

# KÖVESLIGETHY RADÓ ÉS A TESTEK HŐMÉRSÉKLETI SUGÁRZÁSA – EGY TUDOMÁNYTÖRTÉNETI ÉRDEKESSÉG

Slíz Judit, Rajnai Renáta  
ELTE, TTK

*Max Planck* még el sem kezdett a feketetest-sugárzással foglalkozni, amikor 1885. október 19-én a Magyar Tudományos Akadémia osztályülésén *Konkoly Miklós* miniszteri tanácsos felolvasta *Kövesligethy Radó*nak a *Folytonos spektrumok elmélete* című dolgozatát.

A dolgozatban Kövesligethy – 15 évvel a fény kvantum természetének felfedezése előtt – egy olyan képlet levezetését mutatta be a hőmérsékleti sugárzásra, amely – a forró csillagokat kivéve – mind a mai napig jobban közelíti a csillagok intenzitásának hullámhosszfüggését, mint a Planck-képlet.

Planck 1900. október 19-én, pontosan 15 évvel Kövesligethy dolgozatának felolvasása után, a Berlini Fizikai Társaság ülésén terjesztette elő a feketetest-sugárzásra vonatkozó híres képletét.

*Wien*, *Rayleigh*, *Jeans* és Planck vajon tudtak-e Kövesligethy eredményeiről? Nem valószínű, mert amikor saját eredményeikkel előrukkoltak, Kövesligethy nevét sehol sem említik, és ekkor ő már rég nem csillagászzal és hőmérsékleti sugárzással, hanem szeizmológiával foglalkozott.

## Ki is volt Kövesligethy Radó?

1862-ben született az akkor osztrák fennhatóság alatt álló Veronában. Feltételezhetően gyermekkorának egy részét Augsburgban töltötte, azt viszont pontosan tudjuk, hogy elemi iskoláit Bajorországban, gimnáziumi tanulmányait Pozsonyban végezte.

19 évesen a bécsi egyetemre jelentkezett, ahol elméleti fizikát, csillagászatot és asztrofizikát tanult. Ekkor már 21 idegen nyelvű cikke volt. Talán mozgalmassá gyerekkorának, valamint jó eszének és eleven érdeklődésének tudható be, hogy egyformán jól beszélt magyarul, olaszul, franciául, angolul és németül, de a latin és a görög nyelvet is ismerte.

1882-től a bécsi csillagvizsgáló segédje, 1882-től 1887-ig pedig Konkoly Thege Miklós ógyallai magán-obszervatóriumában dolgozott. 1888 őszétől *Eötvös Loránd* tanársegédje Pesten. 1893. augusztus 6-án nyilvános rendkívüli tanári címet kapott. Főleg színképelemzéssel foglalkozott, az ógyallai színképkatalógus adatainak nagy része tőle származik. Doktori értekezésében megkísérelte a sugárzó test hőmérsékletének és a folytonos színkép hullámhossz szerinti fényességeloszlásának összefüggését kimutatni (1884). Utóbb ezt az elméletét továbbfejlesztve megkísérelte a csillagok hőmérsékletének meghatározását

(1890), és a világon először kapott reális értékeket a hideg csillagok felszíni hőmérsékletére.

1886-tól a kiskartali Podmaniczky-féle magán-csillagvizsgáló felügyelője. A nyírmadai Dégenfeld-kastély udvarán fedezte fel *Podmaniczky*né *Dégenfeld-Schomburg Bertával* az első ismert extragalaktikus szupernóvát (S Andromedae, 1885. augusztus 22., 1. ábra).

1888-tól a Tudományegyetem kísérleti fizikai intézetének asszisztense, 1889-ben a kozmográfia és a geofizika magántanára, 1897-től a kozmográfia rendkívüli tanára, majd az intézet vezetője. A hazai csillagászati oktatást nemzetközi színvonalra emelte.

Érdeklődését a százhuszezer áldozatot követelő 1908-as messinai földrengés véglegesen – *Kosztolányi* szavaival – a „vak csillag”, azaz a Föld felé fordította. Eljárásokon törte a fejét, hogyan lehetne előrejelzéssel megakadályozni ezeket a nagy katasztrófákat. Egyre többen foglalkozott szeizmológiával, kidolgozta a földrengéserősség számszerű, egzakt definiálási skáláját, majd először adott matematikai módszert a földrengések félszekmélységének kiszámítására. 1904-től a Nemzetközi Földrengési Szövetség állandó tagja. 1906-ban megalapította Budapesten a Magyar Földrengés Számláló Intézetet és az egyetemi Földrengési Obszervatóriumot, amelynek haláláig igazgatója volt.

