

Klassificatie van Sterrenstelsels

De klassificatie van sterrenstelsels verloopt nog altijd volgens de 'stenvork' van Hubble. Dit ondanks het feit dat we inmiddels weten dat er geen oorzakelijk verband zit tussen de volgorde die Hubble aanhield, en ook dat aanduiding 'vroeg-type' sterrenstelsels of 'laat-type' sterrenstelsels niets zegt over de evolutionaire status van het stelsel (integendeel zelfs!, maar dat komt later in het college).

Het klassificeren van sterrenstelsels is evenzeer een 'kunst' als een wetenschap. Het is hier, net als bij sterren, voornamelijk een kwestie van 'veel doen'. In deze oefening gaan we een aantal sterrenstelsels klassificeren.

1. Beschrijf de belangrijkste drie hoofdklassen van sterrenstelsels zoals die worden beschreven in de stenvork van Hubble.

De elliptische stelsels, de spiraal stelsels en de onregelmatige stelsels, ook goed is elliptisch, spiraal en barred stelsels

2. Wat is het verschil tussen bv. een Sb en een SBb sterrenstelsel?

Een SBb heeft een centrale balk en een Sb heeft dit niet.

3. Probeer aan de hand van de grafische indeling op pagina 33 van *Galaxies in the Universe* van Sparke and Gallagher een klassificatie te maken van de sterrenstelsels in Fig. 1. Geef bij ieder stelsel ook een korte motivatie. Merk op dat de sterrenstelsels hier als *negatief* worden gegeven. Dit is niet alleen gedaan om op toner te besparen, maar vooral omdat het oog gevoeliger is voor kleine structuren (zoals spiraalarmen) als deze zwart-op-wit worden afgebeeld, dan andersom.

4. De sterrenstelsels in Fig. 1 zijn, in alfabetische volgorde, NGC 2715, NGC 3077, NGC 3379, NGC 3938, NGC 4254, NGC 4449, NGC 4713, NGC 4866 en NGC 5850. Zoek op internet afbeeldingen van deze stelsels op en identificeer welk stelsel welke is in Fig. 1. Zoek ook de correcte klassificatie op en vergelijk deze met je antwoord op de vorige vraag. Geef ook waar je je antwoord hebt gevonden.

De volgorde van de stelsels in Fig. 1 is van boven naar beneden en van links naar rechts in alfabetische volgorde (dus kolomwijs). De correcte klassificatie is:

*NGC 2715 SBc
NGC 3077 Irregular, dE is ook goed.
NGC 3379 E1, ook bekend als M105
NGC 3938 Sc
NGC 4254 Sc
NGC 4449 IBm, Irregular, Barred, Magellanic-type
NGC 4713 SBd
NGC 4866 S0
NGC 5850 SBb*

1 De Hubble Flow

De sterrenstelsels in de buurt van de Melkweg hebben radiale snelheden die niet alleen worden bepaald door de expansie van het Heelal, maar ook door hun eigen beweging. Het is daarom voor deze sterrenstelsels moeilijk om een afstand te bepalen op basis van de wet van Hubble ($v = H_0 d$), en dit zou moeten gebeuren op basis van metingen van bv. variabele sterren.

