

N.G.C. 6822, A Remote Stellar System

Sepsal Edwin Hubble roku 1925 na Mount Wilson Observatory

referováno F. Hrochem

ÚTFA MU, Brno

5. prosinec 2008

*Každý nový objev prochází třemi stupni:
V prvním je směšný
V druhém je potírán
V třetím je samozřejmý*

Artur Schopenhauer (1788 – 1860)

Edwin Hubble

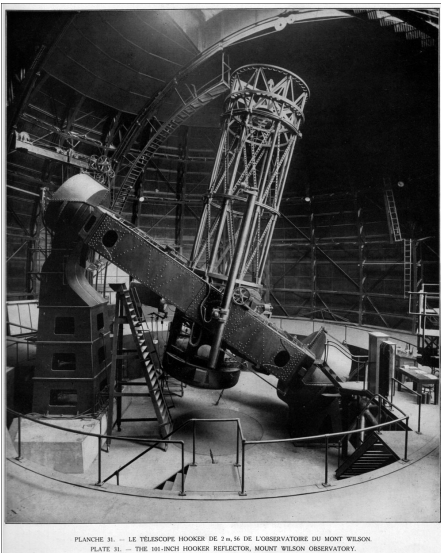
život 1889 – 1953



- v mládí úspěšný sportovec
- BS (1910) z Chicagské university (astronomie, matematika, filozofie)
- MA (1914?) z Oxfordu (teorie a filozofie práva, později španělština)
- člen „komory advokátů“, přestože neprovozoval praxi
- kariéra v armádě: I. světová válka – major, II. světová válka – testovací základna v Aberdeenu (Maryland)
- po smrti neměl pohřeb a nic není známo o jeho těle

Edwin Hubble

práce 1917 – 1953



- PhD (1917), Chicagská universita, „Photographic investigations of faint nebulae“
- od 1919 zaměstnán na Mount Wilson (poblíž Pasadena, CA)
- pozoroval s tehdy největším 2.5 m dalekohledem
- první pozorovatel na 5 m dalekohledu na Mount Palomaru
- morfologie a klasifikace galaxií
- objev „extra-galaktických“ mlhovin
- objev rudého posuvu u galaxií

Velká debata

Great debate, 26. dubna 1920



Harlow Shapley (pomocí kulových hvězdokup lokalizoval centrum Mléčné dráhy)



H. D. Curtis (novy v cizích galaxiích)

- auditorium Smithsonian Museum of Natural History
- debata o velikosti Vesmíru a o našem místě v něm
- Shapley: celý Vesmír je tvořen jen naší velkou Galaxií a „spirální mlhoviny“ jsou jen blízká plynná mračna
- Curtis: Vesmír je složen z mnoha galaxií podobných té naší a ty mohou být identifikovány jako „spirální mlhoviny“. Slunce pak leží poblíž středu běžné galaxie.
- pozorovaná fakta známá v té době jsou rozporuplná
- publikována v Bulletin of the National Research Council, May 1921
- dnes již vstoupila do legend

- 1. zimní a 8. letní Olympijské hry
- první oblet kolem Země v letadlech
- patentována točená zmrzlina
- založeno IBM
- * M. Mastroianni, B. Mandelbrot, A. Hewish, † F. Kavka
- objev Tutanchámonova sarkofágu
- K. Absolon začíná výzkum v Dolních Věstonicích
- v Brně zahájeno vysílání Radiojournálu, časové signály z Greenwiche
- premiéra L.Janáček: Příhody Lišky Bystroušky
- 31. prosince oznamuje Edwin Hubble existenci vzdálených extra-galaktických systémů.

N.G.C. 6822, A REMOTE STELLAR SYSTEM[†]

BY EDWIN HUBBLE

ABSTRACT

A study of N.G.C. 6822.—The object is a very faint cluster of stars and nebulae, about $20' \times 10'$, resembling the Magellanic Clouds. Detailed investigations confirm the similarity and show that it extends to many structural features of these systems. Familiar relations such as those connecting periods and luminosities of Cepheids, luminosities of brightest stars involved in diffuse nebulae, and frequencies of the most luminous stars in the systems are consistent when applied to N.G.C. 6822, the first object definitely assigned to a region outside the galactic system.

Variable stars.—Eleven of the fifteen variables found in the cluster are Cepheids. A system of photographic magnitudes has been established from comparisons with the two nearest Selected Areas; and periods, light-curves, and magnitudes have been determined for the Cepheids. The periods range from 12 to 64 days and the magnitudes at maximum, from 17.45 to 19.05. The period-luminosity relation is conspicuous, and a comparison with Shapley's general curve in *Harvard Circular*, No. 280, indicates a distance for N.G.C. 6822 of 214,000 parsecs. $m - M = 21.65$.

