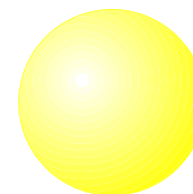


# Modele atomu wodoru

- ◆ Modele atomu wodoru
  - Thomson'a
  - Rutherford'a
  - Bohr'a

# Co to jest atom? – trochę historii

- Demokryt: V w. p.n.e
  - najmniejszy, niepodzielny metodami chemicznymi składnik materii.
  - *atomos* - niepodzielny
  
- **XVII i XVIII i XIX w. n.e.**
  - osiągnięcia w nowoczesnej chemii (Proust, Gay-Lussac, Lavoisier, Dalton etc.)
    - hipoteza Avagadro ( $N_A = 6.022 \times 10^{23}$  atomów/mol)
    - masa atomowa
      - $u \approx 1.66 \times 10^{-27}$  kg
      - rozmiar  $\approx 1 \text{ \AA}$  ( $1 \times 10^{-10}$  m)
      - jeden typ atomu dla każdego pierwiastka



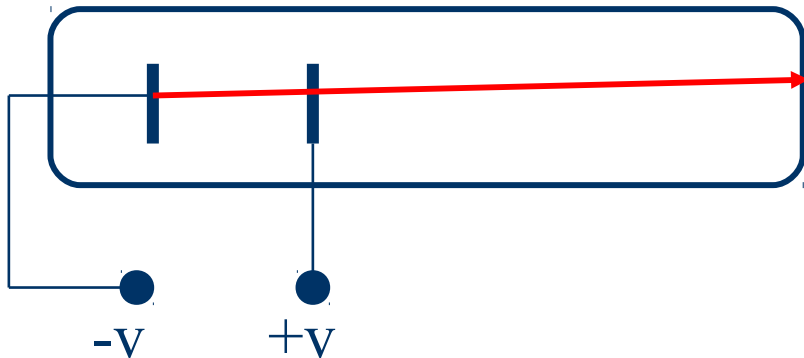
Dalton – powrót atomistycznej koncepcji budowy materii

robiąc pomiary mas atomowych spostrzegł, że masy atomowe są wielokrotnościami masy atomu wodoru

# Co to jest atom? – trochę historii

## ◆ Odkrycie elektronu

badanie elektrycznych wyładowań w gazach w XIX w. – „promienie katodowe”



Thomson badał promieniowanie ultrafioletowe powstające w lampie katodowej. Zainspirowany pracami Maxwella stwierdził, że promienie katodowe są strumieniem ujemnie naładowanych cząstek, które nazwał korpuskułami, a które dziś znamy jako **elektrony**.

## ◆ 1897 J.J. Thomson

- „promienie katodowe” mają masę
- masa ta jest proporcjonalna do ładunku
- wyznaczył doświadczalnie  $q/m$  w „promieniach katodowych” i udowodnił że są to cząstki - elektrony
- Później Miliken wyznaczył ładunek elektronu  $= 1.60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$  więc można było wyliczyć jaka jest jego masa  $= 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$

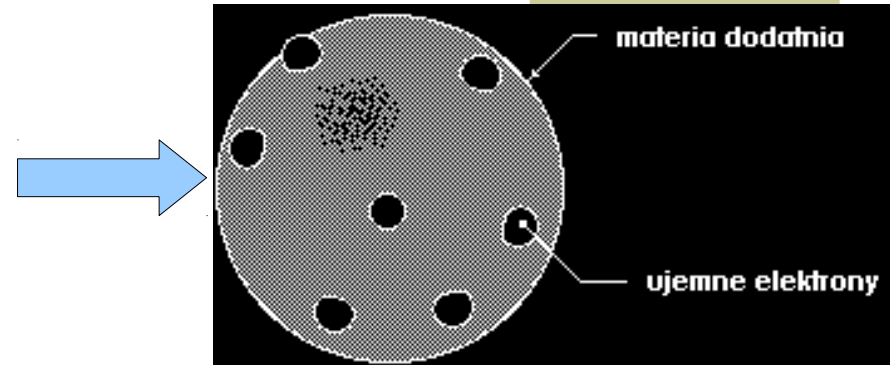
# Co wiedzano o atomach w XIX w.?

