

# Nieliniowe efekty przy powstawaniu impulsów laserowych

Jakub Supeł, Kamil Rychlewicz

Prowadzący:

Radostaw Chrapkiewicz, Patryk Drobiński

*Marzec 2011, Wydział Fizyki UW, Krajowy Fundusz na rzecz Dzieci*

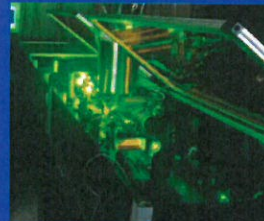
## Cel warsztatów

- Moim zajęciem podczas warsztatów było:
- Symulowanie pracy lasera impulsowego w środowisku MatLab za pomocą programów napisanych od podstaw
- Poznawanie teoretycznych podstaw efektów występujących podczas pracy lasera
- Tworzenie coraz bardziej zaawansowanych modeli

## Co to jest laser femtosekundowy?

.Laser femtosekundowy - laser generujący impulsy światła o czasie trwania od kilku do kilkudziesięciu femtosekund ( $1\text{fs}=10^{-15}\text{ s}$ )

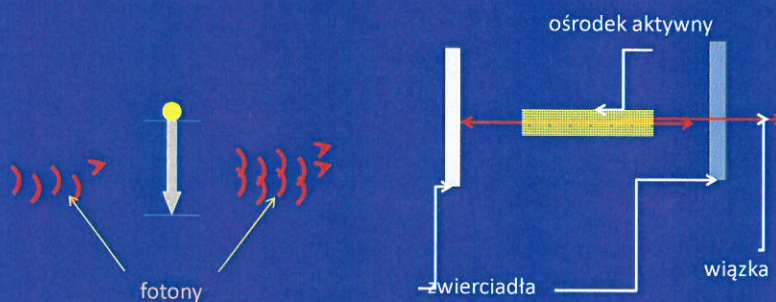
.Laserom femtosekundowym zawdzięcza rozwój femtochemia (Nagroda Nobla z chemii w 1999) a także nowe metody w precyzyjnej spektroskopii laserowej (Nagroda Nobla z fizyki w 2005)



## Jak działa laser?

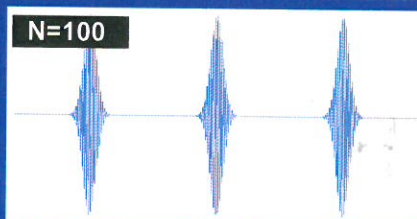
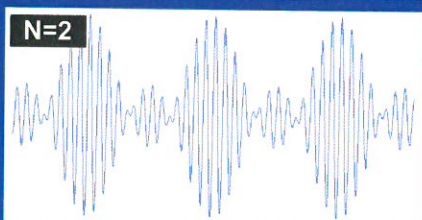
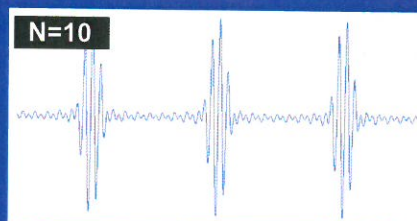
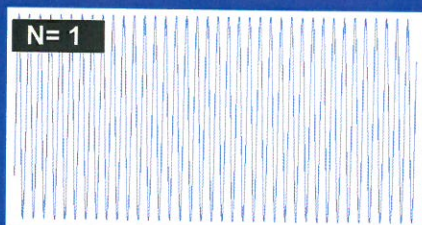
.Najważniejszą częścią lasera jest ośrodek aktywny.

.Ośrodek aktywny wzmacnia sygnał.



