

Podstawy Fizyki

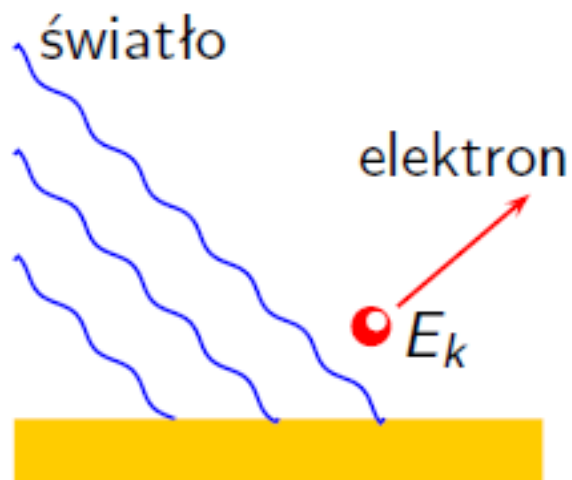
dla Informatyki

Stanisław Drożdż
Katedra Informatyki PK

Przedmiot badań fizyki kwantowej

- **Fizyka kwantowa** (mechanika kwantowa, teoria kwantów) zajmuje się opisem **świata mikroskopowego**.
- Przykład: atomy, cząsteczki chemiczne, jądra atomowe, cząstki elementarne (elektrony, protony).
- Fizyka kwantowa stanowi też teoretyczną podstawę wielu dziedzin nauki i techniki, np. chemii, biologii molekularnej, astrofizyki, elektroniki.
- W odróżnieniu od **fizyki klasycznej**, opisującej **świat makroskopowy**, wiele wielkości fizycznych w fizyce kwantowej (np. energia) istnieje w postaci minimalnych porcji zwanych **kwantami** lub ich całkowitych wielokrotnościami.
- Pojęcie kwantu zostało wprowadzone przez Maxa Plancka w 1900 r. w celu wyjaśnienia promieniowania ciała doskonale czarnego.

Efekt fotoelektryczny



- **Efekt fotoelektryczny**: wybijanie elektronów z powierzchni metalu przez wiązkę światła
- Wykorzystanie: np. kamery video, noktowizory

Nieoczekiwane wyniki:

- 1) Maksymalna energia elektronu E_k **nie zależy** od natężenia światła
- 2) Efekt **nie występuje** poniżej pewnej częstości progowej światła ν_0

Niezgodność efektu fotoelektrycznego z teorią klasyczną

Wyniki eksperymentów są **sprzeczne z teorią klasyczną**, według której światło jest **falą** elektromagnetyczną o następujących własnościach:

- Jego energia zależy od natężenia światła, zatem ilość wybitych elektronów powinna rosnąć ze wzrostem natężenia \Rightarrow niezgodność z wynikiem 1.
- Energia fali świetlnej nie zależy od jej częstości ν (koloru) \Rightarrow wynik 2 jest niezrozumiały.

$\nu = c/\lambda$, gdzie c jest prędkością, a λ długością fali

Wyjaśnienie efektu fotoelektrycznego

Hipoteza Alberta Einsteina z 1905 roku:

- Światło istnieje w postaci kwantów zwanych **fotonami**

Energia fotonu:

$$E = h\nu$$

Stała Plancka:

$$h = 6.63 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s} = 4.14 \cdot 10^{-15} \text{ eV}\cdot\text{s}$$

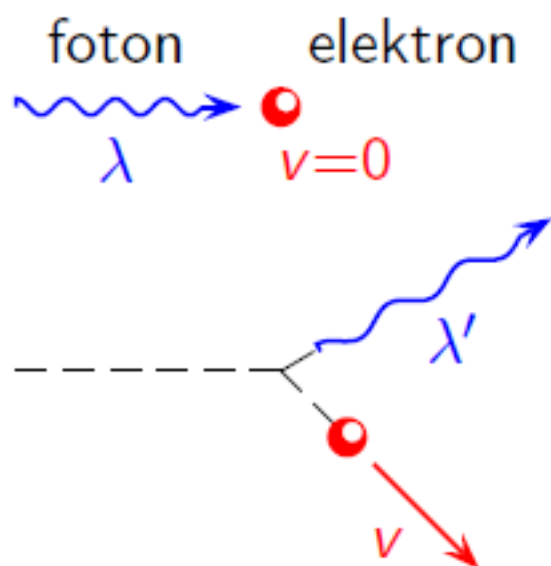
- Pochłanianie i emisja pojedynczego fotonu zachodzi **w atomach** tworzących dane ciało
- Efekt fotoelektryczny jest opisany przez

