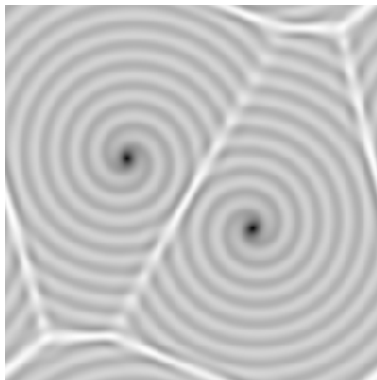
Теорія

інтенсивність

фаза

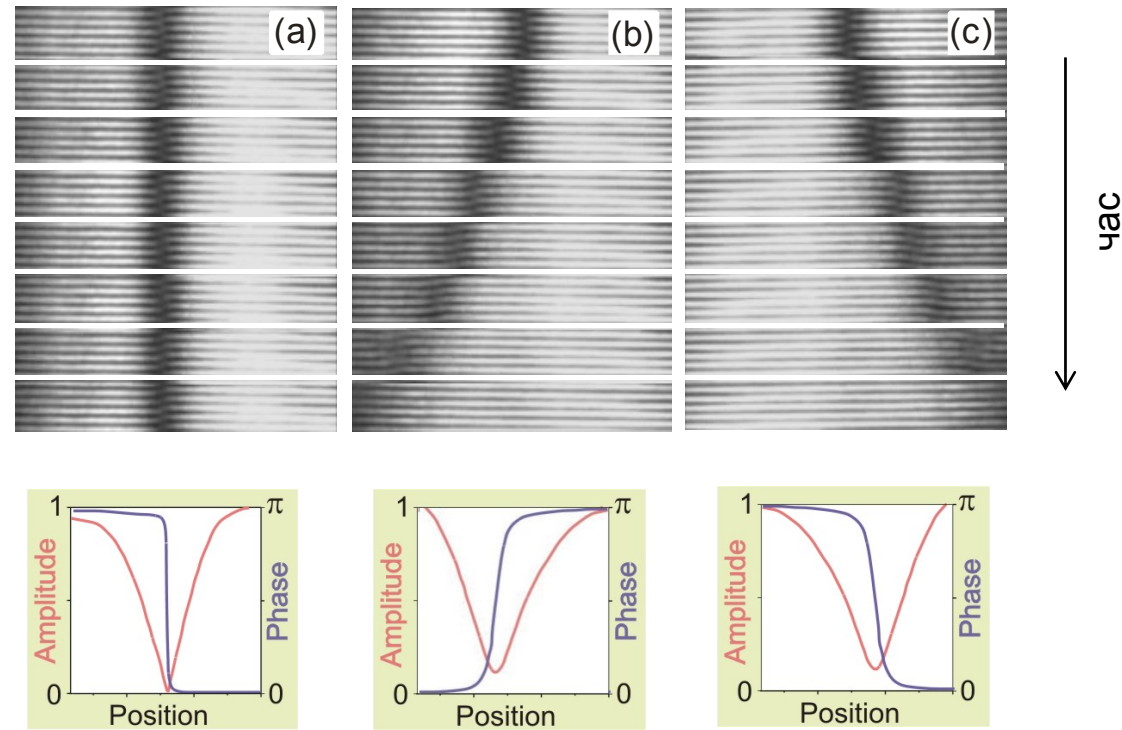
інтенсивність

фаза



$$\partial_t E = (g + i\theta)E + \gamma E^* + (d_{\text{Re}} + id_{\text{Im}})\nabla_{\perp}^2 E + \alpha_3 |E|^2 E$$

