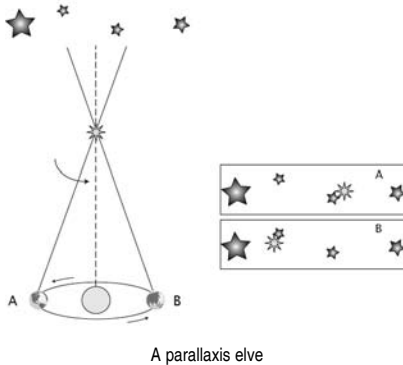


# Száz éve ismerjük a Proxima Centaurit

A csillagok legtöbb fizikai tulajdonságának meghatározásához ismerni kell a távolságukat. Napjainkban már legalább 50 különféle módszert ismernek a csillagászok égitestek és azok rendszerei távolságának megállapítására, de az eljárások többsége nem kellőképpen pontos, illetve csak bizonyos csillagokra alkalmazható.

Mindmáig a legáltalánosabb, vagyis tetszőleges csillag esetében használható távolságmeghatározási módszer a háromszögelésen alapuló parallaxismérés. Amikor a kopernikusi rendszer térhódításával egyértelművé vált, hogy a Föld kering a Nap körül, akkor a csillagászok rögtön nekikezdték, hogy kimutassák a csillagoknak a Föld Nap körüli keringése során fellépő parallaktikus elmozdulását. Ez azonban több mint két évszázadon át sikertelen maradt, mivel a távcsövek optikája tökéletlen volt, és a csillagok hatalmas távolsága miatt a szóban forgó jelenséghez egészen csekély szögmozdulás tartozik.



A parallaxis elve

A csillagászatban az egyik legfontosabb eredményként tartják számon a csillagok parallaxisának első sikeres kimérését. A tudománytörténet fintora, hogy ezt a fontos eredményt három csillagász egymástól függetlenül nagyjából egy időben érte el, ill. tette közzé (1838-ban). Mindhárman más-más csillag paralla-

xisát mérték meg: Thomas Henderson az  $\alpha$  Centauri esetében mutatta ki (időben öve az elsőbbség, de éveket késlekedett a nagyszerű eredmény publikálásával), Friedrich Wilhelm Bessel a nagy sajátmozgású 61 Cygnit vizsgálva mutatta ki annak parallaktikus elmozdulását, míg Friedrich Georg Wilhelm von Struve a Vega égi pozíciójának periodikus elmozdulásából állapította meg a fényes csillag távolságát. A parallaxis szöge ugyanis szoros és egyszerű kapcsolatban van a vizsgált objektum távolságával: a parszekban mért távolság reciproka a parallaktikus elmozdulás radiánban mérve. Ez a parszek definíciójából is következik, de a parszeket csak nagyjából száz éve vezették be távolságegységként.

A három ismert távolságú csillag közül az  $\alpha$  Centauri bizonyult a legközelebbinek, ám a parallaxisa még így sem érte el az 1 ívmásodpercet. Viszont a fényessége mellett a közelsége okán is a legfontosabb csillagok közé került. A tőlünk 4,4 fényévre levő  $\alpha$  Centauri – Rigil Kent és Toliman néven egyaránt ismeretes – valójában kettőscsillag. Az A komponens látszó fényessége 0,01 magnitúdó, színképtípusa G2V (mint a Napé), a K1V színképű B komponens halványabb, 1,33 magnitúdós.

A sikeres parallaxismeghatározások száma eleinte csak nagyon lassan növekedett, hiszen az éveken át végzendő pontos pozíciómérés és a földi légkör állandó nyugtalansága nagyon nehezíti a feladatot. Jacobus Kapteyn (1851–1922) holland csillagász 1901-ben közzétett katalógusában mindössze 58 ismert távolságú csillag adatai szerepelnek, amelyek parallaxisát már fotografikus lemezekon végzett pozíciómérések alapján állapították meg. Az 1910-ben kiadott újabb katalógus is csupán 365 csillag parallaxisát tartalmazza.

Bár a XIX–XX. század fordulójára már megszületett az asztrofizika, a pozíciós csillagászat, vagyis az asztrometria továbbra sem veszített fontosságából.

