

# Fizikai Szemle

## MAGYAR FIZIKAI FOLYÓIRAT

A Matematikai és Természettudományi Értesítőt az Akadémia 1882-ben indította  
A Matematikai és Physikiai Lapokat Eötvös Loránd 1891-ben alapította

LXIII. évfolyam

3. szám

2013. március

## ESSZÉ A MÉRÉSEKRŐL, AMELYEK A PLANCK-TÖRVÉNY FELFEDEZÉSÉHEZ VEZETTEK – 3. RÉSZ

Varga Péter  
KFKI

### A kétkedéshez vezető kísérletek

Az előző részt befejező kérdésre „Bizonyítást nyert Wien sugárzási törvénye?” csupán azért nem adható pozitív válasz, mert tudjuk, mi történt ezután? Már azért sem, mert kísérlet nem bizonyíthatja be egy elmélet igazát, csak cáfolhatja. Most ez történik.

Melyek voltak a Planck által említett kísérletek? Planck, Lummer és Pringsheim, a Birodalmi Fizikai-Technikai Intézet két kutatója cikkét, mint a Wien-törvényt megerősítő kísérletet említette [10], míg a [11]-ben már mint cáfolót. Megint olyan szerzővel találkozunk, akinek neve egyúttal jelző is. Létezik a Lummer–Brodhun féle fotométer és a Lummer–Gehrke-lemez a Fabry–Perot-interferométerrel ekvivalens többsugaras interferométer.

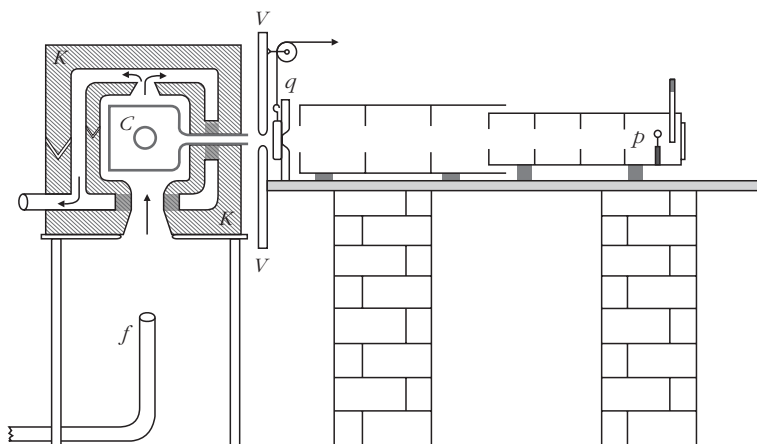
A szerzők már előzőleg is foglalkoztak a fekete sugárzással, mégpedig a Stefan–Boltzmann-törvény kísérleti ellenőrzésével. 13 különböző hőmérsékleten

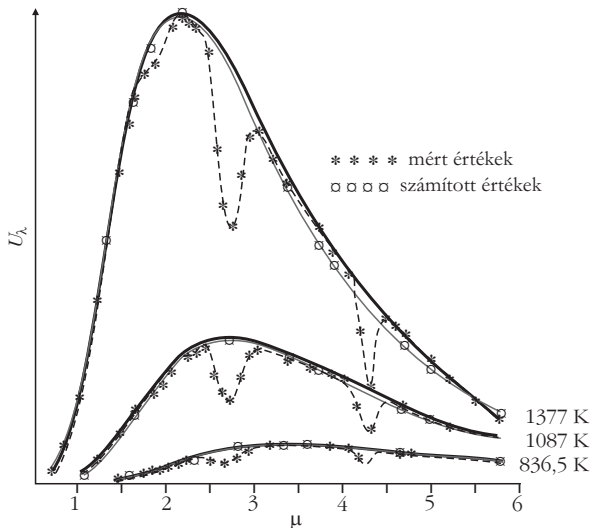
mérték a 373–1561 K intervallumban, és a mérések pozitív eredményt adtak [12]. E sorozat egyik sugárforrását (9. ábra) használták a későbbi spektrális mérésekben is. A különböző hőmérséklet-tartományoknak megfelelően három fekete testet készítettek, a bemutatott a legmagasabb hőmérsékletű. A 9. ábra is tükrözi azt a rendkívüli gondosságot, amellyel berendezéseket építettek. Figyelemre méltó, hogy az üregeken levő nyílás elé helyeztek egy második, szobahőmérsékletű vízzel hűtött diafragmát. Ezzel elérték, hogy a diafragma külső forró, tehát sugárzó környezete és a detektor között sugárzási egyensúly alakuljon ki, csakis a lyukon kilépő sugárzás melegítse a detektort. Ezt minden további kísérletben használták. Paschennél nem találtam említést ilyen óvintézkedésről.

