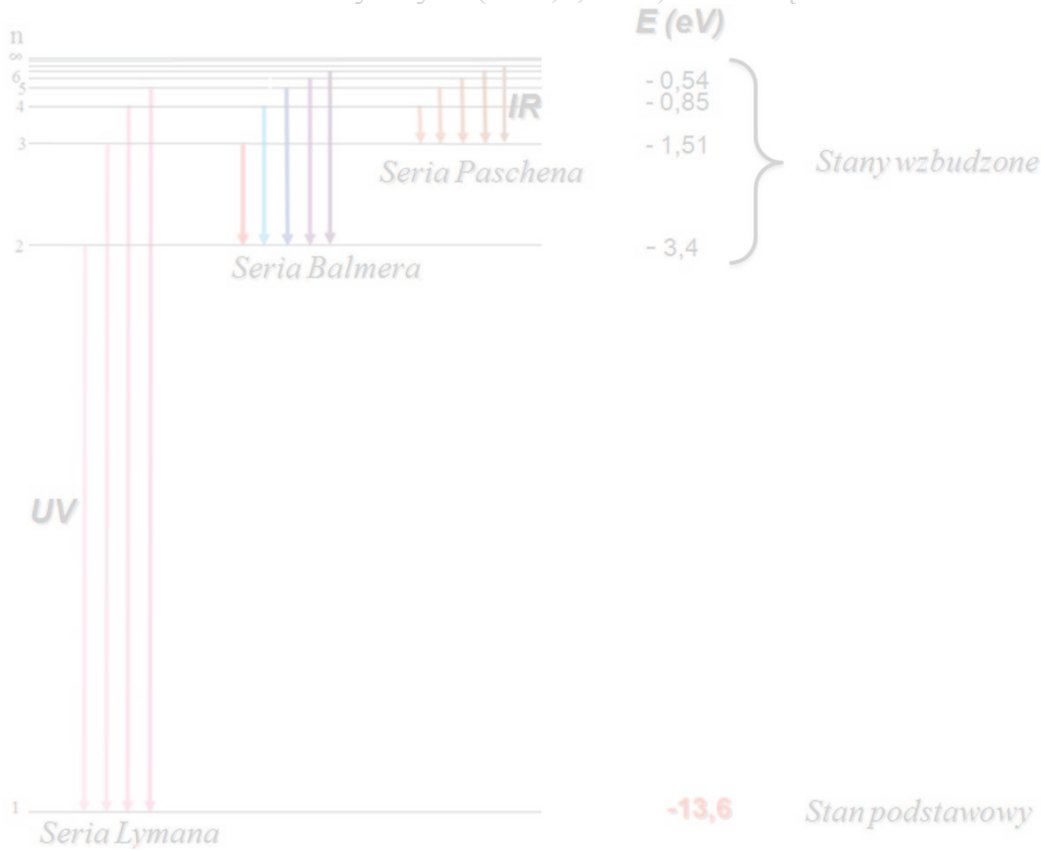


Seria Balmera, którą możemy oglądać za pomocą siatki dyfrakcyjnej, odpowiada przeskokom elektronu z orbit wyższych ( $n=3,4,5$  itd.) na orbitę  $n=2$ .



Ryc. 2.22. Układ poziomów energetycznych w atomie wodoru, w modelu Bohra; leżąca w zakresie widzialnym seria Balmera odpowiada przeskokom elektronów z orbity o  $n=3$  na orbitę o  $n=2$  (MS)

## 2.6. Wielkości atomowe

Model Bohra i stała Rydberga wprowadzają nas w świat wielkości atomowych. Jednostką do porównań odległości jest w nim promień pierwszej (o  $n=1$ ) orbity Bohra.

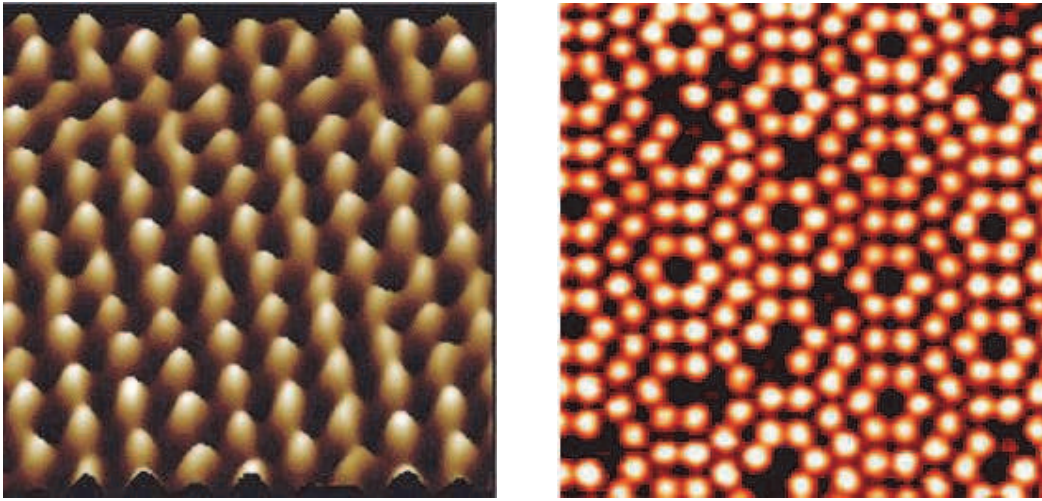
Możemy ten promień obliczyć przyrównując wzór na energię (2.22) ze wzorem (2.35) i przyjmując  $n=1$

