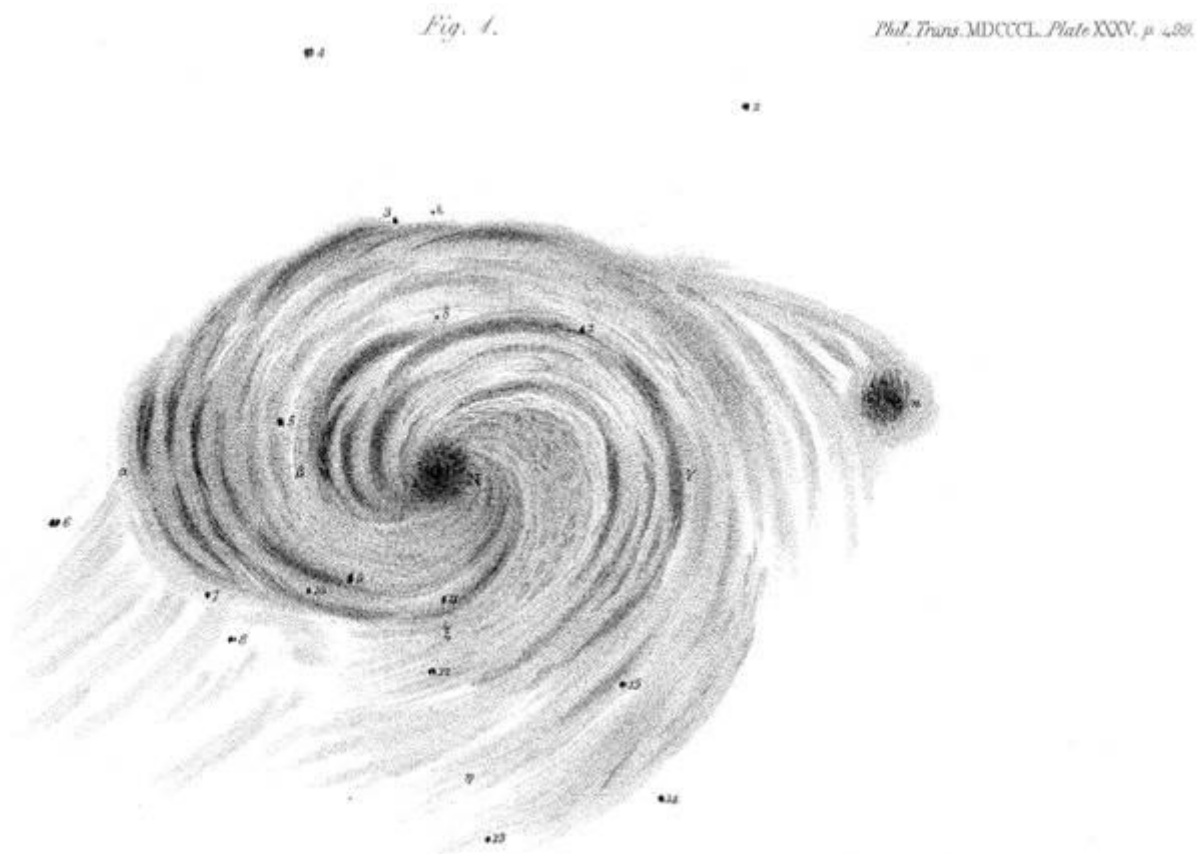


Az extragalaxisok.

„Innen az extragalaxisokat vizsgálni olyan, mintha egy bohát beültetnének egy öveg lekvárba és arra kérnék, hogy figyelje meg a külvilágot...Mai óránk háziállata a bolha.”
(Mindez Marik Miklós egyik csillagászati előadásán hangzott el. Tóth L. Viktor feljegyzése.)