Planck kétféle ítéletének oka az volt, hogy a spektrális méréseket tartalmazó [13] dolgozatban Lummerék is kétféle mérésről számoltak be, az egyik alátámasztotta Wien formuláját, a másik cáfolta. Először

izotermákat mértek, amelyekből három görbét bemutattak (10. ábra), de megjegyezték, hogy többet vettek fel. A mért spektrum a közeli infravörös-tartományba esik, itt is megjelennek a vízgőz és a széndioxid abszorpciós sávjai. A görbék alapján igazolták az eltolási törvényből következő (3) és (5) összefüggést. Innen kiszámították a Wien sugárzási törvényében szereplő állandókat, és felvitték a 10. ábrára a számított pontokat, ezek ott fekszenek, ahol kell. (Összehasonlítva Paschen munkáival, például az 5. vagy a 8. ábrán bemutatott görbékkel, úgy találom, hogy Lummerék munkájának ez a része, vagy legalább a róla szóló beszámoló, nem volt annyira alapos, elemző, önmagát ellenőrző.) Az eredmény azért így is Wien formulája mellett szól, de nem így az ezután leírt tapaszt-

9. ábra. Lummer és Pringsheim egyik mérőberendezése.  $C$  a vas üreg,  $K$  samott kályha,  $f$  gázfűvóka szabályozható áramlással. (Az üregbe benyúló nagy nyomású gázhőmérők nincsenek feltüntetve.) A sugárzás energiáját a  $p$  bolométer méri.  $V$ - $V$  a kilépő diafragma,  $q$  egy vízzel hűtött diafragma [12].





10. ábra. Lummer és Pringsheim izotermái [13]. A csillag a mért, a kör a számított értékeket jelöli.

talat, mert mást mutattak az *izokromáták*. Öt különböző hullámhosszon mértek 836 K – 1377 K hőmérsékletek között, majd Paschen és Wanner [8] nyomán a (14) összefüggés szerint ábrázolták az izotermákat. Miután ők is egyeneseket kaptak, meghatározták a  $c_2$  mennyiséget. Úgy találták, hogy ez már nem állandó, amint azt a 3. táblázatban meg is mutatjuk.

Hibát ugyan nem adtak meg, de az eltérés szignifikáns. A meglepő eredményt először szórt sugárzás jelenlétével magyarázták. (Wanner és Paschen a látható tartományban mértek, ahol könnyű volt a zavaró háttér észrevenni.) Ezért új méréssorozatot kezdtek, ehhez már a lehető legjobb környezetet, az intézet óratermét választották. A vízgőz abszorpcióját elkerülendő a méréseket zárt szekrényben, páramentes és lehetőleg széndioxidmentes környezetben végezték. A páramentesség azt is megengedte, hogy a monokromátorban kőszóprizmát használjanak. A 814–1426 K tartományban 11 hullámhossznál mértek, azokon a hullámhosszakon is, ahol a széndioxid és a vízgőz kismértékű elnyelést okozott, hiszen ez csak a mért intenzitást csökkenti, ami arányos marad az üregből kilépő intenzitással.