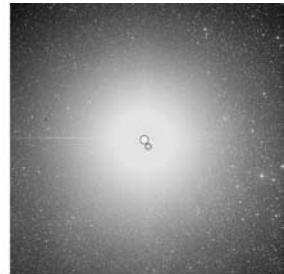
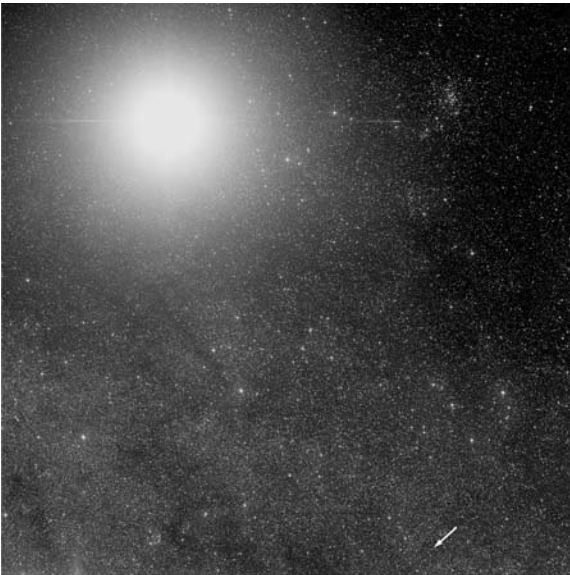


Richard Thorburn Ayton Innes

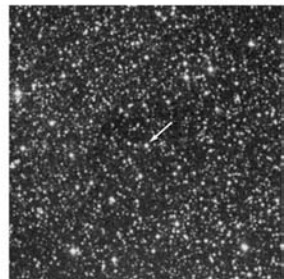
A csillagászok többsége akkoriban (és még utána is sokáig) az északi eget vizsgálta, csak nagyon kevés obszervatórium működött az Egyenlítőtől délre. Ezek egyike volt a fokrivárosi királyi csillagvizsgáló, ahol a skót származású David Gill (1843–1914) és munkatársai egy nagyszabású égbolttelmérő program, a Cape Photographic Durchmusterung részesei voltak. Hogy a Kapteyn által kezdeményezett

fotografikus égfelmérés és az azon alapuló katalógus hamarabb elkészüljön, Gill az újonnan alapított johannesburgi obszervatóriumot is bevonta a munkába. Ugyancsak az ő érdeme, hogy Dél-Afrikába csábította a kiváló és lelkes észlelőnek számító Richard Thorburn Ayton Innest (1861–1933).

Innes a skóciai Edinburghban született, és az írországi Dublinban járt iskolába, de csak 12 éves koráig. Tanulmányainak megszakítása ellenére nagy érdeklődést tanúsított a csillagászat és az ahhoz kapcsolódó számítások iránt. Ezt jól mutatja, hogy 17 éves korában már a Királyi Csillagászati Társaság (Royal Astronomical Society) tagja lett. Ekkor már egy külföldi borok behozatalával foglalkozó cég alkalmazottja volt Londonban. 1890-ben Ausztráliába települt át, ahol ugyancsak borkereskedelemmel foglalkozott Sydneyben. Az ott élő amatőrcsillagászokkal, köztük John Tebbutt-tal kialakított kapcsolata hatására maga is bekapcsolódott az észlelésekbe. Kettőscsillagok pozícióméréseivel és változócsillagok megfigyeléseivel kapcsolatos eredményeit a Monthly Notices of the Royal Astronomical Society folyóiratban közölte.



$\alpha$  Cen A & B



Proxima

Az  $\alpha$  Cen és a Proxima az ESO egyik publikus felvételén

Kereskedelmi karrierjével felhagyva Innes 1896-ban Dél-Afrikába települt át, hogy David Gill meghívásának eleget téve a fokvárosi Királyi Csillagvizsgáló munkatársa legyen. Még csak nem is csillagászként alkalmazták, mert akkor csupán egy adminisztrátori állás betöltése kerülhetett szóba. Ezzel Innes a korábbi borkereskedői jövedelmének csupán ötödét kereste, de legalább olyasmivel foglalkozhatott, amit szívesen csinált. Az égbolton bekövetkező változások közül leginkább a csillagok sajátmozgása érdekelte.

Az égfelmérés munkálatai során Gill és munkatársai feladata a fotografikus felvételek elkészítése volt, míg Kapteyn a csillagok pozícióját határozta meg a lemezek kimerésével. Innes azonban a „munkakörén” túllépve itt is amatőrködött, és 1898-ban felfedezte, hogy a ma Kapteyn-csillag néven ismert objektum sajátmozgása az akkor ismert legnagyobb érték volt (1916-ban, a Barnard-csillag felfedezésével szorult hátrébb a második helyre – ennek kapcsán a Barnard-csillagról majd jövőre készül centenáriumi cikk).

