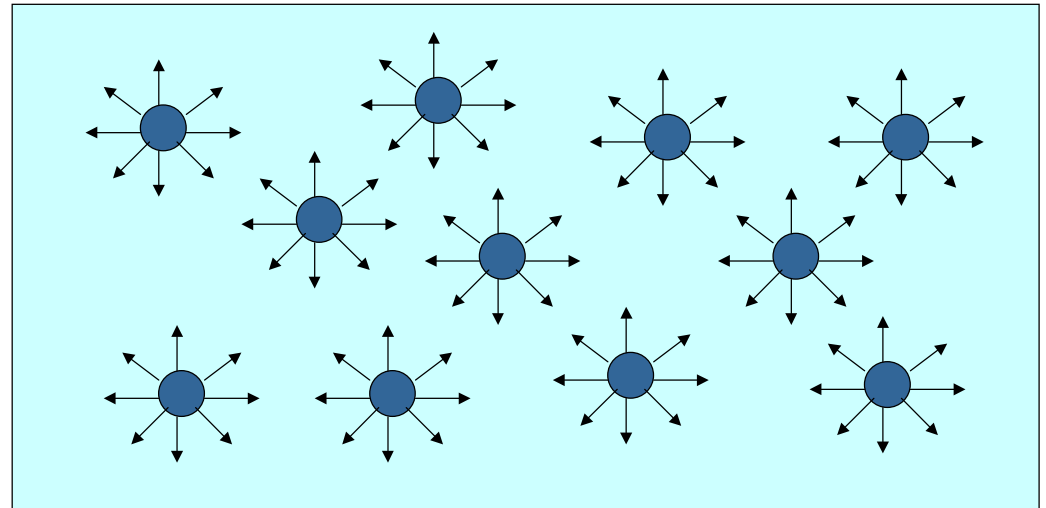


Лазеры, фотоника и сверхкороткие импульсы

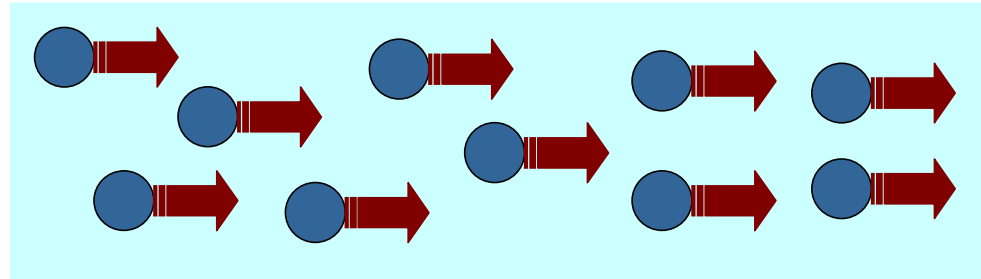
Нелазерные источники света



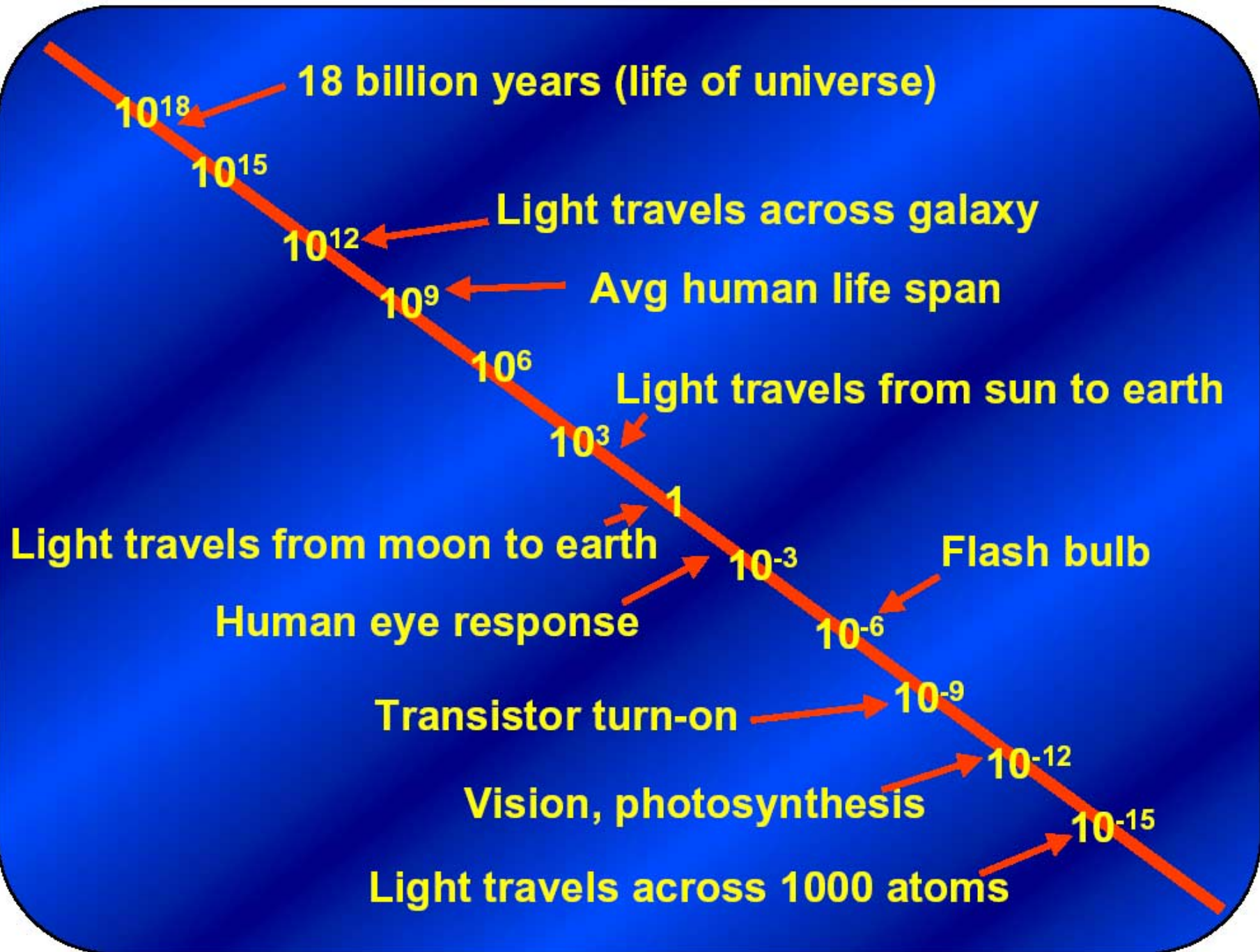
Ненаправленное излучение, испускаемое несфазированными источниками в случайные моменты времени (Евклид, 300 д.н.э.)