## Одновимірні оптичні доменні стінки

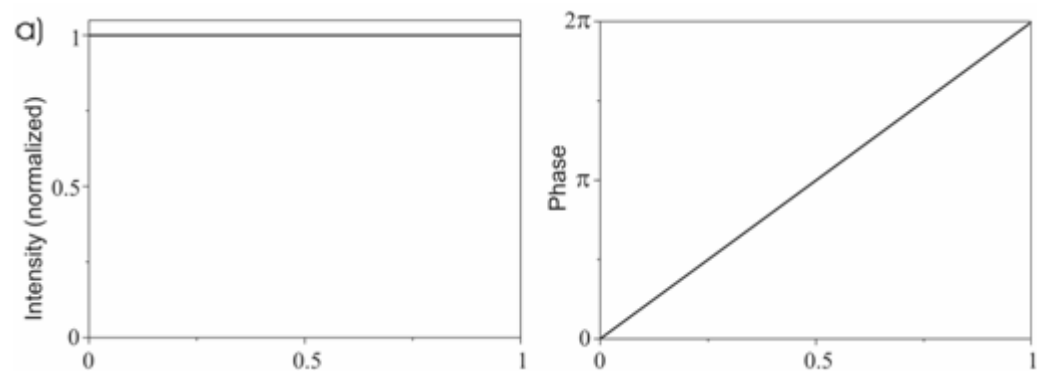
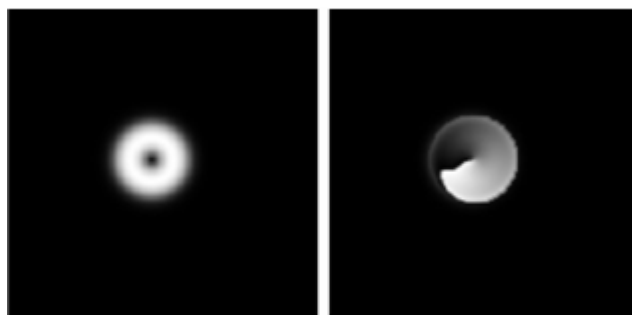


$$\partial_t E = (g + i\theta)E + \gamma E^* + (d_{\text{Re}} + id_{\text{Im}})\nabla_{\perp}^2 E + \alpha_3 |E|^2 E$$

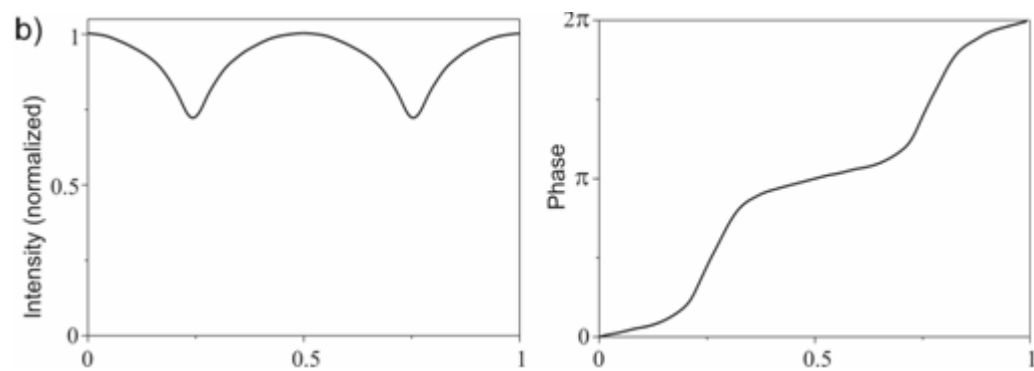
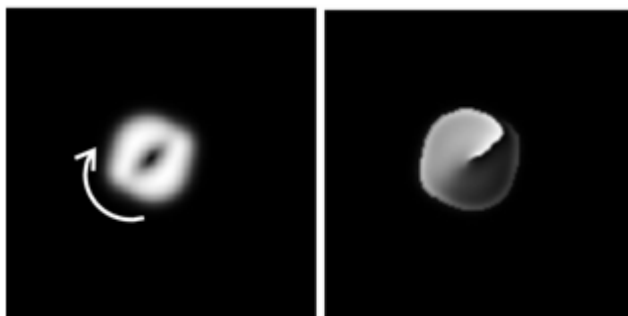
A.Esteban, V.B.Taranenko, J.Garcia, et al.,  
*Phys. Rev. Lett.* 94, 223903 (2005)