Az eredmény ugyanaz lett, mint az előző sorozatban volt (4. táblázat).

A mérésekből kapott  $c_2$  mennyiség megint nem állandó, fluktuálva ugyan, de növekszik. (A fluktuáló

3. táblázat

**A  $c_2$  mennyiség a hullámhossz függvényében Lummer és Pringsheim izotermáiból**

$\lambda$ ( $\mu\text{m}$ )	$c_2$ ( $\mu\text{mK}$ )
1,21	13 510
1,96	13 810
2,20	14 240
3,63	14 800
4,96	16 510

számok a szerző szemében még növelik is a mérések iránti bizalmat.) A növekedést Planck törvénye ismeretében el is várjuk, hiszen a (6) Wien-törvényben szereplő releváns tag

$$W(\lambda, T) = \exp\left(-\frac{c_2}{\lambda T}\right), \quad (15)$$

helyett a (14) Planck-törvényből ugyanez

$$P(\lambda, T) = \frac{1}{\exp\left(\frac{c_2}{\lambda T}\right) - 1} \equiv \frac{\exp\left(-\frac{c_2}{\lambda T}\right)}{1 - \exp\left(-\frac{c_2}{\lambda T}\right)}, \quad (16)$$

ami szintén növekvő függvény, de míg  $\log W(\lambda, T)$  a hőmérséklet reciprokanak lineáris függvénye, a  $\log P(\lambda, T)$  függvényre ez már nem áll. Ennek ellenére Lummer és Pringsheim, akárcsak Paschen és Wanner a mért adatok logaritmikus ábrázolásánál egyenest kaptak, és a meredekségéből állapították meg a keresett állandót.

Miért kaptak egyenest? Vegyük a most ismertett cikkből a legrövidebb hullámhosszat,  $\lambda = 1,01 \mu\text{m}$ , tehát 1426 K hőmérséklet mellett

$$\frac{c_2}{\lambda T} \cong 10,$$

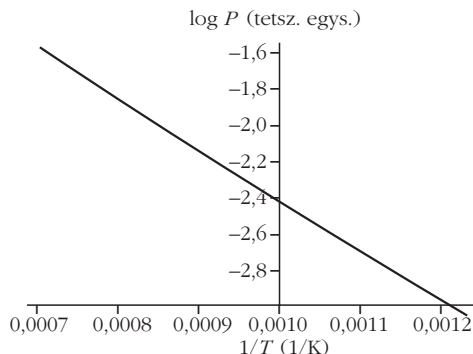
a (16) nevezőjében a negatív kitevőjű exponenciális tag valóban elhanyagolható, még inkább így volt Paschen és Wanner esetében, akik rövidebb hullámhosszakon mértek. A spektrum másik végén viszont  $\lambda = 5,73 \mu\text{m}$  hullámhossznál

$$\frac{c_2}{\lambda T} = 1,76 \quad \text{és} \quad \exp\left(-\frac{c_2}{\lambda T}\right) = 0,17.$$

4. táblázat

**A  $c_2$  mennyiség a hullámhossz függvényében Lummer és Pringsheim mérése alapján (középen), valamint a Planck-törvényből számított érték (jobbra)**

$\lambda$ ( $\mu\text{m}$ )	$c_{2\text{mért}}$ ( $\mu\text{mK}$ )	$c_{2\text{számított}}$ ( $\mu\text{mK}$ )
1,01	13 560	14 387
1,30	14 330	14 387
1,59	14 230	14 392
2,11	14 670	14 420
2,29	14 410	14 438
3,32	15 330	14 665
3,71	15 220	14 806
3,85	15 260	14 864
4,64	15 810	15 252
4,96	15 890	15 435
5,73	16 130	15 928



11. ábra. A Planck-törvény alapján számított izoterma releváns része a hőmérséklet reciproka függvényében,  $\lambda = 5,73 \mu\text{m}$  hullámhossznál.