Вынужденное излучение и лазеры

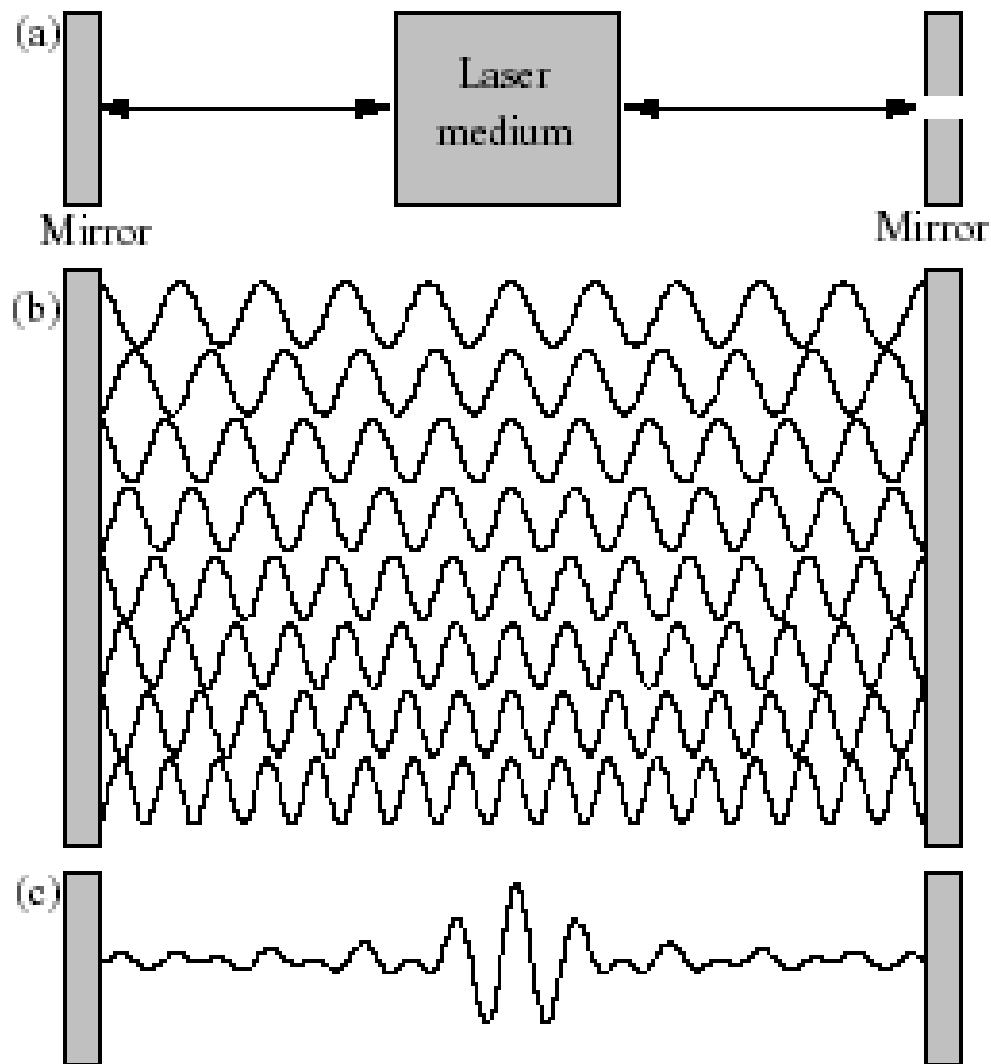
Вынужденное излучение (Эйнштейн, 1916)



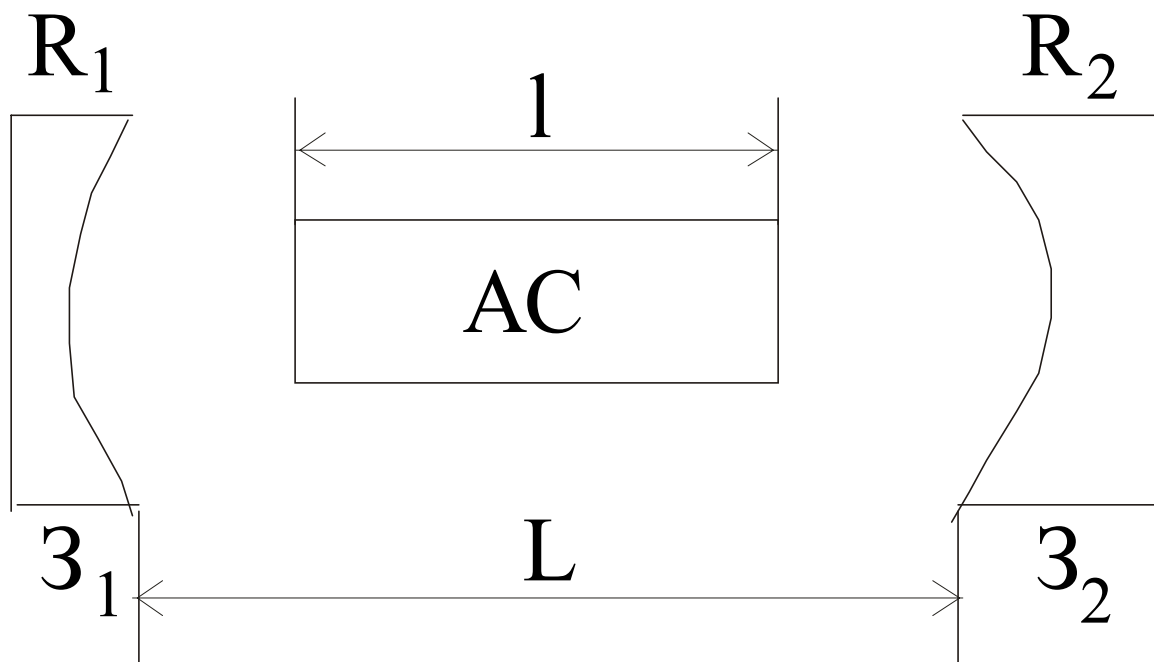
Лазеры (Басов, Прохоров, Таунс, Мэйнмэн, 1950s)



