

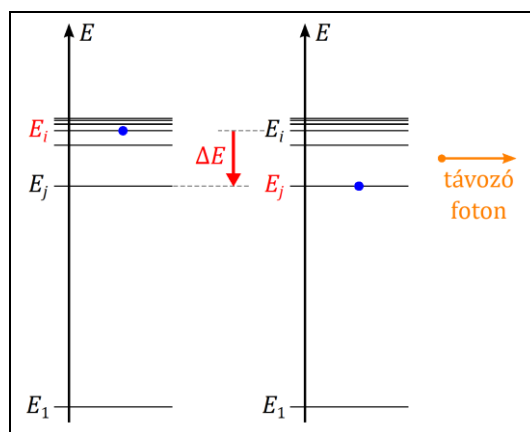
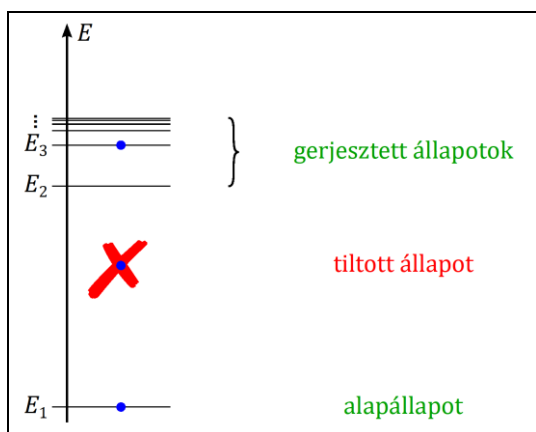
◀	Tartalom	Fogalmak	Törvények	Képletek	Lexikon	▶
---	----------	----------	-----------	----------	---------	---

A fénykibocsátás és fényelnyelés

A gázok vonalas színekének első elméleti magyarázatát Niels Bohr, dán fizikus adta meg *atommodelljében*. Kiindulásként Bohr két feltételt fogalmazott meg:

1. Az elektron energiája az atomban csak az adott gázra jellemző, jól meghatározott értékek ($E_1; E_2; E_3; E_4; \dots$) valamelyike lehet.
2. Fénykibocsátáskor, illetve fényelnyeléskor az elektron egy másik energiájú állapotba kerül. A két állapotnak megfelelő energiakülönbség megegyezik a kibocsátott, illetve elnyelt foton energiájával.

Az első feltételben szereplő állapotok közül a legkisebb energiájú állapotot (E_1) *alapállapotnak*, a többi *gerjesztett állapotnak* nevezzük. Az elektron energiája nem vehet fel ezektől eltérő értékeket, azaz az elektron energiája nem lehet pl. valamilyen E_1 és E_2 közti érték.



A gázok fénykibocsátása a fentiek alapján a következőképpen értelmezhető: Ha egy gerjesztett állapotban levő elektron egy alacsonyabb energiájú állapotba kerül, akkor a két állapotnak megfelelő energiakülönbséget az atom által kibocsátott foton viszi magával:

$$E_i - E_j = E_{\text{foton}}$$

Ennek alapján a kibocsátott fény hullámhossza az előző fejezetben látott

$$E_{\text{foton}} = h \cdot f = h \cdot \frac{c}{\lambda}$$

összefüggés felhasználásával számítható ki:

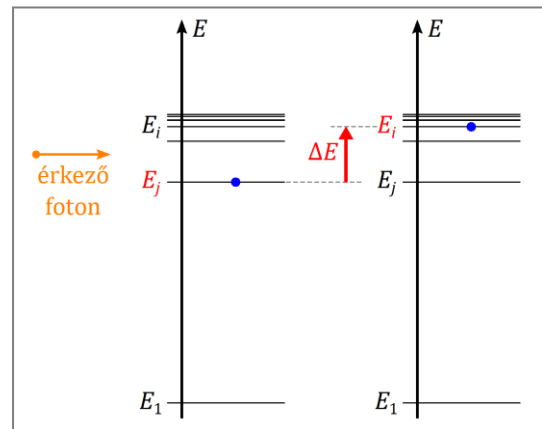
$$E_i - E_j = h \cdot \frac{c}{\lambda}, \quad (1)$$

$$\lambda = \frac{h \cdot c}{E_i - E_j}. \quad (2)$$

A képlet alapján látható, hogy a *kisugárzott fény hullámhossza csak a két állapot közti energiakülönbségtől függ*. Mivel az egyes állapotok energiája egyértelműen adott, ezért a kibocsátott fény hullámhossza is jól meghatározott. Ennek megfelelően a *gáz emissziós színeke pontosan meghatározott színekvonalakból álló vonalas színekép*.

