



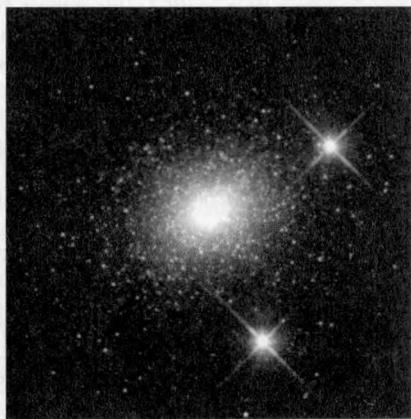
Mély-ég objektumok

A „gömbhalmaz-kód” megfejtése

A gömbhalmazok távcsövön keresztül szemlélve nagyon látványos objektumok, a bársonyfekete égi háttéren nyüzsgő csillagok lenyűgöző látképével. Ezek a ragyogó csillagkupacok kettős célt szolgálnak a csillagászatban: nem csak gyönyörű jelzőfények az égbolt szépségeit fűrésző amatőr számára, hanem egyfajta kozmikus rosette-i kövek, amelyek kulcsot adhatnak a galaxisképződés rejtélyének megoldásához.

Az elmúlt néhány évben a 8–10 méteres távcsövekkel végzett multiobjektum-spektroszkópia terén bekövetkezett fejlődés lehetővé tette a csillagászok számára, hogy minden eddiginél nagyobb részletességgel tanulmányozhassák a gömbhalmazokat. A nagy látómezejű CCD-kamerákkal lehetővé vált a közeli galaxisok – mint például a Virgo-beli M87 – körüli számos gömbhalmazra vonatkozóan az alapvető paraméterek tisztázása. Ezek a technikai fejlesztések számos új felfedezéshez vezettek, új támpontokat adva a gömbhalmaz populációk és a nekik otthont adó galaxisok közötti kapcsolat tisztázásához.

Ezekben a sűrű, gömbszerű csillagvárosokban akár egymillió csillag is összezsúfolódhat néhány tucat fényévnyi térrészbe, így egyedülállóan alkalmasak egyfajta kozmikus „időmérő” szerepre. Emellett nagy távolságokról is láthatóak, és meglehetősen gyakoriak: a Tejútrendszer körülbelül 150-et tartalmaz, az Andromeda-galaxis hozzávetőleg 500 gömbhalmazzal büszkélkedhet, és ez a szám már ezekben mérhető a fényes elliptikus galaxisok esetében. Elsősorban az életkoruk teszi érdekessé és értékké ezeket az objektumokat, mivel az Univerzum legidősebb égitestjei közé tartoznak. Mivel egy adott halmazban hozzávetőleg minden egyes csillag egyszerre keletkezett, a gömbhalmazokra egyfajta kozmikus kövületeként is tekinthetünk, amelyek őrzik a galaxisok evolúciójának nyomát – éppúgy, ahogy a geológiai leletek őrzik a fajok fejlődésének alakulását. Michael West (Hawaii Egyetem) szerint a gömbhalmazok adhatják meg a választ arra a kérdésre, hogy mely folyamatok voltak a legfontosabbak a galaxisok tulajdonságainak kialakításában az elmúlt 13 milliárd évben.



Az Andromeda-galaxis legfényesebb, G1 jelű gömbhalmaza a HST felvételén

Színes vezérfonalak

Onnan tudjuk, hogy a gömbhalmazok öregek, hogy nem tartalmazznak forró, fiatal csillagokat, amelyek gyorsan felélik tartalékaikat és fiatalon elpusztulnak. Ehelyett a populáció kis tömegű, hosszú élettartamú törpékből és hideg, elfejlődött óriásokból tevődik össze. Mindezekén túl ezek a csillagok kevés fémet (vagyis hidrogénnél és héliumnál nehezebb elemeket) tartalmaznak. A fémek gyakorisága úgy válik egyre nagyobbá az Univerzumban, ahogy az egymás után következő csillagok generációi legyártják azokat. Mivel ez a feldúsulási folyamat időt vesz igénybe, a régebben született csillagok kevesebb fémet tartalmaznak, mint a közelmúltban kialakult társaik.