Лазерные источники сверхкоротких импульсов: синхронизация мод



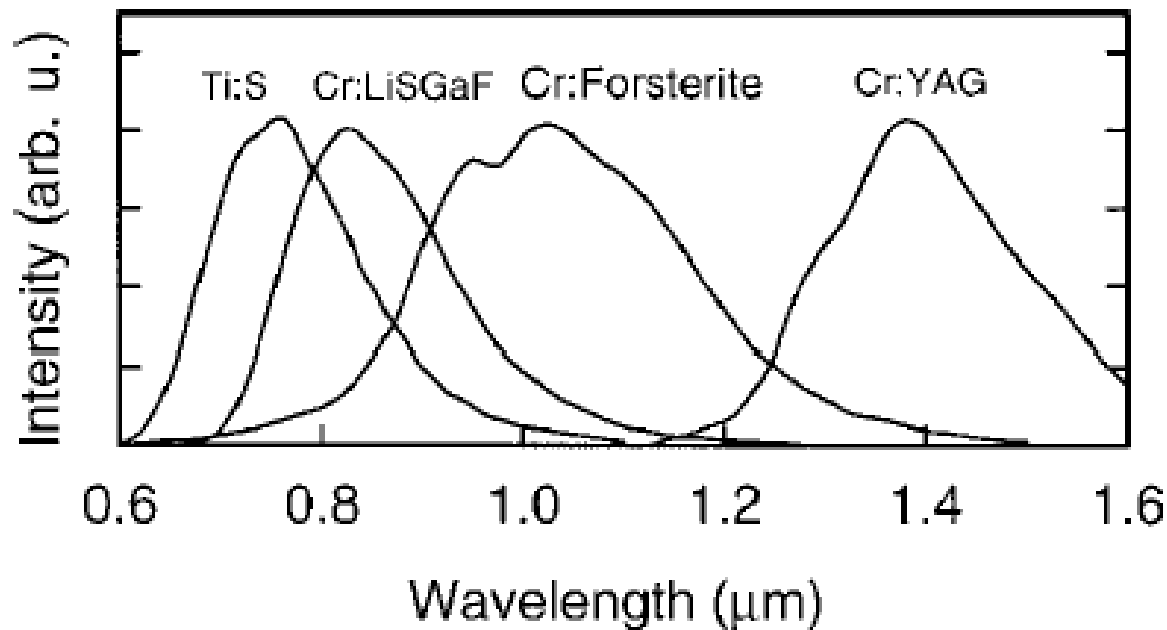
Лазерный резонатор и его моды



$$R_1 R_2 e^{Gl} \geq 1$$

$$L = n \frac{\lambda}{2}$$

Активные среды с широкой полосой усиления



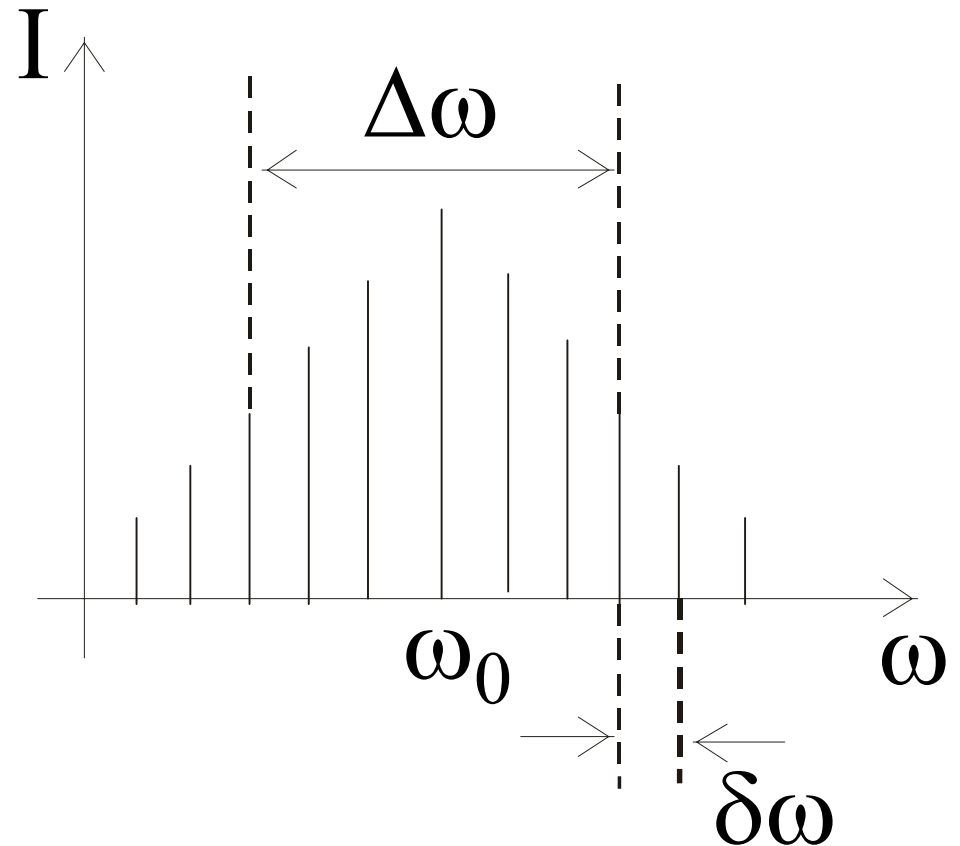
Необходимое, но недостаточное условие генерации сверхкоротких импульсов

Спектр мод лазерной генерации

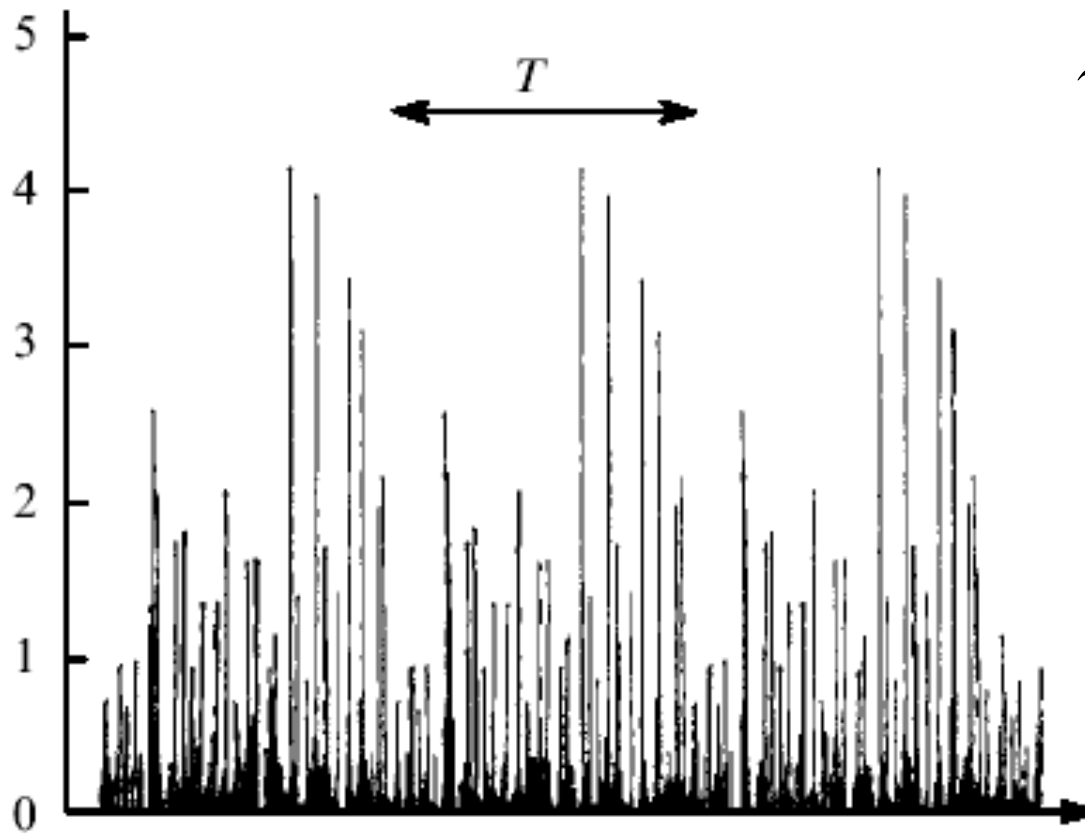
$$E(t) = \sum_{n=1}^N A_n(t) \exp \left[i\omega_0 t + in\delta\omega t + i\varphi(\omega_n) \right]$$

$$\omega_n = \omega_0 + n\delta\omega$$

$$N\delta\omega = \Delta\omega$$



Моды со случайными фазами



$$\tau_{\min} = 2\pi / \Delta\omega$$

Это не то,
что мы хотели

Синхронизованные моды

$$\varphi(\omega_n) = 0$$

$$A_n(t) = A_0$$

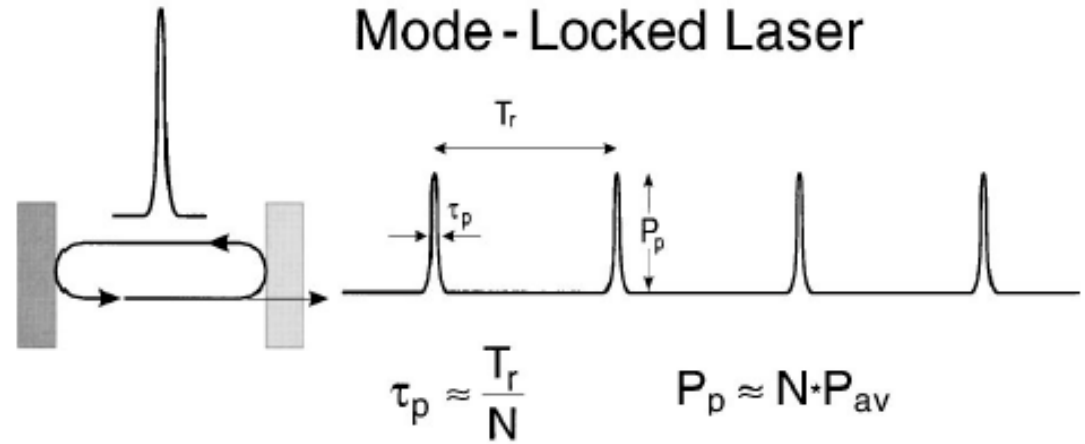
$$E(t) = \left(A_0 \sum_{n=1}^N e^{in\delta\omega t} \right) e^{i\omega_0 t}$$

$$S_N = a_1 \frac{1 - q^N}{1 - q}$$

$$q = e^{i\delta\omega t}$$

$$\Rightarrow I(t) = A_0^2 \frac{\sin^2\left(\frac{N\delta\omega t}{2}\right)}{\sin^2\left(\frac{\delta\omega t}{2}\right)}$$

