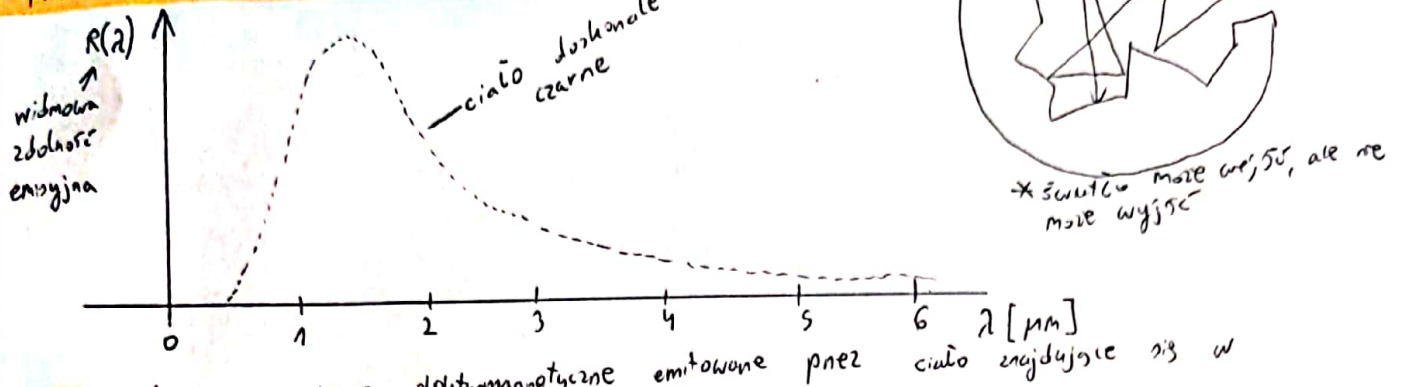


## Fizyka kwantowa

### Promieniowanie termiczne ciał



- \* jest to promieniowanie elektromagnetyczne emitowane przez ciało znajdujące się w temperaturze  $> 0K$ .
- \* widmo emitowane przez ciało stałe:
  - ma charakter ciągły
  - silnie zależy od temperatury
  - nie zależy od rodzaju substancji (prawo)
- \* promieniowanie wychodzące z wnętrza ma zawsze większe natężenie od promieniowania ze ścian bocznych.
- \* dla danej temp. widmo promieniowania wychodzące z otworu jest identyczne dla wszystkich ciał.
- \* emisja energetyczna promieniowania ciała doskonale czarnego spełnia prawo Stefana-Boltzmana
 
$$R = \sigma T^4$$
 gdzie:  $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \frac{W}{m^2 K^4}$

### \* prawo przesunięcia Wiena

$$\lambda_{max} \cdot T = const$$

- \* w stanie równowagi termicznej:

$R$  - emisja energetyczna  
 $A$  - absorpcja

$$R = A$$

### \* Teoria Plancka

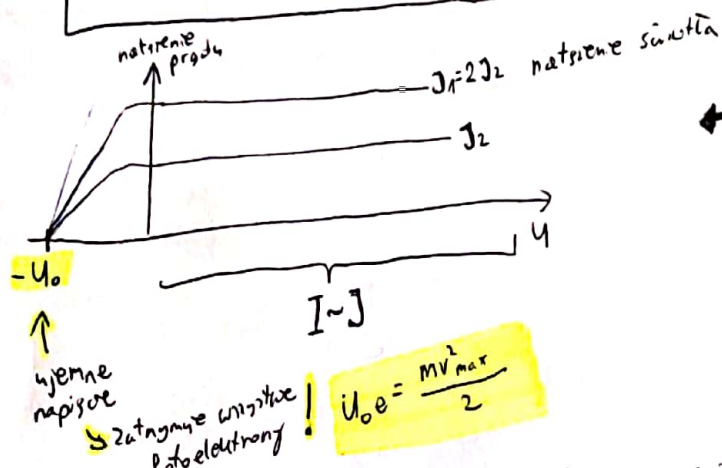
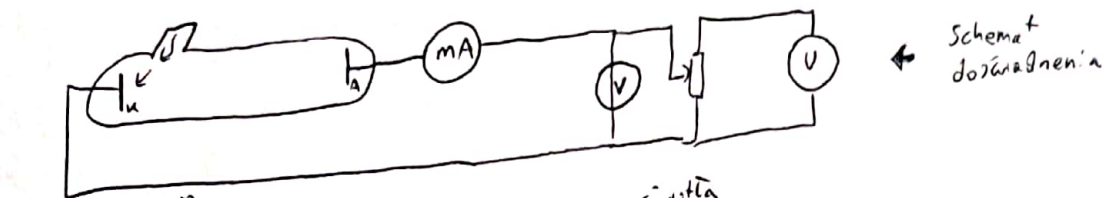
- prawdopodobieństwo wystąpienia drgań o energii  $E$  jest opisane rozkładem Boltzmana.
- drgające atomy, które promieniują światło to oscylatory (kwantowe).
- każdy oscylator nie może mieć dowolnej energii, lecz tylko ściśle określone:

$$E = nh\nu$$

$h$  - stała Plancka  
 $n$  - liczba kwantów energii  
 $\nu$  - częstotliwość oscylatora.

## Zjawisko fotoelektryczne

- \* polega na emisji elektronów z powierzchni metalu pod wpływem padającego światła (promieniowania elektromagnetycznego)
- \* nie można go wytłumaczyć w oparciu o falowy teorię światła
- \* dla danego metalu zjawisko zachodzi tylko dla światła o częstotliwości wyższej od pewnej częstotliwości progowej  $\nu > \nu_0$



zależność prądu fotoelektrycznego od przyłożonego napięcia

- \* energia kinetyczna uwolnionych elektronów nie zależy od natężenia fali, tylko od jej częstotliwości

- \* przechodzi w sposób natychmiastowy - nie magazynuje energii wewnątrz metalu

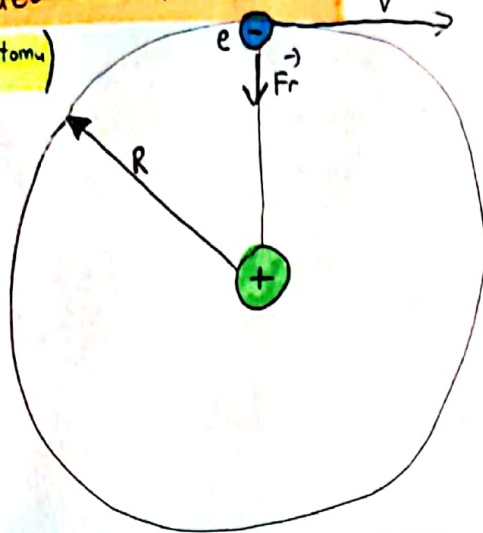
- \* Einstein założył, że światło ma naturę korpuskularną i rozchodzi się w pakietach zwanych fotonami [foton - kwant pola elektromagnetycznego]

- \* energia niesiona przez pojedynczy foton:  $E_f = h\nu$  - stała Plancka [ZALEŻY TYLKO OD  $\nu$ ]

$$\frac{1}{2} m v_{\max}^2 = h\nu - W \quad \text{gdzie: } W = h\nu_0 \text{ to praca wyjścia (energia, jaką trzeba dostarczyć elektronowi, aby wyrwać go z metalu)}$$

## Model atomu Bohra

na bazie atomu (wodoru)



\* elektron krąży na orbicie kołowej wokół dodatniego jądra - protonu

\* rozmiar protonu to ok. 100 000 razy mniejsze niż rozmiar atomu

\* możemy więc uznać, że pole elektryczne, w którym porusza się elektron jest polem wytworzonym przez ładunek punktowy

\* elektron jest przyciągany do jądra siłą elektrostatyczną

## Postulaty Bohra (po Chłopku):

1) Elektrony latają na magicznych kołowych orbitach stacjonarnych  $F_{dośr} = F_{elektrostatyczna}$  i mają wywołane na elektrodynamikę klasyczną.