A *gázok fényelnyelése* az előbbiekhöz hasonlóan értelmezhető: *Ha a gáz atomja fényt nyel el, akkor az elnyelt foton energiája az elektron energiáját növeli*. Az elektron energiája az atomon belül azonban csak jól meghatározott értékű lehet, ezért az elnyelt foton energiájára teljesülnie kell a következő összefüggésnek:

$$E_i - E_j = E_{\text{foton}}.$$



Ebből az előzőkhöz hasonló módon meghatározható az elnyelt fény hullámhossza:

$$\lambda = \frac{h \cdot c}{E_i - E_j}. \quad (3)$$

A képlet alapján látható, hogy az elnyelt fény hullámhossza csak a két állapot közti energiakülönbségtől függ. Mivel az egyes állapotok energiája egyértelműen adott, ezért az elnyelt fény hullámhossza is jól meghatározott. Ennek megfelelően a *gáz abszorpciós színeke pontosan meghatározott hullámhosszaknál sötét vonalakat tartalmaz*.

A gázok által kisugárzott, illetve elnyelt fény lehetséges hullámhosszát tehát egyértelműen meghatározza, hogy a gáz atomjaiban mekkora lehet az elektron energiája. Mivel a lehetséges $E_1; E_2; E_3; E_4; \dots$ energiaszintek az adott gázra jellemzőek,

ezért a különféle gázok színképe eltér egymástól. Ez az eltérés teszi lehetővé a színképelemzést, azaz a különféle anyagok azonosítását a színképük alapján.

A kisugárzott és az elnyelt fény hullámhosszára felírt (2) és (3) képlet azonos alakú, emiatt *bármely gáznál az emissziós színkép vonalai azoknál a hullámhosszaknál találhatóak, ahol ugyanennek a gáznak az abszorpciós színképében sötét vonalak vannak.* Mindezek összhangban vannak [A színképek](#) című fejezetben látott, a gázok színképével kapcsolatos kísérleti eredményekkel.

Az atom felépítésére megalkotott modelljében Bohr még azt feltételezte, hogy *az elektronok az atommag körül körpályákon keringenek.* Eredetileg az első feltételt is ezeknek a pályáknak a sugarával kapcsolatban fogalmazta meg. E modellben az energiafelvételkor az elektron egy nagyobb sugarú pályára, energialeadás következtében pedig egy maghoz közelebbi pályára kerül át. Ezzel a szemléletes modellel jól magyarázható a fénykibocsátás és a fényelnyelés, valamint a hidrogén és néhány más elem vonalas színképe. Az atomok elektronjainak ily módon történő modellezése azonban számos (itt nem részletezhető) problémát vet fel, ezért a valóságot jobban megközelítő modelleket is kidolgoztak. (A körpályák helyett ellipszis alakú pályák; az elektron saját tengely körüli forgásának feltételezése stb. Van olyan modell is, amelyben az elektronokat állóhullámokkal modellezik. Ez a modell nem adja meg az elektron helyét, csupán az adott helyen való tartózkodás valószínűségét lehet meghatározni. Természetesen ezzel a hullámmal is értelmezhető a gázok vonalas színképe.)