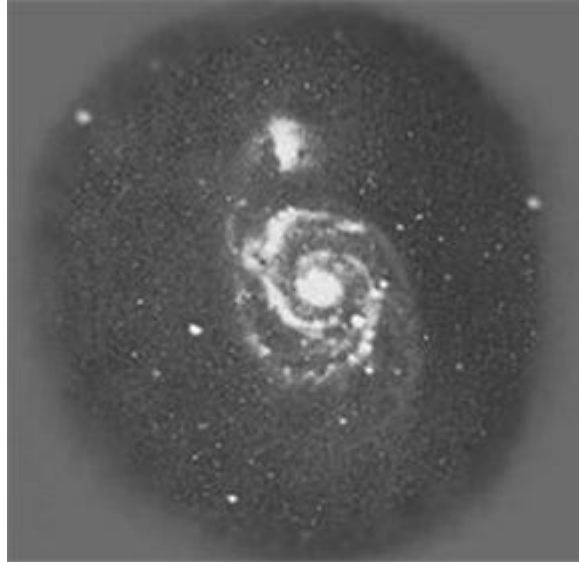
Minden olyan, nagy méretű csillagcsoportot így nevezünk, amely a Tejútrendszer határán túl van. De, hol is húzódik a Galaxis határa?

Sokáig úgy gondolták, hogy az égbolton látható, halvány diffúz ködpamacskok a Tejútrendszerünk tagjai. Ezen nem kell csodálkozni, hiszen a szemünkkel megfigyelhető égitestekre alapozták ismereteiket. Az elkészült feljegyzések – rajzok – pedig mindig szubjektívek, egyéntől függőek voltak. A szemünk leginkább a sárgászöld tartományban érzékeny. Ez pedig nem tár fel minden tulajdonságot. A XIX. század végéig tehát minden csillagásznak művésznak is kellett lenni, hogy pontosan lerajzolja azt a képet, amit látott.



Az M51 (CVn) extragalaxis rajza 1850-ből. Lord Ross készítette. (Forrás: rstl.royalsocietypublishing.org.)

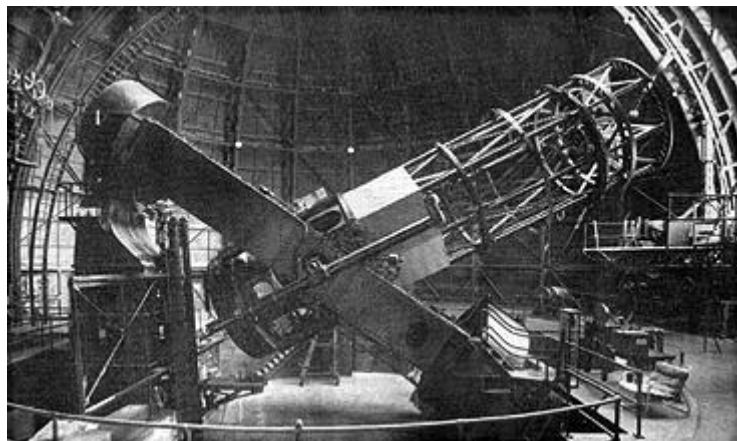
Az emberi szem nem képes a fotonokat összegezni, a fotóemulzió azonban igen. Tehát a fényképezés csillagászati alkalmazása nagy fordulatot jelentett. Ez a módszer pedig objektív, és a fényérzékeny anyag más hullámhossztartományokat emel ki a szemünkkel szemben, inkább a kékre érzékeny.



A felvételt Isaac Roberts (1829-1904) walesi amatőr csillagász készítette. Érdekes a rajzot és fotót összevetni. (Forrás: wordpress.com.)

Immanuel Kant volt az első, aki feltételezte, hogy a távcsőben látszó halvány ködfoltok már nem a Tejútrendszer tagjai, hanem extragalaktikus objektumok. A XX. század elején is sok csillagász volt, aki ezt a nézetet elutasította, és úgy gondolta, hogy minden ködös objektum a Tejútrendszerhez tartozik. A spirál alakú ködöket születő bolygórendszereknek vélték.