1B) Na tych orbitach zachodzi:  $L = n \cdot \frac{h}{2\pi}$  moment pędu na dozwolonych orbitach jest zkwantowany i jest całkowitą wielokrotnością stałej Plancka podzielonej przez  $2\pi$ .

\* przyspieszony ładunek emituje falę elektromagnetyczną, a ten elektron latający w kręgu jest przyspieszony (dzięki sile dośrodkowej) (ponieważ krąży ze stałą prędkością)

\* zgodnie więc z elektrodynamiką klasyczną powinien emitować promieniowanie

\* a gdyby emitował promieniowanie to szybko by utracił energię i spadłby na jądro atomowe  
A TO SIĘ NIE DZIEJE

\* NIE EMITUJE PROMIENIOWANIA NA DANEJ ORBICIE, ale EMITUJE SKACIĄC NA WYŻSZE ORBITY LUB Z NICH SPADAJĄC, stąd:

2) Elektrony wypromieniują lub pochłaniają energię tylko przy zmianie orbity.

po fizycznym:  $h\nu = E_n - E_k$  \* atom absorbuje lub emituje kwanty o energii:  $h\nu$  przechodząc z orbity  $n$  na  $k$ , czyli ze stanu o energii  $E_n$  do  $E_k$

↑  
- częstotliwość emitowanego promieniowania      zmiana energii elektronu



## Falowo-korpuskularny charakter materii i promieniowania

(ogólnie)

\* to który z aspektów promieniowania dominuje w danej sytuacji zależy od jego długości fali ( $\lambda$ )

$\lambda$  duże - natura falowa np. zjawisko interferencji

$\lambda$  małe - natura kwantowa np. zjawisko fotoelektryczne (światło składa się z kwantów o energii  $E = h\nu$ )

\* pęd kwantów i długość fali są do siebie odwrotnie proporcjonalne

$$p = h \cdot \frac{1}{\lambda}$$

→ a z tego hipoteza de Broglie'a:

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

stała Plancka  
pęd

## Zasada Nieoznaczoności Heisenberga

\* nie możemy dokładnie określić ruchu elektronu.

Nierówność 1:

$$\Delta p_x \Delta x \geq h$$

$$\Delta p_y \Delta y \geq h$$

$$\Delta p_z \Delta z \geq h$$

ilość nieoznaczoności.	
pęd w osiach	* jej położenia

$\geq$  stała Plancka

Nierówność 2:

$$\Delta E \Delta t \geq h$$

dokładność wyznaczenia energii E	* czas pomiaru
----------------------------------	----------------

$\geq$  stała Plancka

czym dłuższy czas jest w stanie energii tym dokładniej można ją wyznaczyć

\* takie małe ruchy podlegają prawom fizyki kwantowej a nie klasycznej

\* nieokreśloność pomiaru są związane z falową naturą cząstek, a nie wadami sprzętu pomiarowego.

## \* Równanie Schrödingera

→ niezależne od czasu:

$$\hat{H}\psi = -\frac{\hbar^2}{2m} \Delta\psi + U\psi, \text{ gdzie:}$$

$\psi$  - podaje prawdopodobieństwo zderzenia przez cząstkę określonych miejsc w przestrzeni.