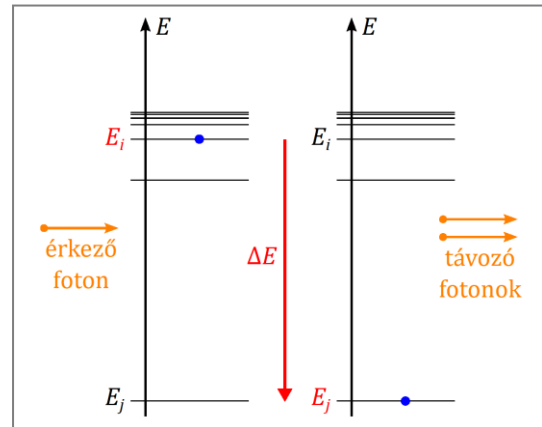
Kiegészítések

1. Niels Bohr (1885–1962) dán fizikus a most megismert atommodelljének első változatát 1913-ban publikálta. A Bohr-féle atommodell volt az első, amely (bár önkényesnek tűnő feltételezések alapján) magyarázatot tudott adni a gázok vonalas színképére. Bohr „az atomok szerkezetének és az azokból eredő sugárzások vizsgálatáért” 1922-ben fizikai Nobel-díjat kapott. (Az itt látható képe a Nobel-díj átadásának évében készült.) Bohr 1938-tól a Magyar Tudományos Akadémia tiszteleti tagja volt.



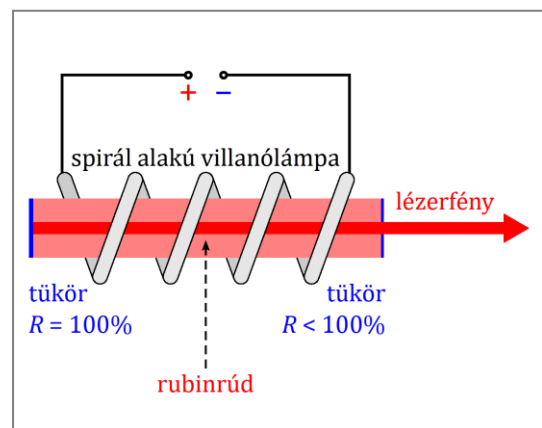
2. A fényemisszió két módja létezik, a spontán és az indukált emisszió. Az anyagok atomjaiban az elektronok fényelnyelés hatására gerjesztett állapotba kerülnek. Ebből az állapotból egy vagy több lépésben egy-egy foton kisugárzása közben alacsonyabb energiájú állapotba mennek át. Ez a folyamat többnyire véletlenszerűen és viszonylag rövid időn belül ($\sim 10^{-7}$ s alatt) bekövetkezik. Az ilyen folyamatot *spontán emisszió*nak nevezzük.

Bizonyos atomok elektronjai hosszabb ideig is gerjesztett állapotban maradhatnak. Egy gerjesztett elektron spontán emissziója által keltett foton azonban további gerjesztett elektron alapállapotba való visszatérését idézheti elő. Ezt a folyamatot *indukált fényemisszió*nak hívjuk. Az indukált emisszió kilépő fotonok *koherens* (összetartozó, együttrezgő) fényhullámot alkotnak.

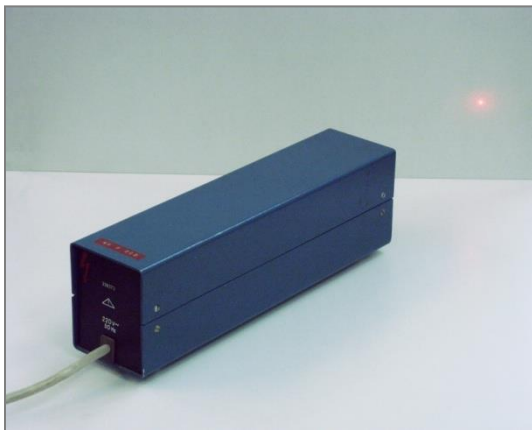
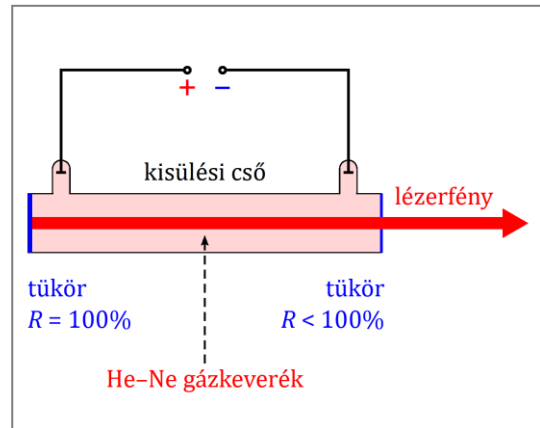


