

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

A hőmérsékleti sugárzás

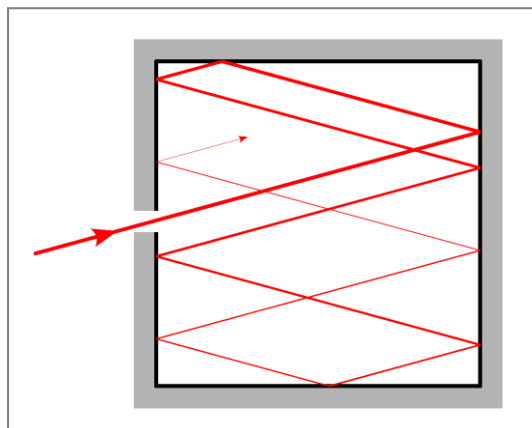
Sok megfigyelés igazolja, hogy a testek minden $T > 0 \text{ K}$ hőmérsékleten elektromágneses hullámokat bocsátanak ki, ezt a sugárzást *hőmérsékleti sugárzásnak* nevezzük. Például a fehéren izzó vasdarab látható fényt és hősugarakat is kibocsát. A cserépkályha nem sugároz látható fényt, de az általa kisugárzott infravörös sugarakat bőrünkkel érzékeljük, és



hőkamerával is kimutatható. *A világegyetem fejlődése* című fejezetben láttuk, hogy az ősrobbanás után lehűlő, mára már csak kb. $2,7 \text{ K}$ hőmérsékletű univerzum is bocsát ki elektromágneses hullámokat, melyeket mikrohullámú háttérsugárzásként érzékelünk.

A tapasztalatok szerint a hőmérsékleti sugárzás erőssége a sugárzó test felszínének anyagi minőségétől is függ. A fekete, érdes felületek ugyanolyan körülmények között több sugárzást bocsátanak ki, mint a világos, sima felületek. Érdekes tény az is, hogy azok a felületek, amelyek valamely λ hullámhosszon jó kibocsátók, egyúttal ugyanezen a hullámhosszon jó elnyelők is.

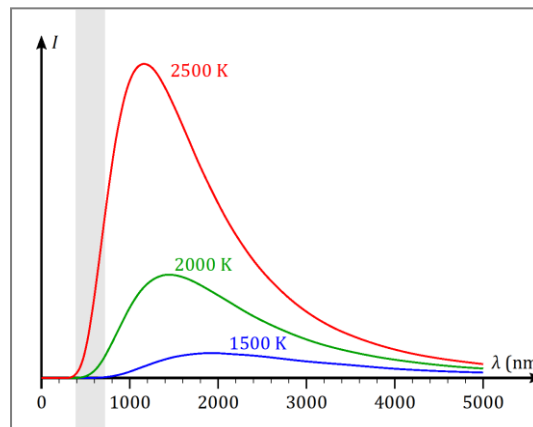
Elméleti szempontból fontos az olyan test vizsgálata, amely a ráeső bármely hullámhosszúságú sugárzást teljesen elnyeli. Az ilyen testet *abszolút fekete testnek* nevezzük. A valóságos testek a rájuk eső sugárzás egy kis részét mindig visszaverik, így nem tekinthetők abszolút fekete testnek. Megvalósítható azonban az abszolút fekete test úgy, hogy egy zárt, belül kormozott falú edény egyik falán kis nyílást fúrunk. A nyíláson bejutó sugárzás nagy része a belső falakon történő sorozatos visszaverődés során ugyanis teljesen elnyelődik. A nyílás ekkor tehát abszolút fekete testként működik.



Az abszolút fekete test sugárzásának hullámhossz szerinti eloszlását kísérleti úton már a 19. század végén meghatározták. A függvény alakját megadó matematikai összefüggést Max *Planck* német fizikus elméleti úton határozta meg. Eszerint T hőmérsékletű abszolút fekete test sugárzásának hullámhossz szerinti eloszlása:

$$I = \frac{2 \cdot h \cdot c^2}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{e^{\frac{h \cdot c}{\lambda \cdot k \cdot T}} - 1}.$$

Ezt az összefüggést *Planck-féle sugárzási törvénynek* nevezzük. Az ábrán megrajzoltuk a Planck-féle sugárzási törvény grafikonját három különböző hőmérsékletnél. (A grafikonon szürke sáv jelzi a látható fény tartományát.)



A grafikonok alapján is megállapítható, és a megfigyelések is azt igazolják, hogy az abszolút fekete test (és a valóságos testek) hőmérsékleti sugárzásának hullámhossz szerinti összetétele a test hőmérsékletétől függ. A tűzből kivett, féhéren izzó vasdarab által kibocsátott fényben a szivárvány színeinek minden összetevője megtalálható. Kovácsolás közben azonban folyamatosan hűl, eközben színe is folyamatosan változik: kezdetben fehér, majd sárga, narancssárga, vörös, sötétvörös, végül fekete lesz. Ennek oka, hogy alacsonyabb hőmérsékleteken egyre csökken a hőmérsékleti sugárzásban előforduló rövidebb hullámhosszú (ibolya, kék, zöld, sárga) fény mennyisége. Ha a hőmérséklet kb. 500 °C alá csökken, akkor már nem sugároz látható fényt, de a kibocsátott infravörös sugárzás infravörös kamerával még megfigyelhető.

