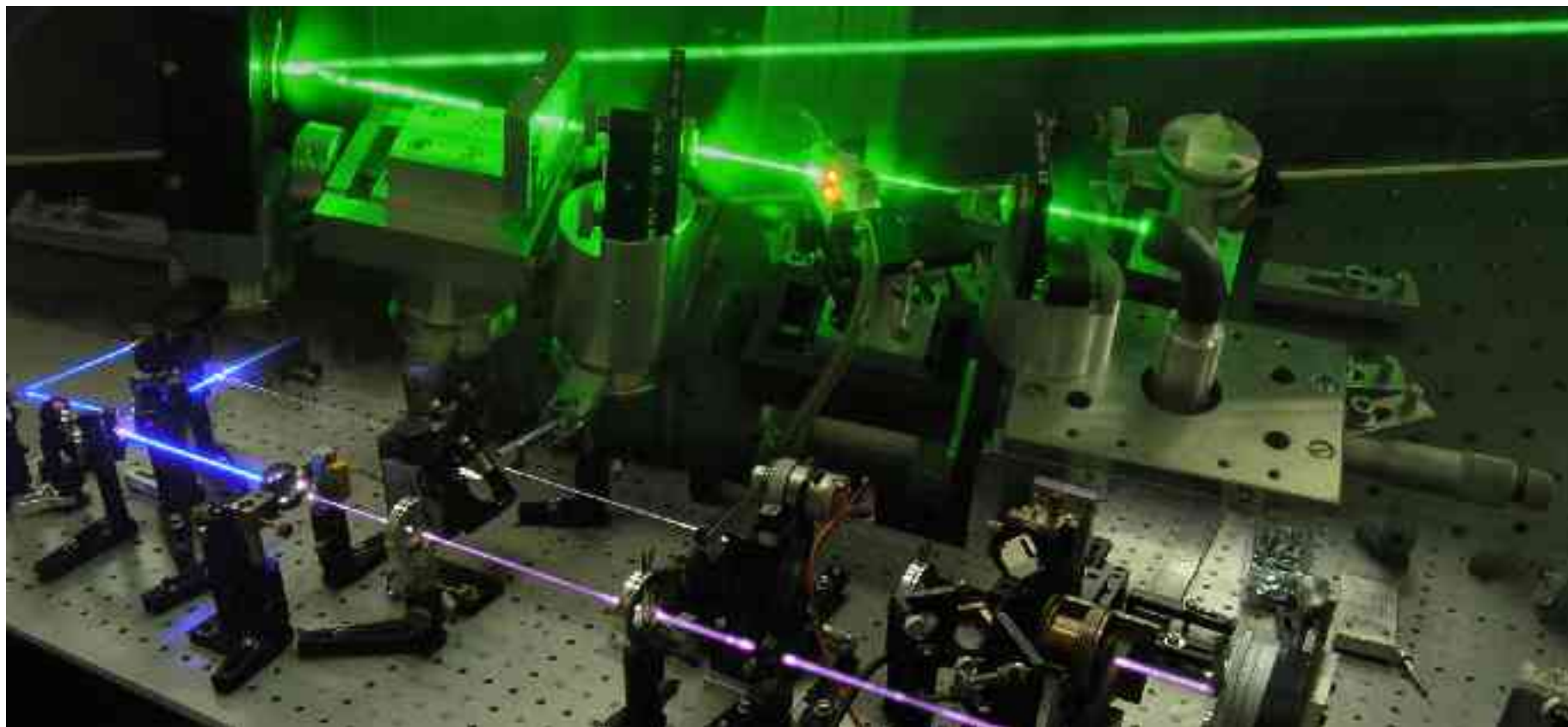




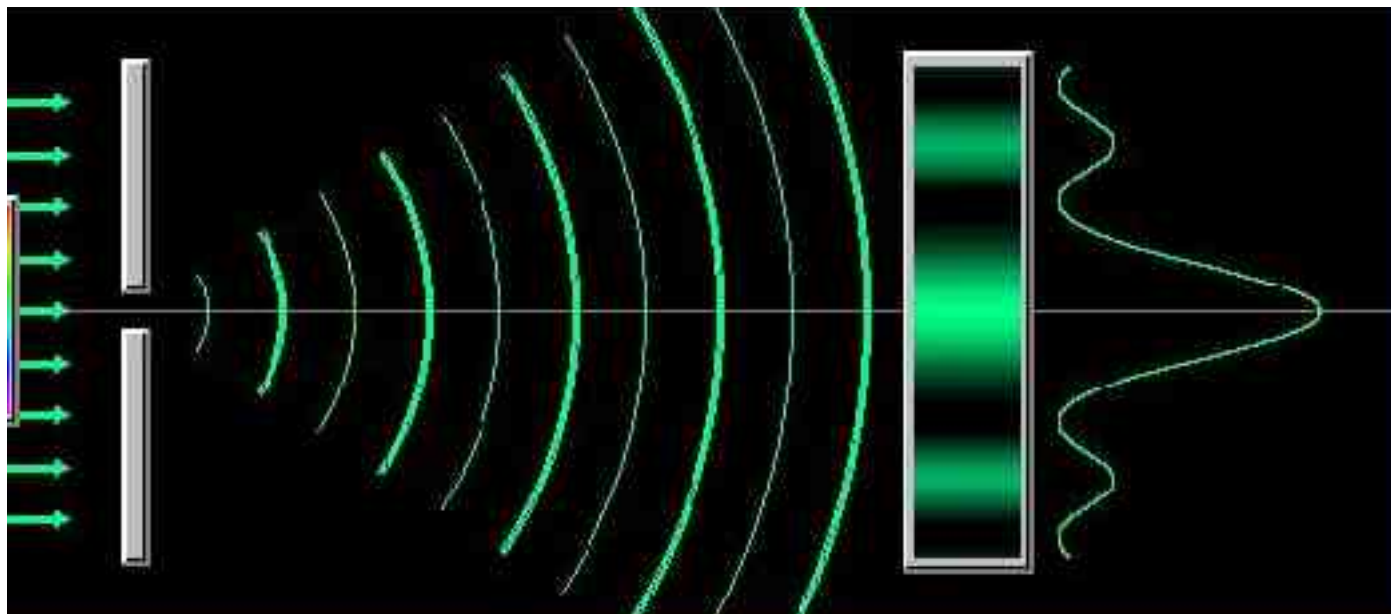
**Tadeusz Stacewicz**



# **JAK DZIAŁA LASER ?**



# Czym jest światło ?

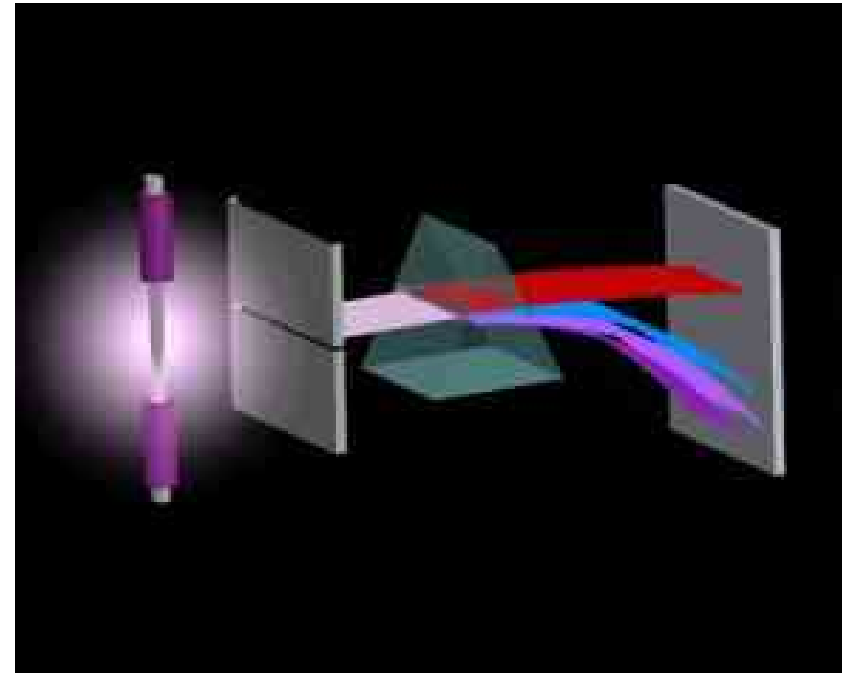


**Dyfrakcja światła na szczelinie**