3. A lézer szó angol eredetű, eredetileg mozaikszó: laser (*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation* = fényerősítés a sugárzás gerjesztett kibocsátásával) A lézer működése az indukált emisszió alapul. Kiindulásként egyszerre sok elektront juttatnak gerjesztett állapotba. Ezután egy spontán emisszióban keletkező foton lavinaszerűen további fotonok kilépését gerjesztheti. A gerjesztett elektronokat tartalmazó anyagot két párhuzamos tükör közé helyezve ez a folyamat felerősíthető. A lézerfény úgy jut ki a két tükör közül, hogy az egyik tükör visszaverő rétege a fény néhány százalékát átengedi. Ha az elektronokat folyamatosan gerjesztjük, akkor a lézer folytonos fényt ad, egyébként villanásszerű fényimpulzust bocsát ki.

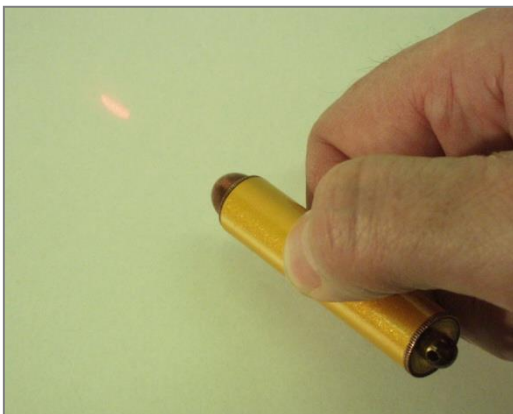
A *rubinlézerben* egy mesterséges rubinrúd (Al_2O_3) van a két tükör között. Az elektronokat a rúd palástja mentén elhelyezett erős fényű villanólámpával (xenon töltésű kisülési csővel) gerjesztik. A villanólámpa és emiatt a rubinlézer is impulzusszerűen működik, a kibocsátott fény hullámhossza 694 nm (rubinvörös).



A *hélium-neon lézer* egy olyan kisülési cső, amelyet hélium és neon keverékével töltöttek meg, és két véglapján egy-egy tükröt helyeztek el. Az elektronokat a kisülési csőre kapcsolt feszültséggel folyamatosan gerjesztik, ezért a He-Ne lézer folyamatos fényt ad. A kibocsátott fény hullámhossza 632 nm.



A *lézerdióda* egy olyan félvezető eszköz, amelyben 2-3 V feszültséggel gerjeszthetők az elektronok, és így kis feszültségű, kisméretű lézerek hozhatók létre. Ilyen lézerdiódák találhatóak a lézeres mutatópálcákban. Ugyancsak lézerdiódát tartalmaznak a CD és DVD lejátszók/meghajtók, illetve az építőiparban használt lézeres szintezők és a lézeres távolságmérők.

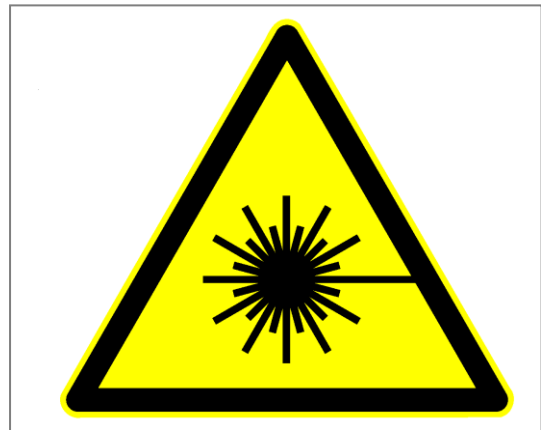


Valamennyi lézer közös előnye, hogy majdnem tökéletesen párhuzamos fénynyalábot bocsát ki. Például egy 1 cm átmérőjű rubinlézer a 384 000 km-re levő Holdon csupán egy kb. 40 km átmérőjű kört világít meg. Az indukált emisszió miatt a lézerfény

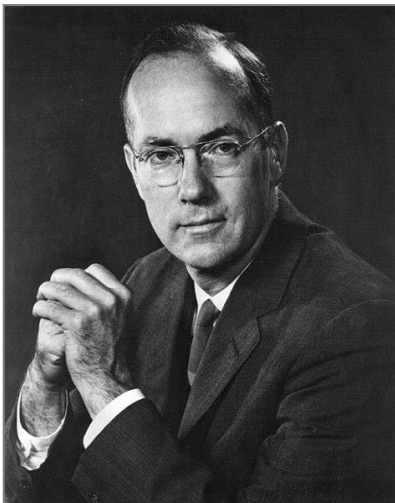
egymással koherens és azonos hullámhosszúságú fénysugarakból áll. A fenti tulajdonságai miatt a lézerfény jól fókuszálható, irányítható.