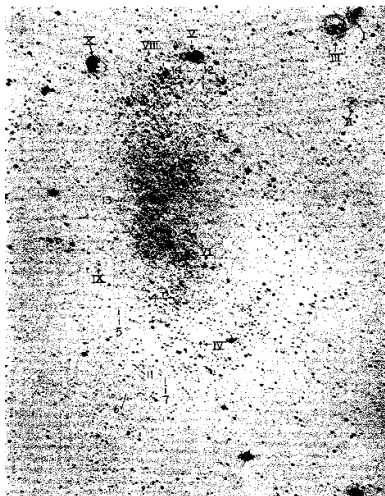
Nebulae.—Five diffuse nebulae are involved in the cluster. The four brightest show emission spectra similar to those of the diffuse galactic nebulae. A radial velocity of +25 km/sec., uncorrected for solar motion, has been derived from one slit spectrogram of the brightest nebula. The mean diameter of the diffuse nebulae, about 40 parsecs, is comparable with those of the largest nebulae in other systems. In addition to the diffuse nebulae, several small objects are present, which are probably non-galactic



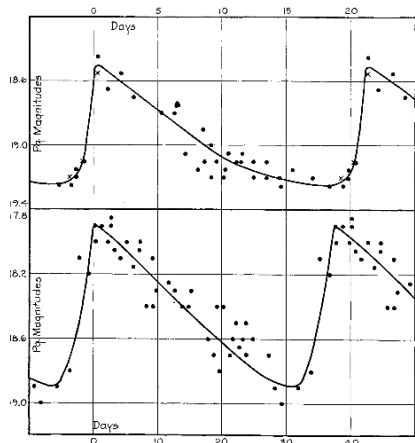
- shrnutí historických pozorování, od Barnarda do současnosti
- analýza nalezených světelných křivek 15-ti proměnných hvězd (odhad vzdálenosti)
- spektroskopie pěti difúzních mlhovin
- distribuce hvězd podle magnitudy
- analýza plošné magnitudy kolem centra

Historická pozorování

N.G.C. 6822 (Barnardova mlhovina)



- „a faint irregular cluster of stars“
- podobného vzhledu jako Magellanova mračna
- objevena Barnardem (1884), 13 cm reflektor, velmi slabá, vzhled v 15 cm reflektoru je kometární (proměnná mlhovina)
- 66 cm reflektor na McCormick: nepozorovatelná
- 1906, první fotografie od Wolfa
- na Mt. Wilson pozorována v letech 1921 (Duncan), 1923/24, 1925



- nalezeno 11 Cefeid, periody 16 až 64 dnů, magnitudy v maximu 17.45 až 19.05
- fotometrická kalibrace na blízkém poli, statistické nejistoty měření v magnitudách jsou 0.1 (max. 0.4)
- možné systematické odchylky: refrakce a extinkce světla, protažení obrazu (pozn. max. výška nad obzorem pouze 40°)
- typické expozice 60 až 75 minut
- zbývající 4 hvězdy jsou pravděpodobně dlouhoperiodické

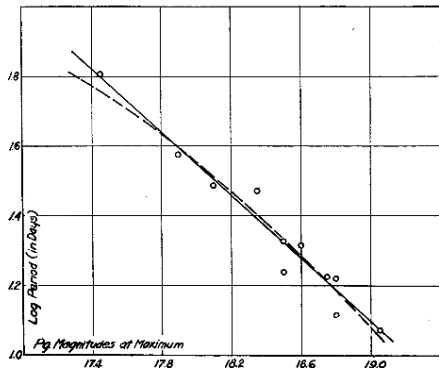
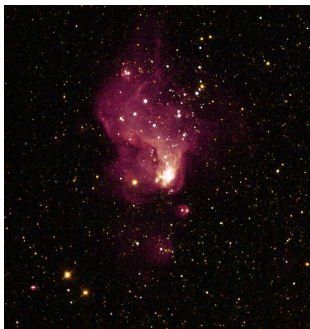


FIG. 2.—Period-luminosity relation among Cepheids in N.G.C. 6822. The continuous line represents the correlation curve, $m(\max) = 21.40 - 2.19 \log P$. The broken curve indicates the corresponding portion of Shapley's general period-luminosity curve reduced to the scale of photographic magnitudes.