A csillagászok úgy találták, hogy habár a Tejútrendszer gömbhalmazai körülbelül egyforma korúak, mégsem egyformán alacsony a fémtartalmuk. Ehelyett az idős csillagok két különálló csoportba tartoznak: fémszegények, amelyek a Nap vastartalmának csupán néhány százalékát érik el, és viszonylag fémgazdagok, hozzávetőleg 30%-nyi Napban mérhető vas-hidrogén aránnyal. Ezenkívül más galaxisok gömbhalmazai is hasonló kettős, úgynevezett bimodális fémszegeloszlást mutatnak.

Ez a fémszegkülönbség színbeli eltérést is okoz, és mivel egy magányos galaxis gömbhalmazai nagyjából hasonló korúak, bármilyen színbeli különbség fémszegbeli eltérésekből származik. Ez nem várt szerencsés fordulat, mivel sokkal könnyebb megmérni egy extragalaktikus gömbhalmaz színét, mint a fémszegét, aminek meghatározásához részletes, nagyfelbontású színképekre lenne szükség.

Eltérően a fiatal, kék színű, a Tejútrendszer szomszédságában manapság születő csillagoktól, a fémgazdagnak tekintett gömbhalmazok valójában vörösebbek, mint azok a halmazok, amelyek főként fémszegény csillagokat tartalmaznak. Ennek eredményeképp a kékebb gömbhalmazok a fémszegényebbek! Ez a különbség akkor válik fontossá, amikor a galaxiskeletkezés különféle elméleteit vetjük majd össze.

Behullás a megfelelő helyre

Bármely galaxiskeletkezési elméletnek meg kell magyaráznia, hogyan álltak össze az ősi gázfelhők és a korai Univerzumot átható nem atomos sötét anyag csomói a ma látható különleges struktúrákká. Szintén számot kell adnia a gömbhalmazok tulajdonságairól, mindenek felett a kétmódusú szín eloszlásról.

A legegyszerűbb elmélet szimplán a gravitációra bízta a „piszkos munkát”, azaz az anyagcsomók összegyűjtését a viszonylagos elszigeteltségben lévő galaxisok kialakításához. Ennek az úgynevezett „in-situ” (maga a szókapcsolat eredeti helyzetben lévő) jelent) modellnek megfelelően a Világegyetemet kitöltő sötét anyag szövedékének sűrűsödései szolgálták a galaxiszülétek csíráiként. Ezeknek a magoknak a gravitációs vonzóereje szívta fokozatosan a gázanyagot az egyre sűrűbbé váló csomókba, addig tömörítgetve azokat, amíg fel nem lobbantak az első csillagok. A keletkezési csírákként szolgáló sötét anyag besűrűsödött göcainak méretétől függően bármilyen kialakulhatott egy kis protogalaktikus törmeléktől kezdve a teljesen kifejlődött méretes galaxisig. Ebben a fázisban minden galaxis csupán egy nagy gázfelhő, amelyet egyformán kék, fémszegény gömbhalmazok öveznek – néhány darab a kisebb protogalaxisok, sokkal több a masszívabb galaxisok esetében.

Ha az in-situ galaxiskeletkezés elég gyorsan zajlik, akkor az egyforma korú gömbhalmazokat eredményez. Mindazonáltal a halmazok kétmódusú fémszegeloszlása azt sugallja, hogy egyedül az in-situ módszer nem magyarázza a galaxiskeletkezést,

hacsak valamilyen egyéb hatás le nem állítja a csillagkeletkezést egy időre, létrehozva ezzel egy tisztán kivethető hézagot a kétfajta gömbhalmaz-populáció között. Ezalatt a hipotetikus „szélsendes” időszak alatt a létező korai generációs csillagok folytatják életüket, feldúsítva a környező gázt nehezebb elemekkel. Végső soron a galaxis halója összezuhan egy kisebb központi dudorrá, és a csillagkeletkezés folytatódik, létrehozva a vörös gömbhalmaz-populációt a galaxis csillagainak nagy többségével egyetemben.

Ha az in-situ elmélet helyes, akkor a galaxis vörös halmazai és annak csillagai egy időben keletkeztek. A csillagászok várakozásai szerint léteznie kell egy összefüggésnek a vörös gömbhalmazok fémsége és a szülőgalaxisuk luminozitása között, mivel a fémgazdag halmazok a galaxissal együtt alakultak ki. Valójában pontosan ezt látjuk.

