

Gravitációs lencsék

A Hubble Űrtávcsővel, a legnagyobb földi távcsövekkel és rádióteleszkópokkal a gravitációs lencsék széles palettáját figyelhetjük meg. A változatos megjelenés mögött azonban ugyanaz a jelenség rejlik: egy nagy tömegű objektum gravitációs tere felénk fókuszálja egy sokkal távolabbi égitest képét. Kisebb-nagyobb hurkok, ívek, kísérteties gyűrűk, csavarodott vonalak, mind-mind gigantikus makrolencse jelenségek, melyeket több millió, milliárd fényévre lévő galaxisok, kvazárok okoznak. A gravitációs lencsék azonban nemcsak távoli objektumok tanulmányozására alkalmasak. Mostanára már rutinszerűen használják a mikrolencséket, melyek pár hétre, esetleg hónapra felfényesedett csillagok. A felfényesedést a háttércsillag előtt elhaladó sötét égitest gravitációja okozza, gyakorlatilag ugyanaz játszódik le, mint a galaxisok esetében. A gravitációs lencsék segítenek megérteni a galaxisok, kvazárok, csillagok és extraszoláris bolygók tulajdonságait, láthatóvá teszik azokat az égitesteket, melyeket a távolság miatt egyébként nem látnánk, és következtetni engednek a lencsehatást létrehozó objektum tömegére, tömegeloszlására, a leképezett égitest távolságára.



A Hubble Űrtávcső felvétele az Abell 2218 jelű galaxishalmazról. A képen jól látszanak a gravitációs lencsejelenségek, az apró ívek a galaxisok szélén. A kép közepén lévő galaxishalmaz közel 50-szeresére erősíti fel az 5-10-szer messzebb lévő galaxisok fényét.

Einstein és Zwicky jóslatai

A gravitációs lencsék leírásának elméleti alapjait Albert Einstein fektette le 1915-ben publikált általános relativitás elméletével. Az elmélet szerint minden, ami a Világegyetemben tömeggel rendelkezik (bolygók, csillagok, galaxisok stb.) tömegénél fogva elgörbíti a téridőt. Így, ha az elméletileg egyenes vonalban terjedő fény egy test közelébe ér, a test mellett eltér eredeti haladási irányától. Minél nagyobb a test tömege, annál jobban tér el a fény az egyenes haladási iránytól. Az effektus megfigyelésére Einstein a teljes napfogyatkozást javasolta. Ha az elmélet helyes, akkor a közvetlen

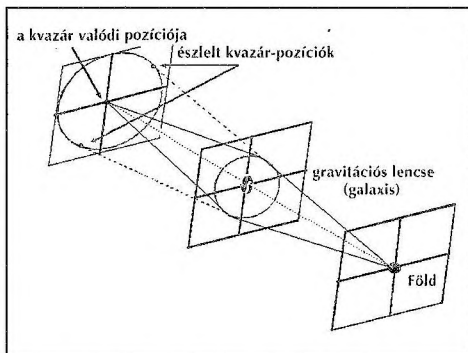
napkorong mellett elhaladó fényű csillag égi pozíciója megváltozik, így akár a napkorong mögött lévő csillagot is láthatjuk. Egy angol asztrofizikus, Arthur Stanley Eddington 1919. május 19-én Afrikából meg is figyelte a jelenséget. A számítások szerint a Hyadok csillagainak pozíciójának (ahol épp tartózkodott a Nap) közel 2"-es eltérést kellett volna szenvedniük. A napfogyatkozás időpontjában borongós volt az idő, de Eddington csapatának sikerült meghatározni a Hyadok csillagainak eltérését: az eredmény 1,75" lett.

Eddington méréseinek hatására Einstein a következő két évtizedben sokat foglalkozott a gravitációs lencsékkel. 1936-ban tette közzé eredményeit, ő jósolta meg először a gravitációs lencsék létezését. Einstein maga elvetette a megfigyelés lehetőségét, úgy vélte, az ilyen objektumok létezésének valószínűsége nagyon kicsiny. Úgy gondolta, ha léteznek is, az előtér objektum fénye kitakarja magát a lencsejelenséget.

Fritz Zwicky a rákövetkező évben továbbfejlesztette Einstein ötletét, mondván, a csillagoknál jóval nagyobb tömegű galaxisok esetében is létrejöhet gravitációs lencse. A jelenség maga évtizedekig csak elméletben létezett, a csillagászok meg sem próbálták elcsípni ezeket az objektumokat, a korabeli távcsövek nem feleltek meg a detektáláshoz szükséges követelményeknek.