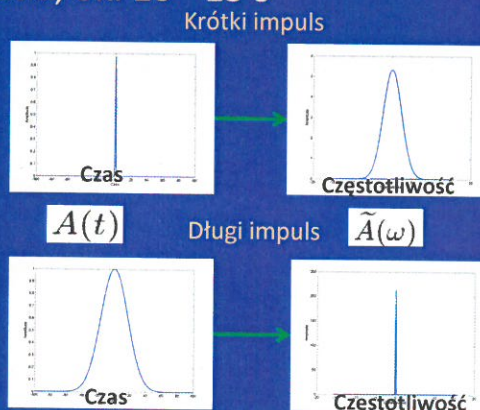
## Rozkład na sygnały na częstotliwości składowe

$$\cos \omega t + \cos(\omega + \Delta\omega)t + \cos(\omega + 2\Delta\omega)t + \cos(\omega + 3\Delta\omega)t + \dots + \cos(\omega + (N-1)\Delta\omega)t$$



## Powstawanie impulsów

- Najważniejsze zagadnienie to otrzymanie impulsu
- Impuls jest to błysk światła, ok.  $10^{-15}$  s
- Wiele częstotliwości
- Olbrzymia moc szczytowa

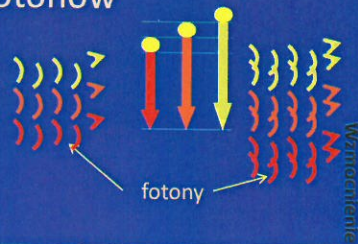


## Wzmocnienie w ośrodku aktywnym

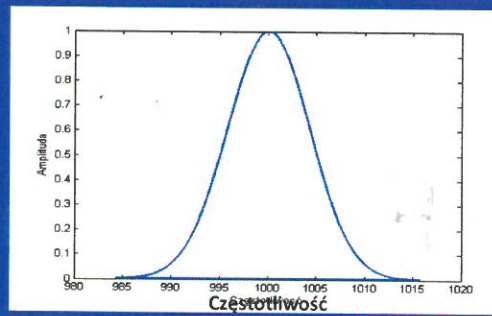
$$A = A_0 \cdot g(I, \omega)$$

$$g(I, \omega) = \frac{g_0}{1 + \frac{I}{I_{sat}}} \cdot e^{-k(\omega - \omega_0)^2}$$

Wzmocnienie polega na wymuszonej emisji fotonów



Szerokie widmo

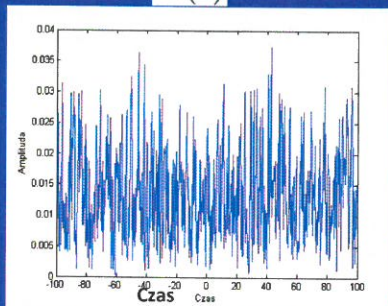


## Symulacja lasera

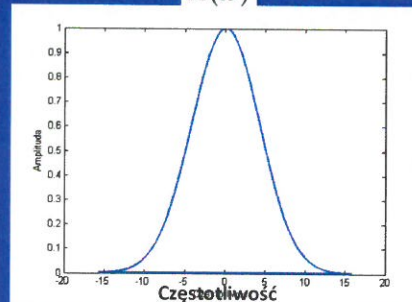


- Laser wzmacnia światło, więc musi coś być na początku
- Sygnał początkowy pochodzi z emisji spontanicznej