Nagy nyelvismerete révén széles körű nemzetközi kapcsolatokat épített ki, és a tudományos ismeretterjesztést is magas színvonalon művelte. Sokoldalú, színes egyéniség volt, szívesen foglalkozott szépirodalommal is. Ódákat írt görögül, és egy színdarabja is fennmaradt *Szférák zenéje* címmel.

1934-ben halt meg Budapesten.

1. ábra. Az Androméda-köd, melynek közepén található az S Andromedae, az első ismert extragalaktikus szupernóva.



A szerzők csillagász hallgatók.

## A Kövesligethy-képlet és összehasonlítása a Planck-formulával

Kövesligethy tisztán termodinamikai úton jutott eredményéhez – hasonlóan, mint Wien, Rayleigh és Jeans –, de az ő képlete minden hullámhosszon jó közelítést ad.

A fény kvantumozásáról még semmit sem tudván megállapítja, hogy a testek sugárzásának intenzitása arányos a test rezgő anyagi részecskéinek mozgási energiájával, melyet átadnak az éterrészecskéknél, a fény pedig az így megrezgetett éterrészecskéknél a rezgés terjedése.

Ebből kiindulva levezetett egy képletet a sugárzó testek intenzitásának hullámhosszfüggésére, amelyet a Napra kalibrálva kipróbált, és amelyről később kiderült, hogy a korai típusú (O és B) csillagokat kivéve jobb közelítést ad, mint a Planck-képlet.

A képlet részletes levezetése megtalálható a Magyar Tudományos Akadémiának az *Értekezések a matematikai tudományok köréből* című kiadványa 12. kötetében, amely Budapesten jelent meg 1886-ban.

És most lássuk a Kövesligethy-féle képletet és összehasonlítását a Planck-féle képlettel különféle spektráltípusú csillagokra. A csillagszínképeket a <http://zebu.uoregon.edu/spectrar.html> internetes oldalról töltöttük le. Hat fősorozati csillagot választottunk ki, minden színképtípusból egyet-egyet<sup>1</sup>. A képleteket a spektrumok kontinuumának közelítésére használtuk. Az eredmények a következők:

*Kövesligethy képlete*

$$I(\lambda) = \Lambda \mu \frac{\lambda^2}{(\lambda^2 + \mu^2)^2} + k_1,$$

$\lambda$  a hullámhossz,  $\Lambda$  konstans,  $\mu$  a maximális intenzitás hullámhossza és  $k_1$  az intenzitás skálájától függő konstans.

*Planck képlete*

$$I(\lambda) = k_2 \frac{2 h c^2}{\lambda^5} \frac{1}{e^{\frac{hc}{kT}} - 1} + k_3,$$

$\lambda$  a hullámhossz,  $k_2$ ,  $k_3$  az intenzitás skálájától függő konstansok,  $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$  m<sup>2</sup>kg/s,  $c = 3 \cdot 10^8$  m/s (Planck-állandó),  $k = 1,3806505 \cdot 10^{-23}$  m<sup>2</sup>kg/s<sup>2</sup>K (Boltzmann-állandó) és  $T$  a felületi hőmérséklet.

<sup>1</sup> Az oldalon David R. Silva: *A new Library of Stellar Optical Spectra* című cikkében közölt csillagspektrumok találhatóak. A cikk *The Astrophysical Journal Supplement Series* folyóirat 81. kötetének 865–881. oldalán jelent meg 1992 augusztusában.

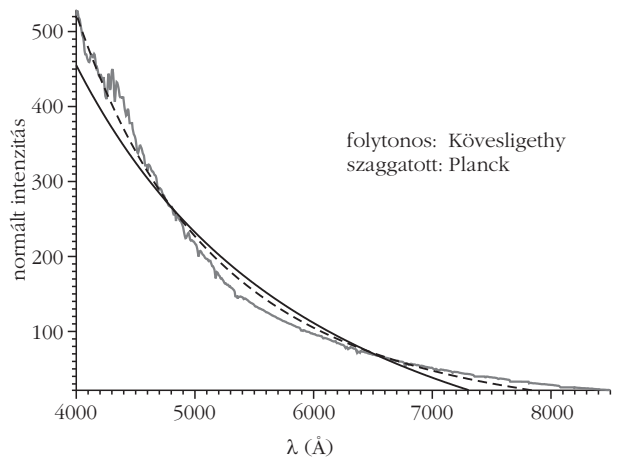
1. táblázat						
Kövesligethy-féle közelítés						
színképosztály	O5V	B6V	A5-7V	F6-7V	G1-2V	K4V
$\lambda$ (J/s)	$1,254 \cdot 10^{10}$	$35 \cdot 10^8$	$10^8$	$2,357 \cdot 10^6$	$2,937 \cdot 10^6$	$8,1 \cdot 10^6$
$\mu$ (Å)	0,79	1,5	36,0	3567,0	4307,0	6455,0
$k_1$	-164,09	-68,0	233,0	-39,62	-62,43	-207,0
szórásnégyzet	735,269	79,953	2,085	5,376	7,754	9,176

