

A csillagok spektráltípusa

Mi egy csillag legfontosabb jellemzője? A látszó fényesség után valószínűleg rögtön a spektráltípus következik, mivel nélküle a csillag mindössze egy jelentés nélküli fénypont az égen. Néhány betű és szám megadásával (pl. G2 V, vagy B5 IV-Vshrne) rögtön jellemezzük is a csillagot nagy vonalakban. Azoknak, akik megértik ezeket a kódokat, a spektráltípus nagyjából megmondja, milyen objektum a kérdéses csillag - milyen a színe, mérete, luminozitása, múltja és jövője, milyenek a sajátosságai, hogyan viszonyul a Napunkhoz és más típusú csillagokhoz.

A modern spektrálklasszifikációs rendszer olyan sikeresnek bizonyult, hogy csak nagyon kis mértékben változott 1943 óta. Két fizikai paraméteren nyugszik, amelyek „beleégetik” magukat a csillagok spektrumába: a hőmérsékleten és a csillag légköri nyomásán. Ezek egy sor olyan információt megadnak, amelyek lefestik számunkra a csillagot és elmesélik élettörténetét.

A hőmérséklet meghatározza a csillag színét és, felületi fényességét, azaz, hogy mennyi fény indul ki a csillag felületének minden egyes négyzetméteréről. A nyomás a felszíni gravitációs gyorsulástól függ, így durván a csillag méretétől, ezáltal arról árulkodik, hogy törpe, vagy óriás, vagy valami köztes méretű csillagról van-e szó. A méret és a felületi fényesség megadja a csillag luminozitását (a teljes fényki-bocsátást, avagy az abszolút fényességet) és gyakran az evolúciós állapotra is utal (fiatal, középkorú vagy öreg csillag). A luminozitásból a távolságra is tudunk következtetni. A spektrálosztály után gyakran további betűk is szerepelnek, utalva a kémiai sajátosságokra, kiterjedt légkörre, furcsa felszíni aktivitásra, gyors forgásra, vagy valami más speciális jellemzőre. A következőkben áttekintjük a legfontosabb alapfogalmakat.