De a vörös gömbhalmazok nem az egyedüli objektumok, amelyek kapcsolatban állnak a szülőgalaxisaik luminozitásával. Jean Brodie (Kaliforniai Egyetem Observatóriuma) és kollégái szembehelyezkednek az in-situ elmélettel, ugyanis meglepő és ellentmondásos összefüggést fedeztek fel mintegy 50 rendszerben a kék, fémszegény gömbhalmazok fémsége és a szülőgalaxisok luminozitása között. Ez az összefüggés azt sugallja, hogy a kék halmazok fémségét – és következtetés útján a születési körülményeiket – mélyrehatóan befolyásolták a környezetükben tapasztalható viszonyok.

Ha megerősítést nyer ez az elmélet, akkor az összefüggés maga után vonhatja azt a következtetést, hogy a gömbhalmazok végső sorsa születésük pillanatában eldőlt. Brodie szerint általánosan feltételezett dolog, hogy a kék gömbhalmazok megelőzik korban a „gazda” galaxisaikat, és mindenhol egyforma tulajdonságokkal rendelkeznek. Ehelyett a kék halmazok már korábban „tudtak” valamit arról a galaxisról, amelyhez végső soron tartoznak.

Más bizonyítékok azt sugallják, hogy az in-situ kialakulási mód nem volt domináns az Univerzum korai szakaszában. Elegendő egy pillantás az olyan képekre, mint a Hubble Ultra Deep Field, és azonnal kiderül, hogy a galaxisok ritkán alakultak ki elszigetelten. A HST képei a távoli, korai Univerzumból furcsán eltorzult galaxisokat mutatnak, amelyek közül sok, úgy tűnik, kölcsönhatásban áll egymással.

Galaktikus építőkövek

Ezeket a korai kölcsönhatásokat be kell építeni a galaxis-keletkezési elméletekbe és ezek talán otthagyták a maguk sajátos nyomát a „gömbhalmaz-kódban” is. A hierarchikus csomósodás és összeolvadás (az angol szavakból előállt rövidítést használva: HCM) modellben a galaxisok fokozatosan fejlődtek törpe galaxisok sokasága anyagának felhasználásával. Ezek a „galaktikus építőkövek” akkor alakultak ki, amikor a sötét anyagból álló halók összezuhanáltak hasonlóan az in-situ modellben vázoltakhoz. De aztán a későbbiekben ezek az építőkövek nagyobb struktúrákká álltak össze, hasonlóan mint amikor az ember kis gyurmagolyócskákat tapaszt össze egy nagyobb alakatlan kupaccá. A korai kompakt és zsúfolt Univerzumban az ütközések gyakoriak voltak, és végső soron ezek eredményezték a ma látható óriási spirális és elliptikus galaxisokat.

Milyen bizonyítékokat kínálnak a gömbhalmazok ezen elmélet alátámasztására? A legutóbbi HCM modellek tartalmazzák a gömbhalmazok fentebb említett „öröklődési”, emlékező tulajdonságait annak érdekében, hogy megmagyarázzák a

bimodális színeloszlást. A modell egyik alkotója szerint a gömbhalmazok nagyon masszív és kompakt rendszerek, ezért nagyon ellenállóak: egy összeolvadás során képesek túlélni a szülőgalaxisuk szétesését is, ezért amikor egy nagy galaxis „elfogyasztja” egy kisebb társát, megőröklí a kisebbik galaxis halmazait. Ezek a megőröklött gömbhalmazok tükrözik a kor- és összetételbeli különbségeket, amelyekkel a szülő galaxisaik törmelékei rendelkeztek, ennek eredményeképpen figyelhetők meg egy galaxisban a különféle gömbhalmaz populációk.

Jelenleg nagyon közel járunk a HCM modell bizonyítékainak megszerzéséhez. 1994-ben Rodrigo Ibata (akkoriban a Cambridge-i Egyetem kutatója) és társai azonosítottak egy törpegalaxist (Sagittarius törpe) amely éppen a Tejútrendszerrel való összeolvadás folyamatában van. A Sagittarius törpe elliptikus galaxist napjainkban kebelezi be a Tejútrendszer – a törpéhez tartozó mintegy féltucatnyi gömbhalmazzal együtt. Ezek a halmazok az M54, Arp 2, Palomar 12, Terzan 7 és Terzan 8. (Ha távcsövekkel felkeressük az M54-et, gondoljunk pár pillanattig arra, hogy milyen kalandos és veszélyekkel teli életet él...)