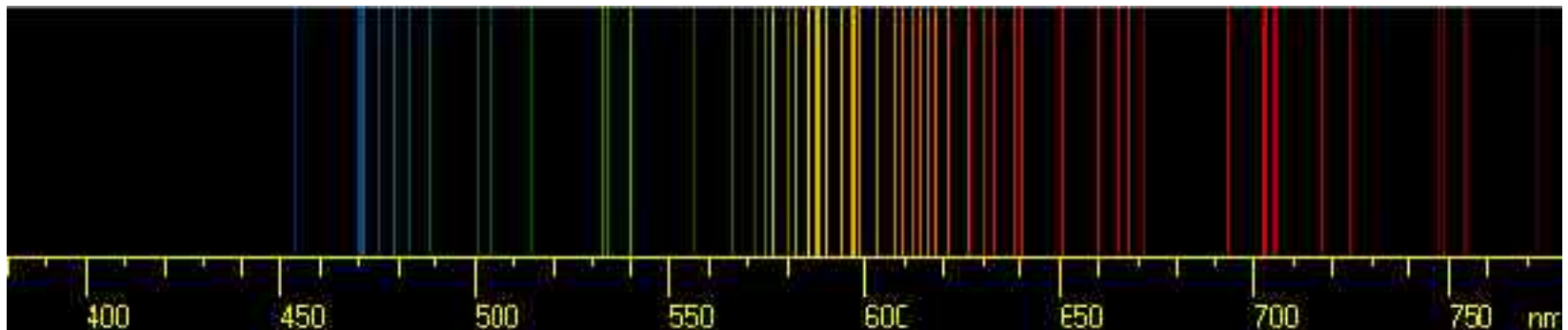
Światło jest falą elektromagnetyczną

# Jak powstaje światło ?

Widma atomowe  
- nierozwiązany problem  
fizyki XIX wiecznej

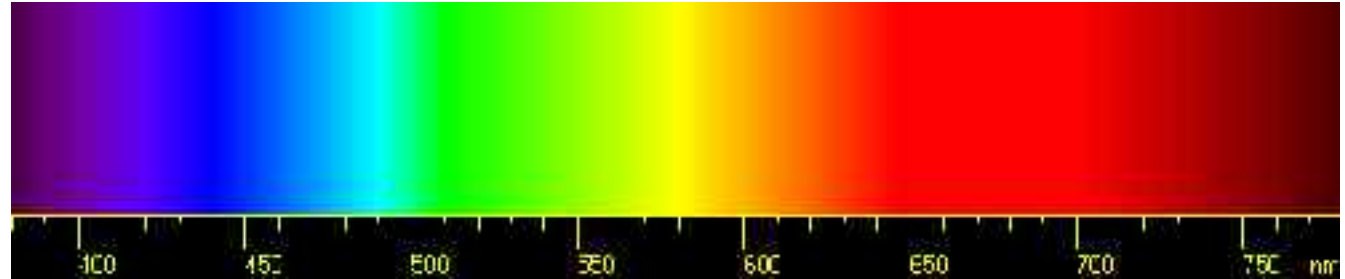


Widmo neonu:



→  
Długość fali [ $\cdot 10^{-9}$  m]

# Widmo ciała doskonale czarnego



Aby je wyjaśnić, trzeba założyć, że

**istnieją minimalne porcje (kwanty) energii światła:**

$$E = h\nu = h \frac{c}{\lambda}$$

$h$  – stała Plancka ( $h=6.62 \cdot 10^{-34}$  Js)

