A hidrogén és a deutérium atomi színképe két okból tér el egymástól:

(i) A foton kisugárzásakor az atom hátralökődik (úgy, hogy az összes impulzus nulla maradjon), a felszabaduló energia egy része tehát az atom mozgási energiáját fedezi. A ténylegesen észlelhető frekvencia (a mag tömegét M-mel jelölve) $hf^2/2Mc^2$-tel kisebb, mint az energiaszintek távolságából számított érték. Ez a legrosszabb esetben is csak $E_0/2Mc^2 = 7 \cdot 10^{-9}$ nagyságú relatív eltolódást jelent (E_0 az alapállapoti energia). Ez olyan kicsi effektus, hogy elhanyagolhatjuk.

(ii) A hidrogénatom energiaszintjeit megadó Balmer-formula kicsit módosul, ha az elektron nem rögzített vonzócentrum, hanem a közös tömegközéppont körül mozog. Ez a jelenség az *izotópeffektus*, amelyet pl. úgy számíthatunk ki, hogy a Bohr-féle kvantumfeltételt (miszerint az elektron perdülete a 2π-vel osztott Planck-állandó egész számú többszöröse kell legyen) általánosítjuk, a rendszer *teljes* perdületére követeljük meg az impulzusnyomaték „kvantáltságát". A számítás eredménye az energiaszintekre:

$$E_n = -\frac{2\pi^2 k^2 e^4 m_r}{h^2 n^2}. \qquad (n = 1,\ 2,\ 3,\ \dots)$$

A képletben m_r az elektron redukált tömegét jelöli:

$$m_r = \frac{m_e}{1 + m_e/M}.$$

Ebből a hidrogén ($M = m_p$) és a deutérium ($M \approx 2m_p$) egymásnak megfelelő színképvonalaira

$$\frac{\Delta f}{f} = \frac{m_e}{2m_p} \approx 2{,}7 \cdot 10^{-4}$$

relatív eltérés adódik.

Hegyi Márta (Budapest, Szent István Gimn., 10. o.t.) és *Székely Attila* (Kecskeméti Református Kollégium Gimnáziuma, 12. o.t.) dolgozata alapján

Megjegyzés. A Bohr-féle kvantumfeltétel csak a hidrogénszerű (egyetlen elektront tartalmazó) atomokra adja meg helyesen az atomi energiaszinteket, és ezek segítségével az atomi átmenetek során kisugárzott vagy elnyelt fotonok frekvenciáját. A mikrorészecskék mozgását, viselkedését teljesebben leíró kvantummechanika nemcsak a hidrogénszerű, hanem tetszőleges számú elektront tartalmazó atomokra is alkalmazható és a tapasztalattal jól egyező eredményt ad.