Mivel a nevező a közölt hőmérsékleti tartományon belül alig változik, lehetséges, hogy a függvény továbbra is egyenesnek látszik. A Planck-törvény felhasználásával felrajzoltam a legnagyobb hullámhossznál kiszámított görbét. A 11. ábra ránézése egyenest mutat, csak a görbe mellé helyezett vonalzó jelez némi eltérést. A rövidebb hullámhosszaknál ez még észrevétlenebb lenne. Lummer és Pringsheim tehát jóhiszeműen jártak el, amikor nem vették észre a görbülést a kísérleti pontokra fektetett vonalon.

Tovább nyomozunk numerikus eredményekért. Számítsuk ki, hogy milyen eredményt ad a (16) összefüggés a 814 K és az 1426 K hőmérsékleteken a cikkben szereplő hullámhosszakon. Az így kapott két-két „mérési” pontot kössük össze egy egyenessel, és határozzuk meg az egyenes meredekségéből az ominózus  $c_2$  értéket. Az eredményt a 4. táblázat harmadik oszlopa tartalmazza. Jelentős eltérést csak a legrövidebb hullámhossznál látunk, itt szolgáljon a kísérletezők mentségéül, hogy az intenzitás is kicsi volt, a háttér már nagy hibát okozhatott.

Mi történt volna, ha *valaki* pusztán azért, hogy Lummer és Pringsheim méréseivel összhangba kerüljön, kicsit módosítja Wien törvényét? – Akkor egy évvel korábban datálnánk a modern fizika megszületését.

Térjünk vissza a történetekhez. Van egy elméletünk (Wien), amelyet eddig sok mérés alátámasztott (Paschen), de vannak más méréseink, közülük egy támogatta, kettő cáfolta ezt az elméletet (Lummer és Pringsheim). Viszont nem érthető, hogy a kétféle mérés (izotermák és izokromáták) eltérő eredményét nem kommentálták, de az a tény, hogy a szerzők új méréssorozatba kezdtek [14] mutatja, hogy ezzel maguk sem elégedtek meg.

Sor került a mérőberendezés felújítására. Két új fekete testet készítettek: az egyik magasabb hőmérsékletet bírt ki, mint az előző, a másikban több volt a nyílás előtt levő határolók száma. A berendezést zárt térbe helyezték, a vízpárát és a szén-dioxidot abszorbensekkel kiszűrték. A mérések egy részében tisztább folyópáprizmával dolgoztak, de akkor kénytelenek voltak szabad térben mérni.

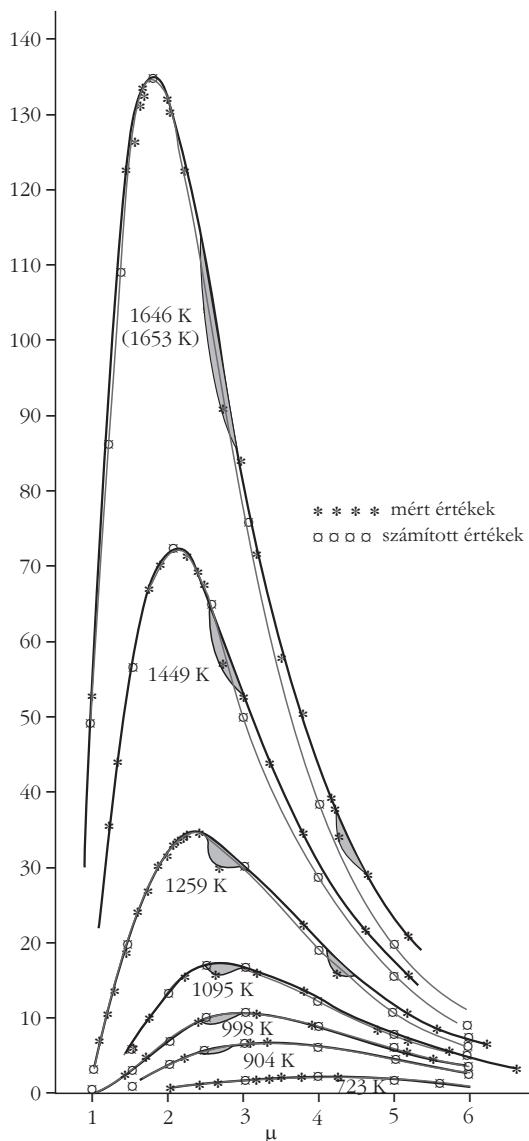
Az így mért izotermákat a 12. ábrán mutatjuk meg. Most más, azonosítatlan abszorpciós sáv jelentkezett,