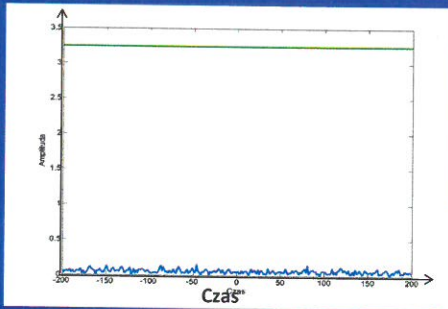
$A(t)$



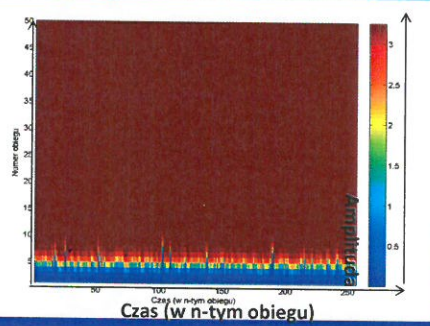
$\tilde{A}(\omega)$



## PRACA CIĄGŁA



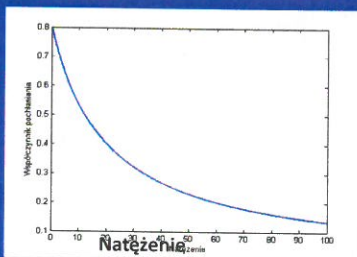
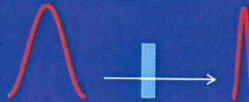
Numer obrotu



Dla uproszczonego modelu nie ma impulsu –  $g(w)$  nie wystarczy...

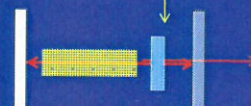
## Jak zatem uzyskać impulsy?

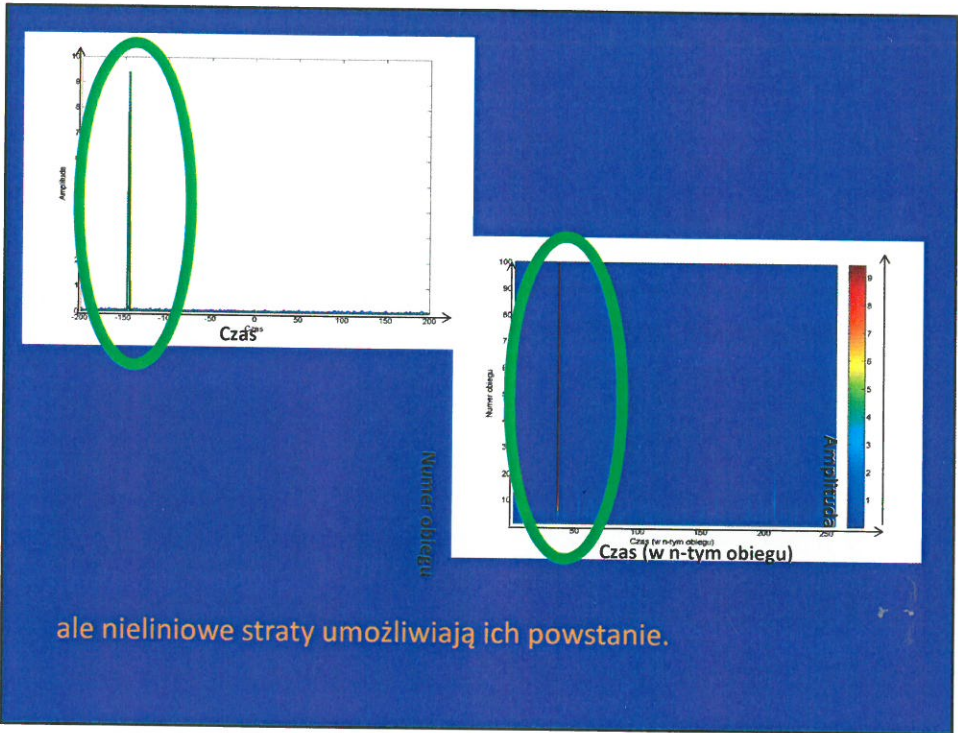
- Laser lubi świecić pracą ciągłą
- Straty nieliniowe – faworyzacja dużych natężeń



$$t(I) = 1 - \frac{\alpha}{1 + \frac{I}{I_s}}$$

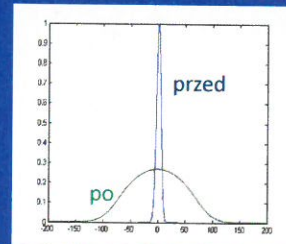
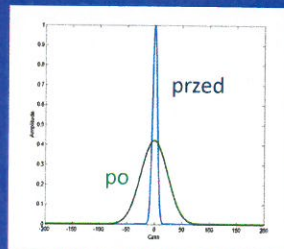
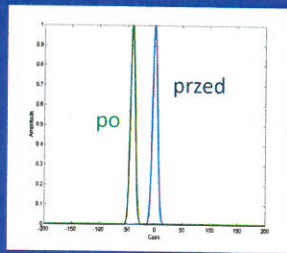
nasycalny absorber

