

Distàncies astronòmiques

Activitats per a secundària

Activitat 1: La distància Terra – Sol

2n mètode: Determinació de la distància Terra-Sol a partir dels instants de contacte

Introducció:

Us heu preguntat alguna vegada com es pot saber a quina distància es troba el Sol? Es evident que no podem fer servir els mateixos mètodes que utilitzem per mesurar la distància entre casa i l'institut o entre dues ciutats. Sense dubte el mètode haurà de ser molt més enginyós. Tant és així, que fins fa poc més de 300 anys ningú sabia com es podia mesurar aquesta distància. Però a finals del segle XVII, Edmond Halley, el mateix astrònom que va predir el retorn d'un cometa que des d'aleshores porta el seu nom, es va adonar que observant des de diferents llocs de la Terra el pas de Venus pel davant del Sol (el que en astronomia s'anomena *trànsit de Venus*), hom hauria de ser capaç de calcular la distància al Sol.

Els fonaments de la idea de Halley són en el fons ben 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.

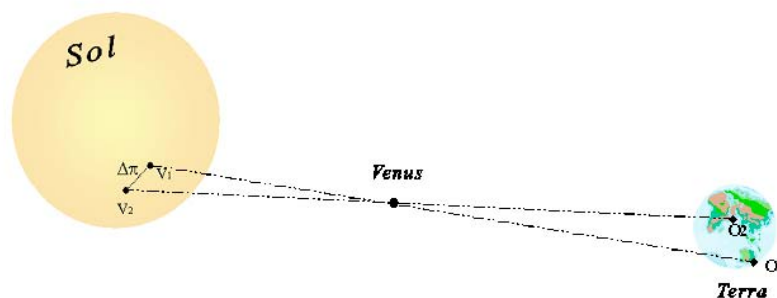


Fig1: Canvi de posició de Venus vist per dos observadors diferents per efecte de la perspectiva

Distàncies astronòmiques

Activitats per a secundària

Degut al que acabem de dir, dos observadors llunyans veuran que Venus creua el disc del Sol per trajectòries lleugerament distintes, i que el temps que triga en fer-ho també és diferent. Només amb aquesta dada (la duració del trànsit des de llocs diferents de la Terra), el mètode ideat per Halley permet deduir la distància al Sol.

Caldrà forçosament, doncs, combinar observacions des de diferents llocs de la Terra. Com es pot comprendre 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.

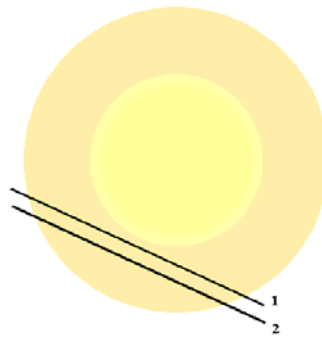


Fig. 2: Trajectòries de Venus durant el trànsit per a dos observadors diferents

Només hi ha un petit inconvenient: els trànsits de Venus són uns fenòmens molt poc freqüents. Com podeu veure a la taula, des de l'època de Halley només s'han produït 4 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

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 al Sol és de 149.597.870 km.

En aquesta pràctica us proposem que, fent servir un simulador, *observeu* el trànsit de Venus del 8 de juny de 2004 des de diversos llocs de la Terra, i mesureu la seva durada, de manera que pugueu calcular com de lluny es troba el Sol de nosaltres.

1. Fonaments matemàtics

Els fonaments matemàtics per derivar la distància al Sol a partir de la durada del trànsit de Venus són molt complexos. Aquí només us donarem les fórmules que us permetran obtenir aquesta distància a partir de les vostres *observacions*, sense entrar en detalls de com es dedueixen.

Durant un trànsit de Venus es produeixen quatre **contactes** entre el disc del planeta i el disc del Sol (Fig. 3). El contacte I i el IV, se'n diuen **contactes exteriors**, mentre que el II i el III són els **contactes interiors**. A la pràctica els contactes exteriors (especialment el primer) són molt difícils de mesurar, de manera que els càlculs es realitzen amb els contactes interiors.