A jó fókuszálhatóság miatt jelentős energia koncentrálható kis területre, amely így nagymértékben felmelegszik (és megolvad vagy elpárolog). Emiatt a lézer a sebészeti alkalmazásoktól az acélmegmunkálásig alkalmas vágásra, anyagmegmunkálásra.

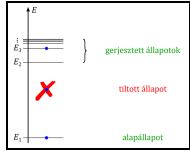
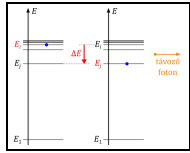
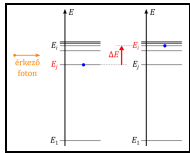
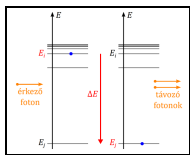

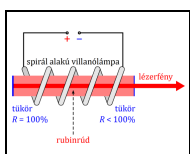
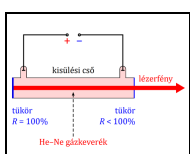
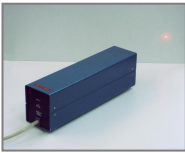
Ugyanezen tulajdonságai miatt azonban az emberi szemet a közvetlen lézerfény károsítja, mert a szemlencse az ideghártya kis területére fókuszálja a fényt, és a rendkívül erős fény az ideghártya maradandó károsodását okozhatja. Emiatt **tilos és veszélyes a lézerfénybe nézni**. A képen a lézerfényre figyelmeztető jelzés látható.



4. A lézerek elvi, illetve gyakorlati megvalósításáért Charles Hard *Townes* (1915–2015) amerikai, Nyikolaj Gennagyijevics *Baszov* (1922–2001) és Alekszandr Mihajlovics *Prohorov* (1916–2002) szovjet fizikusok 1964-ben megosztott Nobel-díjat kaptak.



Képek jegyzéke

	<p>Alapállapot, gerjesztett állapotok, tiltott állapot © http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0681.svg</p>
	<p>A fénykibocsátás magyarázata © http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0682.svg</p>
	<p>A fényelnyelés magyarázata © http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0683.svg</p>
	<p>Az indukált emisszió magyarázata © http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0684.svg</p>
	<p>Bohr arcképe (1922) W https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Niels_Bohr.jpg</p>
	<p>A rubinlézer vázlatrajza © http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0685.svg</p>
	<p>A hélium–neon lézer vázlatrajza © http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0686.svg</p>
	<p>Működő hélium–neon lézer © http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0352.jpg</p>

	<p>Működő hélium–neon lézer belseje</p> <p>© http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0354.jpg</p>
	<p>Félvezető lézer lézeres mutatóban</p> <p>© http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0355.jpg</p>
	<p>Félvezető lézer DVD-meghajtóban</p> <p>W https://commons.wikimedia.org/wiki/File:MATSHITA_DVD-RAM_UJ-840S_Drive.jpg</p>
	<p>Félvezető lézerrel működő szintező</p> <p>W https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Waterpas_modern.jpg</p>
	<p>Lézerfényre figyelmeztető jelzés</p> <p>© http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0686.svg</p>
	<p>Townes acképe</p> <p>W https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Charles_Townes.jpg</p>
	<p>Baszov acképe</p> <p>W https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Basov.jpg</p>
	<p>Prohorov acképe</p> <p>W https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Aleksandr_Prokhorov.jpg</p>

Jelmagyarázat:

© **Jogvéde**tt anyag, felhasználása csak a szerző (és az egyéb jogtulajdonosok) írásos engedélyével.

	Tartalom	Fogalmak	Törvények	Képletek	Lexikon	
---	--------------------------	--------------------------	---------------------------	--------------------------	-------------------------	---