

## 8. fejezet

# Emissziós színeképek és fluoreszcencia vizsgálata

Minden hőmérséklettel rendelkező test bocsájt ki elektromágneses hullámokat. Ilyenek például az izzó testek vagy forró folyadékok. A forró testek sugárzását általában hőszugárzásnak nevezik, de sokszor ez a sugárzás nem csak az infravörös tartományban figyelhető meg. A klasszikus fizika nem tudta megoldani a hőmérsékleti sugárzás spektrális eloszlásának problémáját. A megoldásra a kvantumfizika kifejlődéséig kellett várni. Max Planck vezette le az abszolút fekete testek sugárzására vonatkozó analitikus egyenletet, amelyet azóta napjainkig használunk. Az egyenlet a következő formában adja meg a spektrális energieloszlást:

$$u(\lambda, T) = \frac{8\pi ch}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda kT}} - 1}$$

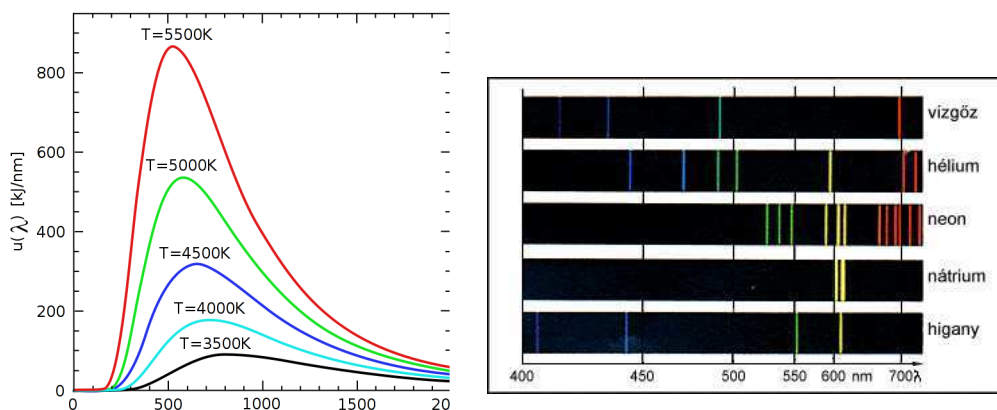
Ahol  $\lambda$  a sugárzás hullámhossza,  $T$  a test abszolút hőmérséklete,  $k$  a Boltzmann-állandó,  $h$  pedig a Planck-állandó. Ezen egyenlet segítségével meg tudjuk határozni adott hullámhossz és hőmérséklet esetén a kisugárzott energiát. Abszolút fekete testek a valóságban nem fordulnak elő, de sok esetben jó közelítéssel használhatóak valós testek sugárzásának leírására. Az 8.1. ábrán  $u(\lambda)$  látható, a különböző vonalak a különböző hőmérsékletű fekete testeket jelölik.

### 8.1. Az emissziós színeképek

Az emissziós színekép egy sugárzási forrás egységnyi hullámhossztartományban kibocsájtott intenzitásának hullámhossz szerinti eloszlása. Emissziós színeképe gerjesztett atomoknak vagy molekuláknak van. Az atomon belül az elektronok a különböző elektronhéjak között mozoghatnak, ha energiát kapnak, vagy adnak le. Az energiaelnyelés vagy -leadás általában egy foton formájában történik. Ha egy elektron egy magasabb energiaszintről egy alacsonyabbra kerül, foton sugároz ki. Ennek a fotonnak az energiája megegyezik a két energiaszint közötti energiakülönbséggel. Einstein óta tudjuk, hogy egy foton energiája és hullámhossza (frekvenciája) között összefüggés van. Ez a következő formában írható fel:  $E = h \cdot \nu$ , ahol  $E$  a foton energiája,  $\nu$  a foton frekvenciája,  $h$  pedig a Planck-állandó. Könnyen látható így, hogy az elektronhéjban adott energia különbség adott frekvenciájú (és hullámhosszú) foton fog eredményezni. Mivel minden atomban más és más az az elektronhéjak energiaszintje, ezért minden atom más hullámhosszú foton képes kibocsájtani, így a gerjesztett anyagok spektroszkópiai vizsgálata elárulhatja az adott anyag összetételét. Gerjesztett molekulák esetén kicsit másabb a helyzet, mivel a kötések miatt az elektronhéjak megváltoznak az eredeti atomos héjhoz képest. Ilyenkor a színeképben nem emissziós vonalakat, hanem emissziós sávokat láthatunk. A sávok kialakulásába beleszólhat még a molekulák rotációja és vibrációja. Ezek változása illetve jelenléte befolyásolja a végső spektrumot.