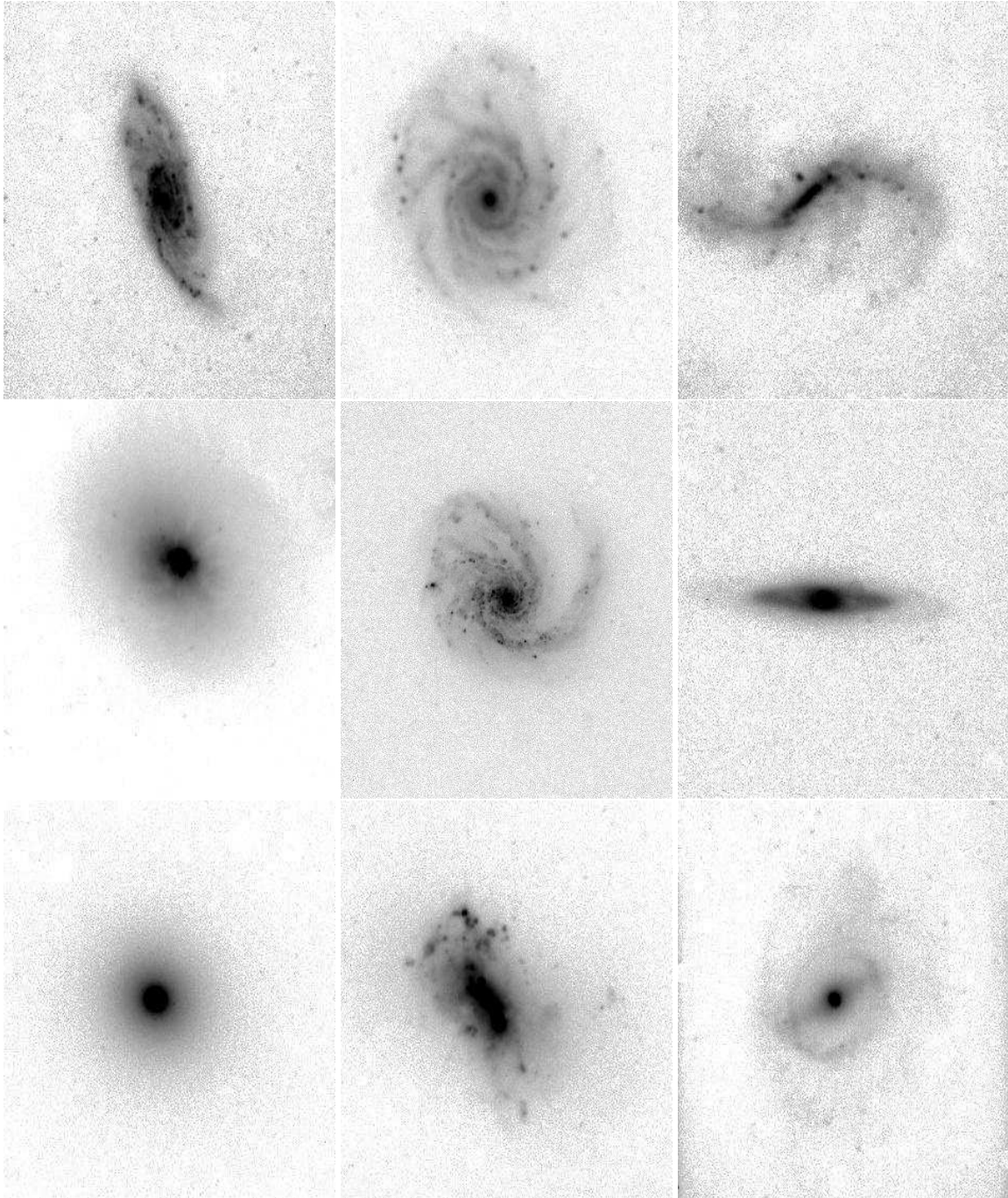


Figure 1: Negen nabije sterrenstelsels.

1. Uitgaande van een Hubble parameter, $H_0 = 72 \pm 5 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$, en een maximale eigenbewegingsnelheid van 1500 km s^{-1} , wat is afstand tot waar we 'last hebben' van de eigenbewegingsnelheden van sterrenstelsels? Verklaar hierbij welk criterium je zelf hebt genomen om *quantitatief* te bepalen wat 'last hebben' van betekent.

Quantitatief is natuurlijk nog steeds een rekbaar begrip. Waar het om gaat is dat we een criterium stellen aan de nauwkeurigheid die we willen bereiken in de afgeleide afstand. Bijvoorbeeld kunnen we zeggen dat we willen dat de eigensnelheid nooit meer dan 1/3 van de Hubble flow snelheid is. In dat geval is $cz=4500 \text{ km s}^{-1}$ en de afstand tot waarop dit geldt is dat $4500/72 \sim 62 \text{ Mpc}$.

2. Eigenlijk moeten we dus de afstand tot deze stelsels bepalen door naar variabele sterren te gaan kijken. De helderste reguliere sterren (geen supernovae) die hier goed voor te gebruiken zijn, zijn de Cepheiden. Deze hebben een lichtkracht van $\sim 20\,000 L_\odot$. Met een goede telescoop is het mogelijk om opnamen te maken van Cepheiden zo zwak als 25^e magnitude. Uitgaande van eenzelfde type spectrum van Cepheiden als de Zon, wat is dan de afstand tot waarop we door Cepheiden te meten goede metingen kunnen doen.