A HCM modell legfontosabb támpontjait azok a gömbhalmazok adják, amelyek ténylegesen árapályhatásokkal lecsupaszított törpegalaxisok maradványainak tűnnek. Az ω Centauri, nagyon sok amatőrcsillagász kedvenc mélyég-csodája, a Tejútrendszer legfényesebb és legnagyobb gömbhalmaza 100 fényévet átívelő méretével és körülbelül egymillió naptömegnyi anyagával. Az ω Centaurin belüli több csillagpopuláció jelenléte azt jelzi, hogy hajdanán egy önálló, külön objektumként létezett, amelynek a külső csillagait mintegy „lehántotta” Galaxisunk, amikor befogta a halmazt. A G1 jelű extragalaktikus gömbhalmaz az Andromeda-galaxison belül egy masszív fekete lyukat tartalmaz a magjában, amely talán egy lecsupaszított törpegalaxis központi régiója lehet.



A ω Centauri, az égbolt legfényesebb gömbhalmaza Kereszty Zsolt felvételén

Még távolabb kalandozva az égbolton Paul Martini (Harvard-Smithsonian Asztrofizikai Központ) és Luis Ho (Carnegie Observatóriumok) azt találták, hogy a Centaurus A (NGC 5128) jelű nagy tömegű elliptikus galaxist gömbhalmazok százai övezik. Néhány ezek közül ahhoz a galaxisához tartozhat, amelyet korábban fogott be a Cen A, és amelyből csupán a Cen A felületén látszó nagyon markáns porsáv maradt. A fentebb említett kutatók által tanulmányozott nagy tömegű gömbhalmazok közül sok mutatta árapálynyúlványok jelenlétét, erősítve ezzel azt a feltételezést, hogy önmaguk is valójában külső anyaguktól megfosztott törpe galaxisok.

Annak ellenére, hogy a csillagászok szerint jelenleg ez az elmélet magyarázza meg a legjobban a galaxisok keletkezését, a HCM teóriának megvannak a maga sajátos problémái. Ezek közül a leginkább zavarba ejtő az, hogy vajon a HCM elég gyorsan tudott-e működni ahhoz, hogy létrehozza azokat a nagytömegű galaxisokat, amelyeket a korai Univerzumban figyelhetünk meg. Vagy esetleg a masszív galaxisok gyors

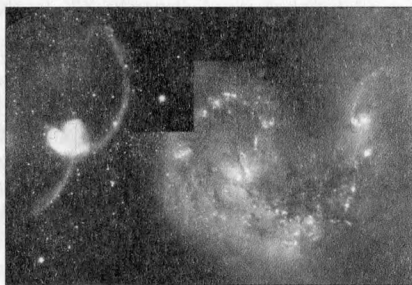
san ki tudtak fejlődni olyan mély gravitációs potenciálgödrökben, amelyek egyszerre több protogalaktikus töredéket is tartalmaztak?

Míndezeken túl miért nincs a lokális Univerzumunk megtöltve a protogalaxisok maradványaival? A HCM modell jóslatainak ellentmondva a megfigyelt törpegalaxisok száma messze elmarad a várakozásoktól. Például az elmélet szerint hozzávetőleg 100 törpegalaxisnak kellett volna maradnia a Lokális Halmazban. Ehelyett a csillagászok ennek alig a tizedét figyelték meg. Hozzá kell tenni, hogy a törpék egy részének paraméterei nem érik el a detektáláshoz szükséges szintet, azaz túl halványak vagy diffúzak. A problémák közül Dougal Mackey (Cambridge-i Egyetem) szerint szintén nem elhanyagolható adalék maga a gömbhalmazok pusztja száma a nagyon nagy galaxisokban. Ha ezen gömbhalmazok mindegyikének befogása a HCM forgatókönyv szerint zajlott, akkor ez az összeolvadó komponensek irreálisan nagy számát követeli meg.