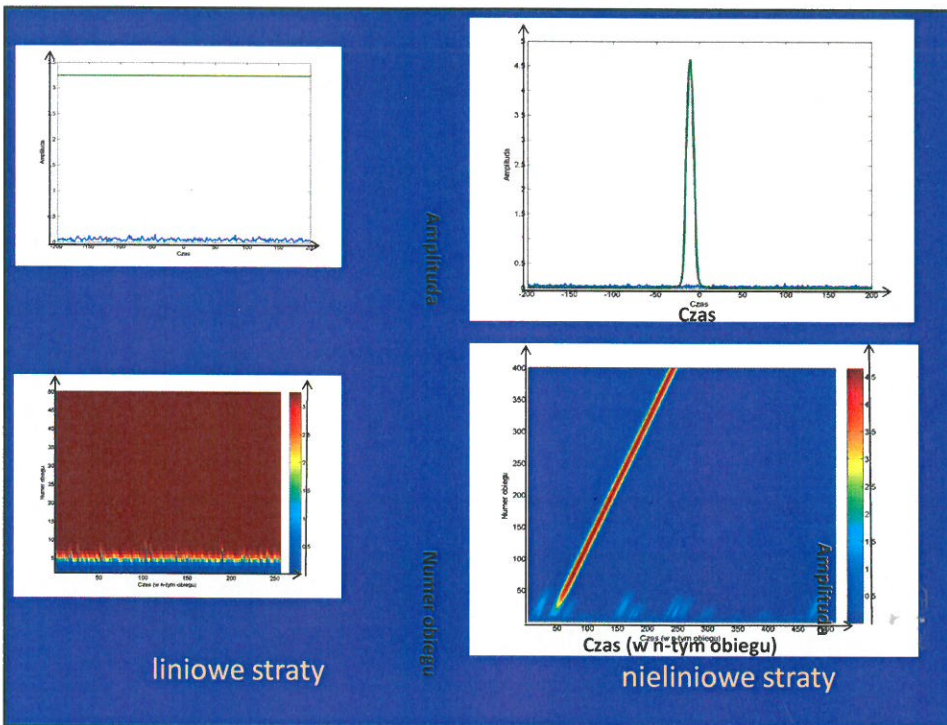




## Warunki fizyczne w rzeczywistości

$$\frac{dA(z,t)}{dz} = \beta_1 \frac{dA(z,t)}{dt} - i \frac{\beta_2}{2} \frac{d^2 A(z,t)}{dt^2} + i \gamma |A(z,t)|^2 \cdot A(z,t)$$