Az USA-beli Wilson-hegyen létesült a kor legnagyobb teljesítményű távcsövét magába záró csillagda. A Hooker teleszkóp főtükrének átmérője 254 cm (100 hüvelyk) volt. Ez új ablakot nyitott a világegyetemre.

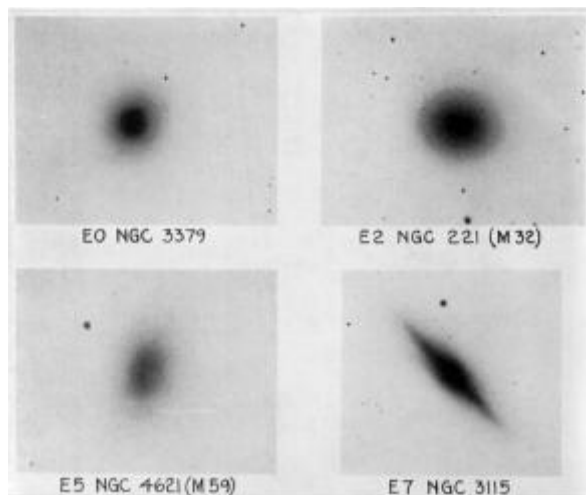


A Hooker teleszkóp. (Forrás: APOD.)

1924-ben *Edwin P. Hubble* (1889-1953) USA-beli csillagász az Andromeda csillagvárosban talált cefeidák fényváltozását mérte meg. A korábban felismert periódus-fényesség összefüggés alapján azt találta, hogy az M31-nek extragalaxisnak kell lennie! Tehát nem lehet a mi rendszerünk tagja. A távolságára 1 millió fényévet kapott. Majd nem sokkal később az M33 jelű galaxisban talált cefeidák megfigyelése is azt bizonyította számára, hogy a mi galaxisunkon kívüli objektumról van szó.

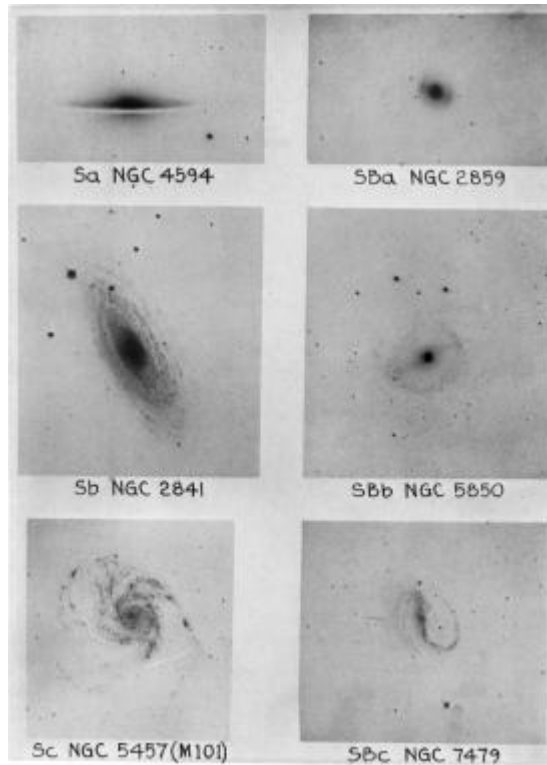
Ezt követően számos felvételt készített a különböző alakú ködökről, majd ezeket elkezdte osztályokba sorolni.

Az elkészített képeken olyanok is feltűntek, melyek csak csillagokat tartalmaztak, köd- és poranyag egyáltalán nem látszott bennük. Alakjuk a körtől az elnyúlt ellipszisig változott, ezért a nevük *elliptikus galaxis* lett, jelük: E. A körtől való eltérésüket a mellettük lévő számok jelzik, a nulla a kört jelzi. Természetesen térbeli – pl. gömb alakú égitestekről van szó.



Az eredeti Hubble-osztályozás elliptikus galaxisai. (Forrás: Tóth L. Viktor: A galaxisok világa.)

Egy másik csoport spirál alakot mutatott. A fényes, központi részből több spirál alakú kar ágazott ki. Ezek a *spirálgalaxisok* csoportját alkotják. Ezeket S betűvel jelölte.