Vonalas színeképet lehet még létrehozni LED-ek, azaz fénykibocsájtó diódák segítségével is. A dióda n és p típusú anyagból, azaz elektronhiánnyal és elektrontöbblettel rendelkező félvezető anyagból áll. A legegyszerűbb diódákat egyenirányításra használják. A fénykibocsájtó diódák esetén ha nyitó irányú

áramot kötünk a diódára, akkor az elektronok a p rétegbe érve betöltik a lyukakat, rekombináció lép fel és így a dióda az anyagi minőségére jellemző hullámhosszú fényt bocsájt ki.



Balra: Planck-görbék különböző hőmérsékleteken. Jobbra: Néhány anyag vonalas színeke

## 8.2. Abszorpció

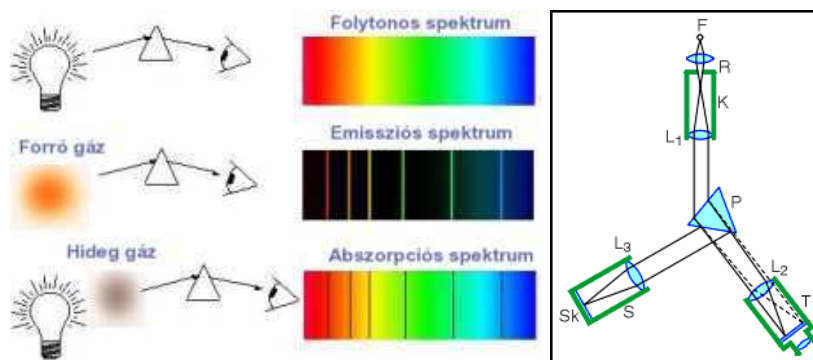
Ha egy feketetest spektrumot úgy vizsgálunk, hogy a test által kibocsátott fény áthalad egy ritka gáz közegeen vagy híg folyadékon, azt tapasztaljuk, hogy az egyébként folyamatos spektrumban fekete vonalak keletkeznek. Ezek a vonalak az abszorpciós, vagy elnyelési vonalak. Az atomban egy foton elnyelődése függ az atom elektronhéjaitól, ugyanúgy, mint a kibocsátás. Adott energiájú fotont akkor tud elnyelni egy atom, ha van az elektronjai között olyan, amelyek képesek két megfelelő elektronhéj között mozogni, amelyek energiakülönbsége megegyezik az elnyelt foton energiájával. Látható, hogy egy gáz emissziós és abszorpciós színeke pont kiegészítik egymást, vagyis ahol az emissziós színekeben világos vonalak vannak, ott az abszorpciós színekeben sötét vonalak. Ezt illusztrálja a 8.1. ábra.

Az abszorpció és az emisszió egyik igen érdekes „keveréke” a fluoreszcencia. Ekkor a beérkező fotonok gerjesztik az atomokat és a molekulákat, ezek elektronjai magasabb energiaszintre kerülnek, majd szinte azonnal vissza is ugranak egy alacsonyabb energiaszintre, de nem arra, amelyről elindultak. Így a beérkező, elnyelt fénynek kisebb hullámhosszú fényt bocsájtanak ki. Az effektus általában addig figyelhető meg, ameddig van megvilágítás.

## 8.3. A spektroszkóp felépítése

Ahhoz, hogy a színekevonalatokat vizsgálni tudjunk, fel kell bontani a fényt hullámhossz szerint. Ezt megtehetjük optikai ráccsal, vagy prizmaival. Jelen gyakorlat során prizmás spektroszkóp áll a rendelkezésünkre. A prizma a diszperzió jelensége miatt képes felbontani a fényt. Mivel az üveg törésmutatója a fény hullámhosszától függ, a prizma a különböző hullámhosszú fénysugarakat más és más irányba továbbítja. A prizmás felbontás nagyobb fényerőt biztosít, de a felbontás nem lineáris. Ezt a típusú spektroszkópot Kirchoff és Bunsen fejlesztette ki 1859-ben. A műszer tökéletesen megfelel spektrumok vizuális tanulmányozására. A 8.1. ábrán látható a spektroszkóp sematikus rajza. Főbb részei: P a prizma, K a kollimátorcső, R a rés,  $L_1$  az akromatikus gyűjtőlencse, az  $L_2$  objektív és az okulár alkotja a T távcsövet, S a skálacső,  $S_k$  pedig az átlátszó skála.