- (pozn. relace perioda — svítivost objevena H. Leavittovou roku 1911)
- $m(\max.) = 21.401 - 2.193 \log P$
(průměrná residua ± 0.06 na úrovni měřících chyb)
- $m(\max.) - M(\text{median}) = 21.26 \pm 0.02$
- $m - M \sim \log r^{-2}$,
vzdálenost 214 tisíc parseků

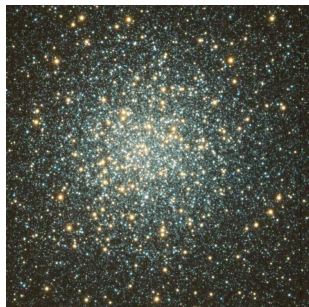


- nalezeno 10 mlhovin promítajících se nebo patřících do N.G.C. 6822
 - bezštrbinová spektroskopie pro 8 mlhovin odhaluje čáry H (Balmer), N (i zakázané)
 - průměrný průměr pěti mlhovin je 37° (41 parseků) — srovnatelné s Barnardovou smyčkou obepínající Orion
-
- štrbinové spektrum pro jednu mlhovinu dává radiální rychlosti +16 km/s a +34 km/s (neopraveno o pohyb Slunce)
 - spektrum ukazuje na emisní mlhoviny kolem horkých hvězd (B0)
 - svítivosti těchto nejjasnějších hvězd jsou srovnatelné s hvězdami v naší Galaxii

Negalaktické mlhoviny

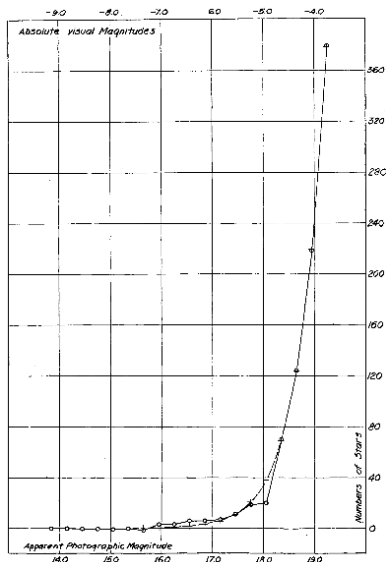
- hypotéza: 5 objektů kometárního vzhledu, jejich velikost se mění s expozičním časem, pravděpodobně jde o centra kulových hvězdokup
- celková magnituda je menší (16) než očekávaná ve srovnání s galaktickými kulovými hvězdokupami (14), ale srovnatelná s těmi v mračnech Magellana

- spektra jsou bez emisních čar
- také jejich velikosti nesedí
- rozdíly vysvětluje tak, že objekty se do blízkosti N.G.C. 6822 jen promítají
- (pozn. dnes víme, že to kulové hvězdokupy jsou)



(M3)

Distribuce hvězd podle jasnosti



- blink-mikroskopem byly počítány hvězdy na ploše $3' \times 8'$ od 15.8 do limitu 19.4 (celkem 945 hvězd)
- měřené počty spojeny čarou, čárkovaně Kapteynova funkce svítivostí pro sluneční okolí
- barevné indexy mají velké chyby, ale zhruba odpovídají svítivostem
- poměr vzdáleností $2 \times$ v magnitudách odpovídá 1.5
- extinkce ve fotografické oblasti asi 1 magnituda

- pozorováno menším dalekohledem, aby nebyly rozlišeny jednotlivé hvězdy
- fotografická plošná magnituda 18.8 ± 0.3 na čtvereční vteřinu (nebe nad Mt. Wilson mělo asi 22.1)
- celková pozorovaná magnituda je 9.7
- aproximace elipsoidem $a \times b \times (a + b)/2$
- průměrná hustota 8.8 hvězdy na kubický parsek (podobná se slunečnímu okolí), kolem středu je ovšem 20 až 30 \times větší
- celková magnituda z elipsoidu obepínajícího galaxii a s Kapteynovou funkcí a průměrnou hustotou dává -13.64
- vizuální určení dává -12 , možné chyby: barevné indexy, jiné složení svítících objektů než ve slunečním okolí

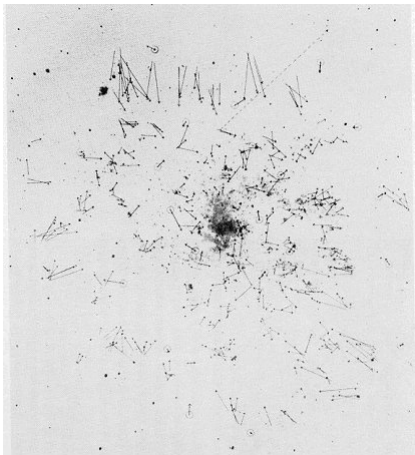
The present investigation identifies N.G.C. 6822 as an isolated system of stars and nebulae of the same type as the Magellanic Clouds, although somewhat smaller and much more distant. A consistent structure is thus reared on the foundation of the Cepheid criterion, in which the dimensions, luminosities, and densities, both of the system as a whole and of its separate members, are of orders of magnitude which are thoroughly familiar. The distance is the only quantity of a new order.

