

Litróf stjarna

Greining á ljósi stjarnanna (rafsegulgeislun) er nefnd *stjarnfræðileg rófgreining*. Upphafið má rekja til ársins 1802 þegar enski efnafræðingurinn W. Wollaston (1766-1828) skráði dimmar línur í litrófi sólar. Árið 1814 skráði þýski sjóntækjasmiðurinn, Josep von Fraunhofer (1787-1826) 574 slíkar línur í sólarlitrófinu. Á þeim tíma voru þessar línur ráðgátur en seinna á 19. öld tók skilningur að aukast á því hvaða vísbendingar þær fólu í sér um eðli stjarna, t.a.m. yfirborðshita, efnasamsetningu, þéttleika og hreyfingu, eigindir sem annars eru huldar sjónum (NASA 2013).

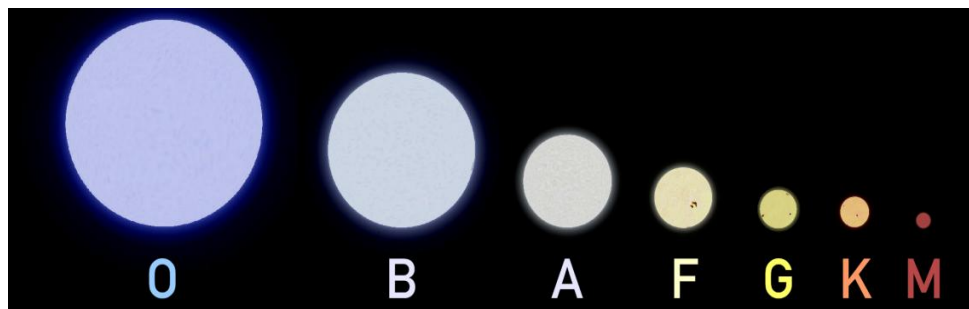
Í sýnilegu ljósi stjarnanna kemur fram litrófssamfella sem myndast þegar rafeindir, rafsegulbylgjur og ljóseindir dreifast óheft í heitu gasi. Þar eru til staðar allar bylgjulengdir rafsegulrófsins á milli tiltekinnna marka. Ef litrófssamfellan er metin eftir styrk bylgjulengda kemur í ljós að eftir því sem stjarna er heitari og bjartari, þeim mun blárri er hún og rauðari sem yfirborðið er kaldara (mynd 1). Dimmu línurnar sem Wollaston og Fraunhofer skráðu, myndast þegar ljósið frá stjörnu fer í gegnum þunnan „kaldari“ gashjúp hennar (ljóshvolf). Frumefni og jafnvel sameindir sem þar eru fyrir gleypa hluta orkunnar á tilteknum bylgjulengdum. Þegar það gerist dregur úr styrk þeirra og því sjást dökkar línur í litrófssamfellunni (gleypnínur - Fraunhoferslínur). Í litrófinu birtast einnig bjartar línur (ljómlínur) en til þess að það gerist þurfa atóm frumefna sem eru í þunnu gasi að vera örvuð á hærra orkustig af utanaðkomandi orkuuppsprettu. Litrófslínurnar eru því eins konar „fingraför“ frumefna sem upplýsa um efnasamsetningu stjarna (Nicolson 1987; Kidger 1987).