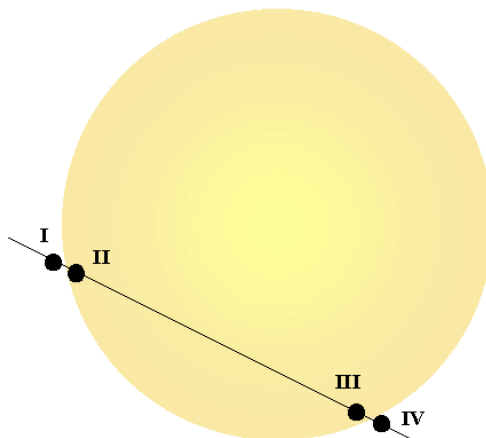


Fig. 3: Definició dels 4 contactes que es produeixen durant el trànsit de Venus

Distàncies astronòmiques

Activitats per a secundària

El que cal fer doncs és enregistrar amb la màxima precisió possible els instants en que és produeixen els contactes II i III. A aquests instants els anomenarem T_1 i T_2 , respectivament. La durada del trànsit serà simplement la diferència entre aquests dos instants:

$$\Delta T = T_2 - T_1$$

Imaginem ara que repetim aquestes observacions des d'un altre lloc de la Terra. El nou observador, per efecte de la perspectiva, mesurarà uns instants de contacte lleugerament diferents, als que anomenarem T'_1 i T'_2 , i una durada del trànsit també lleugerament distinta:

$$\Delta T' = T'_2 - T'_1$$

El mètode de Halley consisteix en comparar aquestes durades **observades** amb les durades **teòriques** (es a dir, predites). Com calcular les durades teòriques és molt complicat, el programa de simulació us donarà aquesta dada. Per fer aquest càlcul el programa necessita suposar que el Sol es troba a una certa distància, que pot ser la correcta o no. Amb les observacions de les durades del trànsit nosaltres farem una correcció a la distància emprada pel programa, obtenint així la nostra pròpia determinació de la distància Terra-Sol (r_{SOL}). La fórmula que hem d'aplicar és senzillament:

$$r_{SOL} = r_0 \frac{\Delta T'_{obs} - \Delta T_{obs}}{\Delta T'_{teo} - \Delta T_{teo}}$$

En aquesta fórmula r_0 és la distància a la que el programa suposa que es troba el Sol, que és igual a 150.000.000 quilòmetres.

Distàncies astronòmiques

Activitats per a secundària

2. Realització de la pràctica

La pràctica consisteix en realitzar dues o més observacions del trànsit de Venus des de diferents llocs de la Terra, enregistrant en cada cas els instants de contacte per determinar així la durada del trànsit. Per això farem servir el programa **simTV**, el qual permet simular el trànsit tal i com el veuríem des de qualsevol punt de la Terra.

2. 1. Inici

- Escolliu quin trànsit voleu observar fent servir el desplegable de l'esquerra.
- Seleccioneu Pràctica II (Contactes)
- Doneu un identificador (per exemple el vostre nom) al conjunt d'observacions que realitzareu. Això us permetrà guardar totes les dades obtingudes en una única carpeta.
- Premeu el botó Observar per començar la pràctica.

The screenshot shows the 'simTV' software interface. At the top left, there is a dropdown menu labeled 'Trànsit:' with the value '8 de juny de 2004'. To its right is a text input field labeled 'Identificador:' containing the text 'xavi'. Below the dropdown is a section titled 'Tipus de Pràctica:' with two radio buttons: 'Pràctica I (Fotografia)' and 'Pràctica II (Durada del trànsit)'. The second option is selected. To the right of this section is another text input field labeled 'Altres Observacions:' containing a list of folders: 'alex.obs', 'marta.obs', and 'xavi.obs'. At the bottom, there are two buttons: 'Observar' and 'Cancelar'. Red circles and letters (a-d) are overlaid on the image to highlight the elements mentioned in the instructions: (a) the dropdown menu, (b) the 'Pràctica II' radio button, (c) the 'Identificador' text field, and (d) the 'Observar' button.