de a mért és a Wien spektrális törvénye alapján számított értékek között nincs ellentmondás. Nincs ellentmondás az izokromátákból kapott és az előző [13] mérés eredményei között sem, a  $c_2$  értéke megint nem állandó, növekszik a hullámhosszal. Adatot csak egyet közölnek,  $8,3 \mu\text{m}$  hullámhossznál már 18 500  $\mu\text{mK}$ . Itt hivatkoznak Beckmann disszertációjára, aki  $24 \mu\text{m}$  mellett  $24\,000 \mu\text{mK}$  értéket mért. (Erről részletesen cikkünk következő részében.) Azt gondolnánk, hogy az utóbbi, független eredmény megnyugtatóan hatott Lummerékre, legalábbis, ami a saját meredekségméréseiket illeti.

Nem.

Hisznek Wien sugárzási törvényében, mivel „Wien Stefan (sic!) és saját eltolási törvénye figyelembe vételével elméleti szempontból kifogástalan módon” (id. mű 224. old) levezette. Ez ugyan tévedés, mert Wien nem bizonyított feltevést is felhasznált, de hivatkoznak Planckra is, aki éppen akkor bizonyította be ([9] V. közlemény) a törvényt. Azt is látják, hogy a

12. ábra. Lummer és Pringsheim újabb izotermái [14].



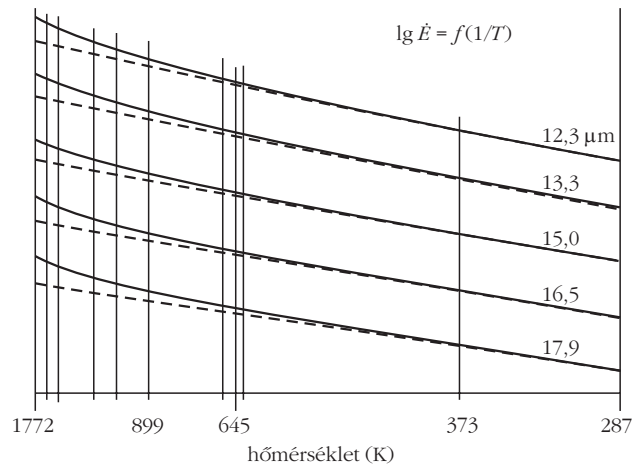
[8] munkájában Paschen is igazolta a törvényt. A szerzők ugyanakkor megvizsgálták a saját izokromátáikat és azt találták, hogy azok kissé görbültek. Gondolkodásuk ambivalenciájára jellemző (melyik becslétes fizikusé nem lenne az?), hogy ennek még nem tulajdonítanak nagy jelentőséget. Szerencsére úgy döntenek, hogy folytatják a mérést magasabb hőmérsékleten, mert „a hőmérséklettel növekedő eltérések (tudniillik az egyenestől) bizonyára felülmúlják azokat a hibákat, amelyek a spektrumnak a diffúz sugárzás általi beszennyeződéséből erednek” (id. mű, 226. old.).