Litrófsflokkun tók að þróast áður en eðlisfræðin hafði skýringar á orsökum samfellunnar. Fyrsta litrófskerfið var dregið upp af Angelo Secchi (1818-1878) um 1866. Eftir því sem litrófssjár urðu betri sáust sífellt fleiri einkenni í litrófi stjarnanna, sem kölluðu á frekari umbætur á kerfinu. Eftir 1880 urðu miklar breytingar á flokkunarkerfinu og þá sérstaklega eftir 1890. Framlög Williaminu Fleming (1857-1911), Antoniu Maury (1866-1952), Annie J. Cannon (1863-1941) og Edwards C. Pickering (1846-1919) gátu af sér svonefnt Harvard-kerfi þar sem stjörnur voru flokkaðar með stöfum frá A til Q. Frekari endurskoðun kallaði síðan eftir umröðun og sameiningum. Árið 1901 kynnti Cannon litrófsflokkunarkerfi sem var raðað eftir stafaröðinni O, B, A, F, G, K, M, og hafði enn frekar undirflokkad það og bætt tölaukastaf við, frá 0-9. Svo stjörnur gátu flokkast sem t.d. F8, F9, G0, G1 o. s. fr.v. (Cannon 1901, 1912; Warner 1987). Cecilia Payne Gaposchkin (1900-1979) sýndi síðan fram á að röðin skýrist aðallega af hitamun (Payne 1925). O stjörnur eru heitastar og M kaldastar (mynd 1 og tafla 1). Undirflokkur 0 er heitastur og 9 kaldastur í sérhverjum litrófsflokki. Síðar var bætt í röðina D fyrir hvíta dverga og C og S fyrir kolastjörnur (Warner 1987).

Seinna tókst að aðgreina dvergstjörnur frá rauðum risastjörnum. Báðar hafa svipaða litvísi (lágan yfirborðshita) en mikill munur er á massa og birtu þessara stjarna. Breidd ákveðinna gleypnillína í litrófi stjarna er breytilegur milli þessara gerða. Fyrir miðja 20. öld endurskilgreindu Morgan, Keenan og Kellman (Morgan & Keenan 1973) flokkunarkerfið. Þeir héldu í fyrrgreinda röð en bættu inn stuðlum fyrir birtuflokka (rómvverskar tölur). Stuðlarnir eru 0 eða Ia fyrir reginrisa I fyrir reginrisa, II bjarta risa, III fyrir risa, IV fyrirhálfri, V fyrir meginraðarstjörnur, VI (eða sd) fyrir undirdverga og VII (eða D) hvíta dverga. Sem dæmi þá flokkast sólin sem G2 V sem þýðir að hún sé meginraðarstjarna

með yfirborðshita <6000 K (Warner 1987). Litrófsflokkunarkerfið er núna kennt sem Morgan-Keenan kerfið (MK flokkunin).

Bæta má við að fleiri flokkunarkerfi eru notuð í rannsóknum á stjörnum og eitt þeirra er UBV kerfið (nefnt Johnson-Morgan eða Johnson kerfi). Í því eru notaðar litsíur, U fyrir útfjólublátt litsvið, B fyrir blátt litsvið og V fyrir grænt (visual) litsvið. Litvísar í þessu kerfi eru U–B eða B–V en þeir gefa til kynna yfirborðshita stjarna (Johnson & Morgan 1953). Í öllum ljósmælingum sem höfundur hefur komið að er þetta kerfi notað, að þeim frátöldum sem hér skal sagt frá og voru gerðar með litrófsrita.



Mynd 1. Meginraðarstjörnur mismunandi litrófsflokka, til glöggvunar. — Main sequence stars in scale. Fengið á/from: Wikipedia.

Tafla/Table 1. Helstu litrófsflokkar MK kerfisins og megineinkenni þeirra. — The MK spectral classification and the main characteristics in the spectrum of stars.

Flokkur	Litur	Yfirborðshiti (K)	Einkenni sem birtast í litrófi
O	Blá	>25000	Ákveðin blá/UV samfella, línur helíumjóna (<i>He II</i>) og vetnis (<i>H</i>).
B	Blá	11000-25000	Lína vetnisjóna (<i>H I</i>) styrkist, <i>He I</i> skýrust í B2: <i>He II</i> hverfandi.
A	Blá	7500-11000	<i>H</i> (Balmer-röð skýrust í A0 stjörnum) og <i>Ca II</i> línur, <i>He I</i> og <i>He II</i> horfnar.
F	Blá–hvít	6000-7500	<i>H</i> línur, línur málma (<i>Fe</i> , <i>Ca II</i> o.fl.) birtast.
G	Hvít–gul	5000-6000	<i>H</i> línur; línur hlutlausra málma og jóna styrkjast.
K	Gul–rauð	3500-5000	Línur málma ríkjandi; blái hluti litrófsins daufari.
M	Rauð	<3500	Línur títanoxíðs (<i>TiO</i>) sameinda.

