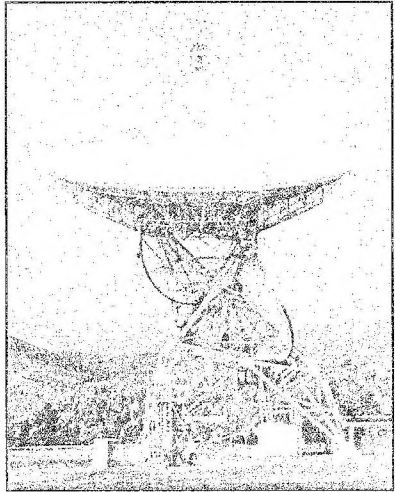


Út az ϵ Eridaniig

1960. április 8-án a ma már legendás hírű, Frank Drake vezette OZMA kutatócsoport egy 26 méteres rádiótávcsővel megkezdte a τ Ceti vizsgálatát értelmes élőlények után kutatva. Ez volt az emberiség első komoly próbálkozása földönkívüli intelligenciák felkutatására. Miután lenyugodott a τ Ceti, áttértek a második célponthoz, az ϵ Eridanihoz. Hirtelen egy erős, csattanásszerű hang jött a hangszórókból. Mindenki felugrott, „sikerült megtalálni az első idegen civilizáció rádióadását!?”. Később azonban kiderült, csak egy a rádióantenna előtt elhúzó repülőgép okozta a jelet. Ezek szerint nincs értelmes élet e csillag környezetében, de legalábbis nem sikerült eddig fogni a jeleket. A tudósok akkoriban még úgy gondolták, hogy sokkal könnyebb lesz az értelmes rádiójelek fogása, mint más csillagok körüli bolygók felfedezése. Ezzel szemben az első Naprendszeren kívüli bolygókat sokkal korábban, már az 1990-es években felfedezték. Az ϵ Eridani az eddig ismert legközelebbi, exobolygóval rendelkező csillag. A kérdés ma már nem az, hogy vajon mikor fedezzük fel az ott élő lényeket (ha vannak), hanem inkább az, hogy mikor tudjuk felvenni az első közvetlen képet magáról a bolygóról.



Az OZMA csoport által használt Green Bank-i 26 méteres rádiótávcső

Bolygók detektálása

Eddig még senki sem látott más csillag körül keringő planétát, holott a csillagászok már több mint 400 éve álmodoznak erről. Egy bolygó fénye közel százmilliószor halványabb, mint a csillagé, ami körül kering. Jelenleg nincs olyan távcső, mely képes ilyen nagy intenzitáskülönbségeket észrevenni. A csillagászoknak ebből következően közvetett módszerekhez kell nyúlniuk. A keringés során a bolygó gravitációjánál fogva „rángatja” csillagát, mely változásokat okoz annak radiális sebességében. A Doppler-effektus következtében a színképvonalak elmozdulnak. Ez a hullámhossz változás persze nagyon kicsiny, ezért csak rendkívül érzékeny spektrográfokkal mérhető.

1995 óta (ekkor találták meg az első extraszoláris planétát) már több mint 50 bolygót fedeztek fel ezzel a módszerrel. Legtöbbjük a Jupiternél nagyobb tömegű és rendkívül kis sugarú pályán kering, ebből következően nagyon forróak lehetnek. Ezek a „forró Jupiterek” viszonylag nagy radiális sebességváltozást okoznak, ezért ma már viszonylag könnyű őket kimutatni.

Egy másik módszer során mérni kell a csillag látszólagos elmozdulását az égi háttér előtt. Ha kísérővel rendelkezik, akkor nem egyenes lesz a sajátmozgásából származó

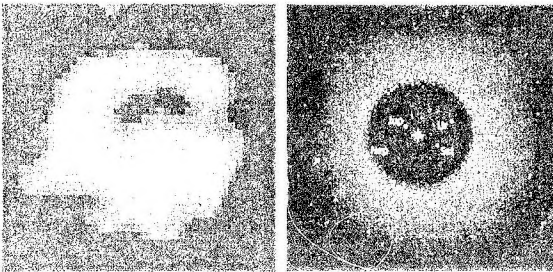
pályája, hanem attól eltérő, szinuszgörbéhez hasonló mozgást fog végezni. A hatás azonban szintén kicsi, ezért több évig tartó mérésorozatot kell végezni. Ráadásul minél messzebb van a csillag, annál nehezebb kimutatni ezt a hatást. Eddig még nem sikerült teljes biztonsággal ilyen asztrometriai úton exobolygót felfedezni, azonban a jövő műholdjai valószínűleg százszámra találnak majd. 2004-ben a NASA felbocsátja a FAME, 2006-ban pedig a SIM nevű asztrometriai műholdakat. Ezekről több nagyságrenddel nagyobb munkát fog végezni az ESA GAIA missziója, amely 2009-ben indulna és tíz évig végezné méréseit. Ezek a távcsövek mérési pontossága már eléri azt a határt, ami felett már biztonsággal kimutatható exobolygó (kb. $0,001$).