## Топологічні лазерні солітони

вихревий солітон

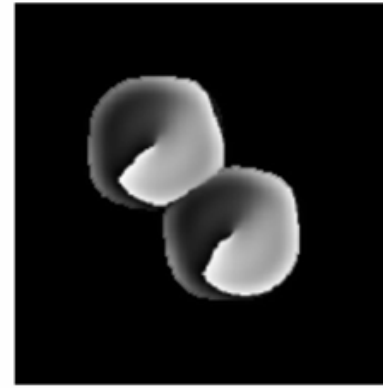
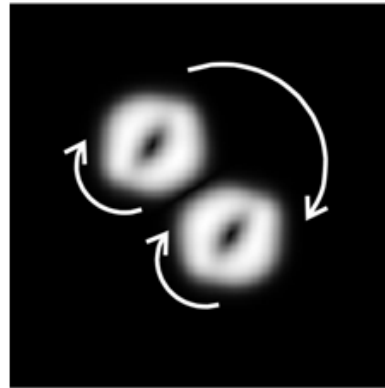


солітон Нееля

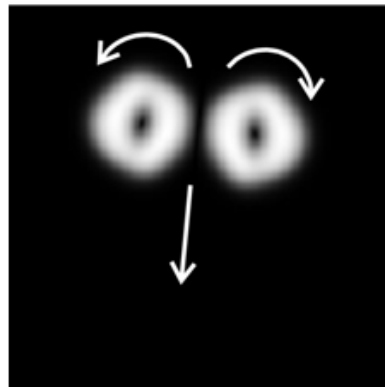


## Лазерні солітони Нееля

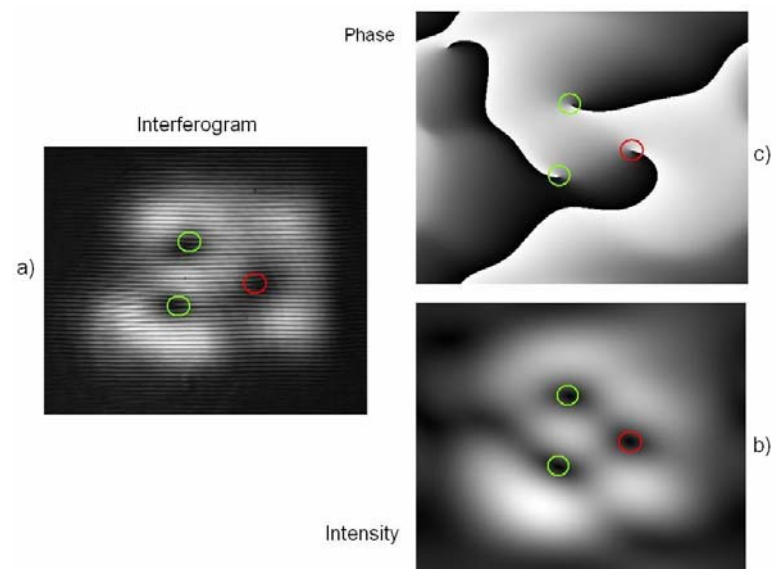
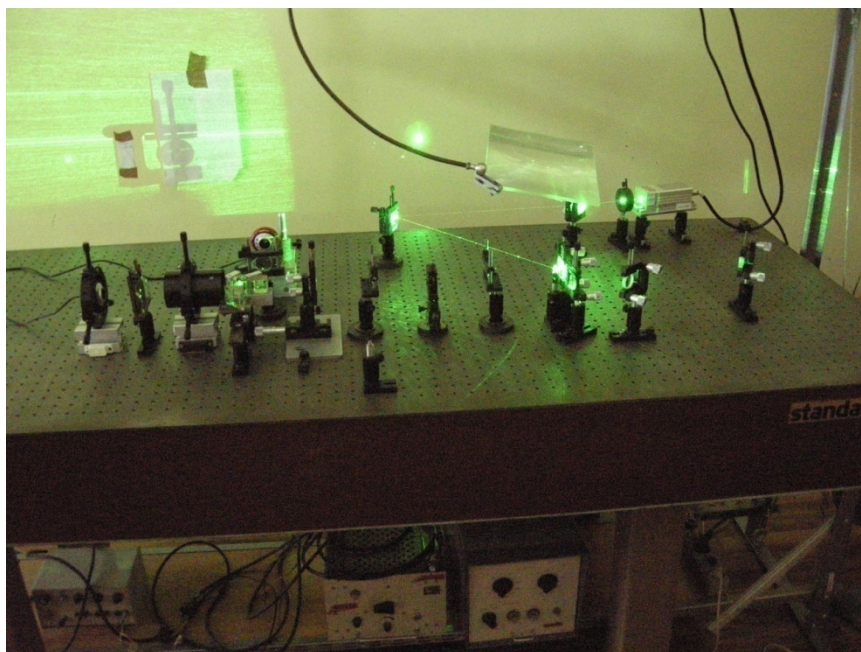
однакові  
топологічні заряди