$\nu$  -częstość fali

$\lambda$ - długość fali

$c$ – prędkość światła

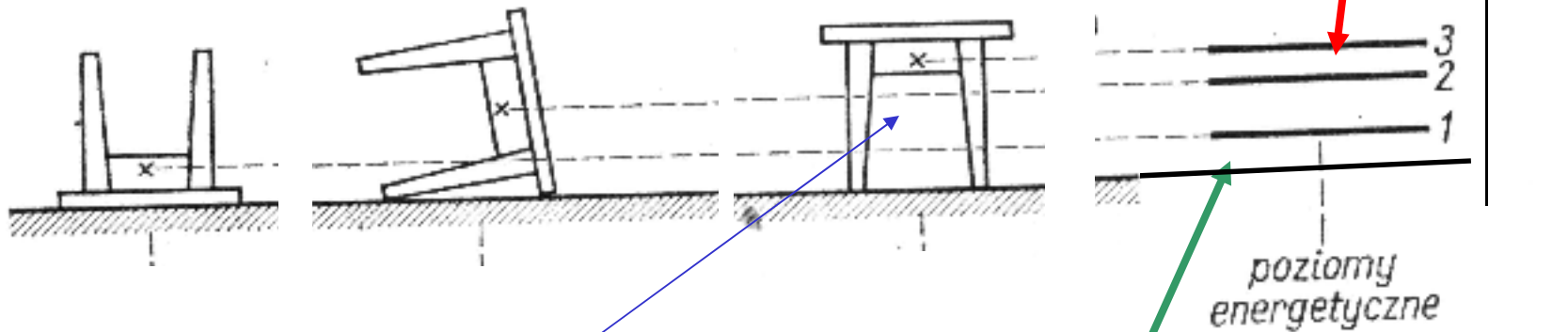
**Max Planck**

**1900 r.**

**Kwant promieniowania  
pomarańczowego to  
zaledwie  $\sim 3 \cdot 10^{-19}$  J.**

# Czy energia materii też występuje w porcjach ?

*„Stany stacjonarne” stolka  
i  
odpowiadające im  
poziomy energetyczne.*



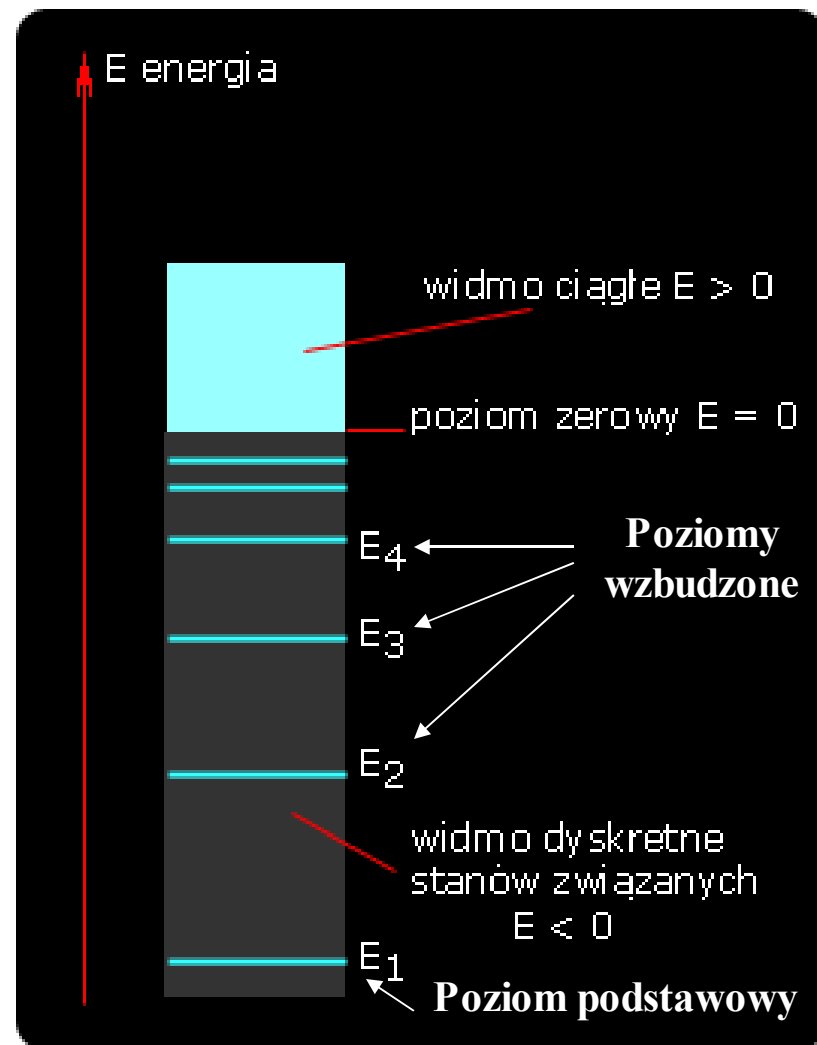
$E = mgh$