Egy harmadik módszer pedig azon alapul, hogy ha a pályahajlás éppen kedvező, akkor a bolygó kitakarhat egy kis darabot csillagából és ez fénycsökkenéssel fog járni. A HD 209458 nevű rendszert ezzel a technikával találták meg 1999-ben, a fedés mértékéből meghatározható volt a bolygó átmérője és sűrűsége. 2006-ban indítja a NASA Kepler nevű űrtávcsövet, melynek feladata az ilyen fedések kimutatása lesz. Előzetes becslések szerint ezrével fedezi majd fel az exobolygókat, és valószínűleg több száz Föld méretűt is találni fog.

Ahhoz, hogy direkt fotót lehessen készíteni idegen világokról, teljesen más technika szükséges.

Az ϵ Eridani

Az Eridanus csillagképben lévő csillag 3,7 magnitúdós és a harmadik legközelebbi szabad szemmel is látható objektum. Átmérője 70%-a, luminozitása 30%-a a Napénak, felszíni hőmérséklete 5200 K, színképtípusa K2, távolsága 10,5 fényév. Kora körülbelül 1 milliárd év, tehát jóval fiatalabb, mint a mi Napunk, tengelyforgási ideje 11 nap, a gyors rotáció miatt erős mágneses térrel rendelkezik, valószínűleg hatalmas csillagfoltok találhatóak a fotoszférában.



Balra: Az ϵ Eridani képe 850 mikronos hullámhosszon (JCMT, Mauna Kea).
Jobbra: A Naprendszerben hasonló szerkezetű lehet a bolygórendszeri övező Kuiper-öv

1974-ben, több évi mérésorozat után egy 25 éves keringési periódusú 6 jupiter-tömegű bolygót véltek felfedezni. Későbbi spektroszkópiai megfigyelések megerősítették ezt az elképzelést, bár az akkori mérések korántsem voltak olyan pontosak, mint a mostaniak, ezért további adatokra volt szükség. 1983-ban az IRAS infravörös űrtávcső számos olyan csillagot talált, melyek körül infravörösben fényes porfelhők vannak, köztük volt az ϵ Eridani is. Felmerült a kérdés, hogy vajon elég lehetett-e az 1

milliárd év arra, hogy a felhőből bolygók is kialakulhassanak. Egyes teóriák szerint korong alakú porfelhőből szinte biztos, hogy előbb-utóbb planéták kondenzálódnak. A β Pictoris spektrumában felfedezett és üstökösöknek tulajdonított finom változások is arra mutatnak, hogy a bolygócsírák és üstökösök az alapkövei a későbbi bolygóknak. És természetesen az is lehet, hogy az ϵ Eridani bolygórendszer már teljesen kifejlődött.

A porfelhőről 1998-ban sikerült először felvételt készíteni, mely hasonlíthat a Naprendszer Kuiper-övéhez. A képen középen látható (nagyjából a mi bolygórendszerünkével azonos méretű) lyuk anyagszegény környezet, melyet a belső bolygók „söpörhettek tisztára”. Szintén izgalmas kérdés a korongban látott aszimmetria eredete. Ilyen aszimmetriákat más csillagok körüli felhőkben is találtak már. A fényesebb terület lehet egy nagyobb tömegű objektum körül csoportosuló anyag, vagy inkább egy 30 Cs.E. távolságban keringő belső bolygó gravitációja okozta sűrűsödés.

Végre egy új világ?

Egy Neptunusz távolságában keringő bolygó okozta radiális sebességváltozás és az ϵ Eridani mozgásában okozott periodicitás olyan kicsiny, melyet a jelenlegi módszerekkel nem lehet mérni. De közelebbi planéták esetleg detektálhatók. 13 évig tartó folyamatos Doppler-mérések eredményeként 1999-ben hozták nyilvánosságra, hogy egy 6,9 éves periódusú bolygó keringhet a csillag körül. A színképvonalak periodikus változásait azonban okozhatja a mágneses tér is, azonban 2000 augusztusában nyilvánosságra hozott független mérések szintén egy 6,9 év periódusú és Jupiter tömegű bolygóra utaltak. Annak megerősítésére, hogy tényleg bolygóról van szó, a kalcium néhány olyan vonalát kellett alaposabban megvizsgálni, amelyeket a mágneses tér jellemzésére lehet használni. Ezen vonalak nem mutattak 6,9 éves periodicitást, azaz ki lehet zárni a mágneses hatásokat. Ennek ellenére sokak szerint az ϵ Eridani kísérőjének léte a legkevésbé megalapozott a lassan már a százat megközelítő számú exobolygó-galériában.