A hőmérsékletet nagyon megnövelni ugyan nem lehetett, de szerencsére a hullámhosszat igen, több mint kétszeresére [15]. Ehhez *Rubens* kölcsönzött KCl prizmat.

Nemcsak az optikát változtatták, hanem megint újabb üreget is konstruáltak. Bár az elmélet alapján nem kellett volna, de az üregek belsejét korommal, platinakloriddal, illetve vasoxidral borították be. Alacsony hőmérsékleten a stabilitást cseppfolyós levegő, forrásban levő víz, illetve olvadó káliumnitrát biztosította. Magas hőmérsékleten szintén új, elektromosan fűtött kályha szolgált. A vízgőz és a szén-dioxid környezetben való jelenlétét reagensekkel csökkentették. A monokromátort vizuálisan úgy állították be a fényútba, hogy a belépő diafragmába ideiglenesen izzó platinaszálat helyeztek és a prizmán keresztül a bolométer szalagjára képezték le, ezután csak a monokromátor prizmáját forgatták. Az elfordulás szögét a törésmutató ismeretében számítással határozták meg: a prizma felületére látható fénynyalábot vetítettek és a visszavert nyaláb irányával állították be a szöveget. Ügyelni kellett a pontosságra, hiszen a kihasznált 12–18  $\mu\text{m}$  hullámhosszávnak mindössze  $2^\circ$  elfordulás felelt meg. Tudomásul kellett venni, hogy a bolométer maga is sugároz a mérendő fekete test felé. Mivel abszolút nullára amúgy sem lehetett lehűteni, a bolométer azon ellenállását tekintették nullpontnak, amelyet cseppfolyós levegővel hűtött fekete test mellett mértek.

A kísérletek eredményét ismertető paragrafusnak a szerzők a *Wien–Planck spektrálegyenlet érvénytelensége* címet adták. Nem véletlenül, mert a kísérleti eredményekből alkotott  $\lg \dot{E} = f(1/T)$  egyenlet a 13. ábrán látható görbéket szolgáltatta. A hőmérséklet 287 és 1772 K között változott. Látszik, hogy alacsony hőmérsékleten kapott egyenes hogyan tér át egyre meredekebb görbébe. Számokkal is megmutatták, hogy az érintő iránytangense miként változik.

A mérés után, mivel látszott, hogy ennek súlyos következményei lesznek, újra ellenőrzés következett. Most az elektromosan fűtött fekete testet kontrollálták, hátha az nem tökéletes. Például: számít-e, hogy nem egészen egyenletes a fal hőmérséklete. Ezért összehasonlították két, 650 K hőmérsékletű fekete test sugárzását. Az egyik a fenti, a másik belül befeketített és káliumnitrát fürdőbe mártott üres gömb volt. A két sugárzás a teljes spektrumban néhány százalékon belül megegyezett. Ezen kívül külön ellenőrizték, hogy a



13. ábra. Lummer és Pringsheim izokromátái a távolabbi infravörösben [15].

használt fekete testek sugárzása eleget tesz-e a termodinamikai (2), (4), (5) törvényeknek. Eleget tett.

Ezek után már bátran merték kritizálni az elméletet. (A kritikai rész a most ismert cikk elején foglal ugyan helyet, de a bevezető részt az eredmény ismeretében szoktuk megírni.) Az idézett mű 166. oldaláról: „A bizonyítás, amelyre Planck a fenti kijelentést (azt, hogy megtalálta a megfelelő entrópiát, megj. tőlem, V. P.) alapozta, nem volt hézagmentes. Véleményünk szerint hiányzott annak kimutatása, hogy valóban minden, a Wien-formulától eltérő, egyébként használható spektrumegyenlet olyan entrópiakifejezéshez vezet, amely ellentmond az entrópiatörvénynek. Később maga Planck is kimutatta, hogy valóban sok entrópiegyenlet létezik, amely az ismert energiatörvényeknek és egyúttal az entrópiatörvényeknek is eleget tesz. Ezért Planck az előző bizonyítását újjal helyettesítette.” Az is kiderül a cikkből – bár az eredeti forrást nem találtam meg –, hogy Planck levezetése ellen maga Wien is kifogást emelt a párizsi konferencián.