**Poziom**  
**podstawowy**

# Obiekty z mikroświata (atomy, molekuly, itp.) charakteryzują się

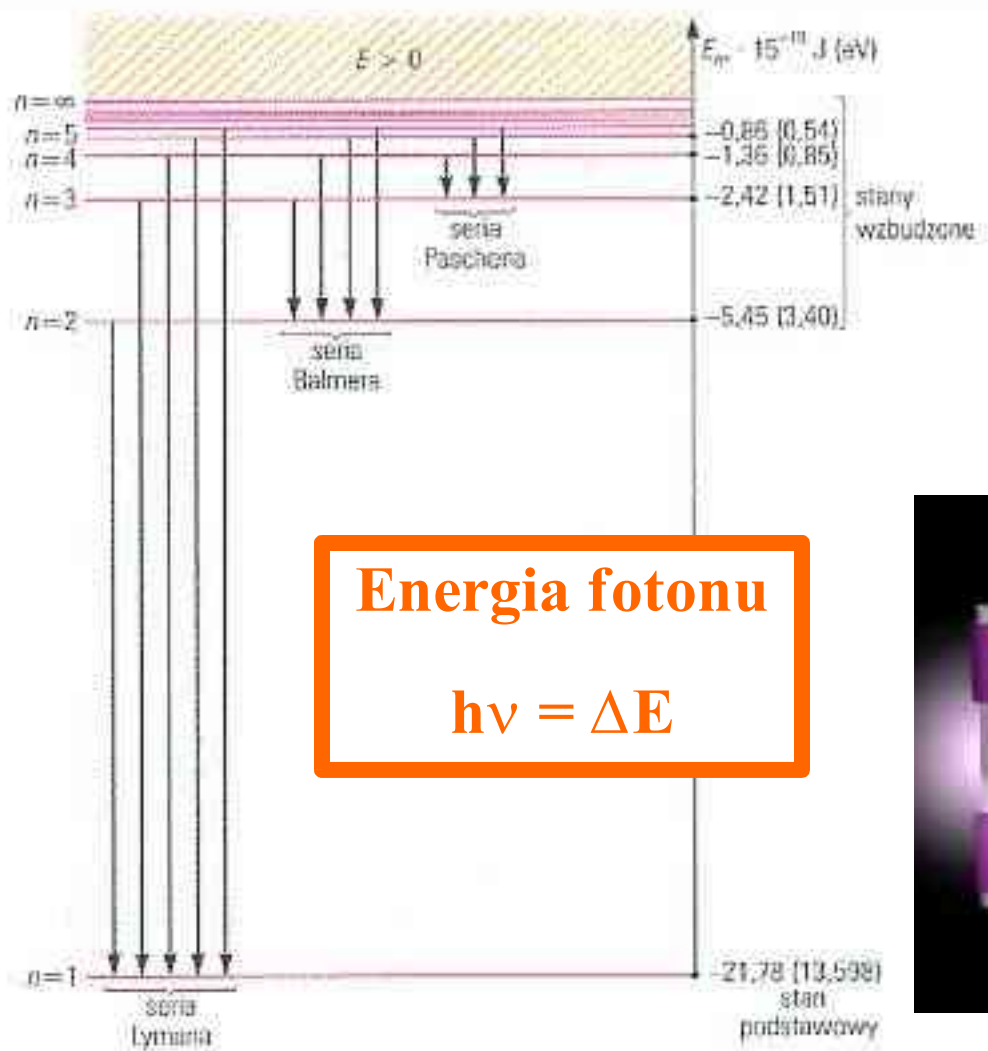
**dyskretnymi  
poziomami  
energetycznymi.**

Poziomy energetyczne  
atomu wodoru



# Emisja i absorpcja światła są związane z

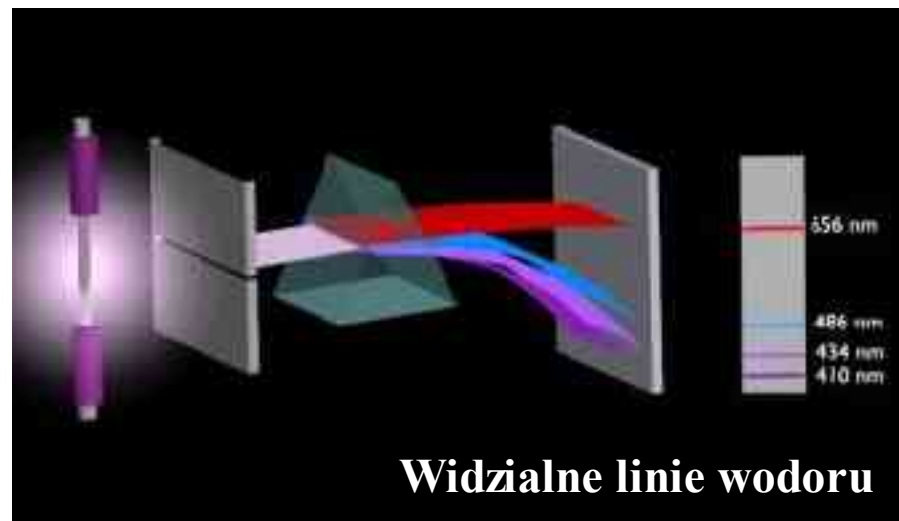
wodór



Energia fotonu

$$h\nu = \Delta E$$

przeskokami  
między  
poziomami  
energetycznymi.