Gill nagyon elégedett volt Innes képességeivel és munkabírásával, noha kettejük élet-felfogása egészen eltért egymástól: Gill a konzervatívizmus megrögzött híve volt, Innes pedig baloldali érzelmű és bohém természetű. Ennek ellenére 1903-ban Gill javaslatára Innest nevezték ki a Transvaal tartományi meteorológiai obszervatórium vezetőjének. A meteorológia leple alatt azonban Innes a csillagászatot is becsempészte az új intézet programjába, és 1906-tól már Transvaal Obszervatóriumként (1912-től pedig Union Obszervatóriumként) a csillagászat lett az intézet fő tevékenységi köre.

Az obszervatórium 1908-ban egy kitűnő fotografikus kamerát kapott ajándékba John Franklin-Adams (1843–1912) brit amatőrcsillagásztól, aki korábban az északi félgömb csillagainak fotografikus felmérésével foglalkozott ugyanezt a kamerát használva. Innes és munkatársai Johannesburgban a déli égbolt fotografikus feltérképezésébe kezdtek az ajándék műszerrel.

A csillagok sajátmozgásának vizsgálata során Innes felfigyelt arra, hogy milyen sok

esetben található egy csillaghoz közel egy vagy több kísérő. Ezért tudatosan elkezdte vizsgálni az  $\alpha$  Centauri környezetét, hogy talál-e a Naphoz akkor ismert legközelebbi csillag szomszédságában olyan csillagot, amelyiknek hasonló a sajátmozgása, mint az  $\alpha$  Centaurié. A keresést az akkoriban még újdonságnak számító blinkkomparátorral végezte. Ezzel a műszerrel ugyanarról az égtérületről eltérő időpontban készített két felvételt lehet felváltva nézni és összehasonlítani (l. az 5. oldalon). A fényútba helyezett billenthető tükörrel egyszer az egyik fotólemez képe, majd a másik lemezé vetíthető az okulárba. A két kép gyors váltogatásakor az időben gyorsan elmozduló csillagok ide-oda ugrálnak (a változó fényű csillagok pedig „pislognak”).

Az  $\alpha$  Cen esetében a környezet 60 négyzetfokos égtérületet jelentett, amelyről 40 óra alatt sikerült megfelelő számú felvételt elkészíteni (az észlelő Harry Edwin Wood volt). Amikor 1915-ben Innes a blinkkomparátor segítségével összehasonlította az egyik lemezpárt (egy 1910. április 10-i és egy 1915. július 30-i felvételt), meglepve fedezett fel egy nagyon nagy sajátmozgású csillagot. Sajnos az 1910-es felvétel viszonylag gyenge minőségű volt, a csillagok képe hosszúkas lett, ezért a sajátmozgás számított értékét (kb. 5 ívmásodperc évente) nagy hiba terhelte. Az viszont egyértelműen kiderült, hogy ez a 10 magnitúdó körüli, narancsszínűbe hajló sárgás csillag azonos irányban mozog az égen, mint az  $\alpha$  Centauri, viszont 2 fok 13 ívpercre van a Naphoz akkor legközelebbinek ismert csillagtól, tehát nem szorosan mellette. A felfedezésről Innes 1915 októberében, azaz 100 évvel ezelőtt a Union Observatory Circulars 30. számában számolt be (l. a következő oldalon látható illusztrációt).

A halvány csillag parallaxisát, azaz távolságát azonban az akkor rendelkezésre álló műszerekkel nem lehetett meghatározni. Az előrelépés érdekében Innes okulár-mikrométert rendelt obszervatóriuma 9 hüvelykes távcsövéhez, de az a hadi megrendelések elsőbbsége miatt – már javában dúlt az I. világháború – csak egyéves késéssel érkezett meg. Az

UNION OF SOUTH AFRICA.

CIRCULAR No. 30, 1915, OCTOBER 12,

OF THE

UNION OBSERVATORY.

Long., 1h. 52m. 18<sup>s</sup>. E. Lat., 26° 10' 55"·2 S. Altitude, 5924 feet.

A FAINT STAR OF LARGE PROPER MOTION.