Amikor galaxisok ütköznek

Amíg a HCM elmélet sikeresen megmagyarázhatja nagyon sok galaxis gömbhalmaz-populációjánál tapasztalható különbségeket, számos kérdést nyitva is hagy. Ezek közül némelyiket megválaszolhatja az a teória, amely az összeolvadásokat nagyobb léptékben kezeli, teljesen kifejlődött galaxisok esetében. Két nagy, gázanyagban gazdag spirális egyesülése alternatív utat jelenthet az elliptikus galaxisok formálódási folyamataiban. Mindegyik progenitor galaxis hozzájárulhat a maga kék, fémszegény halmazával az eredő elliptikust kísérő gömbhalmaz-populációhoz. Mindezek mellett a spirálisokból származó gázanyag összeütközik egymással, elősegítve a második generációs vörös, fémgazdag gömbhalmazok születését.

Pontosan ez a folyamat zajlik az általunk is megfigyelhető Csápok galaxisokban (NGC 4038 és 4039). A HST képei frissen kialakult gömbhalmazhoz hasonló objektumokat fedtek fel. A Csápok halmazainak a gömbhalmazokra jellemző tömegük, méretük és luminozitásuk van, de a koruk mindössze néhány százmillió év. Ez a jelenség más rendszerekben is megfigyelhető. Katherin Rhode (Wesleyan Egyetem) szerint más galaxisokban sok olyan objektumot ismerünk, amelyek születőfélben lévő gömbhalmazoknak tekinthetők. Ezek a masszív csillaghalmazok most formálódnak vagy a közelmúltban alakultak ki, és úgy gondoljuk, hogy az időben történő fejlődésükkel úgy fognak később kinézni, mint egy tipikus gömbhalmaz.



Az ütköző galaxisok leghíresebbike, az NGC 4038 és 4039, a Csápok-galaxispár (a HST felvétele)

A nagyobb léptékben történő összeolvadási elmélettel szembeni egyik ellenvetést a számítógépes szimulációk szolgáltatták, megmutatva, hogy két spirális ütközése mindig szétzilálja a korong struktúráját, ezzel elliptikus galaxist hozva létre. Ez azt jelenti, hogy az elmélet legjobb esetben is csak a lokális Univerzum elliptikusainak a kialakulásáról adhat számot, de a legtöbb közeli galaxis spirális vagy irreguláris.

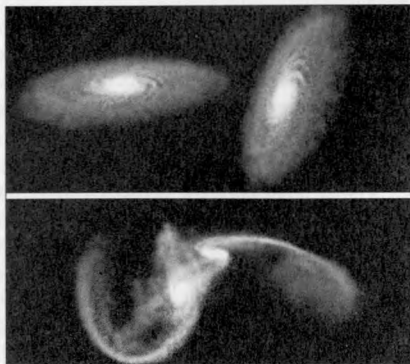
Mindezekén túl mind a spirális, mind az elliptikus galaxisokban megtalálható gömbhalmazok két csúcú görbével leírható színeloszlást mutatnak. Volker Springel (Max Planck Csillagászati Intézet) és Lars Hernquist (Harvard-Smithsonian Asztrofizikai Központ) a közelmúltban leküzdötték a fentebb vázolt akadályt olyan szimulációk elvégzésével, amelyek azt mutatták, hogy két, gázanyagban gazdag spirális úgy is képes ütközni egymással, hogy közben a korong szerkezete ép marad, és kialakulhat egy nagyobb spirális galaxis.

Emellett maguk az elliptikus galaxisok terén is felmerülnek kifogások a nagyobb léptékű összeolvadási elmélettel szemben. Ezek az objektumok sokkal több kék, fémszegény gömbhalmazzal rendelkeznek mint a tipikus spirálisok – még akkor is, ha korrigáljuk a galaxisok tömegei közti különbségeket. Amíg vörös, fémgazdag gömbhalmazok kialakulhatnak az összeütközés során, addig fémszegény halmazok nem. Vagyis honnan jönnek a kék gömbhalmazok? Néhány elméleti szakember szerint az extra fémszegény halmazok bekebelezett törpe galaxisokból származnak. Egy másik elképzelés úgy szól, hogy a legnagyobb tömeggel bíró protogalaxisok korábban kezdték a gömbhalmazok gyártását, biztosítva a kék, fémszegény halmazok viszonylag nagy számát.