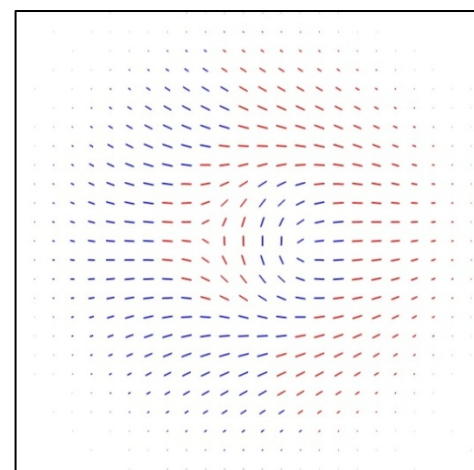
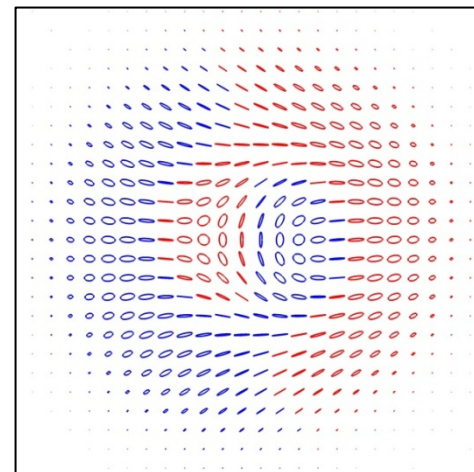
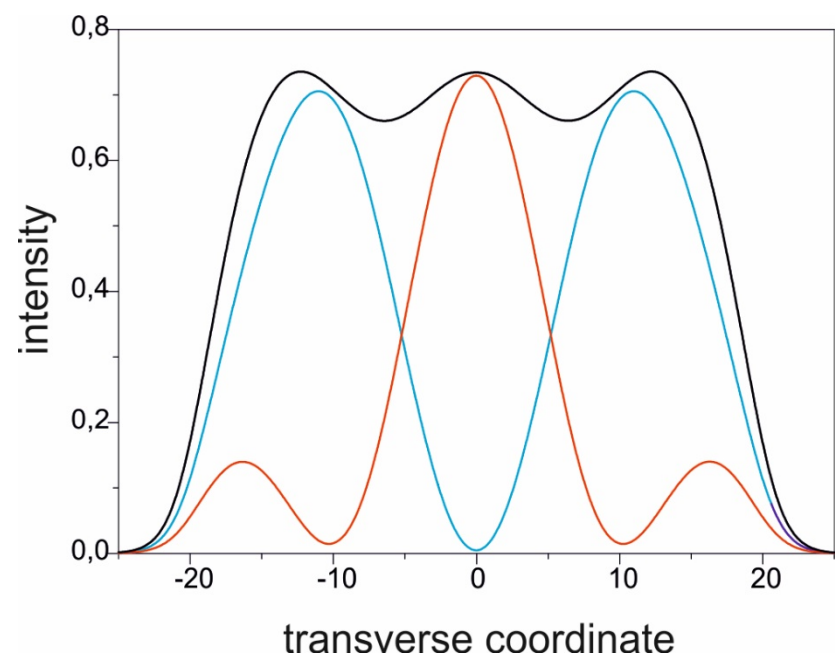
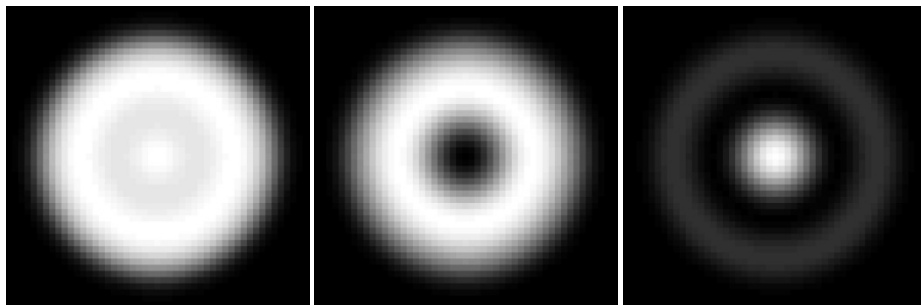
протилежні  
топологічні заряди