2. táblázat						
Planck-féle közelítés						
színképosztály	O5V	B6V	A5-7V	F6-7V	G1-2V	K4V
$T_{\text{eff}}$ (K)	33880	26723	10555	8100	7348	4567
$k_3$	-28,79	0	-69,0	18,44	25,9	-37,0
$k_2$	0,089	7,0	50,0	0,847	1,0	1764,0
szórásnégyzet	159,024	13,389	9,484	21,668	17,562	12,944

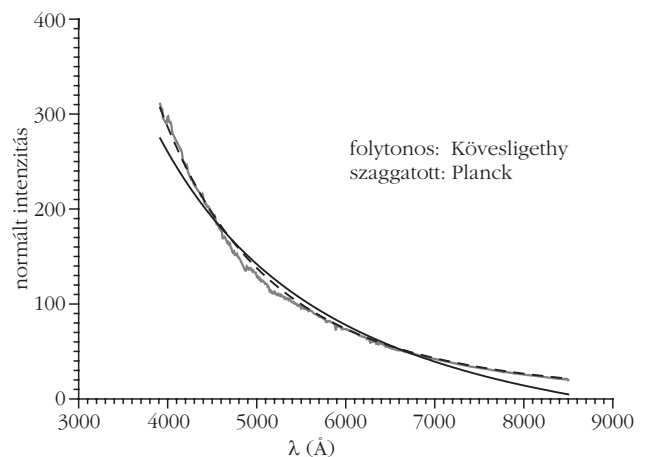
A Kövesligethy-képlet a maximális intenzitás helyét adja meg közvetlenül, míg Planck képlete a csillag hőmérsékletét. Mindkettő csak közelítés.

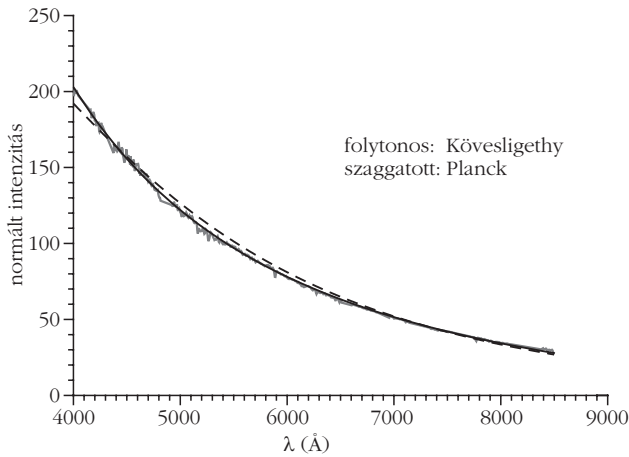
Mind ezt az 1–2. táblázatokban és 2–7. ábrákon mutatjuk be.