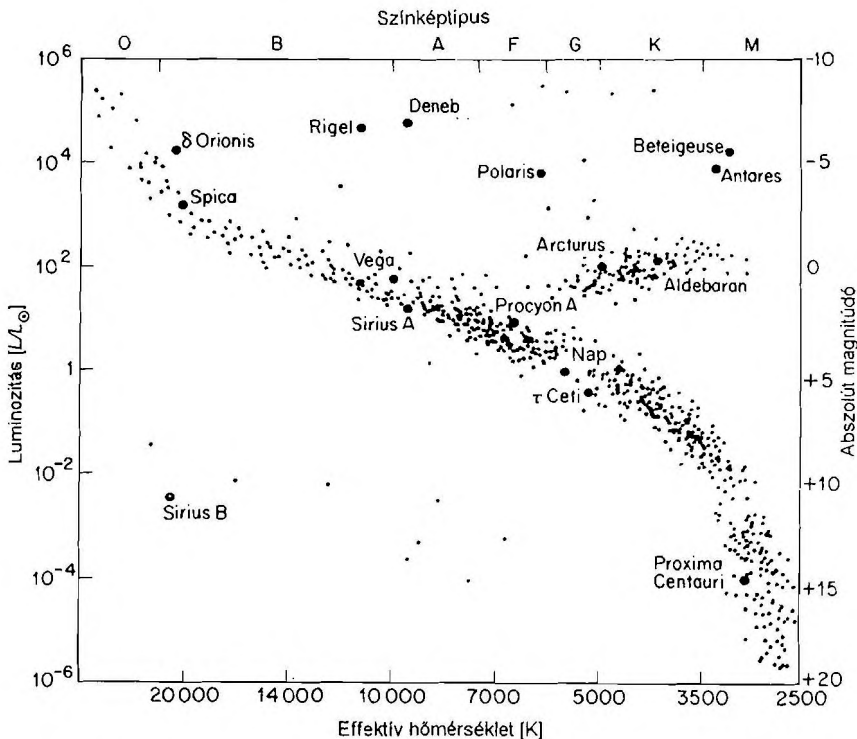
A csillagfény felbontása

A történet 1802-ben kezdődött, amikor William Wollaston angol fizikus egy nyalábot a napfényből keresztülbocsátott egy résen, majd egy prizmán. A rács éles, nagyfelbontású képet adott a jól ismert szivárványszínű spektrumról, amelyben nem volt átfedés a színek között. Wollaston feljegyezte, hogy a Nap spektrumában különböző erősségű sötét vonalak vannak, amelyek helyzete a spektrumon belül semmi változást nem mutatott az évek során. Ezeket Josef von Fraunhofer mérte ki és katalogizálta később, így kapva meg végül a „Fraunhofer-vonalak” elnevezést.

Hasonló spektrumvonalakat a laboratóriumi kísérletekben is sikerült megfigyelni. A fizikusok felfedezték, hogy az izzásig hevített szilárd testek, folyadékok, vagy sűrű gázok folytonos spektrumú sugárzást bocsátanak ki mindenféle vonalak nélkül, ez a kontinuum. Egy ritkított forró gáz azonban csak bizonyos színeken (hullámhosszokon) sugároz, ilyenkor fényes emissziós vonalakat figyelhetünk meg a széles, szivárványszínű sávok helyett. Ha egy hideg gázmennyiség helyezkedik el valamilyen sugárzó objektum előtt, akkor sötét abszorpciós vonalak jelennek meg azokon a hullámhosszokon, ahol emissziós vonalak lennének, ha a gáz forró lenne.

1859 óta világos a helyzet: a Nap forró felszínét látjuk a hidegebb légkörén keresztül, amely a sötét vonalakat okozza. Minden elemnek, minden vegyületnek megvannak a saját spektrumvonalai, amelyeken elnyelnek (vagy sugároznak) és ezek ugyanolyan jellegzetesek, mint pl. az ujjlenyomatok. A vonalak nem csak arról árulkodnak, milyen elemek vannak jelen, hanem arról is, hogy milyen fizikai körül-

mények között jöttek létre — pl. milyen hőmérsékleten. Így felszerelve a spektroszkópokat a távcsövekre, a csillagokat laboratóriumi precizitással tudták vizsgálni.



A Hertzsprung–Russell-diagram (Cooper–Walker: Csillagok távcsövégen c. könyvből)

Ez volt a 19. század legnagyobb csillagászati áttörése. A filozófusok addig a csillagok összetételét olyan dolgok között emlegették, mint amik az emberi tudás határain messze túl esnek. Innentől kezdve a Nap és a csillagok összetételének meghatározása csak anyai volt, hogy össze kellett hasonlítani a megfigyelt spektrumvonalakat a laboratóriumi vonalakkal. Ez nem volt mindig egyszerű, de a modern asztrofizika megszületéséhez vezetett — a csillagokat valódi fizikai objektumoknak kezdték tekinteni, amelyeket meg lehet érteni, nem csupán fénypontoknak az égen, amiket csak mérni lehet.

Spektrálosztályok

A mai klasszifikációs rendszer a Harvard College Observatory-ban született meg. 1886-tól kezdve Edward C. Pickering vezetésével az obszervatóriumban csillagspektrumok ezreit fotózták és osztályozták. A spektrumokhoz az ábécé betűit rendelték

A-tól Q-ig, általában az egyszerűnek látszótól a bonyolult spektrumig haladva. Hamarosan azonban egy sokkal természetesebb rendszer kezdett körvonalazódni. A teljes anyag többszöri rendszerezése után Antonia C. Maury és Annie J. Cannon rájött arra, hogy szinte az összes csillagot be tudták sorolni egy folytonosan változó sorozatba. A sorozat a színből meghatározott hőmérséklet szerint volt elrendezve, a forró, kékesfehér csillagoktól a hideg, narancsvörös csillagokig.