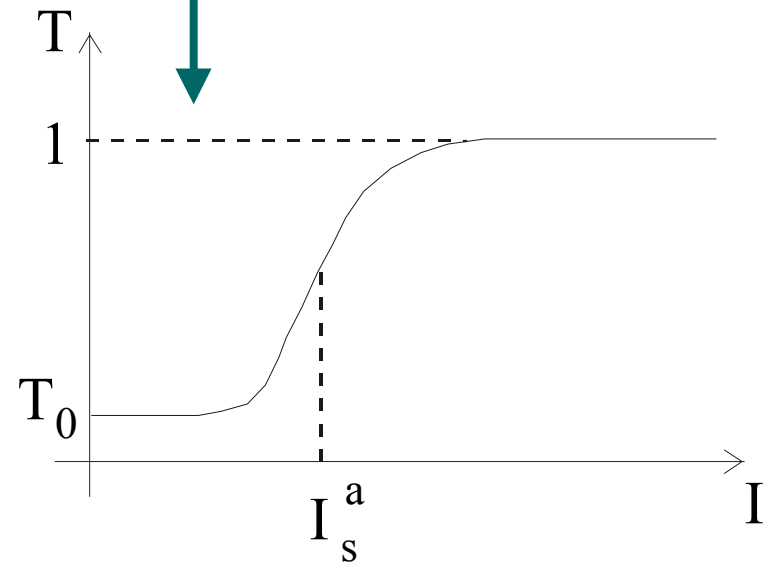
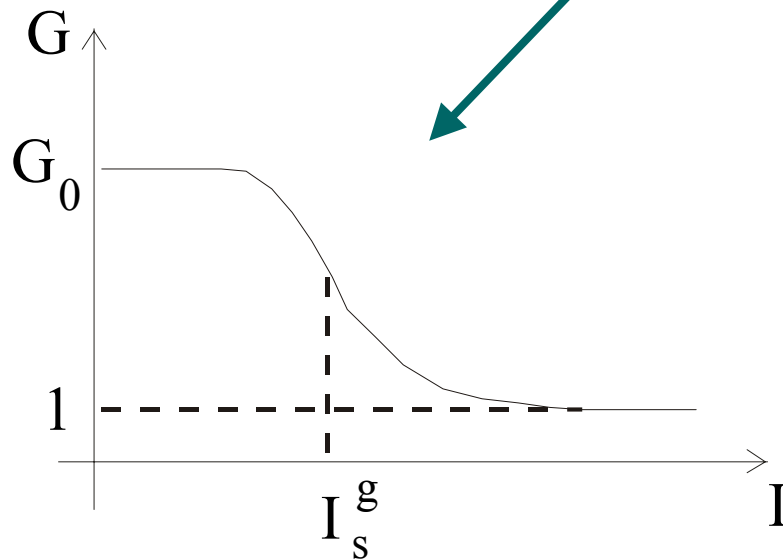
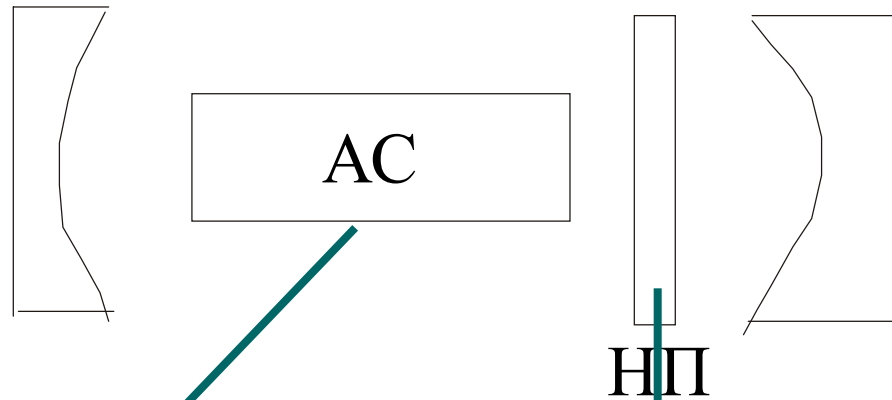
$$\frac{N\delta\omega\tau}{2} = \pi \Rightarrow \tau = \frac{2\pi}{N\delta\omega} = \frac{2\pi}{\Delta\omega}$$



N: Number of locked modes

P_{av} : Average output power

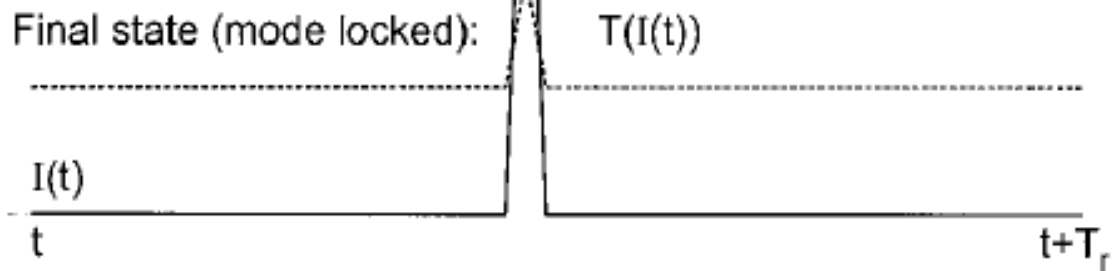
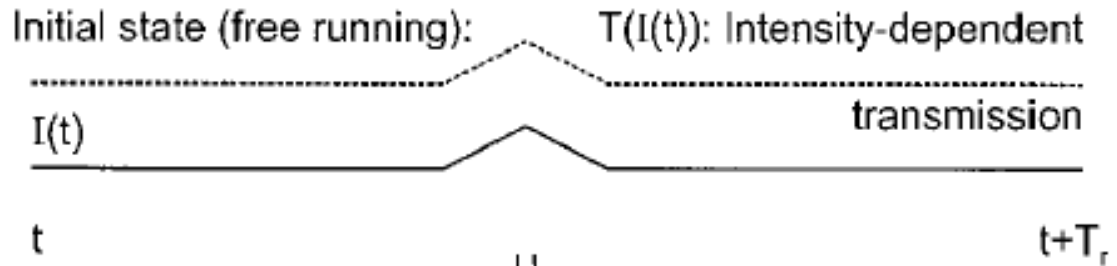
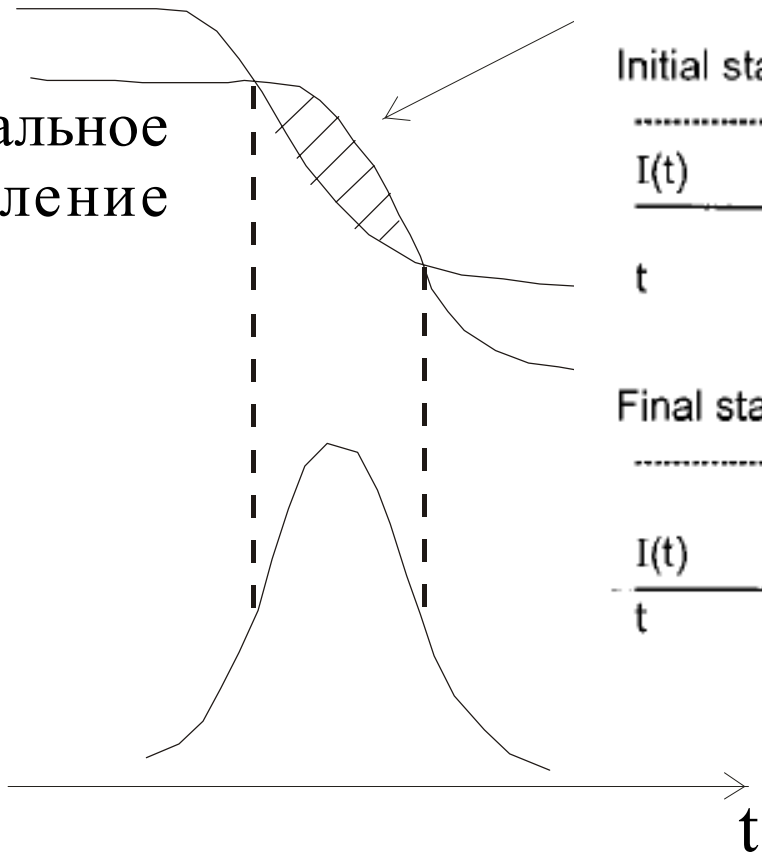
Насыщающееся поглощение в лазерном резонаторе