A planéta (ha létezik) egy igen nagy excentricitású pályán keringhet. A pálya periasztron pontja 1,4 Cs.E., apasztron pontja 5,3 Cs.E. távolságban lehet a központi égitesttől, a kísérő tömege minimum 0,8 Jupiter tömeg. A valódi tömeg ennél valamivel nagyobb, értéke a pálya inklinációjától függ.

Az igazolás

Hogyan lehetne közvetlenül igazolni az ϵ Eridani körül keringő óriásbolygó létét? A fedéshez gyakorlatilag rá kell látnunk a pályára, ami eléggé valószínűtlen, ugyanis minél messzebb van egy bolygó a központi égitestjétől, annál kisebb az esély a fedésre. A másik mód, hogy a csillag spektrumából kimutassuk a bolygó által visszavert fényt. Ez a technika csak a közeli égitestekre működik, és igen pontos spektrofotometriai méréseket kíván (két éve a τ Boo esetében be is jelentették az exobolygó reflektált fényének detektálását, ám később ezt visszavonták). A módszert jelenleg a VLT-vel gyakorolják a HD 75289 jelű csillagon, az ϵ Eridani esetében azonban használhatatlan. A legmeggyőzőbbek az asztrometriai mérések lennének. A Hipparcos műhold adatai nem segíthetnek, legalább 2 millivmásodperc pontosságú adatokra lenne szükség. A legmeggyőzőbb bizonyíték a közvetlen képalkotás lehetne.

A csillag „eltávolítása”

10,5 fényév távolságból a bolygó pályája kereken 1 milliív másodperc látszó átmérőjű. A kísérő ebben a távolságban 24–25 magnitúdós. A jelenlegi technikákkal 1 milliív másodperc távolságból egy 25 és egy 3,7 magnitúdós égitestet lehetetlen megkülönböztetni. A földi adaptív optikákkal nem érhető el ez a felbontás, az űrben sem jobb a helyzet, mert a Hubble Űrtávcsőnek ehhez kicsi a tükrőátmérője. A megoldás a központi csillag fényének valamilyen módon történő gyengítése, esetleg eltávolítása.

Több lehetőség közül választhatunk. A megfigyeléseket például nem a látható, hanem az infravörös tartományban is végezhetjük, ahol a bolygók fényesebbek, a csillagok halványabbak, azaz csökken a kontraszt a két objektum között. Az első próbálkozások tavaly augusztusban történtek az adaptív optikás Keck-távcsővel, ám a periasztron közelében tartózkodó (feltételezett) bolygót nem sikerült detektálni.

Más elképzelések szerint az első felvételt a destruktív (null) interferenciára épülő mérések hozzák majd. Két távcsővel egy időben, ugyanarról az objektumról gyűjtik a fényt, melyet úgy interferáltatnak egymással, hogy megfelelően beépített optikai készlettel (egyik nyálábót fél hullámhossznyival „megnyújtva”) a kép közepén éppen kioltásuk egymást a fénysugarak. Ekkor a központi csillag eltűnik, ugyanakkor a képen kifelé haladva már nem lesz tökéletesen kioltó hatású a fellépő útkülönbség, így esély van a kísérő bolygó képének detektálására. Másik lehetőség a csillagkorong mechanikai kitakarása (koronográfia), amikor a fókuszpontba helyezett kicsiny átlátszatlan koronggal eltakarják a fényes csillagok és csak annak fényudvara jut a távcsövekbe, így láthatóvá téve a csillag közvetlen környezetét. A módszert bolygóku-tatásra pár év múlva kezdik el használni. A jelenlegi tervekben egy Eclipse nevű 1,8 méteres távcső szerepel, mely 30 fényév messzeségből akár a 3 Cs.E. sugarú pályán keringő forró Jupitereket is le tudja majd fényképezni.

Sokak szerint tehát az ϵ Eridani bolygója lesz az első, melyet sikerül közvetlen képalkotással kimutatni. Jó eséllyel pályázik még az elsősegre a τ Bootis, melynek jóval fényesebb kísérője lehet.

A jövő tervei szerint egy Chilében felállítandó, milliméteres hullámhosszon működő távcsőrendszer (2006, Atacama Large Millimeter Array) több tíz fényévig detektálni tudja majd az exobolygók fényét. A 2009-es felbocsátású Next Generation Space Telescope akár 30 fényév távolságban is érzékeli fogja a bolygók infravörös képét. 2012-re pedig várható a NASA Terrestrial Planet Finder programja, amely az első Föld nagyságú planetákat a fentebb említett null-interferometriás módszerrel fogja vizsgálni.

*Govert Schilling The Race to Epsilon Eridani
(Sky & Telescope, 2001. június) c. cikkét fordította: Mészáros Szabolcs*

**Az őszi napéjegyenlőség alkalmából szeptember 22/23-án egész éjszakás bemutatót tartunk a Polaris Csillagvizsgálóban. A távcsöves bemutatót előadások, filmvetítések színesítik. Programunk 19:00-kor kezdődik.
A részvétel MCSE-tagok számára ingyenes!**