Viszont a szerzők nem adtak magyarázatot arra, hogy az izotermákon miért nem találtak eltérést a Wien-formulától, pedig kézenfekvő lett volna. A [14] cikk 218. oldalán ez áll: „A folyópát abszorpcióját, ami 6  $\mu\text{m}$  közelében kezdődik és a nagyobb hullámhosszknál gyorsan növekszik, az 1. ábránál nem vettük tekintetbe.” Ezt a tényt csupán közölték, de nem használták ki, feltehetően azért, mert nem voltak mért adataik, pedig egyszerű lett volna egy folyópátlemez abszorpcióját megvizsgálni. Ezt a szépséghibát ma már nem lehet korrigálni.

## Próbálkozások új formula felállítására

A nevezetes 1900-as esztendő nemcsak a Planck kontra Lummer és Pringsheim párvialdának és megegyezésnek éve volt, hanem többen is megpróbáltak új formulát találni. Minden új törvénytervezet eleget tesz mind a Stefan–Boltzmann- (1), mind az eltolási (2) törvénynek.

A sort *Thiesen* [17] kezdte mindjárt az év elején a következő empirikus képlettel:

$$u(\lambda, T) = C\lambda^{-5} (\lambda T)^{1/2} \exp\left(-\frac{c}{\lambda T}\right),$$

amely jól illeszkedett Lummerék méréseihez.

A másik, már igen neves szereplő *Lord Rayleigh* volt. Májusban jelent meg kritikája [18], elismerte Planck és Paschen eredményeit, de a Wien-törvényről így ír: „Mégis a törvény nehezen tekinthető elfogadhatónak, különösen az a következménye, amely szerint, ha a hőmérséklet növekszik, akkor egy fix hullámhossz mellett a sugárzás véges határérték felé tart. Igaz, a látható sugarak tekintetében ez a határ a látókörünkön kívül esik. De, ha  $\lambda = 60 \mu\text{m}$ , amely Rubens figyelemre méltó kutatása szerint a CaCl felületéről visszavert sugarakban áll elő, akkor 1000 abszolút fok hőmérsékleten a sugárzás kismértékű növekedése megjelenik.”

Csak a következő pontban fogok beszámolni Rubens munkájáról, és nem tudom, honnan értesült Rayleigh erről, mert csak szeptemberben lett publikus. Rayleigh azt is megjegyezte, hogy *Kirchhoff* mellett *Steward* is eljutott ugyanazokhoz a felismerésekhez, de „Steward munkáját nem elegendő mértékben ismerik el a kontinensen”. (Mi is a kontinensen élünk.)

Rayleigh javaslatot tesz egy sugárzási törvényre:

$$u(\lambda, T) d\lambda = c_1 T\lambda^{-4} \exp\left(-\frac{c_2}{\lambda T}\right) d\lambda. \quad (17)$$

A hullámhossz mínusz negyedik hatványának megjelenését a Stefan–Boltzmann-törvénnyel is indokolhatta volna. Mégis, a gázzal töltött üregben kialakuló sűrűség-hullámok módusainak számára hivatkozott. Talán ez adott alkalmat arra, hogy az utókor az úgynevezett Rayleigh–Jeans-törvényről beszéljen, pedig

ez a függvény nem az, amit így emlegetnek. Mivel ez a kérdés nem esik tárgyalásunk fő vonalába, erre később térek vissza.