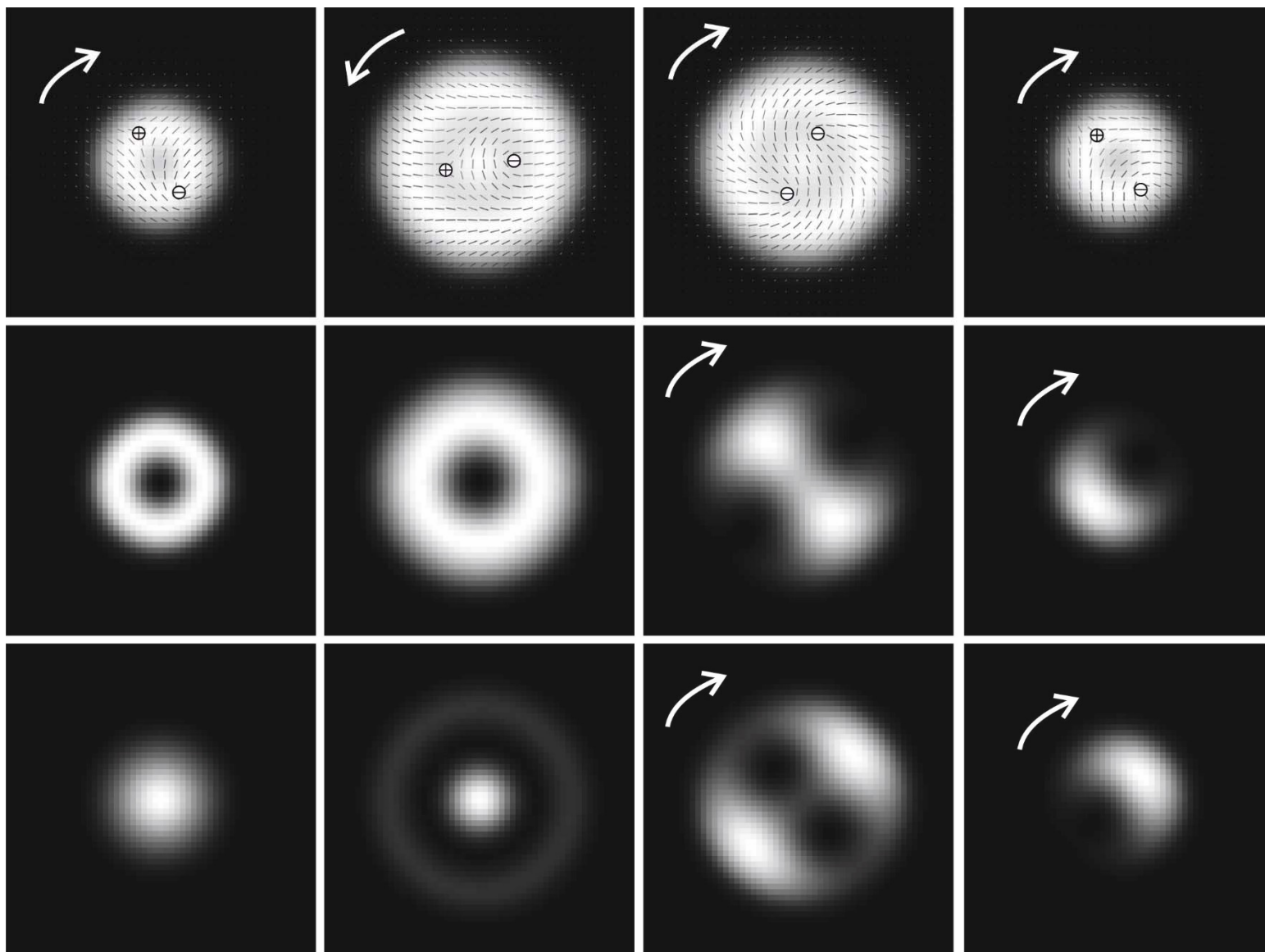
## Експериментальна установка



## Лазерні векторні солітони

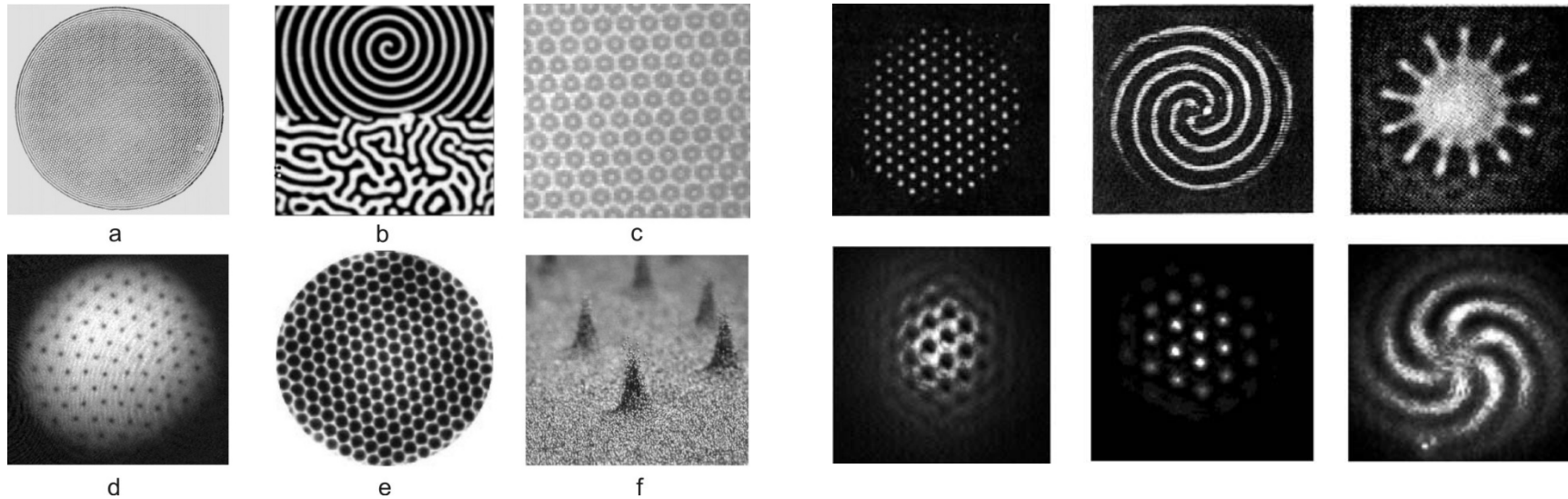






- **Світлові кулі**
- **Квадратичні солітони**
- **Солітони в періодичних структурах**
- **Магнітні солітони**
- **РК солітони**
- **Солітони матерії в конденсатах Бозе-Ейнштейна**

## Самоорганізація в нерівноважних системах



- Конвекційні гексагони Бенарда
- Структури хімічних реакцій Б-Ж
- Структури Фарадея
- Решітки вихорів Абрикосова

Оптичні структури

**ДЯКУЮ ЗА УВАГУ !**