Пассивная синхронизация мод

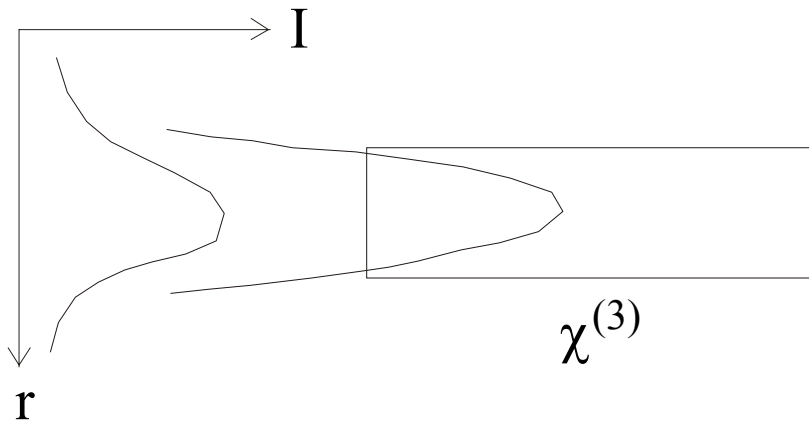
начальное
поглощение

начальное
усиление



Kerr-lens mode locking

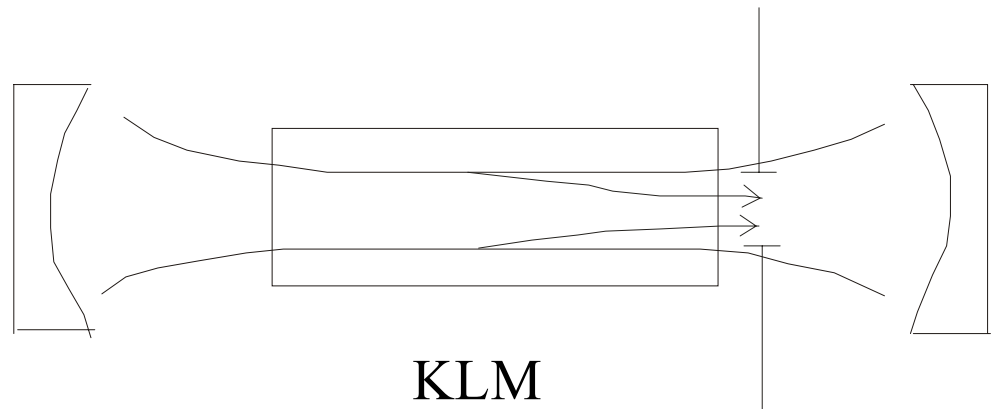
Самофокусировка



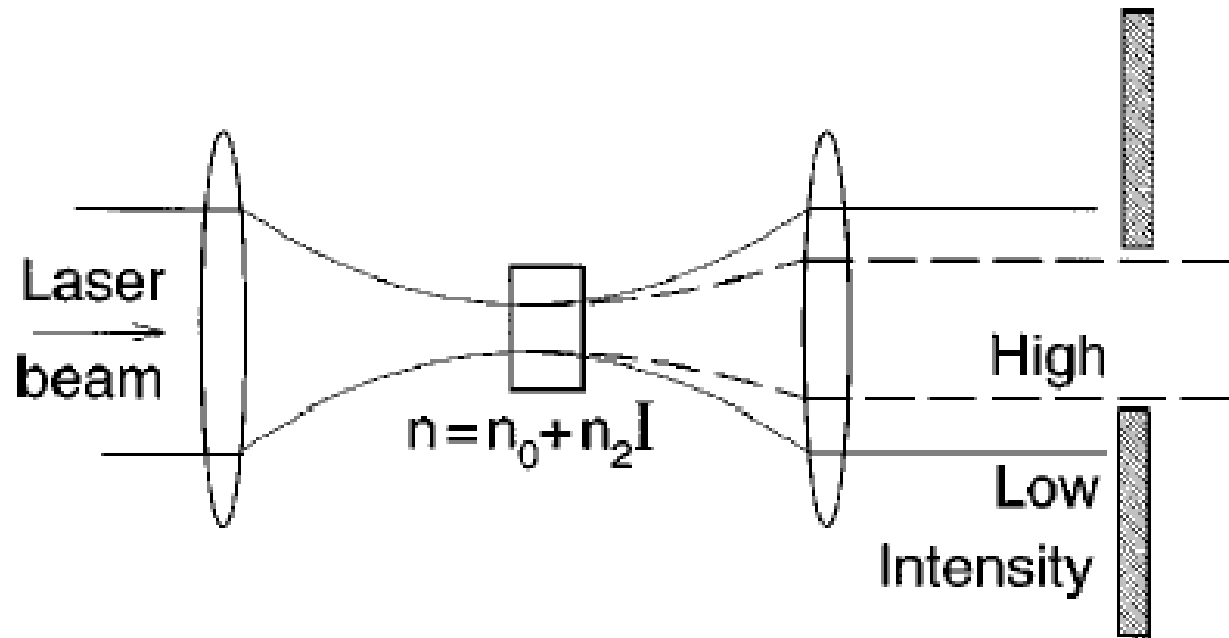
Spence, D. E., P. N. Kean, and W. Sibbett, 1991, Opt. Lett. **16**, 42.