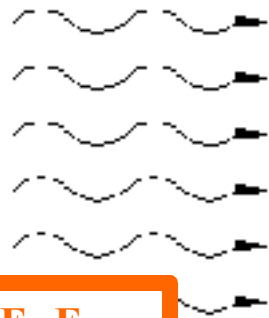
Widzialne linie wodoru

# Albert Einstein:

## Podstawowe procesy oddziaływania promieniowania z materią:

### 1. Absorpcja – „anihilacja światła”:

pole EM  
n fotonów



u k ł a d

$E_2$

$E_1$



$$h\nu = E_2 - E_1$$

„przed”

u k ł a d

$E_2$

$E_1$



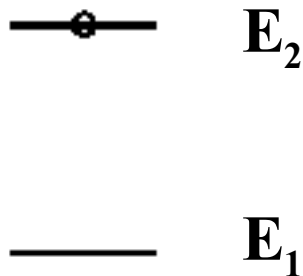
p o l e E M  
n - 1 f o t o n ó w



„po”

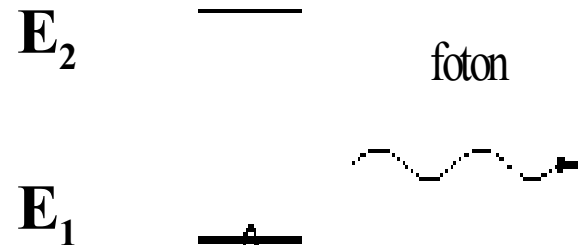
## 2. Emisja spontaniczna:

układ



„przed”

układ



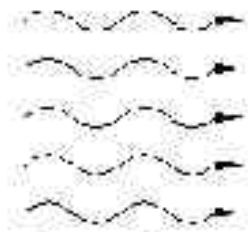
„po”

W ten sposób światło jest wytwarzane w:

- lampach żarowych;
- lampach fluorescencyjnych;
- diodach elektroluminescencyjnych;
- źródłach chemiluminescencyjnych, itp.

# 3. Emisja wymuszona:

n fotonów



układ



$E_2$



$E_1$

$$h\nu = E_2 - E_1$$

„przed”

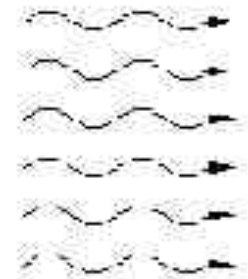
układ

$E_2$

$E_1$



n+1 fotonów



„po”

**Jest to elementarny proces wzmocnienia.**

Pole promieniowania powstałe wskutek emisji wymuszonej charakteryzuje się:

zgodną fazą, częstością, polaryzacją i kierunkiem propagacji.

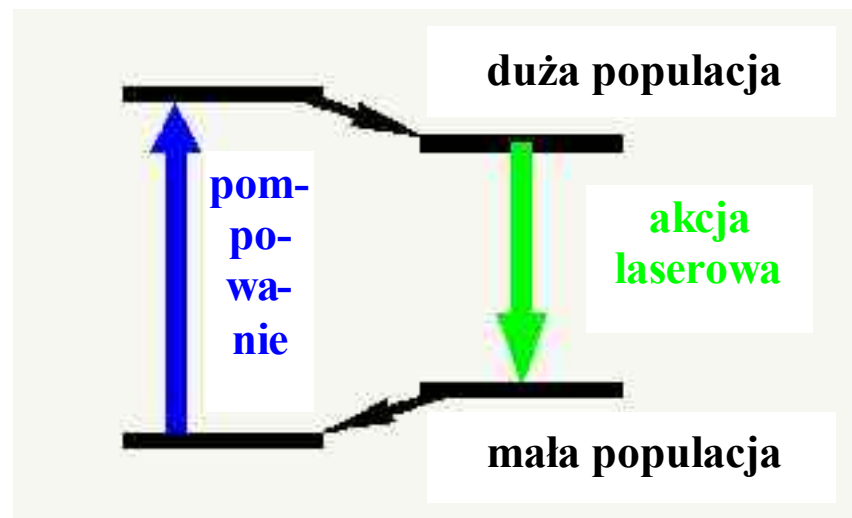
# Lasery - wzmacniacze światła działające dzięki emisji wymuszonej

POMPOWANIE (zasilanie)