$$E = -\frac{1}{2} \frac{ke^2}{r} = -R \quad (2.36)$$

stąd promień pierwszej orbity wynosi  $r_1 = 0,53 \cdot 10^{-10}$  m. Stałą  $R$  wyznaczamy w jednostkach SI z równania 2.35.

Warto zapamiętać tę wielkość. Oznacza ona, że atom wodoru ma w przybliżeniu<sup>34</sup> średnicę około  $1 \cdot 10^{-10}$  m; czasem jednostkę  $10^{-10}$  m nazywamy angstromem ( $1 \text{ \AA}$ ). Również atomy cięższych pierwiastków mają „rozmiary” między  $1 \text{ \AA}$  a  $2 \text{ \AA}$ . Na szerokość ścieżki na płycie CD (około  $1 \mu\text{m}$ ) składa się dziesięć tysięcy atomów. Atomy, mimo że chemicznie podstawowe składniki materii, wcale nie są takie małe. Możemy je obserwować np. za pomocą tzw. mikroskopu sił atomowych (Zob. fot. 2.23).

<sup>34</sup> Do zagadnienia rozmiarów atomów wrócimy jeszcze przy omawianiu mechaniki kwantowej.



**Ryc. 2.23.** Powierzchnie grafitu i krzemu obserwowane za pomocą mikroskopu sił atomowych.

Korzystając jeszcze raz ze wzorów 2.35 i 2.36 otrzymujemy

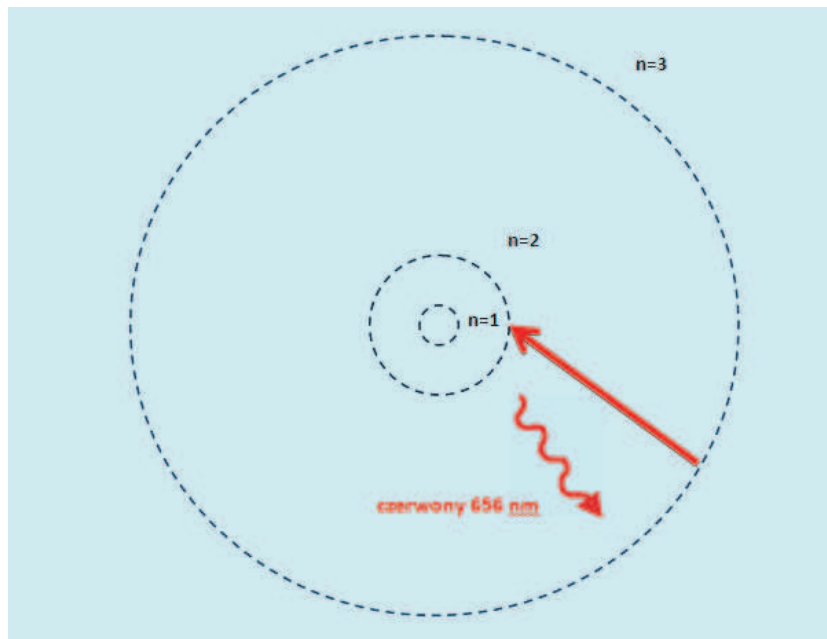
$$E = -\frac{1}{2} \frac{ke^2}{r} = -\frac{R}{n^2} \quad (2.37)$$

Stąd, pomijając stałe (z raczej zastąpiwszy je przez promień Bohra  $r_1$ ) wnioskujemy, że promienie kolejnych orbit rosną z liczbą  $n$  jak jej kwadrat:

$$r_n = r_1 \cdot n^2 \quad (2.38)$$

I tak np. dla  $n=100$  (potrafimy wzbudzić elektrony na tak wysokie orbity w niektórych atomach) promień Bohra wyniósłby aż  $0,5 \mu\text{m}$ . Należy jednak pamiętać, że pojęcie „rozmiarów” atomów jest bardzo umowne – elektrony są w ciągłym ruchu i nie można utożsamiać „rozmiarów” atomu z chwilowym położeniem elektronów; do tego zagadnienia wrócimy.

Teraz jesteśmy gotowi, aby narysować schemat orbit w atomie Bohra we właściwej skali.