$$n(r) = n_0 + \delta n(r)$$

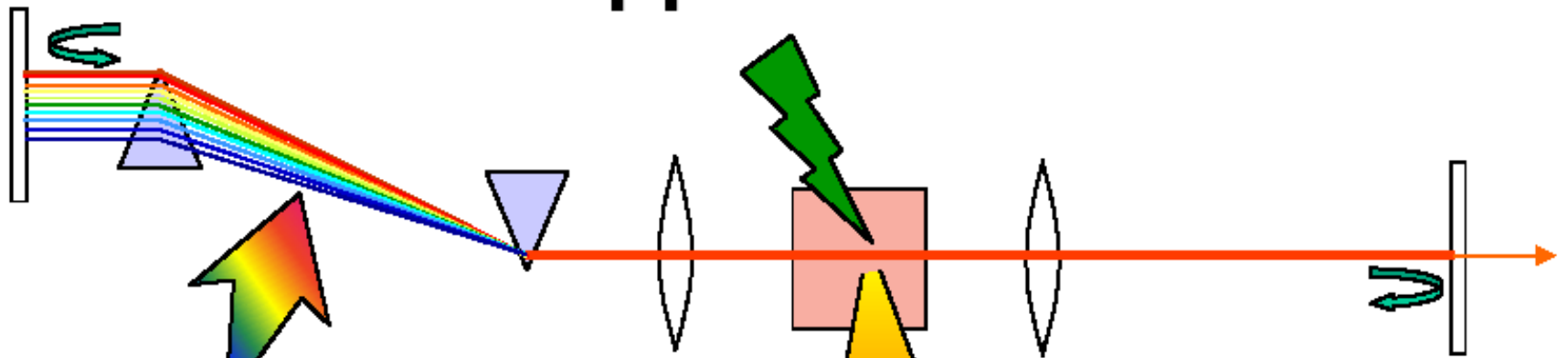
$$\delta n(r) = n_2 I(r)$$



KLM

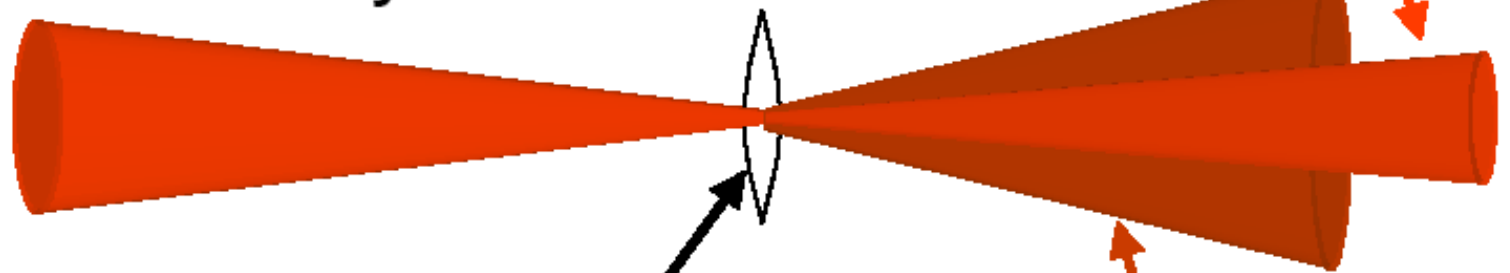


Ti:Sapphire laser



keeps colors
in phase

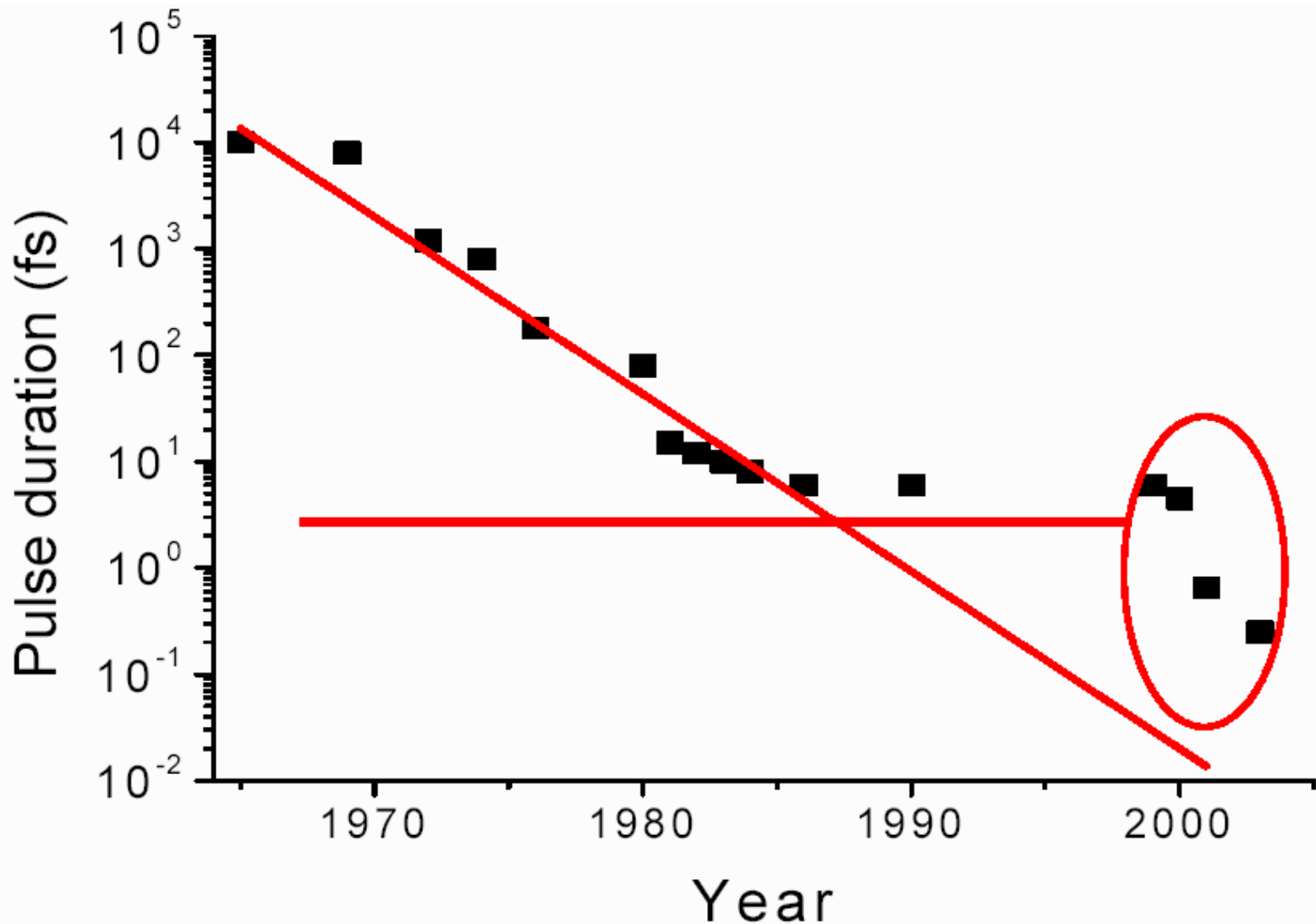
“if you build it they will come”



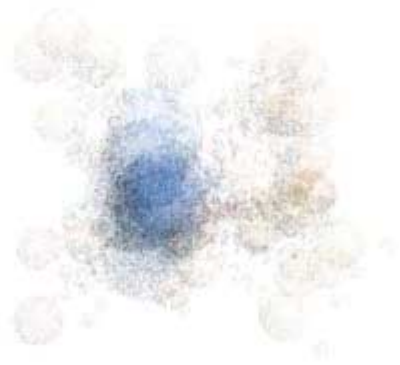
Nonlinear lens
(created by short pulse)

