

A $4d \rightarrow 2p$ átmenet során a hidrogénatom $n_1 = 4$ -es főkvantumszámú állapotból $n_2 = 2$ -es állapotba kerül. A hidrogénatom kvantált energiaszintjeit a Bohr-modell (vagy a kvantummechanika törvényei) szerint az

$$E_n = -\frac{me^4}{8\varepsilon_0^2 h^2} \frac{1}{n^2} = -\frac{13,6 \text{ eV}}{n^2}$$

összefüggés alapján számíthatjuk ki (ahol m az elektron tömege, e az elemi töltés, h pedig a Planck-állandó). Eszerint $E_2 = -3,4 \text{ eV}$, $E_4 = -0,85 \text{ eV}$, a felszabaduló energia: $E_4 - E_2 = +2,55 \text{ eV}$. Ez az energia az Einstein–Planck-hipotézis szerint

$$\lambda_0 = \frac{hc}{E_4 - E_2} = 485 \text{ nm}$$

hullámhosszúságú fény keltésére elegendő (c a fénysebesség vákuumban).

A Földre érkező és itt megfigyelt fény $\lambda = 513 \text{ nm}$ -es hullámhossza $\Delta\lambda = \lambda - \lambda_0 = 28 \text{ nm}$ -rel nagyobb, mint a kibocsátott fényé, az tehát a vörös felé tolódott el. A *vöröseltolódást* a galaxis (és benne a csillag) nagy sebességű távolodása miatt fellépő Doppler-hatásként értelmezhetjük. A relativisztikus Doppler-képlet szerint

$$\frac{\lambda}{\lambda_0} = \sqrt{\frac{c+v}{c-v}},$$

ahonnan a csillag távolodási sebességére a

$$v = \frac{\lambda^2 - \lambda_0^2}{\lambda^2 + \lambda_0^2} c = 0,056 c \approx 16\,800 \frac{\text{km}}{\text{s}}$$

értéket kapjuk. Lényegében ugyanezt az eredményt kapjuk, ha a nemrelativisztikus $v = \frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} c$ formulából indulunk ki; így számolva

$$v = 0,058 c \approx 17\,400 \frac{\text{km}}{\text{s}}$$

távolodási sebességet kapunk.

A Hubble-törvény kapcsolatot ad meg az extragalaktikus objektum r távolsága és v távolodási sebessége között:

$$v = Hr, \quad \text{ahol} \quad H \approx 70 \frac{\text{km}}{\text{s} \cdot \text{Mpc}}.$$

Ezek szerint a feladatban szereplő galaxis $r = \frac{v}{H} \approx 240 \text{ Mpc}$ távolságra van tőlünk; ez kb. 800 millió fényévnek felel meg.

Morvai Orsolya (Révkomárom, Selye János Gimn., 12. évf.)
dolgozata alapján