In examining the region around  $\alpha$  Centaurus in the blink-microscope a faint star of very large proper motion was detected. The plates examined were a second reproduction of the Franklin Adams Chart of 1910, April 10, which is at Greenwich, and that of J915, July 30. Both plates were taken here by Mr. H. E. Wood.

The position of the proper motion star for 1900  $\pm$   $t$  is  
 Equinox of 1875. R.A. 14<sup>h</sup> 21<sup>m</sup> 0<sup>s</sup> -- 0<sup>s</sup>·65  $t$ . Dec. -- 62° 8'·4 + 1'·6  $t$ .

The star images on the negative made from the positive copy of the plate at Greenwich are a bit elongated and swollen so that the image of the proper motion star and another star of the 12th magnitude nearly all but coincide, therefore precise measurements are out of the question. The observatory possesses a third plate of the region taken in 1913 and although the images on it are not good, it fully confirms the proper motion, the star then being in an intermediate position, as it should.

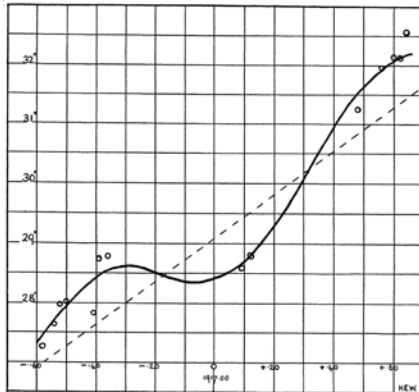
Neither star is in the C.P.D., which here goes to the 10·3, and both are distinctly smaller than 10·3 stars, so that in the C.P.D. scale the photographic magnitudes would be about 11th, or in the Harvard scale about 12·0.

A 100 évvel ezelőtt megjelent közlemény a felfedezésről

új okulárt használva több mint egy éven át végeztek pontos pozícióméréseket. Ám nemcsak Johannesburgban tartották fontosnak ezt az észlelési programot. Történetünk újabb szereplője Joan G. E. G. Voûte (1879–1963) holland származású csillagász, aki a híres delfti egyetemen szerzett mérnöki diplomát. Amikor az érdeklődése a csillagászat felé fordult, Kapteyn (már megint ő!) javaslatára földrészt váltva 1913-ban a fokvárosi csillagdába szerződött. Voûte többször találkozott Innesszel, 1915-ben még közös cikkük is megjelent. 1917 áprilisában ezért Voûte kollégialis kötelességének érezte, hogy levélben Innes tudomására hozza: bár pontosan csak júliusra tudja meghatározni az Innes által 1915-ben felfedezett nagy sajátmozgású csillag parallaxisát, de az már biztos, hogy maga a parallaxis nagy. Innes nemigen örülhetett a konkurenciának, mert rövid válaszeleveníben csak annyit írt, hogy saját mérései szerint is nagyoknak ígérkezik a parallaxis.

A felfedezés dicsősége nyilvánvalóan azé, aki hamarabb publikálja a parallaxis pontos értékét. Voûte cikke 1917 nyarán jelent meg a Monthly Notices of the Royal Astronomical Society folyóiratban. Ebben tudatta, hogy az Innes-féle halvány csillag parallaxisa ugyanakkora, mint az  $\alpha$  Centaurié. Voûte megemlíti azt is, hogy egymástól több mint két fok

szögtávolságra levő két csillag parallaxisának és sajátmozgásának mérőben szokatlan egyezéséről van szó, és ez fizikai (dinamikai) kapcsolat jele lehet.



Wood által készített rajz Innes csillagának észlelt látszó mozgásáról

Innes viszont kívárta, amíg munkatársaival sikerült pontosabban meghatározni mind a parallaxis, mind a sajátmozgás értékét, és csak 1917 szeptemberében tette közzé (Union Obs. Circ., No. 40), hogy Voûte eredményeivel egyezésben egészen közeli csillagról van szó. Sőt az általuk meghatározott 0,82 ívmásodperces parallaxis értelmében ez a Naphoz

legközelebbi csillag. És hogy a továbbiakban egyszerűen lehessen hivatkozni rá, Innes a Proxima (lat. legközelebbi) nevet javasolta.

A vettségcsillagok asztrometriája terén végzett vizsgálataiért és a Proxima Cen felfedezéséért Innes részére 1923-ban tiszteletbeli doktori címet adományozott a Leideni Egyetem.