The principle of the uniformity of nature thus seems to rule undisturbed in this remote region of space. This principle is the fundamental assumption in all extrapolations beyond the limits of known and observable data, and speculations which follow its guide are legitimate until they become self-contradictory. It is therefore a matter of considerable importance that familiar relations are found to be consistent when applied to the first system definitely assigned to the regions outside the galactic system.

Of especial importance is the conclusion that the Cepheid criterion functions normally at this great distance. Cepheid variables have recently been found in the two largest of the spiral nebulae, and the period-luminosity relation places them at distances even more remote than N.G.C. 6822. This criterion seems to offer the means of exploring extra-galactic space; N.G.C. 6822 furnishes a critical test of its value for so ambitious an undertaking and the results are definitely in its favor.

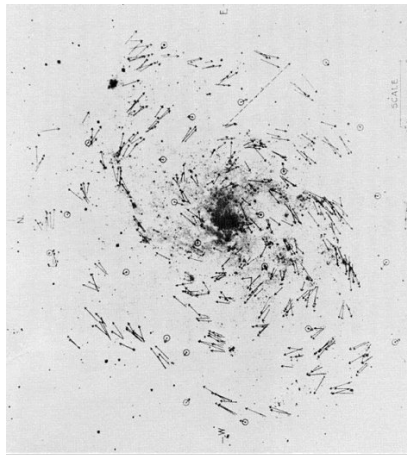
- ukázal že N.G.C. 6822 je vzdálený systém
 - tento článek byl první ze série tří věnující se tomuto tématu
 - souběžně pozoroval také M 31 a M 33
 - M 31 byla první galaxie v níž identifikoval cefeidy
 - abstrakt článku oznamujícího objev cefeid v M 31 a M 33 byl přečten 31. prosince 1924 na 33. konferenci Americké astronomické společnosti.
-
- musel si vybudovat framework
 - opíral se výsledky kolegy z Mt. Wilson (F. Seares)
 - určitě věděl i výsledcích svých kolegů (Curtis, Lundmark, Öpik)
 - jediný byl schopen vyloučit zjevně špatné pozorování (van Mannen pozoroval rotaci M 33)

Vlastní pohyby v M 33

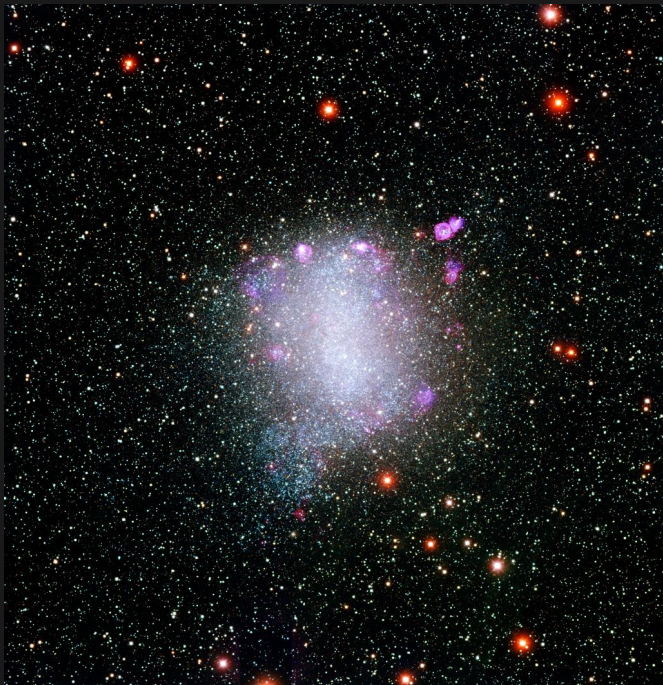


Lundmark (1921)

http://www.weblore.com/richard/adrian_van_mannen.htm



Van Maanen (1923)



Barnard's galaxy (NGC 6822)
 Magnitude: 9.00
 RA/DE: 19h45m24s/-14°46'41"
 Az/Alt: +121° 6'35"/+6° 3'39"
 Type: Galaxy
 Size: +0°10'12"



<http://physics.muni.cz/~hroch/hubble26.pdf>

<http://adsabs.harvard.edu/abs/1925ApJ....62..409H>

<http://www.archive.org/details/photographicinve00hubbrich>
(Hubbleho disertace)

http://en.wikipedia.org/wiki/Edwin_Hubble (Životopis)

http://antwrp.gsfc.nasa.gov/diamond_jubilee/debate20.html
(Great debate)

http://antwrp.gsfc.nasa.gov/diamond_jubilee/1996/sandage_hubble.html (Hubble očima Sandageho)