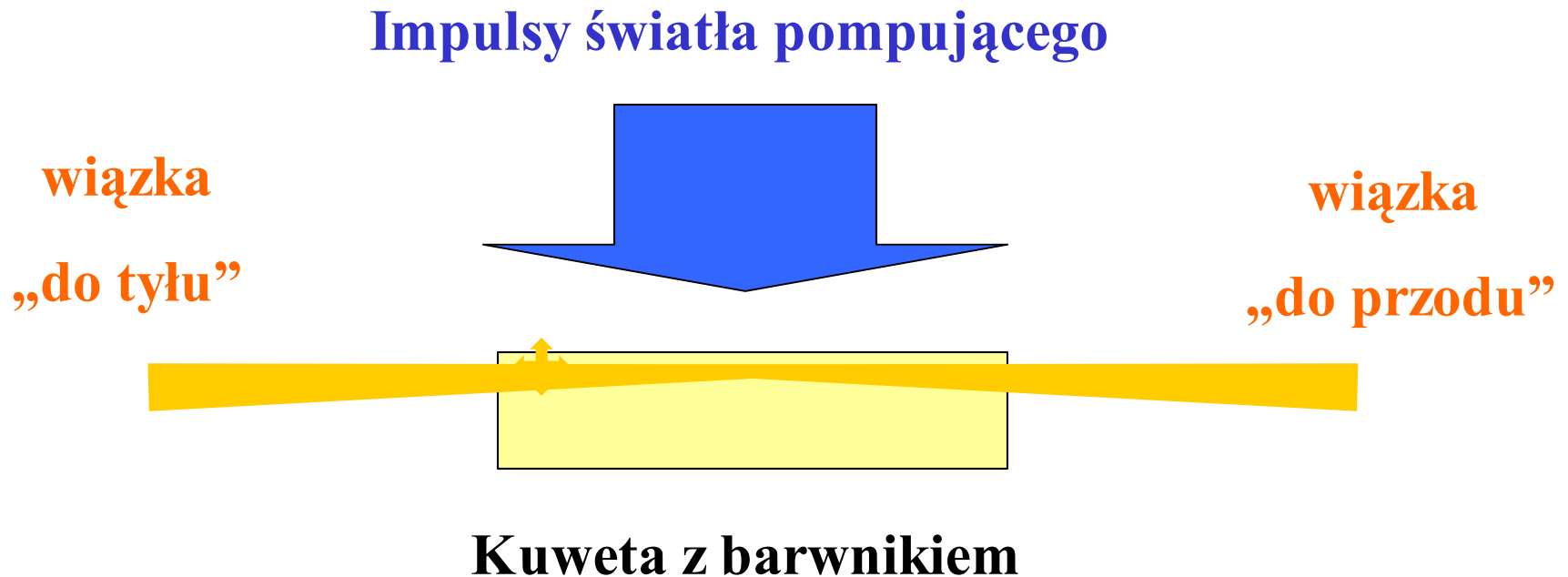


**L**ight  
**A**mplification by  
**S**timulated  
**E**mission of  
**R**adiation

Pompowanie musi  
zapewnić inwersję  
populacji



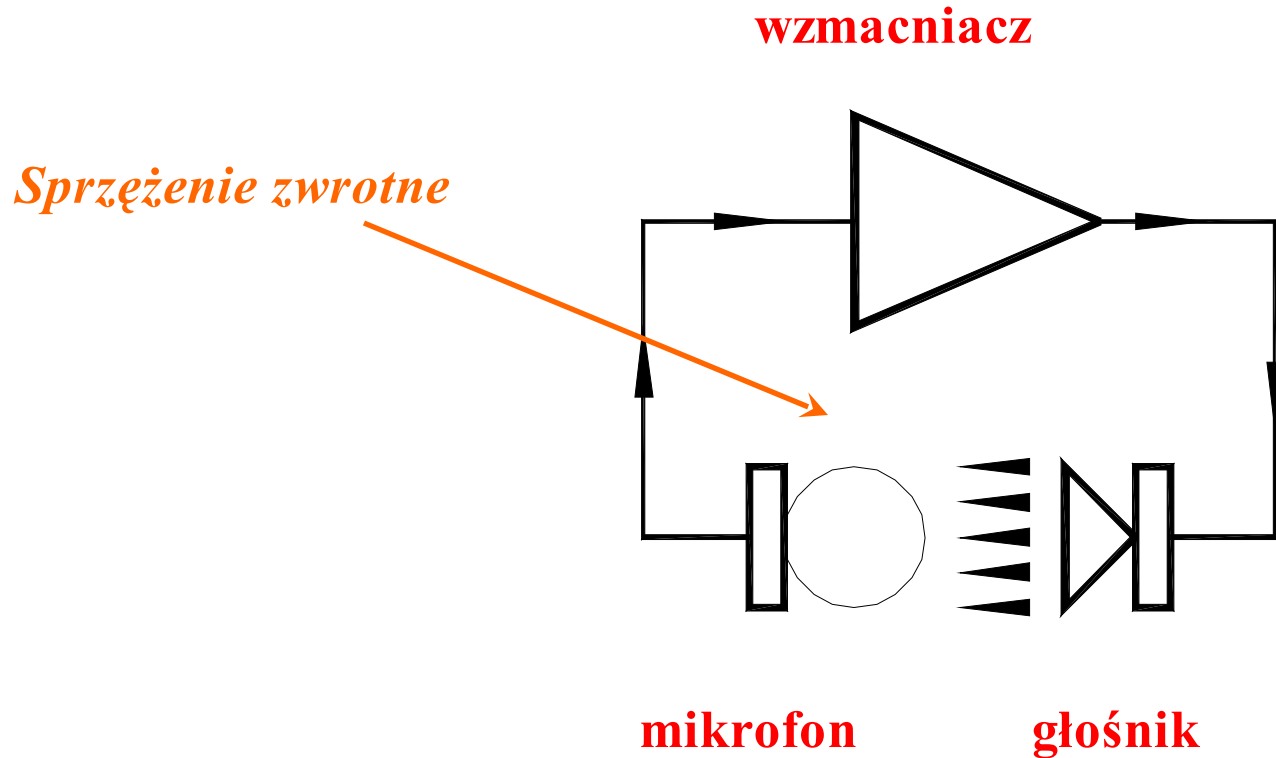
# Barwnikowy wzmacniacz światła



Początkowo w kuwecie światło jest wytwarzane głównie wskutek emisji spontanicznej.