$\psi(x,y,z,t)$  - funkcja falowa

E - całkowita energia cząstki

U - energia potencjalna

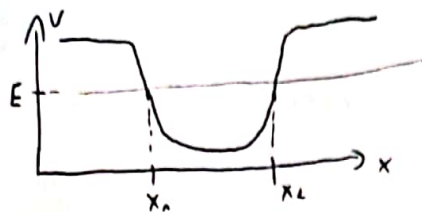
m - masa

$\Delta\psi$  - Laplasjan funkcji falowej

$$\hbar = \frac{h}{2\pi}$$

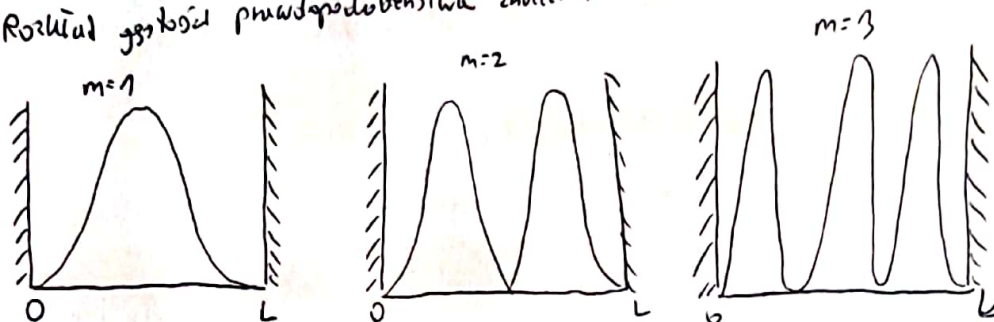
## Studnia potencjału

- region otaczający minimum lokalne energii potencjalnej



\* cząstka w studni: - na jednym określonym ( $\neq 0$ ) naturalnie poziomach energetycznych  $m$

Różnica gęstości prawdopodobieństwa znalezienia cząstki w określonej studni potencjału:



## Liczby kwantowe charakteryzujące stan elektronu w atomie wodoru

$$n = 1, 2, 3, \dots$$

## GŁÓWNA LICZBA KWANTOWA

- numer energii elektronu
- przypisuje numer powłoki elektronowej

$$L = 0, 1, 2, \dots, n-1$$

## POBOCZNA LICZBA KWANTOWA

- numer podpowłoki do której przynależy elektron
- pozwala obliczyć wartość orbitalnego momentu pędu

S

## SPINOWA LICZBA KWANTOWA

- stała liczba dla danej cząstki
- pozwala obliczyć wartość spinu cząstki dla elektronu  $s = \frac{1}{2}$

## MAGNETYKOWA LICZBA KWANTOWA

$$m_L = -L, \dots, 0, 1, \dots, L$$

- numer runtu orbitalnego momentu pędu na wybrany os
- pozwala obl. wartości runtu momentu pędu

**Przewodniki, półprzewodniki, izolatory**

- \* w przewodnikach ładunki mogą się swobodnie poruszać
- \* w izolatorach ładunki są uwięzione

**PRZEWODNIKI:**

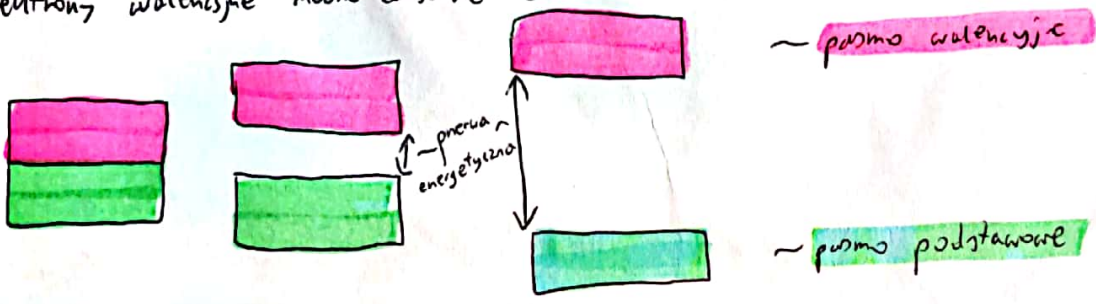
- metale, ich stopy, inne pierwiastki posiadające wolne elektrony w sieci krystalicznej  
↑ nośniki prądu

**PÓŁPRZEWODNIKI** (np. krzem, german)

- przewodzą prąd, ale tylko w określonych warunkach (przy dużej temp. lub innej sytuacji dostarczeniu energii, dzięki której elektrony uwalniają się z sieci krystalicznej)

**IZOLATORY**

- elektrony walencyjne mocno związane z atomem



**Nadprzewodnictwo** = zerowy opór - osiągany w niektórych materiałach w niskiej temperaturze (poniżej krytycznej)