A nagyléptékű összeolvadási elmélet másik nehézségét az egyik saját jóslatában kereshetjük: eszerint a fémgazdag halmazoknak szükségszerűen fiatalabbnak kell lenniük, mint a fémszegény halmazoknak, mivel a fémgazdag populáció később alakul ki az egyesülés során. Ennek ellenére a megfigyelések azt mutatják, hogy a legtöbb galaxisban mindkét populáció egyformán idős. Ezért az összeolvadásoknak nagyon nagy vöröseltolódásoknál kellett bekövetkezniük. Ha ezek a heves folyamatok elég korán lezajlottak, a két csoport közti korkülönbségek a megfigyelhető szint alá csökkennek.

Hibrid forgatókönyvek

A gömbhalmazok által hátrahagyott, néha egymásnak ellentmondó bizonyítékok elemzésével sok csillagász arra a következtetésre jutott, hogy a galaxisok a fentebb ismertetett folyamatok kombinációin mentek keresztül. A legtöbb szakember most azt próbálja kipuhatolni, hogy a forgatókönyvek közti egyensúly hogyan változik galaxisról galaxisra. Természetesen ez nehéz kérdés, és a csillagászoknak még meg kell találniuk a választóvonalat legalább egy galaxisra – beleértve a sajátunkat is. Karl Gebhardt (Texasi Egyetem) szerint tudjuk, hogy törpe galaxisokat bekebelez be a Tejútrendszer, és azt is tudjuk, hogy galaxisunk az Andromeda-galaxissal való összeütközés és összeolvadás felé tart – a saját házunk tájékán látjuk a bizonyítékaikat annak, hogy mind a HCM, mind a nagyléptékű összeolvadás megtörténik, és mindkettő ugyanabban a galaxisban...



Két spirálgalaxis ütközésének szimulációja: a Tejútrendszer és az M31 jövőbeli találkozásának számítógépes elemzése

Az elméleti szakemberek jelentős fejlődést értek el a számítógépes szimulációk csiszolgtatásával, amelyek úgy írják le a galaxisokat, mint egyedi részecskék raját, majd ütköztetik azokat, és megnézik, hogy mi történik. Ahogy a számítási kapacitás és sebesség növekszik, ezek a szimulációk egyre többet fednek majd fel a különböző N-test kölcsönhatások tulajdonságaiból. Ugyanakkor a megfigyelők egyre nagyobb távcsöveket építenek, a nagy felbontású spektroszkópok pedig lehetővé teszik a kor és a fémtartalom közti kifinomult kölcsönhatások kibogozását. Mindemellett az extragalaktikus gömbhalmazok azok a rendszerek, amelyek tanulmányozásával megfejthetjük a galaxis-formálódás kódját. A csillagászok nem néhány csillag megfigyelése során rakták össze a csillagfejlődés elméletének apró darabjait, hanem igen nagy számú csillagról gyűjtöttek adatokat, amelyek lehetővé tették az elméletek tesztelését és finomítását. Ugyanezt az utat járjuk be most is. Megpróbáljuk létrehozni a galaxiskeletkezés átfogó elméletét, és ehhez rengeteg galaxis adatára van szükségünk.

A nagy látómezejű leképező égboltfelmérések extragalaktikus gömbhalmazok ezreit teszik tanulmányozhatóvá, az új generációs óriástávcsövek pedig minden korábbinál pontosabban mérik majd meg a halmazok fényességét. Reményeink szerint ezek az új eszközök teszik majd lehetővé számunkra, hogy megfejtsük a „gömbhalmaz-kódot”, és vele együtt a galaxisok keletkezésének titkait is.

(SKY AND TELESCOPE 2006. MÁRCIUS,
CHRISTINE PULLIAM CIKKÉT FORDÍTOTTA SZÉKELY PÉTER)



Bemutatóterem: Budapest, XIX. (Kispest) Áchim András u. 2.

Tel: 20/98-49-302

email: info@makszutow.hu

web: www.celestron.hu

web: www.makszutow.hu

Unja a kínai távcsövet?

Vegyen **TAL** csövet!



110/806 EQ Newton	65 000 Ft
110/806 EQ-M Newton (órágéppel)	99 000 Ft

150/750 EQ-M Newton (órágéppel)	150 000 Ft
150/1200 EQ-M Newton (órágéppel)	159 000 Ft
150/1200 deLux Newton felára	8 000 Ft

100/1000 EQ refraktor	99 000 Ft
125/1125 refraktor tubus	160 000 Ft



Minőségi optikák - földközeli áron!