**Ryc. 2.55.** Układ (w skali  $1:10^8$ ) pierwszych trzech orbit w atomie wodoru w modelu Bohra

Oceńmy jeszcze prędkość elektronu na pierwszej orbicie Bohra. Skorzystamy ze wzoru (2.37)

$$E = -\frac{mv^2}{2} = -\frac{R}{n^2} \quad (2.38)$$

Stąd

$$v = \frac{1}{n} \left( \frac{ke^2}{\hbar} \right) \quad (2.39)$$

gdzie stałą Rydberga zastąpiliśmy zgodnie ze wzorem (2.34). Prędkość elektronu na pierwszej orbicie Bohra wynosi około 2180 km/s, 200 razy więcej niż prędkość rakiety w locie na Księżyc i w przybliżeniu 1/137 prędkości światła.

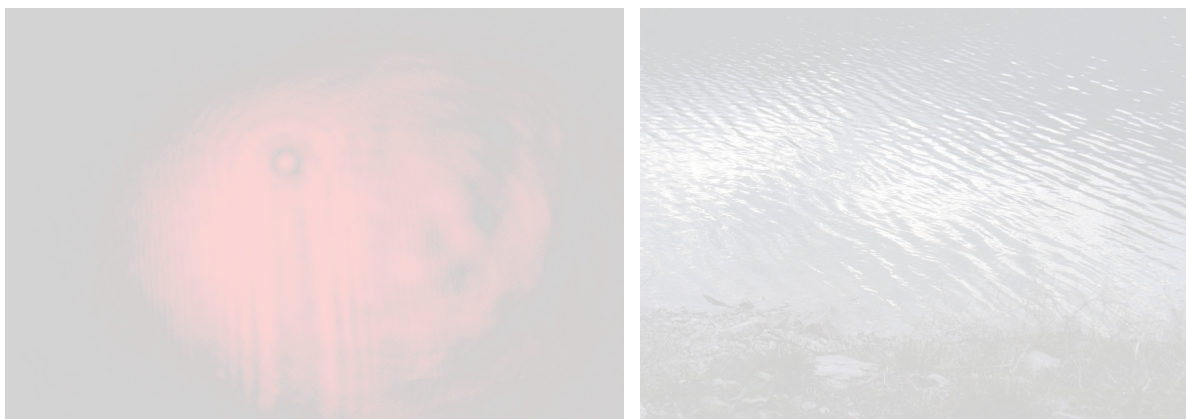
### Pytania

1. Jak zmienia się energia z numerem orbity w modelu Bohra?
2. Jak zmienia się promień orbity w modelu Bohra dla różnych  $n$ ?
3. Ile wynosi (w eV) stała Rydberga?
4. Jakim przeskokom elektronów odpowiada seria Balmera?
5. Ile wynosi promień pierwszej orbity Bohra?

### 2.7. Dualizm falowo-korpuskularny

Światło, które ulega ugięciu np. na siatce dyfrakcyjnej musi być falą. Widzimy to bardzo dobrze w dobie laserów. Przedmioty jednolitego koloru, np. biała ściana, oświetlone światłem lasera wydają się „pstrokate”, tzn. pojawiają się na nich jaśniejsze i ciemniejsze miejsca. Dzieje się tak, gdyż natężenie fal pochodzących od dwóch lub więcej źródeł sumuje się lub odejmuje, w zależności czy do określonego punktu w określonym momencie docierają dwa maksima czy minimum i maksimum fali. Mówimy o zjawisku interferencji. Interferencja dwóch fal: padającej i odbitej jest powodem powstawania kolorów w bańkach mydlanych.

Na przeszkodach, jak kulek w jeziorze, fala ugina się i zmienia kierunek rozchodzenia się. Mówimy o zjawisku dyfrakcji<sup>35</sup>. Zjawisko ugięcia światła na mini-łepku szpilki pokazujemy na fot. 2.24.



**Fot. 2.24.** Ugięcie wiązki światła z lasera na łepku szpilki (foto KS, AK) i fal na wodzie (foto MK)

Lasery pozwalają nam bez trudu zaobserwować naturę falową światła. Ba! w laserowej rurze (lub mini-strukturze w półprzewodniku) światło propagujące w lewo i w prawo również nakłada się, tworząc falę stojącą.

Hipoteza Plancka, odkrycie efektu fotoelektrycznego i jego wyjaśnienie przez A. Einsteina za pomocą pojęcia fotonów zwróciły uwagę, że światło może być również traktowane jako cząstki, tak jak to uważał I. Newton. A może więc i elektron jest (a raczej zachowuje się) jak fala? Pierwszym, przypuszczalnie doświadczeniem pokazującym, że elektron zachowuje się jak fala, były pomiary przeprowadzone w 1920 roku przez Carla Ramsauera na Politechnice

---

<sup>35</sup> Tak właśnie działa siatka dyfrakcyjna: każda z rys ugina falę a określony kolor tworzy jasną plamkę tylko tam, gdzie poszczególne fale ugięte sumują się.