Pissarra del tema 8, sessió 1

Estrelles més properes

Proxima Centauri. Ascensió recta: 14 hores 26,5 minuts. Declinació: $-62^o\ 29'$. Distància: 4,2 anys llum, que són 1,2 parsecs.

α Centauri. Ascensió recta: 14 hores 36,5 minuts. Declinació: $-60^o\ 38'$. Distància: 4,3 anys llum, que són 1,3 parsecs.

Munich 15040. Ascensió recta: 17 hores 55,3 minuts. Declinació: $4^o\ 29'$. Distància: 6,0 anys llum, que són 1,9 parsecs.

Lalande 21185. Ascensió recta: 11 hores 0,6 minuts. Declinació: $36^o\ 20'$. Distància: 8,2 anys llum, que són 2,4 parsecs.

Wolf 359. Ascensió recta: 10 hores 53 minuts. Declinació: $7^o\ 30'$. Distància: 8,1 anys llum, que són 2,5 parsecs.

Sirius A. Ascensió recta: 6 hores 43 minuts. Declinació: $-16^o\ 38'$. Distància: 8,7 anys llum, que són 2,7 parsecs.

Magnituds de les estrelles

Hipparchus de Nicea, en el segle II a.C. va fer un catàleg d'estrelles molt complert en el qual relacionava 1.080 estrelles. Les va classificar en diferents magnituds segons el seu brillo. Les que brillaven molt les va denominar de magnitud 1, les que brillaven un pèl menys, de magnitud 2, etc. Avui en dia s'ha volgut donar un sentit precís a aquestes magnituds que Hipparchus va atorgar a les estrelles a ull.

Primer de tot hem de prendre una unitat de magnitud. Com sempre, això de prendre unitats és una cosa totalment arbitrària. Per respectar la història i la classificació d'Hipparchus, podem prendre com a unitat de magnitud l'estrella Spica de la constel·lació de Virgo. Definim llavors la magnitud 2 com aquelles estrelles el brillo de les quals és igual al de Spica dividit pel número 2,511886432 (que no és altra cosa que l'arrel cinquena de 100). $\sqrt[5]{100} = 2,511886432\ldots$ Tenim, doncs,

$$\text{brillo d'una estrella de magnitud 2 } = \frac{\text{brillo d'una estrella de mag. 1}}{\sqrt[5]{100}}$$

Definim la magnitud 3 imposant que

$$\text{brillo d'una estrella de magnitud 3 } = \frac{\text{brillo d'una estrella de mag. 2}}{\sqrt[5]{100}}$$

i així successivament.

Tindrem, doncs,

$$\text{brillo d'una estrella de magnitud 3 } = \frac{\text{brillo d'una estrella de mag. 1}}{(\sqrt[5]{100})^2}$$

En general,

$$\text{brillo d'una estrella de magnitud n } = \frac{\text{brillo d'una estrella de mag. 1}}{(\sqrt[5]{100})^{n-1}}$$

Fixeu-vos que quan $n = 6$, es té

$$\text{brillo d'una estrella de magnitud 6 } = \frac{\text{brillo d'una estrella de mag. 1}}{100}$$

O sigui que augmentar en 6 unitats la magnitud correspon a dividir per 100 el brillo.

Pissarra del tema 8, sessió 2

Magnituds (relatives i absolutes) d'estels

Recordem que el brillo d'un estel és l'energia que rebem d'ell per unitat de temps i de superfície. Recordem que

$$\text{brillo d'un estel de magnitud } (n+1) = \frac{\text{brillo d'un estel de magnitud 1}}{(\sqrt[5]{100})^n} \ .$$

Així, doncs, per a dos estels qualssevol A i B per als quals la diferència de magnituds és n (o sigui magnitud de $B =$ magnitud de $A + n$), es té

$$\text{brillo de } B = \frac{\text{brillo de A}}{(\sqrt[5]{100})^n} \ .$$

Això es pot escriure així:

$$(\sqrt[5]{100})^n = \frac{\text{brillo de } A}{\text{brillo de } B} \ .$$

Prenent logaritmes en base 10 es té

$$\frac{n}{5} \log_{10}(100) = \log_{10}\left(\frac{\text{brillo de } A}{\text{brillo de } B}\right) \ .$$