Jednak fotony biegnące wzdłuż „napompowanego” paska barwnika ulegają wzmocnieniu wskutek emisji wymuszonej.

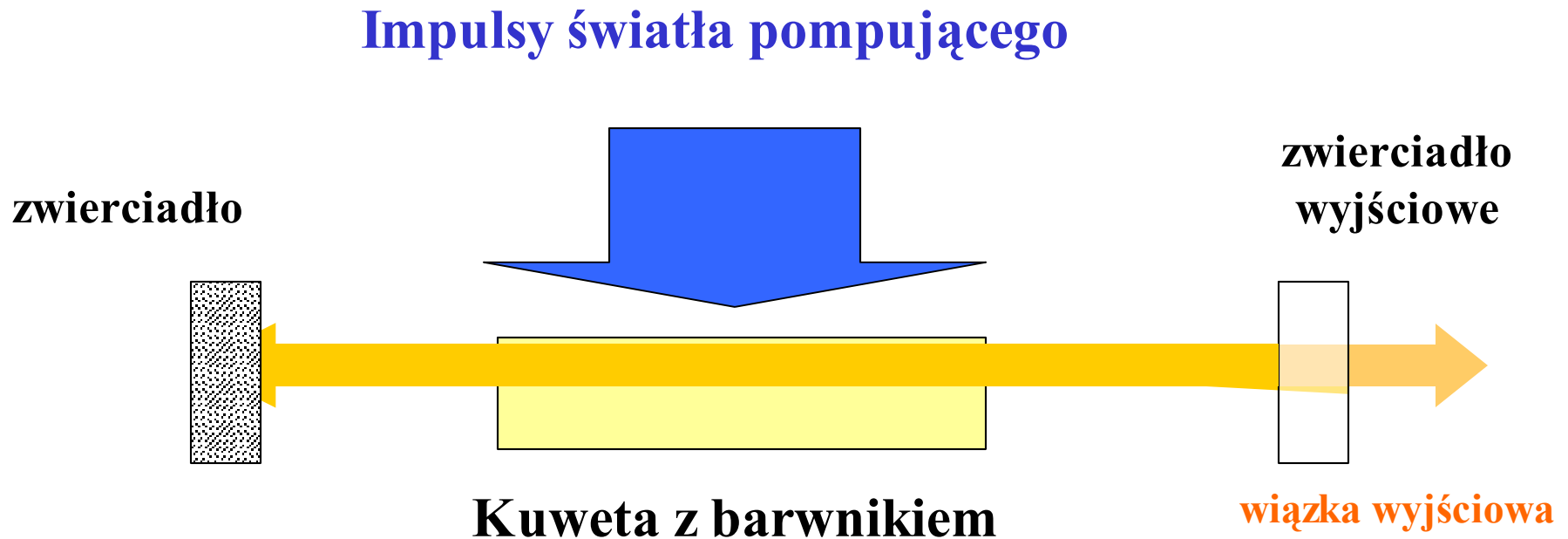
# Generator akustyczny:



## Generator

– wzmacniacz z dodatnim sprzężeniem zwrotnym

# Laser – generator optyczny:



Układ zwierciadeł, który zapewnia sprzężenie zwrotne,  
tworzy rezonator optyczny

**KONIEC**