A *Planck-féle sugárzási törvény* levezetése során Planck egy korszakalkotó gondolatot használt: feltételezte, hogy az abszolút fekete test részecskéinek (amelyeket Planck apró oszcillátornak tekintett) az energiája nem vehet fel bármekkora, folytonosan változó értéket, hanem csak az

$$E = h \cdot f$$

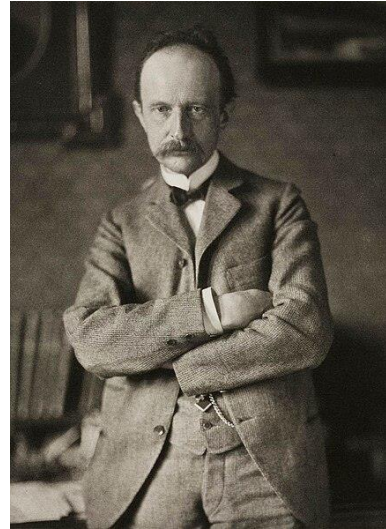
energiának (energiakvantumnak) az egész számú többszörösét. A képletben f az elnyelt vagy kibocsátott sugárzás frekvenciája, a h pedig a *Planck-állandó*, melynek értéke:

$$h = 6,626\,070\,15 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$$

Planck-féle sugárzási törvény levezetése volt az első, melyben az energiakvantum fogalma megjelent, és ez a gondolat vezetett végül a *kvantumelmélet* kialakulásához.

Kiegészítések

1. *Max Planck* (1858– 1947) német fizikus 1900-ban vezette le a róla elnevezett sugárzási törvényt. Eredményét a *Berlini Fizikai Társaság* ülésén, 1900. december 14-én ismertette. Planck ezzel a munkájával alapozta meg a modern fizika új ágát, a kvantumelméletet. (A kvantum latin eredetű szó, jelentése mennyiség, adag.) Planck "*amiatt a hatás miatt, amit kvantumelméletével a fizika fejlődésére gyakorolt*" 1918-ban fizikai *Nobel-díjat* kapott.



2. Planck 1900. december 14-én Berlinben tartott előadásának szövege nyomtatott formában, német nyelven itt érhető el: <https://archive.org/details/verhandlungende01goog/page/n246/mode/2up?view=heater>.

3. A *Planck-féle sugárzási törvény grafikonját* (három különböző hullámhossz-tartományban) megjelenítő HTML-oldalak itt érhetők el:

A hőmérsékleti sugárzás látható spektruma:

http://fizkapu.hu/fiztan/toltes/t_0054/spektrum_390_720.html

A hőmérsékleti sugárzás spektruma (0 nm ... 6000 nm):

http://fizkapu.hu/fiztan/toltes/t_0054/spektrum_0_6000.html

A hőmérsékleti sugárzás spektruma (0 nm ... 25 000 nm)

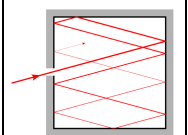
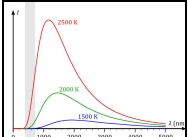
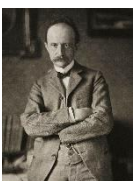
http://fizkapu.hu/fiztan/toltes/t_0054/spektrum_0_25000.html

4. A csillagok nem csak *látható fényt* és *infravörös sugárzást* bocsátanak ki, hanem *ultraibolya*, illetve *röntgensugarakat* is. A sugárzás összetétele függ a csillag felszíni hőmérsékletétől: a magasabb hőmérsékletű csillagok fényében több a rövidebb hullámhosszúságú, az alacsonyabbakéban több a hosszabb hullámhosszúságú összetevő. A spektrum látható tartományában emiatt a forróbb csillagok kékes, a hidegebb felszínűek vöröses árnyalatúak. (A képen az *Orion csillagkép* látható. A bal felső csillag, a *Betelgeuze* felszíne „csak” 3600 K, a jobb alsó *Rigel* A csillag viszont 12 300 K hőmérsékletű.)



A Föld felszínét a csillagok (illetve a Nap) által kibocsátott sugárzásnak csak egy része éri el, a sugárzás többi részét a légkör elnyeli. A látható fény például gyakorlatilag akadálytalanul átjut a légkörön. Az ultraibolya sugárzás nagy részét azonban a magaslégkörben található ózon (O_3), a hosszúhullámú infravörös sugárzást pedig a vízgőz és a szén-dioxid (és más gázok) elnyelik. A csillag (pl. a Nap) teljes spektrumának megfigyelése és mérése ezért csak műholdak segítségével valósítható meg.

Képek jegyzéke

	Izzó vasdarab W https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hot_metalwork.jpg
	Abszolút fekete test © http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0765.svg
	A Planck-féle sugárzási törvény grafikonja három hőmérsékletnél © http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0766.svg
	Max Planck arcképe W https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Max_Planck_c1910_crop.jpg
	Az Orion csillagkép eltérő színű és hőmérsékletű csillagai W https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Orion_3008_huge.jpg

Jelmagyarázat:

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

W A **Wikimedia Commons**-ból származó kép, felhasználása az eredeti kép leírásának megfelelően.

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