Równanie Einsteina:

$$h\nu = E_{k\max} + \Phi, \quad \Phi - \text{praca wyjścia}$$

- Teoria Einsteina wyjaśniła efekt fotoelektryczny
 \Rightarrow nagroda Nobla w 1921 r.

Pęd fotonu



Rozpraszanie Comptona

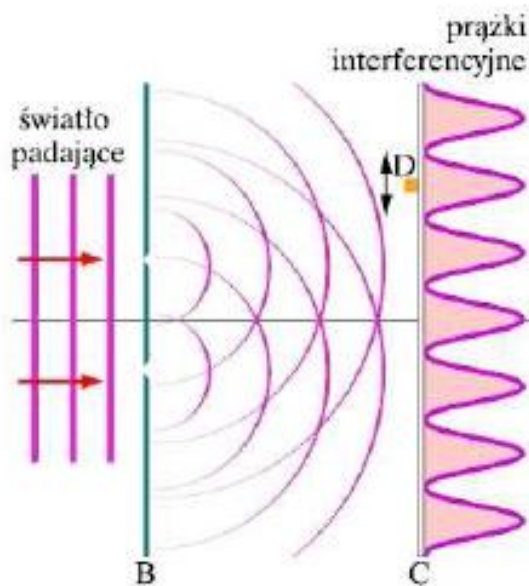
- Einstein postuluje, że **foton ma pęd**, tak jak cząstka materialna.

Pęd fotonu:

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

- Zostało to potwierdzone przez rozpraszanie fotonów X na słabo związanych elektronach.
- Zmiana długości** fali fotonu w procesie rozpraszania jest **sprzeczna** z fizyką klasyczną, natomiast zgadza się z teorią Einsteina.

Natura światła



Rys. 39.6. Na przesłone B, w której znajdują się dwie równoległe szczeliny, kierowane jest światło. Wiązki wychodzące z tych szczelin uginają się na skutek dyfrakcji. Dwie ugięte wiązki nakładają się na siebie na ekranie C i tworzą prążki interferencyjne. Mały detektor fotonów D umieszczony w płaszczyźnie ekranu C sygnalizuje absorpcję każdego fotonu głośnym trzaskiem

- Światło przejawia **naturę falową** w zjawisku interferencji. Falę tę można interpretować jako **falę prawdopodobieństwa**. Jasne prążki obrazu interferencyjnego \Rightarrow maksima prawdopodobieństwa.
- Światło zachowuje się jak **cząstki – fotony** rozpraszaniu comptonowskim i w zjawisku fotoelektrycznym.
- Teoria kwantów powinna opisać dwoistą naturę światła

Doświadczenie Younga
(HRW)

