

Distàncies astronòmiques

Activitats per a secundària

Activitat 1: La distància Terra – Sol

1r mètode: Determinació de la distància Terra-Sol mitjançant observacions simultànies des de llocs diferents

Introducció:

Aquesta activitat està basada en la utilització del programa de simulació *SimTV* el qual permet simular les observacions d'un trànsit de Venus des de qualsevol lloc de la Terra. L'activitat consisteix en realitzar dues o més fotografies del trànsit de Venus des de diferents llocs de la Terra per poder aplicar el mètode descrit a continuació.

L'observació dels trànsits de Venus per a determinar la distància Terra – Sol (i per tant el valor de la Unitat Astronòmica) va ser proposada per Edmond Halley a finals del segle XVII. Els fonaments de la idea de Halley són fàcils d'entendre. Tot es basa en l'efecte de perspectiva pel qual des de dues localitzacions diferents, la posició de Venus sobre el disc solar varia. És el mateix que passa quan ens apropem un dit a la cara i fem l'ullet mirant el dit amb un ull o amb l'altre. Segons amb quin ull mirem, veurem el dit projectat contra el fons en un lloc o en un altre. En el cas del trànsit de Venus, els dos observadors són els equivalents als dos ulls, Venus és l'equivalent al dit, i el Sol és l'equivalent al fons. Segons des d'on fem l'observació, Venus es veurà en un lloc diferent del disc solar. Caldrà forçosament, doncs, combinar observacions des de llocs diferents de la Terra. Com es pot entendre fàcilment, l'efecte de perspectiva serà més important com més separats siguin els dos llocs d'observació i per tant, se'n derivarà una distància més precisa.

Només hi ha un petit inconvenient: els trànsits de Venus són uns fenòmens molt poc freqüents. Com podeu veure a la taula 1, des de l'època de Halley només s'han produït 6 trànsits. Cada un d'ells va ser observat per desenes d'astrònoms des de diversos llocs del món, amb l'única intenció de poder calcular la distància al Sol. I, amb més o menys precisió, els seus objectius es van aconseguir.

7 de desembre de 1631	6 de desembre de 1882
4 de desembre de 1639	8 de juny de 2004
6 de juny de 1761	5-6 de juny de 2012
3 de juny de 1769	11 de desembre de 2117
9 de desembre de 1874	8 de desembre de 2125

Taula 1: Trànsits de Venus entre els segles XVII i XXI

Distàncies astronòmiques

Activitats per a secundària

Des de finals del segle XIX el mètode de Halley ha estat superat per altres mètodes més precisos. Avui en dia, gràcies a l'ús del radar, sabem que la distància de la Terra al Sol és de 149 597 870 km.

En aquesta activitat es proposa que, fent servir el simulador esmentat, s'observi el trànsit de Venus de l'any 2004 o el del 2012 des de diversos llocs de la Terra, per tal de calcular com de lluny es troba el Sol de nosaltres.

Fonaments:

L'única quantitat que s'ha de mesurar és la distància entre els centres de Venus, projectat sobre el disc solar, vistos des de dues localitats diferents al mateix instant. A aquesta quantitat l'anomenarem $\Delta\pi$ i haurà d'estar mesurada en segons d'arc (figura 1).