Met een lichtkracht van $20\,000 L_\odot$ hebben Cepheiden een absolute magnitude die $(-2.5 \log(L/L_\odot))$ groter is dan de Zon. Dit is -10.75 magnitude. Met een absolute magnitude van de Zon van $M_{bol} = 4.85$, hebben ze een absolute bolometrische magnitude van -5.9 . Als we tot 27e magnitude kunnen waarnemen en we er vanuit gaan dat de bolometrische correctie te verwaarlozen is dan is dat een afstandmodulus van $-32.9 (= 5 - 5 \log d)$, en dus een afstand van 38 Mpc .

3. Vergelijk de twee gevonden waarden in de vorige vragen en becommentarieer je antwoorden. Hebben we een probleem?

Wat je ziet is dat de afstanden zeer vergelijkbaar zijn, en dat de Cepheide afstand (met 27e magnitude als detectielimiet) echt op het randje is van wat technisch kan. Ook is de Hubble flow afstand nog wat aan de lage kant om echt een goede meting te kunnen doen (nu is het met een fout van 33%). Er is dus een gebied tussen zeg 20 - 100 Mpc waarin de afstandsbeoordeling nogal slecht bepaald is, en heel erg afhangt van de eigensnelheid van een stelsel en hoe goed we dat kunnen meten.

2 Ons Melkwegstelsel

Als meest nabije sterrenstelsel is ons Melkwegstelsel een bijzonder object voor studie. Niet alleen omdat we hier de opbouw van een sterrenstelsel in groot detail kunnen zien, maar ook omdat het de brug vormt tussen de studie van sterren en van sterrenstelsels. Het is dus heel belangrijk om ons eigen Melkwegstelsel goed te begrijpen.

1. We kunnen in de opbouw van ons Melkwegstelsel vier componenten onderscheiden. Welke zijn deze vier componenten? Geef ook typische afmetingen (een radiale schaalhoogte, een verticale schaalhoogte, en een massa) hiervan.

Component	radiele schaalengte	schaalhoogte	Massa (M_\odot)
Thin disk	3 kpc	300 pc	60×10^9
thick disk	3 kpc	1 kpc	0.6×10^9
Bulge	1-2 kpc	1-2 kpc	20×10^9
Halo	30 kpc	10 kpc	10^9

2. Welke van deze vier componenten domineert de lichtkracht van ons Melkwegstelsel? *De thin disk is verre weg de meest dominante bijdrage aan de lichtkracht, vooral ook omdat zich hier de jonge, lichtkrachtige sterren bevinden. De sterren in de Bulge zijn over het algemeen juist hele oude en zwakke sterren.*
3. Om onze weg te vinden in het Melkwegstelsel gebruiken we vaak galactische coördinaten. Wat is het equatorvlak van het galactische coördinaten stelsel en wat zijn de polen? Wat wordt gebruikt als nulpunt van de lengteschaal in galactische coördinaten?

Het equatorvlak is het vlak van ons Melkwegstelsel, of te wel, de Melkweg. De polen worden gedefinieerd als de punten die daar loodrecht op staan (dus onder een hoek van 90 graden). Het nulpunt van de lengteschaal is naar het galactisch centrum.

4. Gebruik de NASA Extragalactic Database (NED) om de posities van de oorsprong van het systeem $(l,b) = (0,0)$ om te rekenen naar equatoriale coördinaten. Wanneer in het jaar en vanaf welke plek op Aarde is dit goed te zien? Doe het zelfde met de noord-galactische pool $(l,b) = (0,+90)$. Gebruik NED (ned.ipac.caltech.edu) om te vinden dat $(l,b) = (0,0)$ staat op $(\alpha, \delta) = (17^h45^m37^s, -28^d56'10'')$. Dit is goed zichtbaar vanaf het zuidelijk halfrond (bv. ESO Paranal ligt op -26 graden ZB en het galactisch centrum komt dus recht over), en 17h45m is rond half juni. De noordgalactische pool $(0,90)$ staat op $(12^h51^m26^s, +27^d07'42'')$ en is dus vanaf het Noordelijk halfrond (bv. La Palma ligt op +29 NB) en rond eind maart goed te zien.