- ◆ **Atomy są stabilne:**
  - Wszystkie atomy które tworzą świat wokół nas są tymi samymi atomami uformowanymi biliony lat temu
- ◆ **Atomy posiadają też ładunek dodatni**  
aby atom był elektrycznie obojętny
- ◆ **Atomy zawierają elektrony**  
które mają masę (0.05% atomu) i posiadają ładunek ujemny
- ◆ **Atomy emitują i absorbują światło**  
np. gazowy wodór (albo sól) pochłania tylko wybrane długości fal padającego promieniowania e-m, ale także odpowiednio „pobudzony” potrafi emitować promieniowanie e-m o tych samych długościach fal.

# Pierwsze modele atomu

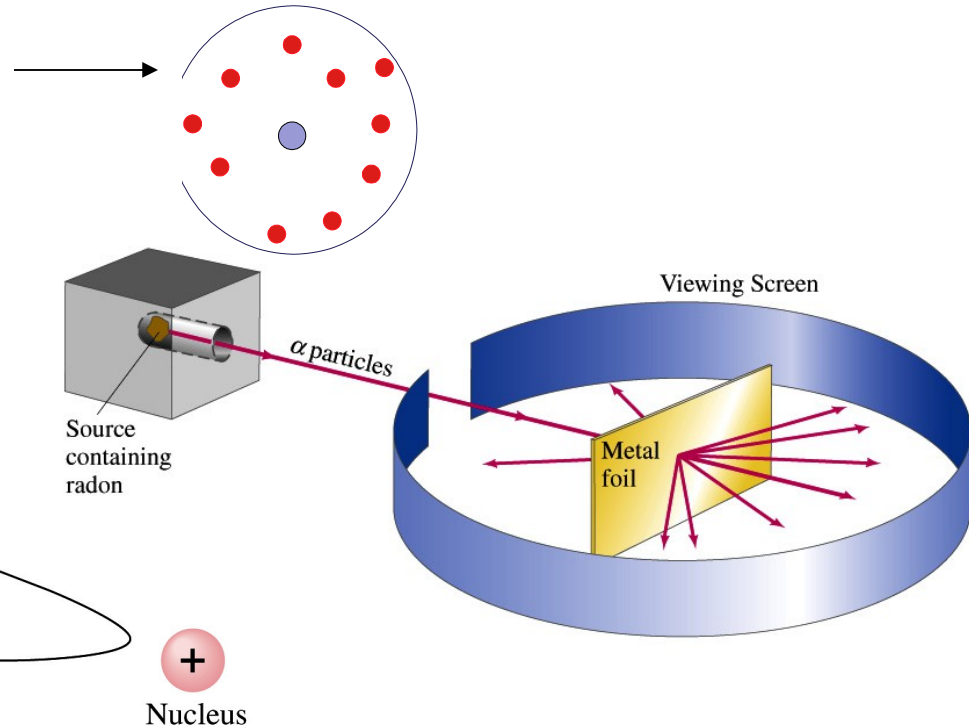
## ◆ Model atomu – Thomson

- model „ciasteczka z rodzynkami”
- dodatnio naładowany kulisty atom z elektronami o ujemnych ładunkach rozmieszczonych w środku