Fig 4: Pantalla d'inici

Distàncies astronòmiques

Activitats per a secundària

2.2 Selecció de les localitats

Fent servir els desplegable *País* i *Localitat* podeu escollir els llocs des d'on voleu observar el trànsit. Recordeu-vos de prémer Afegir per tal que la localitat quedi seleccionada. Heu d'escollir un mínim de dos localitats. Quan més separades estiguin una de l'altra, més precisa serà la distància al Sol que obtindreu.

Quan seleccioneu una localitat podreu veure les hores a les que comença i acaba el trànsit, així com les hores de sortida i posta del Sol per aquella localitat. Això és important per programar les hores a les que realitzareu les vostres fotografies.

Per esborrar una localitat només cal marcar-la a la llista i prémer *Borrar*.

País	Localitat	Nova	Lon.	Lat.
Andorra	Andorra La Vella		1° 30' 00" E	42° 30' 00" N
Andorra	Andorra La Vella		1° 30' 00" E	42° 30' 00" N
Kenya	Kisumu		34° 47' 00" E	0° 08' 00" S
Zimbabwe	Bulawayo		28° 45' 00" E	20° 10' 00" S

Lista de localitats

Detalls del trànsit

Instants contactes

Sortida del Sol: 04:22
I: 05:20
II: 05:40
Maxim: 08:23
III: 11:05
IV: 11:24
Posta del Sol: 19:53

Fig 5: Selecció de la localitat


Si voleu observar des d'una localitat que no apareix a la llista, podeu introduir-la prement *Nova*. Heu de conèixer les seves coordenades geogràfiques (longitud i latitud), que podeu trobar consultant un atlas.

Distàncies astronòmiques

Activitats per a secundària

The image shows a software window titled "Nova localitat". It has four input fields: "País" with a dropdown menu showing "Austràlia", "Localitat" with a dropdown menu showing "Cairns", "Latitud" with the text "-19 ° 16 ' 23 ''", and "Longitud" with the text "146 ° 30 ' 10 ''". To the right of these fields are four buttons: "Netejar", "Afegir", "Borrar", and "Cancel·lar".

Fig 5: Introducció d'una nova localitat

Un cop tingueu seleccionades totes les localitats (dues com a mínim) des de les que observar, premeu el botó  per iniciar les observacions.

2.3 Observacions

L'esquema que us apareix a la pantalla us mostra la trajectòria que seguirà Venus pel davant del Sol durant el trànsit. A l'esquerra teniu un rellotge i els temps dels contactes entre el disc de Venus i el Sol, l'instant de màxim apropament entre tots dos i els instants de posta i sortida del Sol. Al llarg del trànsit podreu fer 3 fotografies. Abans de començar penseu bé a quina hora fareu cadascuna d'elles. Quan estigueu a punt per començar l'observació, premeu Començar.

El trànsit ha començat! El disc de Venus es va desplaçant progressivament pel davant del Sol. En realitat el trànsit dura més de 5 hores, però per poder realitzar la pràctica hem accelerat el pas del temps. Heu d'estar molt atents i prémer el botó *Marcar* en els instants corresponents a cadascun dels quatre contactes. No us poseu nerviosos! Una mica abans de cada contacte la velocitat de la simulació es reduirà per a que pugueu observar el contacte amb tota tranquil·litat.