A vizsgálandó fény az F fényforrásból érkezik a résre, ahonnan utána a prizma, majd onnan a távcsőbe, aminek a végén elhelyezett okulár segítségével szabad szemmel is megvizsgálható a spektrum. Az  $S_k$  skálát megvilágítjuk egy külső fényforrással és az  $L_3$  lencse segítségével a távcsőbe vetítjük, így a megjelenő spektrumvonalatokat a skálán is leolvashatjuk.



8.1. ábra. Balra: az emisszió és abszorpció összehasonlítása. Jobbra: a spektroszkóp felépítése



Balra: a gyakorlat eszközei; középen: a fényforrásokat és küvetta tartalmazó kombinált fényforrás a kondenzor felől; jobbra: ennek belső felépítése

A spektroszkóp egyenlő beosztású skáláját hitelesíteni kell a mérés megkezdése előtt. Ehhez ismert hullámhosszú spektrumvonalakat kell keresni. A laborban ezt legkönnyebben spektrállámpák segítségével tehetjük meg. A hitelesítéshez 3 féle spektrállámpa áll rendelkezésre, Hg–Cd, He–Ne- és Na-lámpa. Mindegyik lámpa ismert hullámhosszú emissziós vonalakat bocsájt ki. A spektroszkóp R rése elé helyezve valamelyik spektrállámpát, emissziós vonalakat látunk. Egy mellékelt táblázat segítségével minden egyes lámpa esetén be lehet azonosítani a fényesebb vonalakat. Ezután minden vonalhoz leolvassuk a hozzá tartozó skálaértéket, majd milliméter papíron ábrázoljuk a skálarész függvényében a hullámhosszt. Ezzel kész a hitelesítési görbe, így a későbbiekben egy ismeretlen vonal hullámhosszát meghatározhatjuk, ha leolvassuk a hozzá tartozó skálarészt, majd a skálarész értéke alapján a hullámhosszt a hitelesítési görbén.

## 8.4. Feladatok

Eszközök: spektroszkóp, 3 db spektrállámpa tápegységgel, 1 db kombinált fényforrás izzólámpával és két LED-del, az ehhez tartozó tápegység, 1 db küvetta, fluoreszceinoldat.

1. A He-Ne-, Hg–Cd- és Na-spektrállámpák segítségével vegye föl a spektroszkóp hitelesítési görbéjét, és ábrázolja milliméterpapíron!
2. A LED-eket tartalmazó dobozt helyezze a spektroszkóp rése elé, kapcsolja be a vörös LED-et, és állapítsa meg az emisszió hozzávetőleges hullámhosszát (-tól, -ig).
3. Vizsgálja meg az izzólámpa spektrumát! Milyen hullámhossznál helyezkednek el a látható fény különböző színű komponensei (vörös, sárga, zöld, kék)? A tapasztalatait írja le a jegyzőkönyvbe.

4. Helyezze a fluoreszcéint tartalmazó vizes oldatot a küvettatartóba, majd kapcsolja be az izzót és írja le a jegyzőkönyvbe a tapasztalatait. Állapítsa meg a fluoreszcéin abszorpciós sávjának hozzávetőleges hullámhosszát (-tól, -ig).
5. Az izzó kikapcsolása után a kék LED-del oldalról világítsa meg az oldatot, írja le, mit tapasztal, mérje meg a látott színekp vonalak hullámhosszát és hasonlítsa össze őket a kék LED emissziós vonalainak hullámhosszával. Magyarázza meg a látottakat.

Megjegyzés:a mérést el lehet végezni „szabad szemmel” is, valamint a tévére kötött kamera segítségével is, amit a T távcső végére lehet helyezni az okulár helyett.