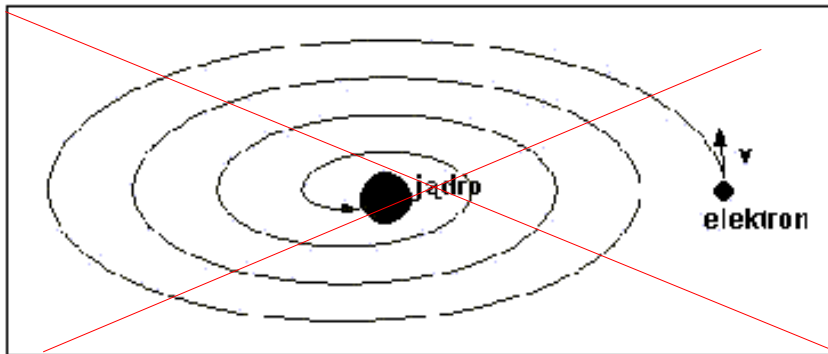
## ◆ Model atomu – Rutherford

- odkrył, że dodatnio naładowane **jądro** atomu skupia w sobie większość masy i jednocześnie jest bardzo małe ( $\sim 10^{-15}\text{m}$ ) w porównaniu z rozmiarami całego atomu ( $\sim 10^{-10}\text{m}$ )
- Atom jest w 99.9999999999 % pusty
- Elektrony poruszają się wokół jądra (ale jak???)



# Pierwsze modele atomu

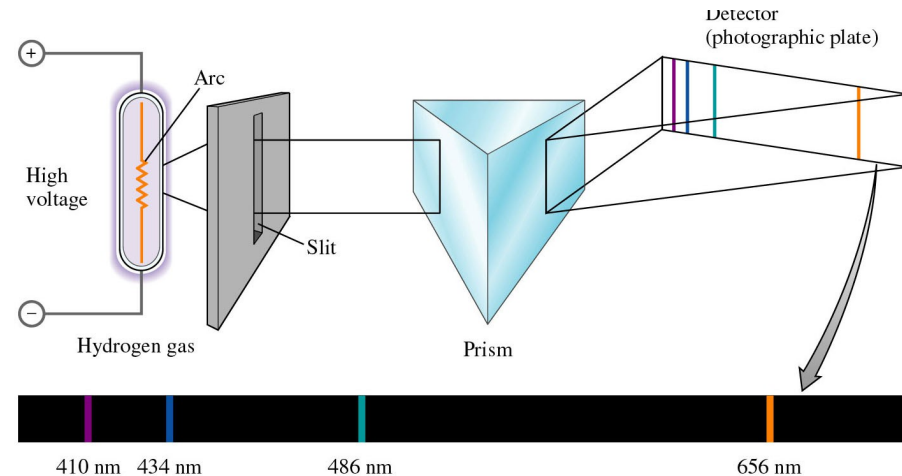
- ◆ Dlaczego, gdy atom jest w spoczynku, elektrony poruszając się ruchem przyspieszonym wokół jądra nie emitują fali elektromagnetycznej?
- ◆ dlaczego elektrony nie spadają na jądro?



W planetarnym modelu atomu, elektron powinien wypromieniowywać energię i po spirali spaść na jądro.

- Atomy emitują i absorbują światło, ale dlaczego atomy emitują (absorbują) tylko wybrane dł. fali światła? - problem z widmami atomowymi.

Przykład: dł.fali emitowane przez wodór



(b)

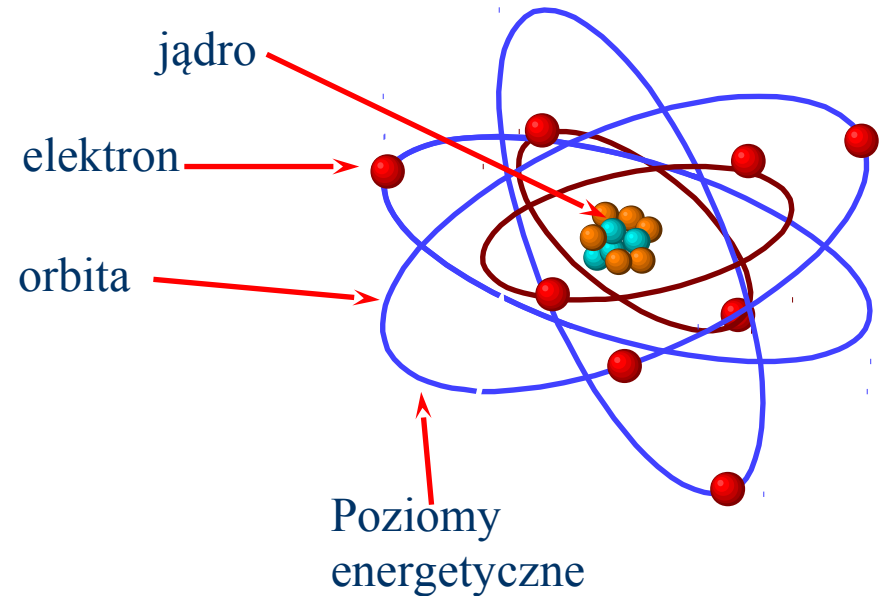
- Promieniowanie wodoru jest „dyskretne” - **widmo liniowe**
- Długości fal „prążków” spełniają pewną zależność:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$
$$R \approx 1.1 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$$