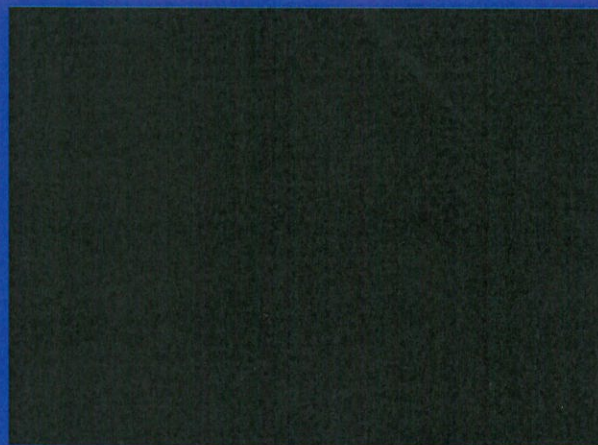




liniowe straty

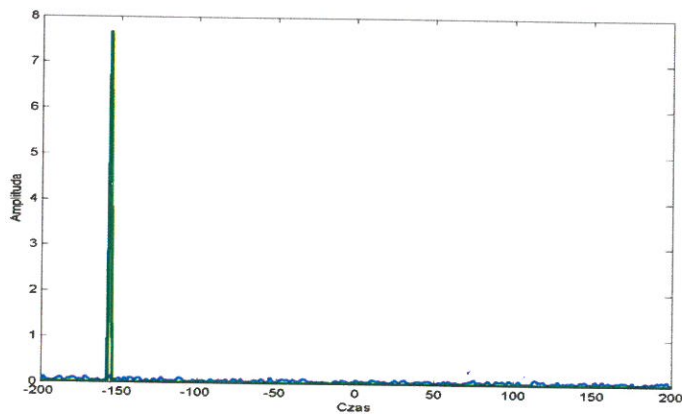
nieliniowe straty

## Powstawanie impulsu

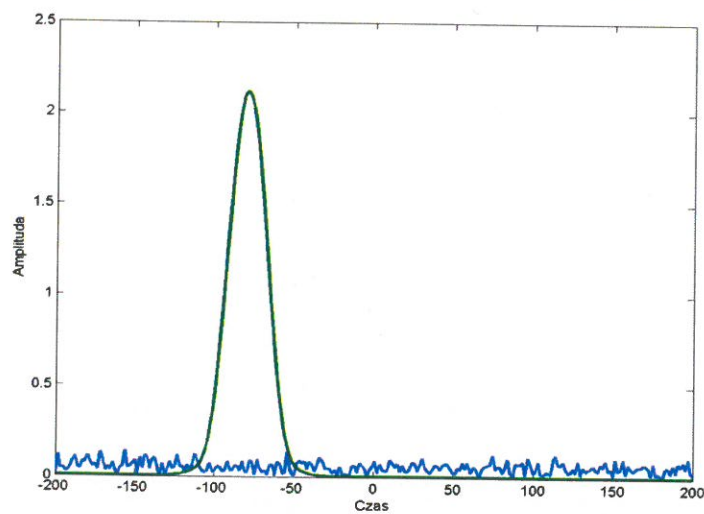


Czas

## Symulacje

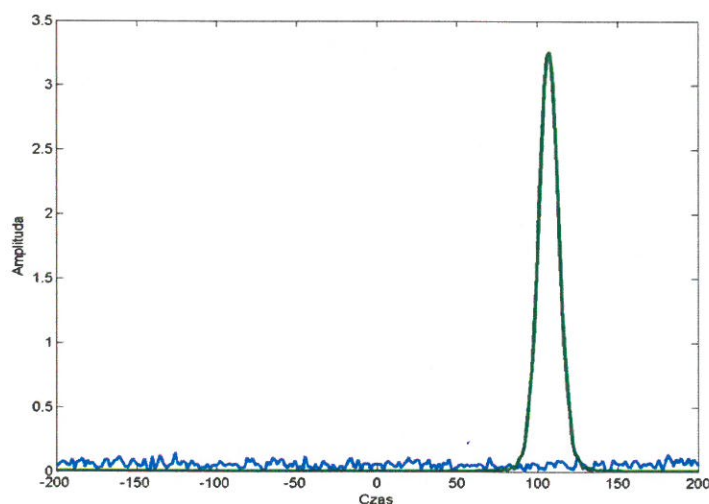


$\Gamma=0; b_1, b_2=0$



$b_2=15$





$b_2=15; \gamma=0,2$

## Podsumowanie

- Symulacje lasera w różnych warunkach fizycznych
- Impuls = szeroki zakres częstotliwości
- Efekty nieliniowe są kluczowe i wymagane do powstania impulsu
- Ciąg dalszy(?): wykorzystywanie efektów nieliniowych do tworzenia krótszych impulsów

## Podziękowania

- Radosław Chrapkiewicz, Patryk Drobiński
- Wydział Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego
- Krajowy Fundusz na rzecz Dzieci

Dziękuję za uwagę

Czas