A spirálgalaxisok Hubble által történt osztályozása. (Forrás: Tóth L. Viktor: A galaxisok világa.)

Olyan extragalaxisokat is talált, amelyek magjából a karok először egyenes vonalban indulnak ki, majd csak később figyelhető meg a spirális struktúra. Ezek a *horgas spirálisok*. A jelük: SB



Egy jellegzetes horgas spirális galaxis, az NGC 1300. (Forrás: NASA, ESA, APOD.)

Léteznek olyan objektumok is, amelyek semmilyen szimmetriát nem mutatnak, az alakjuk szabálytalan, ezért a nevük: *irreguláris*. A jelük: Irr.

Ezek nem szerepelnek a Hubble által 1926-ban közzétett osztályozási „hangvillában”.

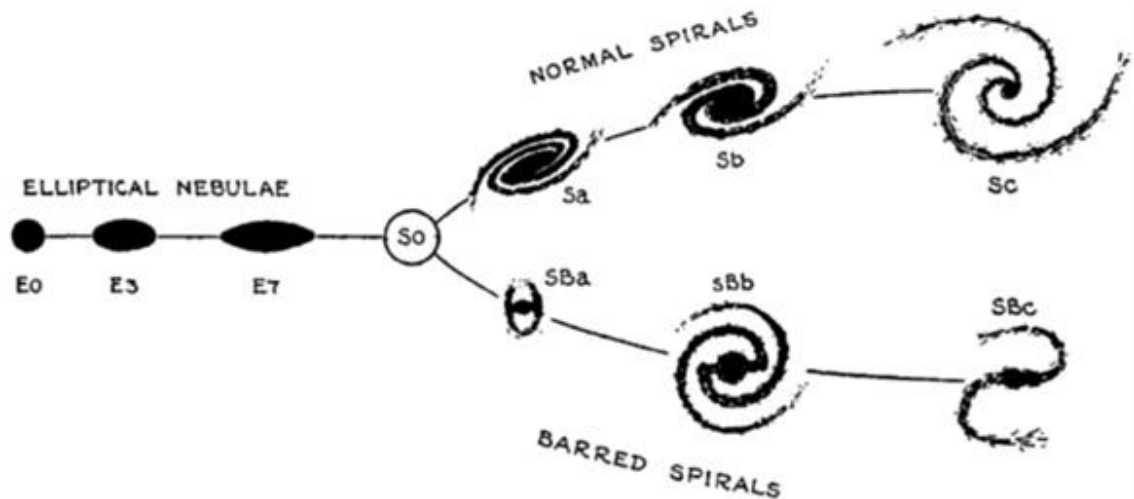


FIG. 1. *The Sequence of Nebular Types.*

Az eredeti osztályozás dokumentuma. (Forrás: Tóth L. Viktor: A galaxisok világa.)

Az elliptikusokból hiányoznak a csillagképződéshez szükséges gáz- és porfelhők (vagy csak keveset tartalmaznak ezekből), míg a spirál rendszerekben bőven van „nyersanyag”. Az S jelűek a-c jelölése arra utal, hogy hány spirálkar ágazik ki a magból, és azok mennyire nyitottak. Többen arra gondoltak, hogy ez a fenti kép egy fejlődési útvonalat rajzol ki. Hubble élesen tiltakozott ez ellen.