# Model atomu Bohra

## Założenia:

- Elektrony są przyciągane przez jądro siłą elektrostatyczną Coulomba
- Elektrony poruszają się tylko po kołowych orbitach i tylko niektóre z tych orbit są stabilne!
- Tym orbitom odpowiadają określone energie elektronu - zatem elektron może mieć tylko określone energie!!! (znowu kwantyzacja energii!!! podobnie jak u Planck'a)



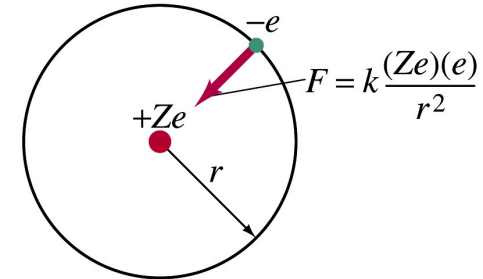
# Model Bohra atomu wodoru

- Postulat 1: Elektrony są przyciągane przez jądro siłą elektrostatyczną Coulomba, zatem

$$\frac{mv^2}{r} = \frac{ke^2}{r^2}$$

siła dośrodkowa

siła Coulomb'a



- Postulat 2: Dozwolone są tylko te orbity które zapewniają, że moment pędu elektronu jest wielokrotnością stałej Planck'a !!!

**Orbity elektronów są skwantowane !!!**

$$mvr = n\hbar$$

wartość momentu pędu

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



# Model Bohra atomu wodoru

- Z tych postulatów można wyznaczyć promień orbity:

Postulat 2  $v = \frac{n\hbar}{mr}$

Postulat 1  $rmv^2 = ke^2$

$$rm \frac{n^2 \hbar^2}{m^2 r^2} = ke^2$$

$$\frac{n^2 \hbar^2}{mr} = ke^2$$

- Widać, że promień orbity zależy tylko od **n - pewnej liczby całkowitej** – orbity elektronu możemy zatem numerować



