Het atoommodel van Bohr

Toen Bohr in 1913 hoorde van de formule van Balmer vielen voor hem de puzzelstukjes op hun plaats. Hij was al bezig de quantisatieprincipes van Planck en Einstein toe te passen op de structuur van atomen. Daarbij was hij tot de conclusie gekomen dat voor de kinetische energie van een elektron in de baan met nummer *n* zou moeten gelden:

$E_{k,n} = K \cdot f_n$

Hierin is f_n de frequentie waarmee het elektron zijn rondjes draait in baan *n* ($v_n = 2\pi r_n f_n$). Dankzij de formule van Balmer kwam hij tot deze conclusie:

$K = n \cdot \frac{h}{2}$ hierin is *n* een heel getal.

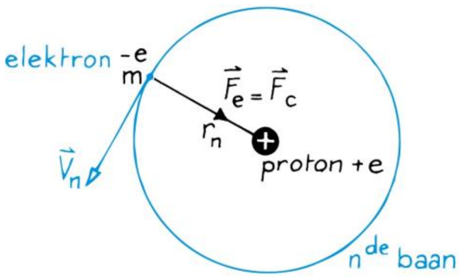
a Laat zien dat uit de formules hierboven de formule van p. 258 volgt voor een staande elektronengolf volgens De Broglie:

$2\pi r_n = n \cdot \lambda_b$ met $\lambda_b = h/(mv_n)$ (1)

►In een waterstofatoom draait een elektron in een cirkelbaan rond een proton. Daarbij wordt de benodigde centripetale kracht F_c geleverd door de elektrische kracht F_e tussen proton en elektron. Voor die kracht geldt de wet van Coulomb:

$\frac{mv_n^2}{r} = f \cdot \frac{e^2}{r^2}$ ofwel $mv_n^2 r = f \cdot e^2$ (2)

$f = 9{,}0 \cdot 10^9\ \mathrm{N m^2 C^{-2}}$ Zie *Binas*, tabel 7.



b Laat zien dat uit de formules (1) en (2) voor baan *n* volgt:

$v_n = \frac{2\pi f e^2}{nh}$ en $r_n = \frac{n^2 h^2}{4\pi^2 f m e^2}$

►We kunnen nu de energie van het atoom berekenen als het elektron zich in baan *n* bevindt; deze bestaat uit kinetische en potentiële energie.

c Toon aan dat uit $F_c = F_e$ volgt:

$E_k = ½mv^2 = \frac{fe^2}{2r}$

►Op p. 22 is voor de gravitatie-energie afgeleid:

$E_g = -\frac{GMm}{r}$

Voor de potentiële energie $E_p$van het elektron in het veld van het proton geldt op vergelijkbare manier:

$E_p = -\frac{fe^2}{r}$

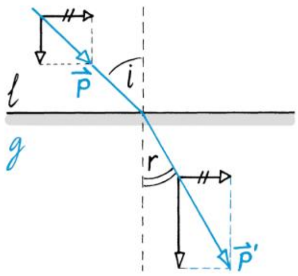
d Leid uit $E = E_k + E_p$ de formule van Bohr voor E_n af:

$E_n = -\frac{2{,}18 \cdot 10^{-18}}{n^2}\ \mathrm{J} = -\frac{13{,}6}{n^2}\ \mathrm{eV}$

e Leid hieruit de formule van Balmer af en bereken de waarde van *k* in die formule.

De wet van Snellius

Als een lichtstraal met impuls $\vec{p}$ vanuit lucht in glas komt, dan *breekt* hij.



Voor de hoeken *i* (inval) en *r* (refractie) geldt de *wet van Snellius*:

$\frac{\sin i}{\sin r} = n_g$ met n_g de *brekingsindex* van glas.

- Bewijs via de formule van De Broglie:

$n_g = \frac{c_{lucht}}{c_{glas}}$