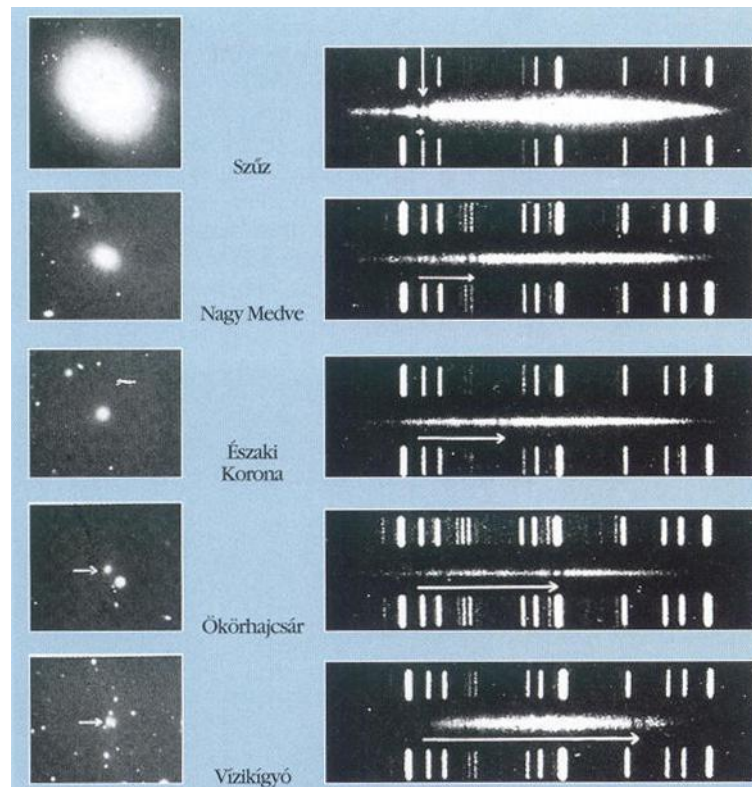
Az elliptikusokról az a vélemény alakult ki, hogy korábban spirálisok lehettek, de – idős koruk miatt – a karok feltekeredtek, ezért nem vehetők észre.

Ez az osztályozási forma már sok átalakuláson esett át, de gyökerei a híres csillagászhoz nyúlnak vissza.

Ha valaki kíváncsi a részletekre – a galaxisok morfológiájára –, akkor figyelmébe ajánljuk a Marik Miklós által szerkesztett művet, és a többször idézett Tóth L. Viktor kolléga által írt kiváló tanulmányt, mely a világhálón elérhető.

Hubble másik alapvető felfedezése a galaxisok távolságára és távolodási sebességére vonatkozott.

1929-ig két tucatnyi galaxis távolságát becsülte meg a színeképelemzés segítségével. Üveglemezre felkent emulzió által vette fel a galaxisok színeképét, ahol – a korábban említett ionizált kalcium H és K vonalának eltolódása révén (a Doppler-effektusról már sokszor tettünk említést) – megállapította, hogy ezek a jellegzetes vonalak annál jobban eltolódnak a hosszabb hullámhosszak (a vörös) felé, minél nagyobb távolságban vannak tőlünk! Ezt vöröseltolódásnak nevezzük.



Néhány galaxis színeképében megfigyelt eltolódás. Minden színeképfelvétel közepén a galaxisról készült képet látjuk. Alatta és fölötte pedig a viszonyítási alapot nyújtó laboratóriumi színeképvonalakat figyelhetjük meg. (Forrás: astro.u-szeged.hu.)

A korszakalkotó felismerés lényege: minél távolabb van tőlünk egy galaxis, az annál nagyobb sebességgel távolodik tőlünk, és egymáshoz képest is. Tehát az említett jellegzetes színeképvonalak annál jobban tolódnak el a hosszabb hullámhossz irányába, minél nagyobb a vöröseltolódás mértéke. Hubble ezáltal felismerte, hogy a világegyetem mérete folyamatosan nagyobbá válik, azaz tágul!

Ha bármely másik galaxisról (bolháról – lásd Marik Miklós szövegét) szemlélnénk a körülöttünk lévő csillagvárosokat, akkor ugyanezt tapasztalnánk. Van egy népszerű szemléltetés. Vegyünk elő egy lufit, rajzoljunk rá fekete filctollal pontokat. Ezután kezdjük el felfújni. Jól meg lehet figyelni, hogy minden pont egymáshoz mért távolsága folyamatosan nőni fog, ahogy a léggömb térfogata egyre nagyobbá válik.