A dupla kvazár – makrolencsék

1979-ben három amerikai csillagász, Dennis Walsh, Robert Carswell és Ray Weymann az Arizonában lévő Kitt Peak-i 2,1 méteres távcsövet használva két kék színű csillagszerű objektumot figyelt meg, egymáshoz nagyon közel. Az objektum a QSO 0957+561 A és B nevet kapta. A csillagászok először arra gondoltak, hogy egy kettős kvazárt fedeztek fel, mindkét komponens vöröseltolódása ugyanannyi volt ($z=1,41$), látszólagos távolságuk pedig 6". A később elvégzett színképelemzés azt mutatta, hogy a két kvazár ugyanazokat a vonalakat mutatja mind röntgenben, mind pedig rádiótartományban. Akkoriban mintegy 1500 kvazárt ismertek, és ezek közül egyik sem mutatott ehhez hasonló jelenséget. A magyarázat nem váratott sokáig magára: a két kvazár tulajdonképpen egy, csak fényét egy 1000 milliárd naptömegű elliptikus galaxis gravitációja osztotta ketté, mely pont egy irányban látszik a kvazárral (vörös-eltolódása 0,36). A kvazárok fényessége általában nem állandó, hanem időben változik, ezt a változást fel lehet használni a távolságmérésre, ha az adott kvazár képét valamilyen gravitációs lencsehatás éri. (Lásd Távolságmérés a galaxisok között c.



A gravitációs lencsehatás létrejötte. A kvazár jóval távolabb van, mint a leképző galaxis, de a kvazár fényének azon része, mely a galaxis közvetlen közelében halad el, eltérést szenved, ennek következményeként úgy látjuk, mintha a kvazár a galaxis mellett megkettőzve, vagy más alakváltozást szenvedve helyezkedne el

cikkünket a Meteor 2001/7-8. számában.) A mérések alapján a Hubble-állandó 65 ± 15 km/s/Mpc értékűnek adódott.

Jelenleg számtalan égbolt-feltérképező program fut, melyeknek célja minél több gravitációs lencsét felfedezni. A legnagyobb a CLASS (Cosmic Lens All Sky Survey), mely 1994-ben kezdődött. Az egész északi égboltra kiterjedő mérésorozat eddig 18 lencsét talált a 15 000 rádióforrásból.

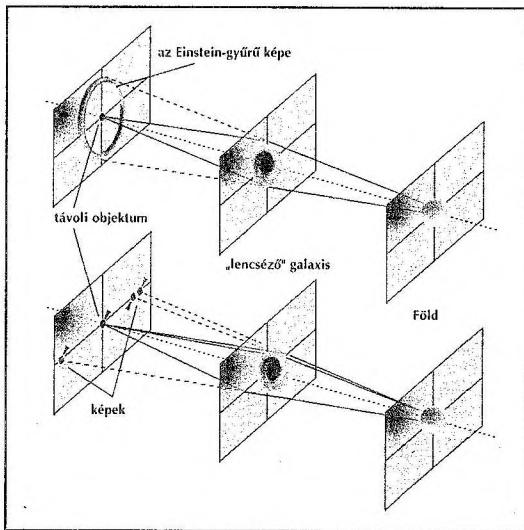
Mikrolencsék

A makrolencsék tanulmányozásán kívül manapság egyre jobban kutatott terület a mikrolencsék világa. A mikrolencsék viszonylag közeli objektumok, melyek során csillag, fekete lyuk vagy esetleg valamilyen Jupiter méretű bolygó okozza a háttércsillag felfényesedését. A mikrolencse programok egyik

mellékterméke a több tízezer változócsillag felfedezése is. A mérések során nagyon fontos az, hogy a felfényesedett csillagot meg tudjuk különböztetni a többi változótól, így a hosszadalmas kiértékelések során minden csillag fénygörbéjét fel kell venni. Az általában hatalmas csillagmezőkben minden csillagot hosszú ideig figyelnek, hogy minél nagyobb időintervallumra fel lehessen rajzolni a csillagok időbeli fényváltozását. A mikrolencse jelenséget produkáló csillag esetében sokáig állandó a fényesség, majd egy hirtelen fényesedés tapasztalható, mely pár hétig, hónapig tart.