2. ábra. O5V csillagspektrum közelítései

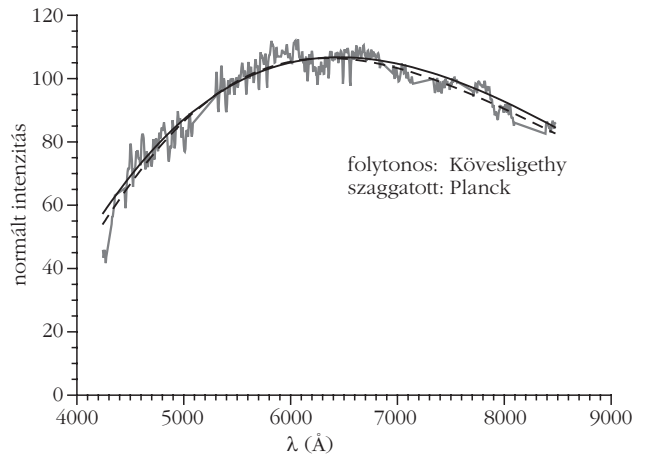


3. ábra. B6V csillagspektrum közelítései

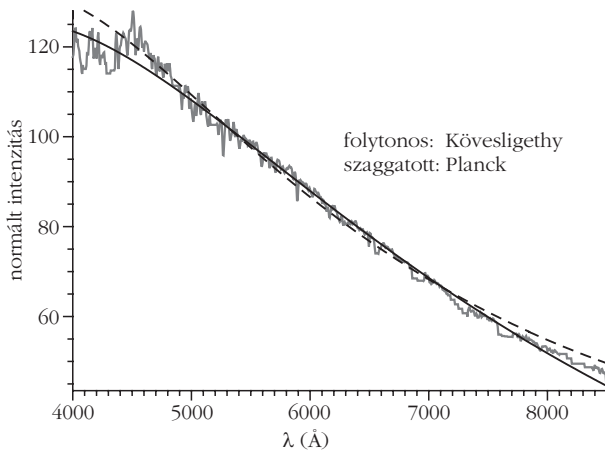




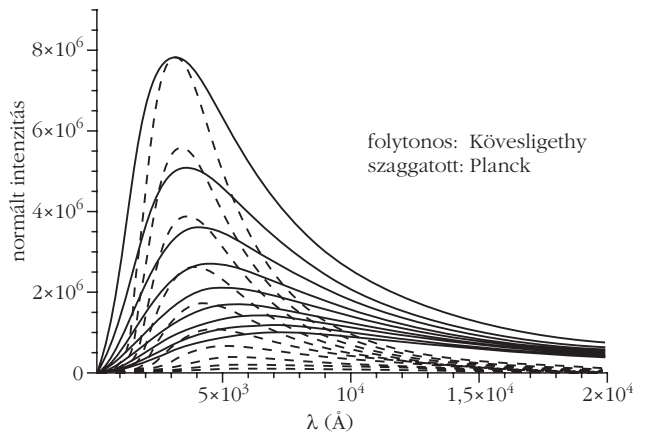
4. ábra. A5-7V csillagspektrum közelítései



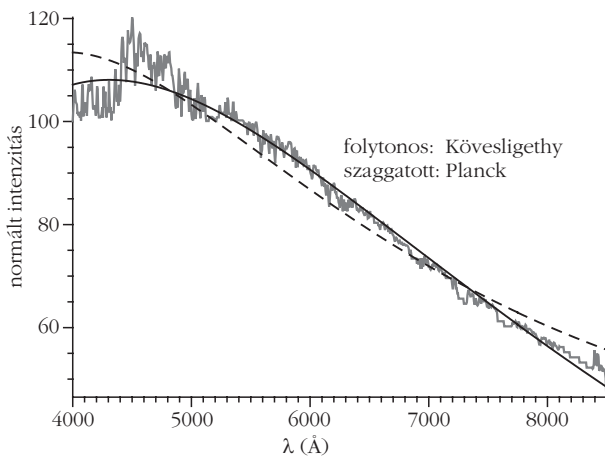
7. ábra. K4V csillagspektrum közelítései



5. ábra. F6V csillagspektrum közelítései



8. ábra. Kövesligethy- és Planck-sorozat



6. ábra. G1-2V csillagspektrum közelítései

3. táblázat

**A Kövesligethy- és Planck-féle képlettel számolt intenzitásmaximum-helyek**

csillagtípus	T(K)	$\lambda_{\max}$ (Å)		eltérés (%)
		Planck	Kövesligethy	
F6-7V	8100	3576	3567	0,25
G1-2V	7348	3942	4307	9,26
K4V	4567	6343	6455	1,77

Kövesligethy zseniális képlete az intenzitás maximumának eltolódási törvényét is magában foglalja. Ez jól látható a 8. ábrán.

Ha összehasonlítjuk a Planck-függvényből a Wien-féle összefüggés alapján a maximális intenzitáshoz tartozó hullámhosszakat a Kövesligethy-képletből származókkal, érdekes dolgot tapasztalunk az F6-7V, G1-2V és K4V típusú csillagok esetén (3. táblázat).

A táblázatból jól látható, hogy az F6-7V és a K4V típusú csillag esetében alig van eltérés (0,25%, 1,77%) a maximális intenzitáshoz tartozó hullámhosszak között a kétféle közelítésben. Tehát az 1886-ban közzétett Kövesligethy-féle képlet a csillagspektrumok maximumhelyeinek megtalálására is kiválóan alkalmas.

## Az eredmények elemzése

A forróbb (O5V, B6V) csillagokat kivéve mindenütt jobb a kontinuum közelítésére Kövesligethy egyszerűen kezelhető képlete, így akár ma is lehet használni erre a célra. Megjegyezzük, hogy az O5V típusú csillagnál a Planck-görbe sem ad túl jó közelítést. Mint ahogy az ábrákon és a táblázatokból is látszik, az A5-7V típusú csillagnál a legjobb a közelítés mind Planck, mind Kövesligethy képletével.