Azt szokták mondani, hogy minden hasonlat rossz, de mégis jó valamire. Ez az egyszerű kísérlet egy kétdimenziós felületen próbálja bemutatni azt a változást, ami a térben történik. Bemutatásra, és az elv ismertetésére nagyszerűen megfelel.



A léggömbös bemutató. (Forrás: R. Jastrow: Vörös óriások és fehér törpék.)

A Hubble által felismert összefüggés egyenes arányosságot mond ki: minél nagyobb a galaxis távolsága, annál nagyobb a távolodási sebessége. Ez pedig a következőt jelenti:

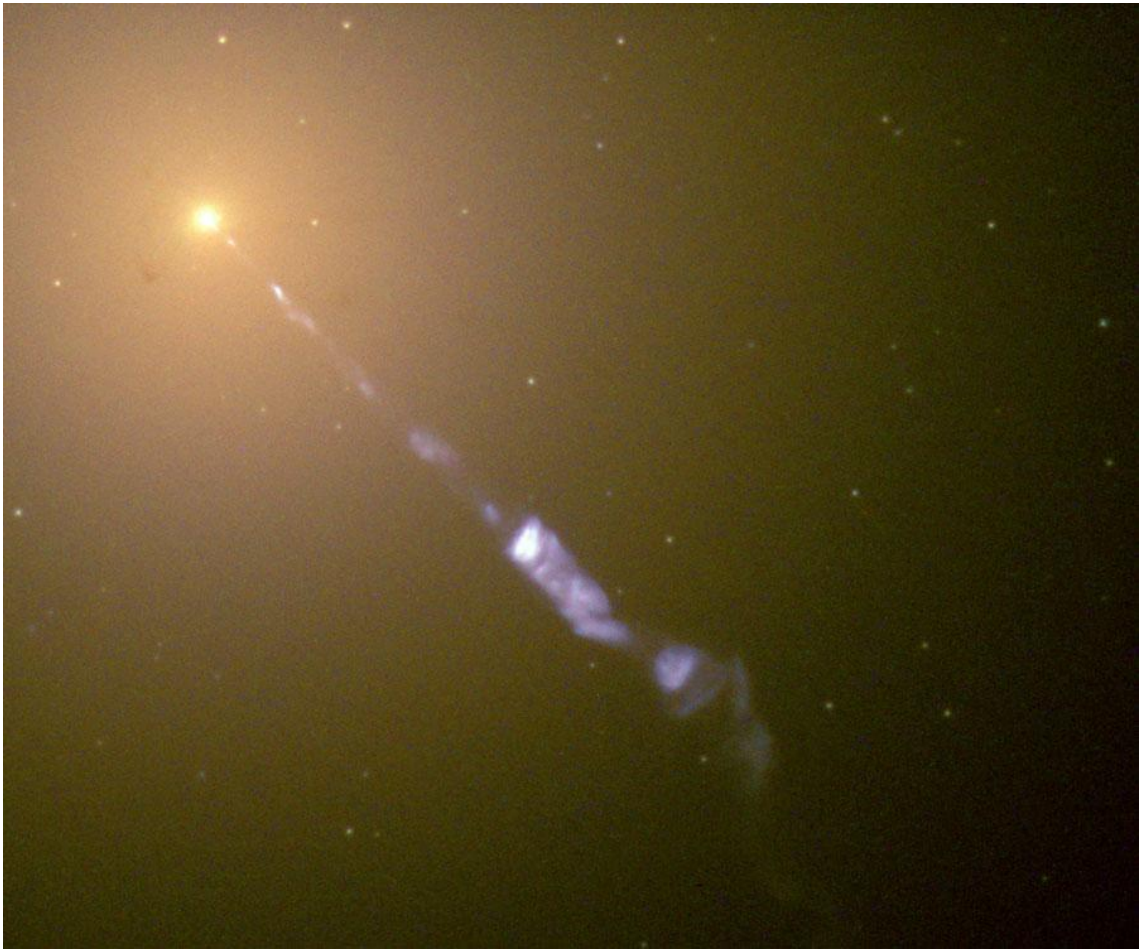
$$v = H \cdot R,$$

ahol v a galaxis távolodási sebessége km/s-ban, R a tőlünk mért távolsága Mpc-ben (megaparsec = millió parsec), H pedig a Hubble állandó, melyet km/s/Mpc-ben mérünk. Ez a legproblémásabb! Állandó? Attól függ, hogy milyen világmodellt alkalmazunk. Többféle elképzelés van. Erre a világegyetem születése című fejezetben visszatérünk.