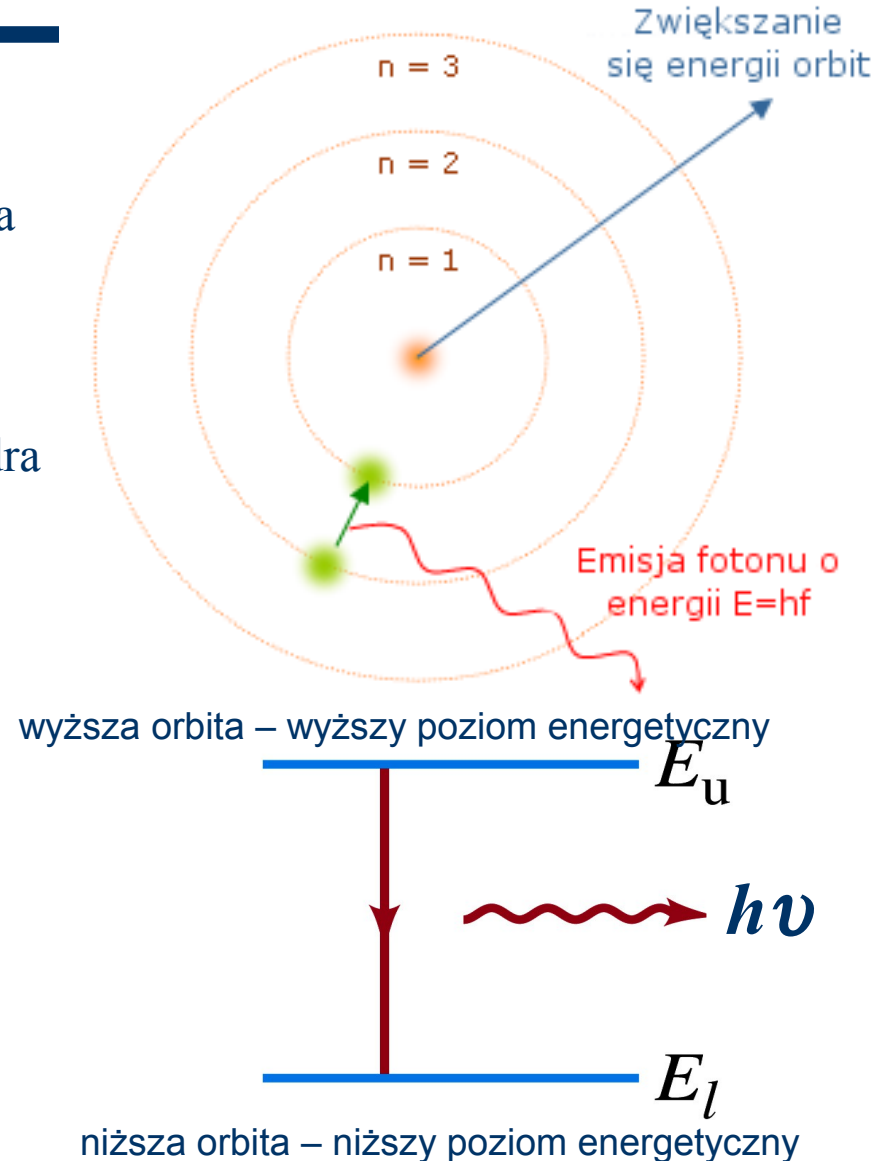
$$r = \frac{n^2 \hbar^2}{mke^2} = n^2 a_0$$

# Model atomu Bohra

- Atom promieniuje jeśli elektron przeskakuje z orbity dalszej od jądra na orbitę bliżej jądra
- Atom absorbuje promieniowanie jeśli elektron przeskakuje z orbity bliżej jądra na orbitę dalszą od jądra

$$E_n = -\frac{13.6}{n^2} [\text{eV}]$$

$$E_u - E_l = -13.6 \left[ \frac{1}{n_u^2} - \frac{1}{n_l^2} \right] [\text{eV}] = h\nu$$