short pulse
long pulse

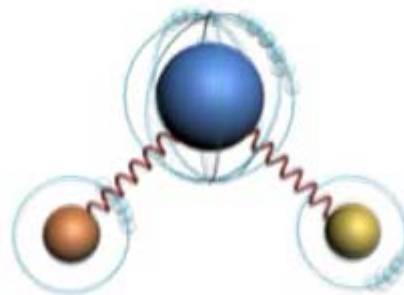
Аттосекундный прорыв



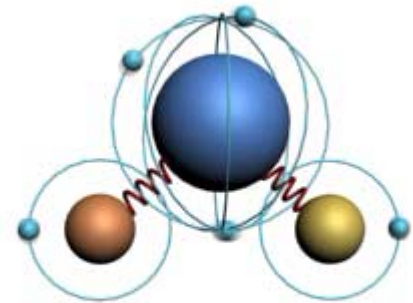
Пикосекундное разрешение



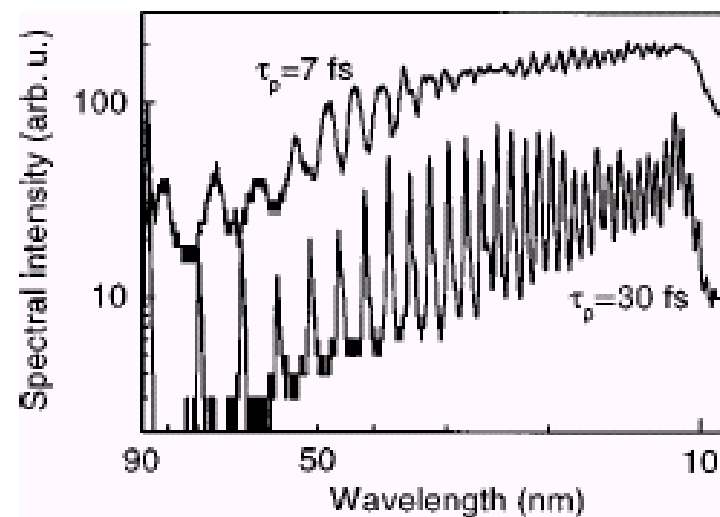
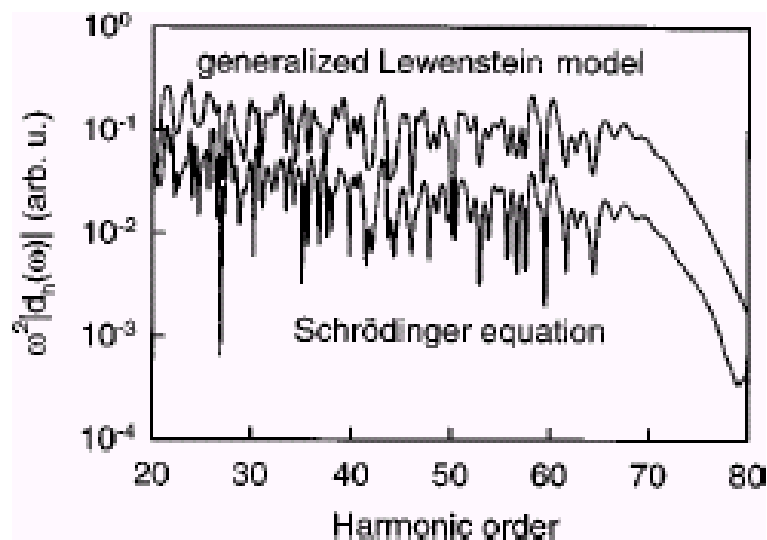
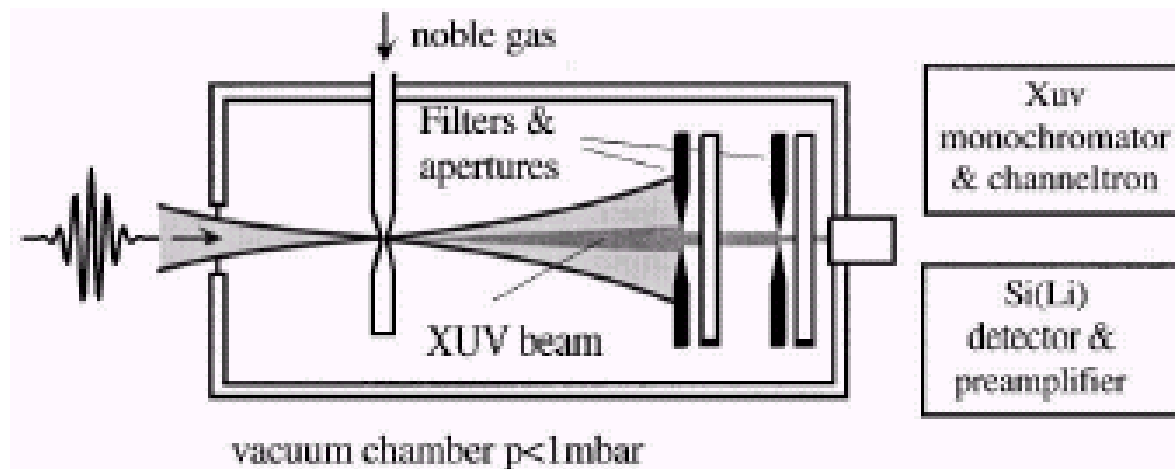
Фемтосекундное разрешение



Аттосекундное разрешение



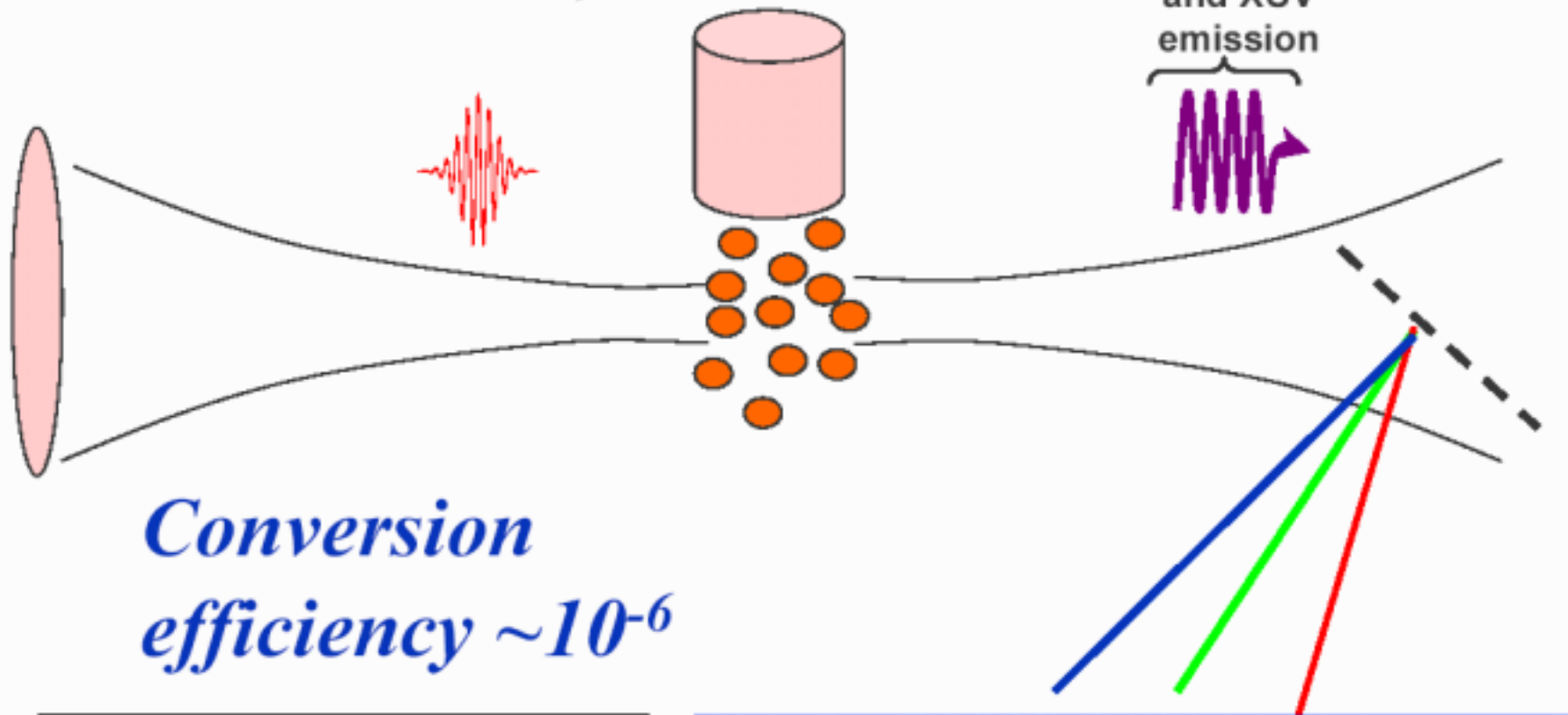
Генерация высоких гармоник и синтез аттосекундных импульсов