Distàncies astronòmiques

Activitats per a secundària

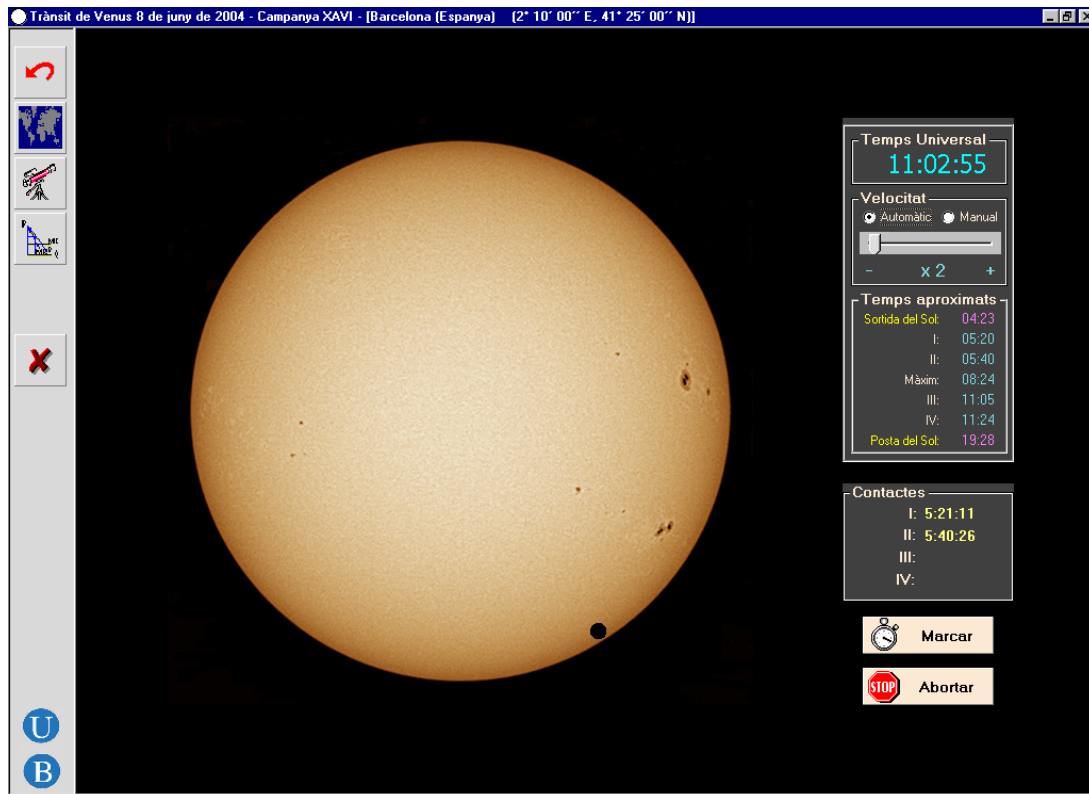


Fig 6: Pantalla d'observació just abans del tercer contacte

Quan hagueu realitzat les observacions des de totes les localitats que heu escollit, podeu veure els resultats prement el botó



Distàncies astronòmiques

Activitats per a secundària

2.4 Resultats

Ja hem vist que aquesta pràctica consisteix en la comparació de les durades observades des de dos llocs diferents de la Terra amb les durades predites. El programa us proporciona la llista tant de les vostres mesures com de els temps de contacte teòrics. Només heu d'aplicar la fórmula que hem vista a l'apartat 2 per obtenir la distància al Sol.

Si heu observat des de més de dues localitats, feu el càlcul per a cada parella i després feu la mitja.

3. Qüestions

Responen raonadament a les següents preguntes:

- Per què és més precís el càlcul de la distància Terra-Sol si les localitats des d'on observem el trànsit estan més separades?
- 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?
- Segons la teva experiència amb el simulador, amb quants segons de precisió creus que es poden determinar els instants de contacte? És suficient per determinar la distància Terra-Sol amb una precisió del 10%?

Guió de la pràctica:

Eduard Masana

(Departament d'Astronomia i Meteorologia
Universitat de Barcelona)