Különleges galaxisok.

Nagyon sok olyan galaxis létezik, amelyek nem sorolhatók a fenti osztályokba, ezeket *pekuliáris (különleges) galaxisoknak* nevezzük. Pl. csak egyetlen spirálkar van, vagy a végén

egy kísérő látszik. Több olyan is létezik, amely mellett diffúz csóvát, vagy a magból kilövellő anyagfelhőt (jet) lehet megfigyelni.



Az M87 jelű elliptikus galaxis által kidobott anyagfelhő. (Forrás: J. A. Biretta, APOD.)

Vannak olyanok is, amelyek magjában lejátszódó folyamatok anyagkidobódást eredményeznek. Egyes extragalaxisoknál a magból érkező erős rádiósugárzást is megfigyeltek már. Ezeket *rádiógalaxisoknak* szoktuk nevezni.



Az NGC 5128 jelű elliptikus galaxis a Centaurus (Cen) csillagképben, amely roppant energiájú rádióforrás. (Forrás: David Malin, AAO.)

Ha már ez szóba került, akkor mindenképpen bővebben kell írni a *kvazárokról*.

Az angol elnevezés: *quasar*. Ez pedig azt jelenti, hogy *csillagszerű (kvázisztelláris) rádióforrás*. 1963-ban fedezték fel az elsőt. A felvett színekép olyan mértékű eltolódást mutatott, ami arra utalt, hogy az égitest már a fényével összemérhető sebességgel távolodik tőlünk!

A Hubble által felismert összefüggés a *kozmológiai* – a világegyetem szerkezetére, fejlődésére vonatkozó – *vöröseltolódást mutatja*. Van egy *másik vöröseltolódása* is a színeképvonalaknak, melyet Einstein jóslt meg az általános relativitáselméletben. Ezt pedig a fényt kibocsájtó csillagok színeképvonalainál figyelhetjük meg. *A hullámhossz változást a csillag tömegétől függő gravitációs mezejének erőssége okozza. Minél nagyobb a tömeg, annál erősebb a mező, tehát az eltolódás mértéke is ezzel arányos. Itt nem a Doppler-effektus (mozgás) hozza létre a színeképvonalak helyének megváltozását!*

A kvazárok színeképében tapasztalt kozmológiai eredetű vöröseltolódás arra utalt, hogy nagyon távoli objektumokról lehet szó. Ennek megfelelően még a fiatal korabeli állapotukat figyelhetjük meg! Valójában már idősekké váltak, hiszen a megfigyelt fotonok régóta úton

voltak, amikorra elérték a felfogó műszereinket. (Célszerű ezen a gondolatmeneten egy kicsit elgondolkodni.)

A színekpük arról tanúskodik, hogy minden képzeletet felülmúló energiát sugároznak ki magukból. Ennek magyarázatára egymástól eltérő nézetek alakultak ki. Pl.: születőben lévő galaxisok magjáról van szó – ne feledjük a távolság és idő közötti kapcsolatot. Több száz-milliárd Nap-tömegű csillaganyag gravitációs összeomlása miatt nagy számú szupernóva-robbanás jött létre. Az anyag és az antianyag találkozása során szabadult fel ekkora energia (pármegsemmisülés – lásd korábban).

Egy bizonyos: pontszerű objektumok, ez pedig nemcsak az optikai, hanem bármely más megfigyelési tartományra is érvényes megfigyelési eredmény.