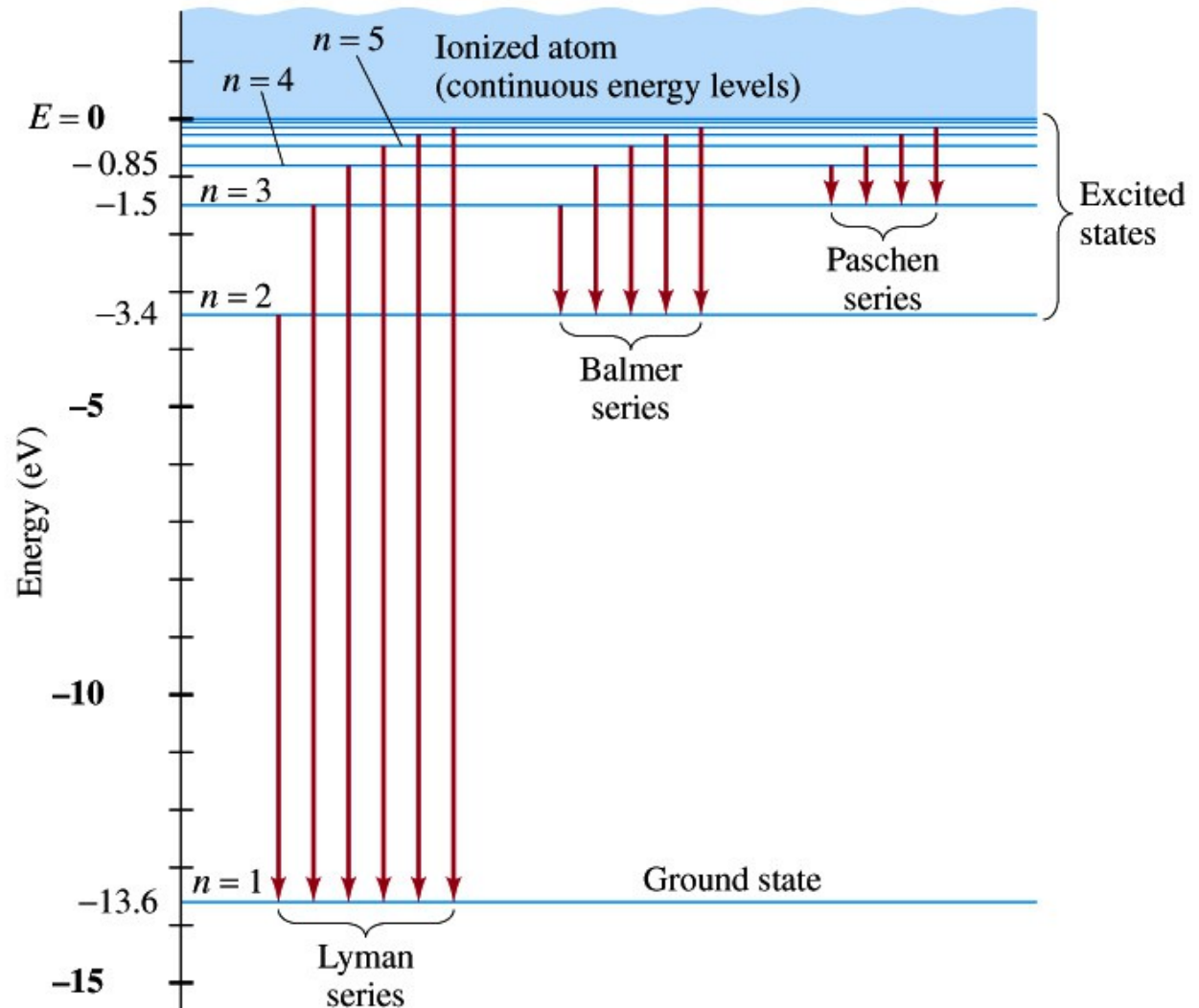


# Model Bohra atomu wodoru

Schemat poziomów energetycznych w atomie wodoru.

Liczba kwantowa  $n$  oznacza numer poziomu.

Możliwe są różne sposoby „spadania” elektronu na niższe poziomy – odpowiadają temu tzw. Serie Lymana, Balmera, Paschena... od nazwisk ich odkrywców.



# Model Bohra atomu wodoropodobnego

Niestety! Dziś model Bohra ma znaczenie tylko historyczne.

Model Bohr'a daje dobre rezultaty tylko dla atomu wodoru (lub atomów tzw. wodoropodobnych – tzw. jedno-elektronowych: zjonizowany atom  $\text{He}^+$ , dwukrotnie zjonizowany atom  $\text{Li}^{++}$ )

Nie można wyjaśnić za pomocą niego widm liniowych wielu gazów – pierwiastków „wielo-elektronowych” - zatem **model ten jest niepełny!!!**

Postulaty Bohra dość dowolnie traktują prawa fizyki klasycznej - akceptują prawo Coulomba, odrzucają prawa klasycznej elektrodynamiki dot. promieniowania elektromagnetycznego

Obecnie traktuje się ten model jako początkowe stadium rozwoju teorii atomu - tzw. stara teoria kwantów.

Obecnie budowę atomu opisuje się za pomocą „**mechaniki kwantowej**” - matematycznie bardzo skomplikowana teoria