Á jörðu niðri takmarkast rófgreining við bylgjulengdir frá nær-útfjólubláa sviðinu (UV, 300-400 nm¹), yfir það sýnilega (400-700 nm) og í nær-innrauða sviðið (IR, 700-1100 nm). Önnur bylgjusvið rafsegulrófsins eru því skoðuð með sérhæfðum sjónaukum eða gervitunglum (NASA 2013). Á netinu er gnægð upplýsinga um litróf og litrófsmælingar og ástæðulaust að bæta meiru við hér. Til fróðleiks um litróf, mælitæki, og aðferðir má benda á vefsíður Valérie Desnoux (2019) og Christian Buil (2021) auk vefsíðu *Rspec* (2019) sem söluaðila á búnaði en veitir mikilvæga undirstöðuþekkingu á mælingum af þessu tagi.

Úr: Snævarr Guðmundsson 2019. [Tímaákvæðanir á myrkvum valinna myrkvatvístirna og þvergöngum fjarreikistjarna, árin 2017-2018, og fjarlægðamælingar](#). Skýrsla 3. Útg. Náttúrustofa Suðausturlands. 109 bls.

¹ nm = nanómetri, 1 nanómetri = 10 Ångström. Eftirleiðis verður notast við þá mælieiningu.

1.1 Heimildir – References

Buil, C. 2021. Spectrography, Detectors and Astronomy. Vefslóð: <http://www.astrosurf.com/buil/spectrographs.html>.

Cannon, A. J. & Pickering, E. C. 1901. Spectra of bright southern stars photographed with the 13 inch Boyden telescope as part of the Henry Draper Memorial. *Annals of Harvard College Observatory*, vol 28, 142 bls. Vefslóð: <http://adsabs.harvard.edu/abs/1901AnHar..28..129C>.

Cannon, A. J. & Pickering, E. C. 1912. Classification of 1,688 southern stars by means of their spectra. *Annals of the Astronomical Observatory of Harvard College*, vol 56, nr. 5, Cambridge, Mass.: The Observatory 1912., bls. 115-164. Vefslóð: <http://adsabs.harvard.edu/abs/1912AnHar..56..115C>.

Desnoux, V. 2019. Visual Spec. Vefslóð: <http://astrosurf.com/vdesnoux/>.

Johnson, H. L. & W. W. Morgan 1953. Fundamental stellar photometry for standards of spectral type on the revised system of the Yerkes spectral atlas. *Astrophysical Journal*, Vol. 117, Bls. 313-352. Vefslóð: <http://adsabs.harvard.edu/>.

Kidger, M. R. 1987. Cepheids. Í P. Moore (ritstj.) *The Astronomy Encyclopedia*. Bls. 94–95. London, UK. Mitchell Beazley Publishers.

Morgan, W. W. & P. C. Keenan. 1973. Spectral Classification. *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*, vol. 11, 29-50. Vefslóð: <http://adsabs.harvard.edu/abs/1973ARA&A..11...29M>.

NASA 2013. The Electromagnetic Spectrum. *Imagine the Universe, Astronomers Toolbox*. Rafræn heimild. Vefslóð: <https://imagine.gsfc.nasa.gov/science/toolbox/emspectrum2.html>.

Nicolson, I. K. 1987. Spectrum. Í P. Moore (ritstj.) *The Astronomy Encyclopedia*. Bls. 411. London, UK. Mitchell Beazley Publishers.

Rspec 2019. Vefslóð: <https://www.rspec-astro.com/>.

Warner, B. 1987. Spectral classification. Í P. Moore (ritstj.) *The Astronomy Encyclopedia*. Bls. 408–410. London, UK. Mitchell Beazley Publishers.