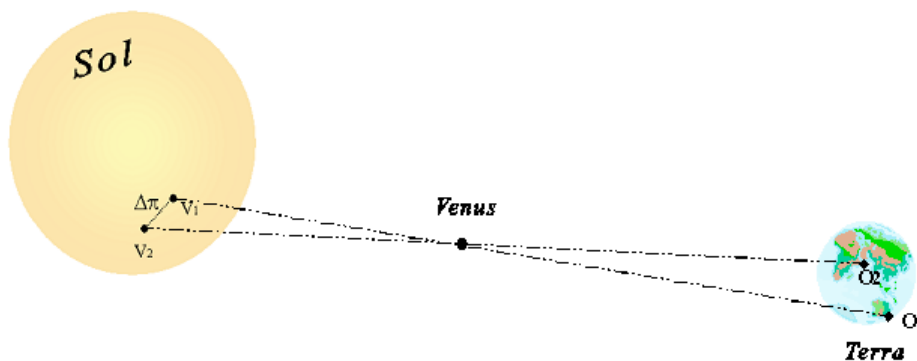
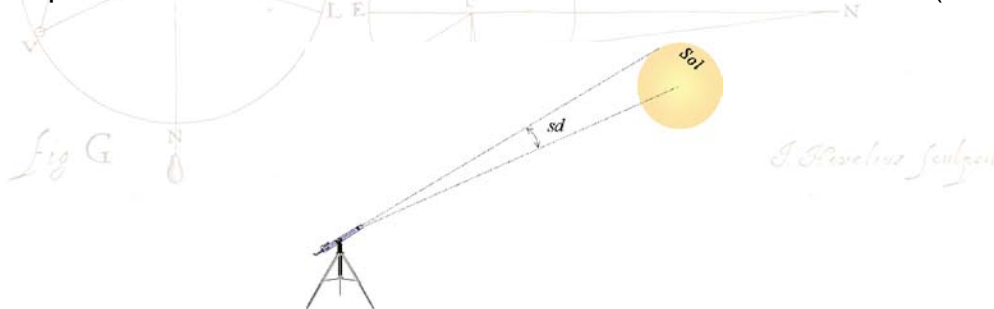


Figura 1: Canvi de posició de Venus vist per dos observadors diferents per efecte de la perspectiva.

A més es necessiten tres quantitats auxiliars que ens donarà el mateix programa de simulació:

- El semi-diàmetre del Sol (sd): és la meitat de l'angle amb el que un observador veu el disc del Sol, mesurat en segons d'arc (figura 2)
- La distància projectada entre observadors (d), mesurada en radis terrestres.
- El quocient entre la distància Terra-Sol i la distància Terra-Venus (r_T/r_V)



Distàncies astronòmiques

Activitats per a secundària

Figura 2: Definició del semi-diàmetre del Sol.

Per últim caldrà conèixer el radi de la Terra (R_T), determinat a l'activitat 1.

Una vegada es disposa d'aquestes quantitats, primer es calcula l'angle amb que es veuria el radi de la Terra (R_T) des del centre del Sol (Figura 3). A aquesta quantitat se l'anomena paral·laxi solar (π_s), i es calcula amb la següent fórmula:

$$\pi_s = \Delta\pi \left(\frac{r_T}{r_V} - 1 \right) \frac{1}{d} \quad (3.1)$$

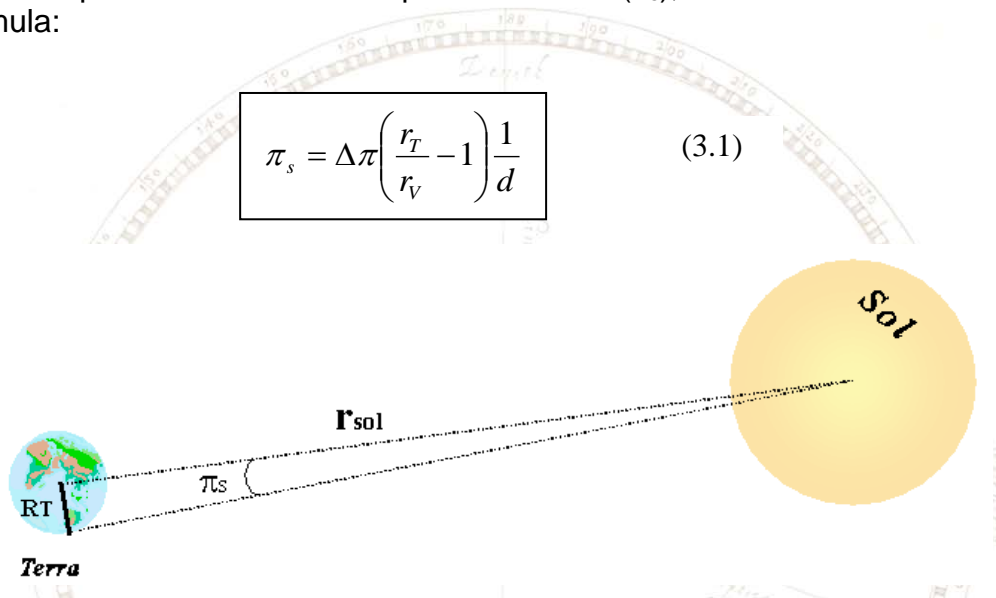


Figura 3: Paral·laxi solar.

Aplicant la definició del sinus al triangle rectangle format pel centre del Sol, el centre de la Terra i l'observador, obtenim:

$$\sin \pi_s = \frac{R_T}{r_{SOL}}$$

Com l'angle π_s és un angle petit, el valor del seu sinus coincideix molt aproximadament amb el del propi angle expressat en radians:

$$\sin \pi_s \approx \pi_s$$

De tal manera que la distància al Sol es pot calcular amb la fórmula:

$$r_{SOL} = \frac{R_T}{\pi_s} \quad (3.2)$$

Per a que les unitats de r_{SOL} siguin quilòmetres, R_T ha d'estar també en quilòmetres i π_s en radians.

Distàncies astronòmiques

Activitats per a secundària

Comentaris:

En aquest cas els fonaments matemàtics en que es basa l'activitat no són massa importants. L'alumne només ha de retenir la idea de que des de dos punts de la Terra la posició de Venus projectat contra el Sol durant el trànsit és diferent i de que aquest fet permet mesurar la distància Terra – Sol.

El programa de simulació compren tot el procés d'observació: la preparació de la mateixa, escollint els llocs des dels que observarem; la pròpia observació; i la reducció de les dades obtingudes.

Resposta a les qüestions:

- a) *Per què és més precís el càlcul de la distància Terra-Sol si les localitats des d'on fem les fotografies estan més separades?*

Quan més separades estiguin les localitats més diferirà la posició de Venus projectada sobre el disc del Sol i més fàcil serà mesurar ΔV .

- b) *Quins altres planetes del Sistema Solar passen pel davant del Sol? Creieu que es podrien fer servir, com Venus, per calcular la distància al Sol amb el mètode que heu utilitzat? El resultat seria millor, pitjor o igual?*

Només Mercuri i Venus, per tenir òrbites al voltant del Sol interiors a la de la Terra poden transitar per davant del Sol. Precisament per aquest fet, aquest dos planetes reben el nom de *planetes interiors*.

Els trànsits de Mercuri en teoria també es podria fer servir per mesurar la distància al Sol. Tanmateix, per trobar-se més lluny de la Terra que Venus, l'efecte de perspectiva al ser observat des de dos localitats diferents és molt petit, de manera que a la pràctica mesurar ΔV és quasi impossible. Per tant els resultats obtinguts serien molt pitjors que en el cas d'utilitzar els trànsits de Venus.

- c) *Que passaria si no coneguéssim el valor del radi de la Terra? Podríem determinar la distància de la Terra al Sol?*

Podríem determinar igualment la distància Terra-Sol, però no la podríem expressar en quilòmetres, sinó que ens hauríem de conformar en expressar-la utilitzant com a unitat el radi terrestre. A la fórmula (3.2), considerar $R_T=1$ equival a determinar r_{SOL} en unitats de radis terrestres.

$$1 \text{ UA} \approx 23455 \text{ radis terrestres}$$

Distàncies astronòmiques

Activitats per a secundària

Guió de la pràctica: **Eduard Masana**

(Departament d'Astronomia i Meteorologia Universitat de Barcelona)

*Venus in Sole observata
 Lovca 1639
 A Jeronim Hronovio, Anno 1639 Die 24 Novembrio, et Jul.
 Delincata verò à Johanne Hevelio.*