Lummer és *Jahnke* [16] is felírt egy empirikus képletet

$$u(\lambda, T) = C\lambda^{-5} T^{5-\mu} \exp\left(-\frac{c}{(\lambda T)^{\nu}}\right), \quad (18)$$

ahol  $\mu = 4$  és  $\nu = 1,2$ , vagy  $\mu = 4,5$  és  $\nu = 1$ , vagy  $\mu = 5$  és  $\nu = 0,9$ . Bár a formulák 1–18  $\mu\text{m}$  intervallumban illeszkednek a mérések eredményeihez, aligha hihetők a szerzők, hogy a kitevőkben szereplő tört hatvány miatt a függvény valaha is elméleti bizonyítást nyerhet. A cikket 1900 júliusában küldték be a folyóirathoz, de csak októberben jelent meg. Közbejött a szeptember.

## Irodalom

- O. Lummer, E. Pringsheim: Die Strahlung eines „schwarzen“ Körpers zwischen 100 und 1300 °C. *Annalen der Physik* 299/13 (1897) 395–400.
- O. Lummer, E. Pringsheim: Die Vertheilung der Energie im Spectrum des schwarzen Körpers. *Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft* 1 (1899) 23–41.
- O. Lummer, E. Pringsheim: Die Vertheilung der Energie im Spectrum des schwarzen Körpers und des blanken Platins. *Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft* 1 (1899) 215–235.
- O. Lummer, E. Pringsheim: Temperaturbestimmung fester glühender Körper. *Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft* 1 (1899) 230–235.
- O. Lummer, E. Pringsheim: Über die Strahlung des schwarzen Körpers für lange Wellen. *Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft* 2 (1900) 163–180.
- O. Lummer, E. Jahnke: Ueber die Spectralgleichung des schwarzen Körpers und des blanken Platins. *Annalen der Physik* 308/10 (1900) 283–297.
- M. Thiesen: Über das Gesetz der schwarzen Strahlung. *Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft* 2 (1900) 65–70.
- Lord Rayleigh: Remarks upon the Law of Complete Radiation. *Philosophical Magazine* 49/301 (1900) 539–540.

# A MARSÍ VIZEK FIZIKÁJA

Kereszturi Ákos

MTA Konkoly Thege Miklós Csillagászati Intézet

Napjainkra széles skálája gyűlt össze az arra utaló különféle információknak, hogy a Mars felszínén egykor folyékony víz volt jelen [1]. Noha egyes megfigyelések magyarázatoként alternatív modellek is léteznek, a folyékony víz ősi jelenléte mára nagyjából elfogadott tény a bolygókutatásban. A kérdéses vizek jellemzői (térfogat, hőmérséklet, jelenlét időtartama, összetétel stb.) azonban még alig tisztázottak. Ugyancsak vita tárgyát képezi, hogy napjainkban lehet-e folyékony víz a bolygón. Az alábbiakban a Marson lévő egykori és esetleges mai vizek jellemzőit tekintjük át, a fizikai paraméterekre fektetve hangsúlyt. A cikk szóhasználatával kap-

csolatban fontos megemlíteni, hogy a víz kifejezésen magyar nyelven a cseppfolyós H<sub>2</sub>O fázist értjük, míg amikor a marsi H<sub>2</sub>O-ról általánosan beszélünk, a cseppfolyós mellett a gáz és főleg a szilárd halmazállapotú anyagot együttesen értjük. Angol nyelvterületen lazábban használják a „water” kifejezést, amit sok esetben egyszerűen a vízjégre is alkalmaznak.

A folyékony víz mai előfordulásával szemben mutatkozó legfontosabb tényező a bolygó légkörének rendkívüli szárazsága. A marsi légkörben lévő H<sub>2</sub>O mennyisége úgynevezett vízegyenértékben 10  $\mu\text{m}$  körüli (ez azon vastagság, amelyet a H<sub>2</sub>O mennyisége akkor tenne ki, ha mind folyékony volna, és egyenletesen beborítana egy gömb alakú Marsot). Ez a földi sztratoszférá-

A kutatómunkát az MTA OTKA PD 105970 projekt támogatta.