Falowy charakter materii

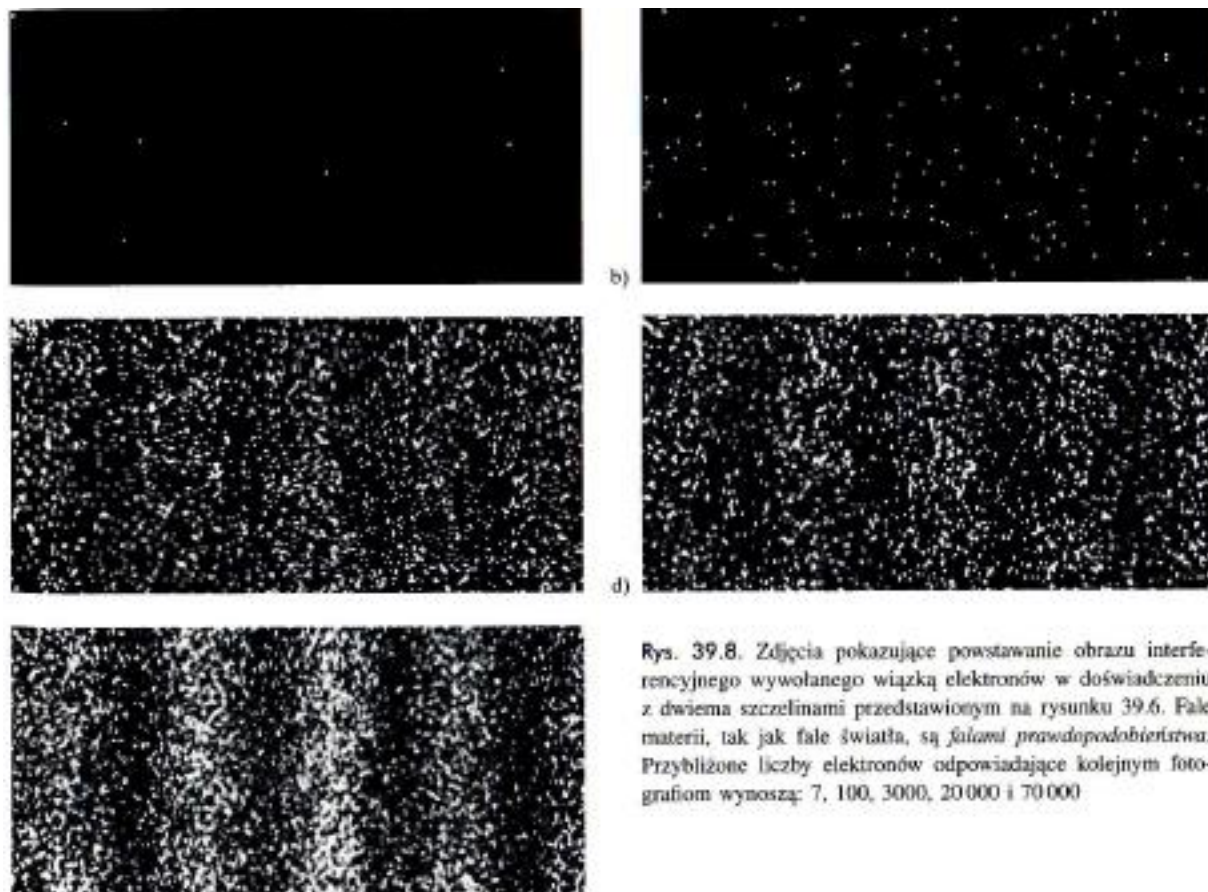
- Hipoteza Luis de Broglie'a z 1924 r.: **cząstki materialne** też mogą przejawiać **naturę falową**.
- Zależność między długością fali cząstki a jej pędem jest **analogiczna** jak dla fotonu.

Długość fali de Broglie'a:

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv}$$

- Liczne doświadczenia z cząstkami i atomami potwierdziły „**dualizm korpuskularno-falowy**” materii.
- Obiekty makroskopowe są dobrze opisane przez klasyczną fizykę, bez uwzględniania natury falowej.

Interferencja elektronów



Rys. 39.8. Zdjęcia pokazujące powstawanie obrazu interferencyjnego wywołanego wiązką elektronów w doświadczeniu z dwiema szczelinami przedstawionym na rysunku 39.6. Fale materii, tak jak fale światła, są *falami prawdopodobieństwa*. Przybliżone liczby elektronów odpowiadające kolejnym fotografiom wynoszą: 7, 100, 3000, 20 000 i 70 000

Powstawanie obrazu interferencyjnego wywołanego wiązką elektronów przechodzącą przez dwie szczeliny (HRW).

Fale materii są **falami prawdopodobieństwa**.

Tory cząstek w komorze pęcherzykowej



Tory naładowanych cząstek (doświadczenie Alvareza)
— jeden z dowodów na **korpuskularną naturę** materii.