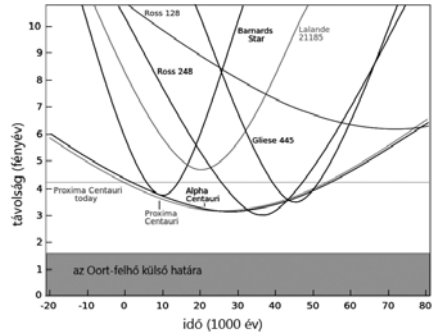
A Proxima tehát rövid időn belül fontos szerephez jutott a csillagászatban. Ugyanakkor szükség volt a parallaxisának pontosítására is. A jóval pontosabb pozíciómérések hosszú fókuszsú távcsöveket igényeltek. Ilyen teleszkópokat először 1925-ben telepítettek Dél-Afrikába. Harold Lee Alden (1890–1964) hivatásos csillagászként került a Yale Observatory déli megfigyelőállomására, Johannesburgba, ahol az új, 26 hüvelykes,  $f/16,4$ -es fotografikus refraktorral rögtön a Proxima és a Toliman vizsgálatába kezdett. Az új távcsövel végzett mérések alapján született eredmények közül elsőként a Proxima új, megbízható parallaxisát közölték, 1928-ban. A  $0,785 \pm 0,005$  ívmásodperces parallaxisal biztossá vált, hogy a Proxima a Naphoz legközelebbi csillag.

A jelenlegi legpontosabb parallaxismeghatározást Fritz Benedict és munkatársai végezték a Hubble-úrtávcsövel, interferometrikus pozíciómérések alapján 1999-ben:  $0,7687 \pm 0,0003$  ívmásodperccet kaptak a Proxima parallaxisára, míg a Toliman esetében  $0,7421 \pm 0,0014$  értéket. A Proxima tehát egyértelműen közelebb van hozzánk, mint fényes társa. A szemközti oldalon található táblázat rövid kronológiai összefoglaló a Proxima és az  $\alpha$  Cen parallaxisára és sajátmozgására vonatkozó eredményekről.

A Naprendszerhez legközelebbi csillag tehát 4,25 fényévre van a Naptól. De a csillagok térbeli mozgása következtében ez az állapot csak időleges. A következő ábrán látható, hogy bár a Proxima még 30 000 éven át közeledik is a Naprendszerhez, de nem egészen 40 000 év múlva a Ross 248 jelű csillag már közelebb lesz a Naphoz.

A Ross 248 ráadásul még halványabb, mint a Proxima, csupán 12,3 magnitúdós. Viszont ismert változócsillag: HH Andromedae néven katalogizált flercsillag. Ez egy vörös törpecsillagtól egyáltalán nem szokatlan, talán el is

várható. Maga a Proxima is M6 színképtípusú, tehát vörös törpe. Mi a helyzet a fényváltozását illetően?



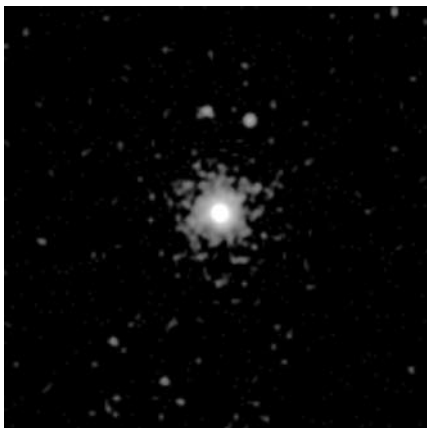
A Naphoz legközelebbi csillagok a csillagászati közelmúltban és a közeljövőben

A Proxima furcsa spektroszkópiai viselkedésére 1950-ben figyeltek fel: Andrew Thackeray (1910–1978) a hidrogén és a kalcium emissziós vonalait észlelte több alkalommal a színképében. Ezek magyarázata akkor még nem volt nyilvánvaló, de egy évvel később Harlow Shapley (1885–1972) kimutatta, hogy a Proxima – a változócsillag-katalógusban V645 Centauri néven szereplő – flercsillag, ugyanis szabálytalan időközönként kifényesedett (olykor 1 magnitúdóval) a szokásos értékhez képest. A flercsillagokon előforduló kitörések egyébként jóval erősebbek a Napon tapasztalhatóknál: a Proxima például a megfigyelésekkel lefedett időszak 6%-ában látszott fényesebbnek a nyugalmi fényességénél. A flercsillagok kutatásának kezdeti éveiben még a Proxima volt a legaktívabb ismert csillag. Mivel a kitörések során hatalmas mennyiségű energia szabadul fel, a flercsillagok röntgenforrásokként is észlelhetők.