Tenint en compte que $\log_{10}(100) = 2$, tenim

$$n = \frac{5}{2} \log_{10}\left(\frac{\text{brillo de } A}{\text{brillo de } B}\right) \ . \tag{1}$$

Anem ara a establir una altra fórmula que en principi no té res a veure amb aquesta. Suposem que tenim un estel situat a distància d de nosaltres. Designem per brillo_d el brillo que nosaltres mesurem d'aquest estel (nosaltres estem a distància d). Es compleix:

$$4\pi d^2 \times \text{brillo}_d = \text{energia emesa per l'estel per unitat de temps.} \tag{2}$$

Justificació d'aquesta fórmula: Imagineu una esfera de centre l'estrella i radi d (esfera en la qual ens trobem nosaltres). Com que tots els observadors situats a la superfície d'aquesta esfera estan a la mateixa distància d de l'estel, tots ells mesuraran el mateix brillo (que serà brillo_d). Però com que el brillo s'ha definit com l'energia rebuda per unitat de temps i unitat de superfície, si multipliquem brillo_d per la superfície d'aquesta esfera de radi d, obtindrem l'energia que travessa l'esfera de radi d per unitat de temps:

$$4\pi d^2 \times \text{brillo}_d = \text{energia que travessa l'esfera per unitat de temps} \ .$$

Però l'energia que travessa aquesta esfera per unitat de temps serà igual a l'energia emesa per l'estrella per unitat de temps (en física clàssica l'energia no es crea ni es destrueix!). Això justifica, doncs, la fórmula (2).

La fórmula (2) es pot porta com a conseqüència el següent fet: Si dos observadors situats a distàncies respectives d i d' d'un estel mesuren el seu brillo, es tindrà

$$d^2\,\text{brillo}_d = d'^{\,2}\,\text{brillo}_{d'} \ . \tag{3}$$

Això és conseqüència immediata d'aplicar la fórmula (2) per separat als dos observadors i tatxar el factor 4π que apareix en igualar.

Relació entre les magnituds relativa i absoluta d'una mateixa estrella: Anem a aplicar les fórmules anteriors per relacionar les magnituds relativa i absoluta d'una mateixa estrella. Designarem per brillo_A el brillo de l'estrella mesurat a la distància a la qual es troba l'estrella de nosaltres. Desintarem per brillo_B el brillo que nosaltres mesuraríem d'ella si es trobés a 10 parsecs de distància. Aplicant la fórmula (3) tindrem:

$$100\,\text{brillo}_B = d^2\,\text{brillo}_A \ .$$

És a dir,

$$\frac{\text{brillo}_A}{\text{brillo}_B} = \frac{100}{d^2} \ . \tag{4}$$

Aplicant ara les fórmules anteriors es té

$$\text{magnitud}_B = \text{magnitud}_A + n$$

amb

$$n = \frac{5}{2}\log_{10}\left(\frac{\text{brillo de } A}{\text{brillo de } B}\right) = \frac{5}{2}(\log_{10}(100) - \log_{10} d^2) \ .$$

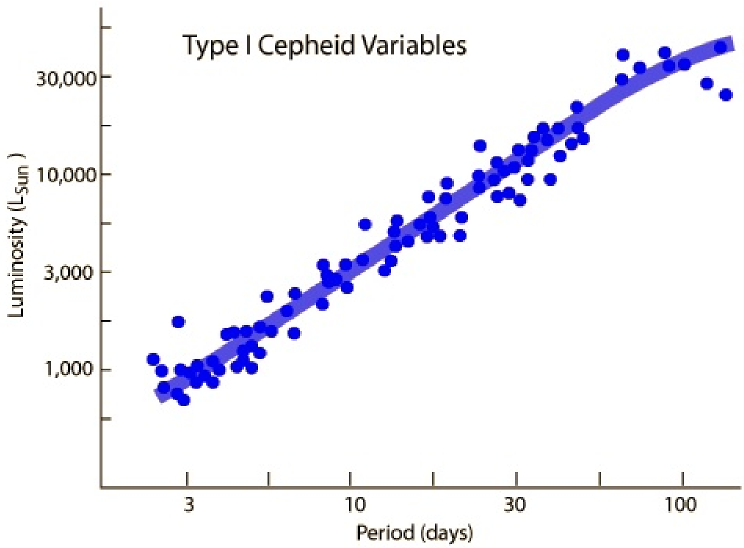
Però com que $\log_{10}(100) = 2$ i com que magnitud_B (tal com hem pres les coses) és la magnitud absoluta, i magnitud_A és l'aparent, es té, finalment:

$$\text{magnitud absoluta} = \text{magnitud aparent} + 5(1 - \log_{10} d) \ . \tag{5}$$

Aquesta fórmula només és vàlida si la distància d es mesura en parsecs.

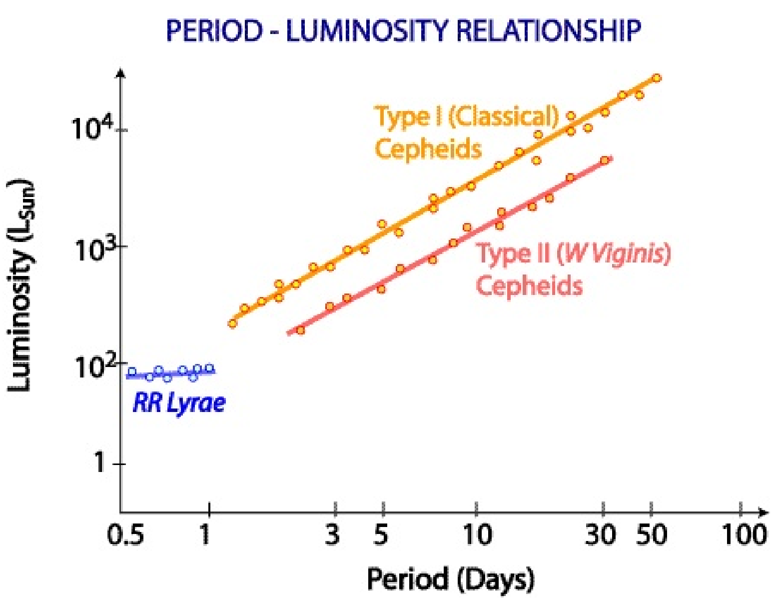
Diagrama d'Henrietta Leavitt

Henrietta Leavitt va estudiar el període de diverses estrelles variables cefèides de les quals coneixia la distància pel mètode de la paral·laxi. Per medi de la fórmula anterior va poder-ne calcular la magnitud absoluta. L'any 1912 va fer un diagrama en el qual representava a l'eix de les x el període i a l'eix de les y la magnitud absoluta. Cada una de les estrelles estudiades venia representada per un punt del diagrama. La forma que li va quedar és la següent:



Això donava un mètode per conèixer distàncies de variables cefèides molt llunyanes a les que no es podia aplicar el mètode trigonomètric de la paral·laxi. En efecte, si es mesura el període per observació, llavors la gràfica anterior dóna la magnitud absoluta que correspon a aquell període. La magnitud aparent es pot conèixer mesurant la llum que arriba al telescopi. Coneixent les dues magnituds, absoluta i aparent, la fórmula (5) permet conèixer la distància.

L'explicació que hem donat és una **simplificació** perquè el mètode s'entengui bé. La realitat és una mica més complicada: A l'Henrietta Leavitt no li va sortir una gràfica com l'anterior, sinó que li va sortir una gràfica amb dues branques com la següent:



Ara bé, la branca superior correspon a estrelles que els astrònoms denominen de la població I, i la branca inferior correspon a estrelles d'unes altres característiques que els astrònoms denominen de la població II. Si tu veus una variable cefèida llunyana de la qual no coneixes la distància, has d'endevinar primer de tot si pertany a la població I o la població II. Una vegada hagis endevinat això, ja pots calcular-ne la magnitud absoluta usant la branca de la gràfica corresponent i, finalment, obtenir-ne la distància.

Pissarra del tema 8, sessió 2

Diagrama de Hertzsprung-Russell