1986-ban Bohdan Paczyński felvetette, hogy a Galaxisunk halójában lévő sötét anyagot lehetne detektálni és feltérképezni ezzel a módszerrel. Mindez azonban speciális objektumok alakjában tételezi fel a sötét anyag létét, úgynevezett MACHO-kban, melyek kis méretű, de nagy tömegű égitestek lennének. A halóban lévő MACHO-k kimutatására nem a mi Tejutunkat kell figyelni, hanem valamilyen közeli galaxis, pl. a Magellán-felhők csillagai előtti elvonulást kellene detektálni. Amikor egy MACHO elvonul egy csillag előtt, felfényesedést tapasztalunk, melynek mértékéből és időtartamából következtetni tudunk az elvonuló égitest tömegére és sebességére.

Manapság már tucatnyi mikrolencse program fut, ezek közül a két legismertebb az OGLE (Optical Gravitational Lensing Experiment) és a MACHO. Az OGLE, mely a



Az Einstein-gyűrű keletkezése. A jelenség akkor jön létre, amikor a Föld, a lencsehatást okozó objektum és a lencsehatást elszenvedő objektum egy egyenesen található. Ekkor egy gyűrű alakot figyelhetünk meg. Minden más esetben több kép keletkezik. Lencsejelenség csak akkor jöhet létre, ha a Föld pontosan a lencse egyik fókuszában áll

Las Campanas Observatory 1 méteres távcsővét használja, főleg a Tejútrendszer központjára koncentrál. Az OGLE eddig 20 millió csillagot vizsgált meg és 214 mikrolencse jelenséget produkáló objektumot talált. 1997 óta négy észlelési szezont mértek végig. Az elmúlt év júniusában teljesen új detektort szereltek fel, és azt tervezik, hogy 1–2 év múlva már akár ezer mikrolencsét detektálnak.

A MACHO program két obszervatórium (Mount Stromlo és Siding Spring Observatory) által közösen végzi méréseit. 1992 óta 10 millió csillagot vizsgáltak meg a Tejútrendszerben és 8 millió csillagot a Nagy Magellán-felhőben, ebből összesen 4 esetben találtak mikrolencse jelenséget a Nagy Magellán-felhőnél, 45 esetben pedig a Tejútrendszerben, ami jóval kevesebb, mint azt korábban várták. Ebből arra lehet következtetni, hogy a Galaxisunkban lévő sötét anyag nagy része nem MACHO-k formájában van jelen. A detektált felfényesedés legtöbbször valószínűleg vörös vagy barna törpék okozhatták. Ettől függetlenül a mikrolencse programok tovább folynak. A PLANET (Planet Lensing Anomalies Network) nemzetközi együttműködésben végzett mérésorozat során inkább a különleges tulajdonságokat felmutató felfényesedésre koncentrálnak. A fénygörbéből következtetni lehet a háttércsillag felszínének struktúrájára, az elvonuló objektumról meg lehet állapítani, hogy kettős-e, vagy esetleg van-e bolygója. Normál esetben, ha egy objektum halad el, akkor egy fényesedést tapasztalunk, ha viszont kettőscsillag, akkor két fényesedést látunk. Ha bolygóval rendelkező csillagról van szó, akkor a fénygörbén egy vékony túske kell, hogy legyen, ez a túske lesz a bolygó által létrehozott lencsejelenség.

A sötét anyag jövője

Egészen a 90-es évekig nem tudtunk láthatatlan anyagot kimutatni a Világegyetemben, a gravitációs lencsejelenség hatására azonban mára ez megváltozott. A legújabb tervek között szerepel egy 8,4 méteres távcső, az LSST (Large-aperture Synoptic Survey Telescope), melynek látómezeje 7 négyzetfokot ölel majd át. Ezzel a távcsővel 29 magnitúdóig lehet majd mérni és sokkal pontosabb méréseket tesz majd lehetővé.

A kvazároktól az extraszoláris bolygókig a gravitációs lencsejelenség egy új fejezet a csillagászatban, mely közel 60 évvel ezelőtti elméleti kidolgozása óta mára már teljesen gyakorlati alkalmazással vált.

MÉSZÁROS SZABOLCS

Távcsőpályázat 2002

A Magyar Csillagászati Egyesület pályázatot ír ki tagjai számára az MCSE tulajdonában levő 63/840-es Zeiss Telementor refraktor egy évi használatára. A pályázatban röviden, max. 1 oldal terjedelemben kérjük megfogalmazni a távcsővel megvalósítandó célokat (észlelési programok, távcsöves bemutatók).

A pályázatot 3 példányban kérjük megküldeni az MCSE postacímére: 1461 Budapest, Pf. 219. A pályázat beadási (postára adási) határideje 2002. február 15.

A pályázattal kapcsolatosan Mizser Attila főtítkárnak nyújt további felvilágosítást (E-mail: mzs@mcse.hu)