Генерація гармоник високого порядку

Jet, cell or fibre

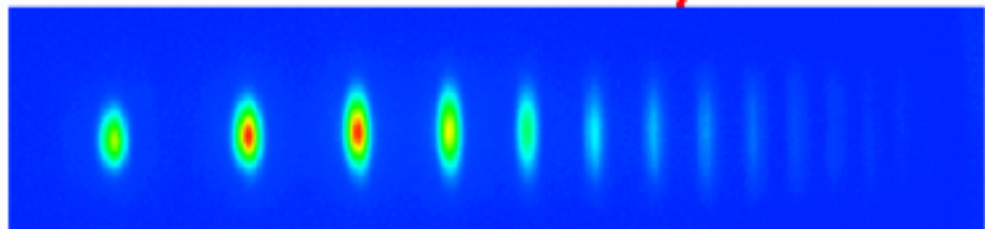
Fundamental and XUV emission



Conversion efficiency $\sim 10^{-6}$

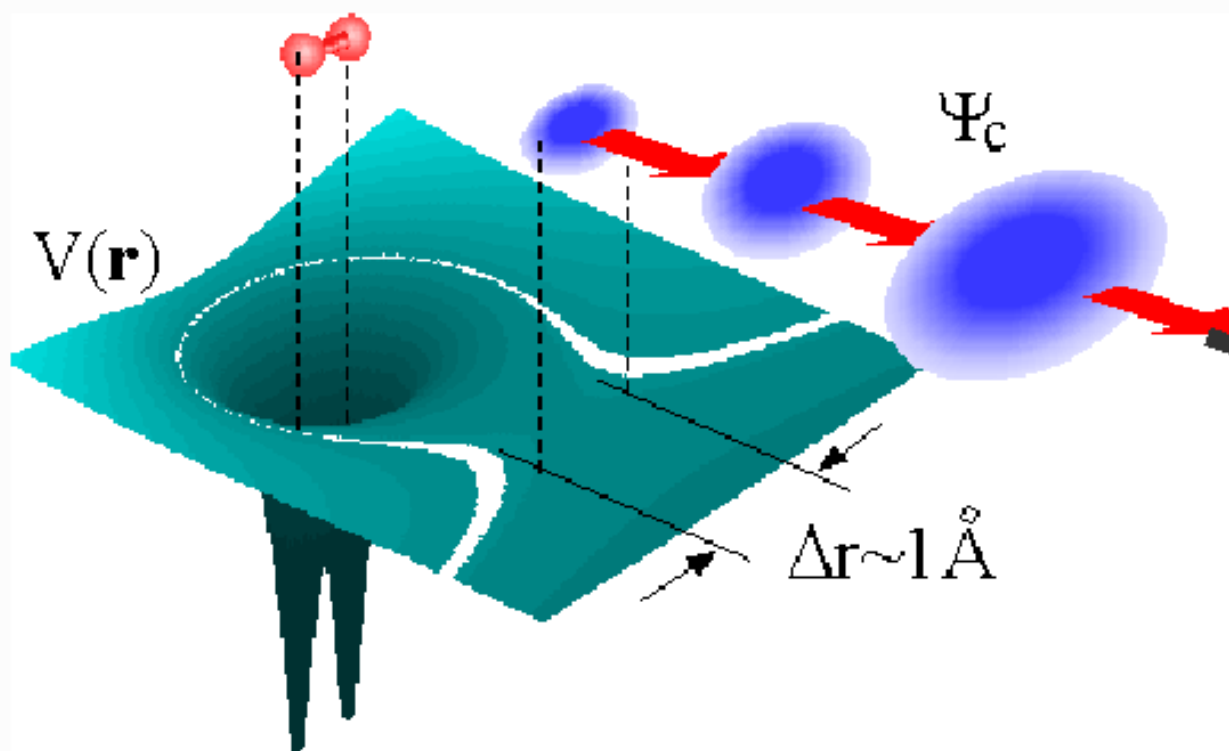
Up to 450 eV photons, $\sim 300^{\text{th}}$ harmonics

PRL, **79**, 2967 (1997)

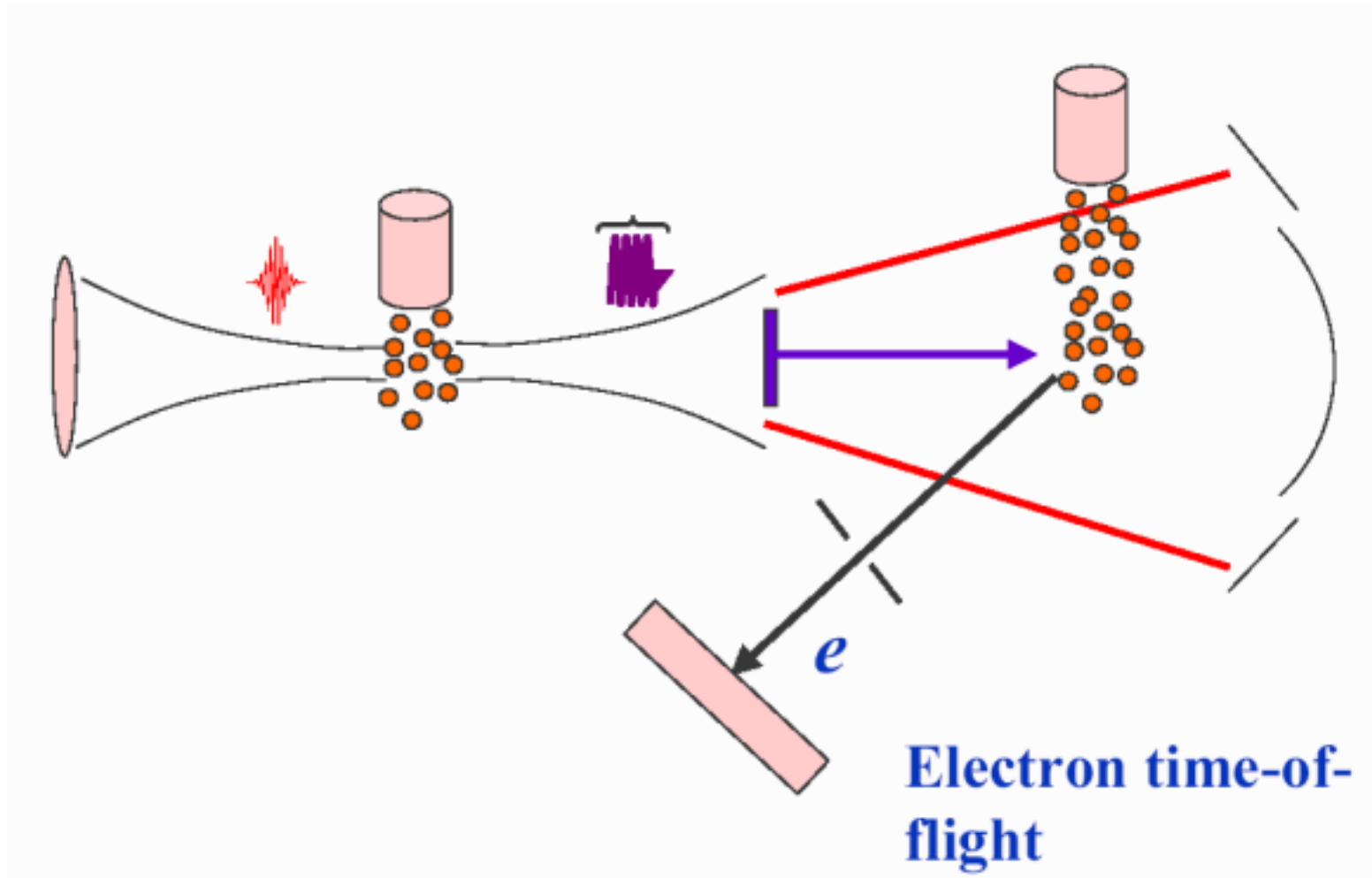


Аттосекундная томография

Paul Corkum



Измерение аттосекундных длительностей



Измерение аттосекундных импульсов