A Proxima röntgentartománybeli viselkedésének vizsgálata egészen érdekes felfedezéshez is vezetett. Az XMM-Newton röntgenszondával hosszú ideig észelve a Proxima röntgensugárzását azt tapasztalták, hogy a flerek lecsengése után a nagy energiájú sugárzás nagyjából egy órán át periodikusan oscillál. Ez a viselkedés a Proxima körüli koronában kialakuló mágneses hurkokban létrejövő

		parallaxis (")	sajátmozgás (")	a sajátmozgás pozíciószöge (°)
Voüite (1917)	Proxima	0,755 ± 0,028	3,76	282,7
	α Cen	0,759	3,68	281,4
Innes (1917)	Proxima	0,82	4,87	289,2
	α Cen	0,759	3,68	281,4
Alden (1928)	Proxima	0,785 ± 0,005		
	α <sup>1</sup> Cen	0,749 ± 0,009		
	α <sup>2</sup> Cen	0,765 ± 0,009		
Gasteyer (1966)	Proxima	0,764 ± 0,006	3,839	282,04
	α Cen	0,743 ± 0,014	3,697	281,36
Kamper és Wesselink (1978)	Proxima	0,772 ± 0,004	3,847 ± 0,010	282,2
	α Cen	0,750 ± 0,005	3,692 ± 0,010	281,8
Hipparcos (1997)	Proxima	0,7723 ± 0,0024	3,853	281,5
	α Cen	0,7421 ± 0,0014	3,709	280,8
Benedict et al. (1999)	Proxima	0,7687 ± 0,0003	3,8517 ± 0,0001	281,54 ± 0,03

A Proxima és az α Cen parallaxisa és sajátmozgása (I. S. Glass [2007] nyomán)



A Proxima Cen röntgenképe 2000-ből a Chandra-röntgenobszervatórium 8 órás expozíciójú felvételén (NASA/CXC/SAO)

magnetoakusztikus hullámoknak felel meg, amelyek periódusa kb. két óra.

Az utóbbi két évtized leglátványosabban feltörekvő csillagászati kutatási területe, az exobolygó-keresés művelése során természetesen a Proxima sem maradhatott ki a vizsgálati célpontok közül. Már csak azért sem, mert az α Cen B komponense mellett egy 3,326 napos keringési periódusú bolygót fedeztek fel 2012-ben (és ugyanezen csillag mellett újabban egy másik bolygó léteire utaló jelet is találtak). Az eddigi vizsgálatok alapján azonban a Proximához tartozó bolygót nem találtak, viszont kis tömegű és hosszú keringési periódusú bolygó léte nem kizárt.

Sőt egy nemrégiben megjelent tanulmány új lendületet adhat a Proximához tartozó bolygó felkutatásához. A Proxima nagy sajátmozgása következtében az átlagosnál gyakrabban halad el halvány háttércsillag mellett, és eközben mérhető gravitációs lencse-hatást okoz. Sahu és munkatársai (2014, ApJ, 782:89) megállapították, hogy 2014 októberében egy 20 magnitúdós, 2016 februárjában pedig egy 19,5 magnitúdós csillag fénye erősödik fel átmenetileg a lencsés hatására. A Proxima körüli esetleges bolygó (ha van egyáltalán) másodlagos csúcsot okoz a háttércsillag lencsehatására felerősödő fényességében. A már lezajlott 2014. októberi esemény észleléséről viszont egyelőre nincs hír a szakirodalomban.

A fő kérdés azonban nem is az, hogy kering-e bolygó a Proxima körül, vagy nem, hanem az, hogy maga a Proxima és az α Cen párosa fizikailag összetartozik-e. Erre a kérdésre már 100 éve keresik a választ a csillagászok. Munkahipotézisként legtöbbször elfogadják, hogy hierarchikus hármas rendszerről van szó, ezért a Proxima Centaurira α Cen C-ként hivatkoznak. Bizonyíték azonban mindmáig nincs. Ha az A+B és a C komponens a rendszer tömegközéppontja körül kering, a 13 000 csillagászati egységnyi nagytengelyt és a három csillag tömegét figyelembe véve a keringési periódus millió éves nagyságrendű. A pálya menti mozgás kimutatásához ebben az esetben egy évszázad reménytelenül rövid idő.

Szabados László