De már túl késő volt a kiosztott betűket újra hozzárendelni a különböző osztályokhoz. Így a kép letisztulása után a következő sorozat maradt: O B A F G K M. A kék felé eső típusokat „koraiaknak”, a vörös felé esőket „késeieknek” nevezték el. Ezek a kifejezések még ma is élnek, habár a bennük rejlő utalás a csillagok korára azon hamis képen alapul, hogy a csillagok egyszerűen csak lassan hűlnek a fejlődésük során.

A rendszert tovább lehetett finomítani az alosztályok bevezetésével. Cannon minden betűt beosztott 0 és 9 közötti alcsoportokkal, úgy, hogy pl. a G0 és a K0 között „félúton” látszó spektrumot G5-nek nevezték el. Ezt a felépítést használva Cannon 325300 csillagot osztályozott a Harvard obszervatóriumban. Az eredményül kapott Henry Draper (HD) és Henry Draper Extension (HDE) katalógusokat 1918-tól kezdve publikálták, és máig gyakran használt referenciáknak bizonyultak.

A spektráltípusok megjegyzésére mindenféle „emlékeztetőket” találtak ki. Az egyik legismertebb a neves asztrofizikustól, Henry Norris Russelltől származó mondat („Oh Be A Fine Girl Kiss Me”), amely akkor keletkezett, amikor a csillagászatilag gyakorlatilag csak férfiak foglalkoztak (magyarul (is) több mondóka kering, pl. a Hédervári Péter-féle „Oly Barátságos A Fénylő Göncölszékér, Keresd Meg!”).

Néhány egyéb spektráltípus nem illeszkedik a rendszerbe, pl. a W-típusú Wolf-Rayet csillagok olyan forróak és kékek, mint a legforróbb O-csillagok, de erős emissziós vonalakat mutatnak (az emissziós vonalak egy, a csillagot körülvevő vastag, forró gázburokra utalnak).

Bizonyos óriások a vörös végen erős szénfelesleggel bírnak; ezeket először R és N típusba sorolták, de végül egybeolvasztották a C típusba őket. A „széncsillagokat” gyakran fel lehet ismerni a távcsőben is feltűnő vörös színtük alapján. Légkörük a különböző szén- és széntartalmú molekulák miatt gyakorlatilag egy vörös szűrőként működik (a kék fényt teljesen elnyelik). Ha emisszióban látjuk ezeket, a kék elnyelés helyett kék fénylést látunk; ugyanazok az összetevők, melyek a széncsillagok vörösségéért felelősek, adták a Hyakutake-üstökös kékeszöld színét!

Az S-típusú csillagok szintén vörös óriások. Hasonlóak az M-csillagokhoz, ám az azokban levő titán-oxid sávok helyett cirkónium- és lantán-oxid sávok látszanak. El lehet képzelni, hogy egy S-csillag bolygóján a különleges összetételű csillagszél következtében a felszín kisebb-nagyobb tiszta cirkónium-kockákkal van borítva (ugyanis a cirkónium köbös kristályrácsú)!

Luminozitás-osztályok

Még az ugyanabba a spektrálosztályba tartozó csillagoknál sem ugyanolyanok az abszorpció sávok — néhol éles, keskeny vonalak látszanak, néhol meg különböző hatások révén erősen kiszélesedett vonalakat figyelhetünk meg. Ezen hatások között a legfontosabb a csillag légkörében uralkodó nyomás, ami pedig közvetetten a csillag méretéről árulkodik. Az éles vonalak egy kiterjedt, és emiatt kis nyomású légkörre utalnak. A HD-katalógusban betűjelzéssel utaltak a vonalak alapján történő meg-