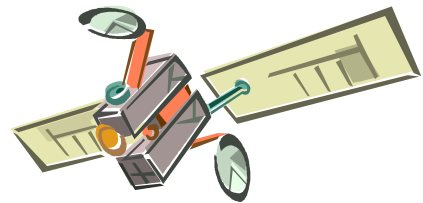


# Satèl·lits del món



Proposta de treball a l'aula d'informàtica (o a casa) per a alumnes de batxillerat sobre el moviment circular uniforme que utilitza una magnífica miniaplicació ("applet" en anglès) de la NASA. Aquesta activitat, emmarcada en una proposta CTS (ciència, tecnologia i societat) de la física, conté tres documents: la proposta pel professor, el guió per a l'alumne i el full de solucions a les activitats proposades.

## Del professor...

A la xarxa podem trobar la miniaplicació J-Track 3D

<http://science.nasa.gov/Realtime/JTrack/3D/JTrack3D.html>

de la NASA (Agència Espacial Nord-americana) que és francament espectacular perquè simula la situació en temps real de tots els satèl·lits artificials que estan en aquest moment en òrbita al voltant del nostre planeta. Alhora ens dona la possibilitat d'obtenir algunes dades interessants sobre cadascun dels satèl·lits (posició, velocitat, altitud, període...) que ens permeten realitzar càlculs i comprovar les explicacions teòriques que haurem treballat a l'aula de Física.

La visió del conjunt Terra-satèl·lits és en tres dimensions i permet, arrossegant senzillament el ratolí, canviar la situació de l'observador. La rotació dels satèl·lits l'observem, d'entrada, en temps real però la miniaplicació permet accelerar el temps per poder observar, en un temps raonable, rotacions completes al voltant del nostre planeta.

El treball amb aquesta miniaplicació s'emmarca dintre de la línia CTS (ciència, tecnologia, societat) de l'ensenyament de la física, perquè permet treballar alguns dels conceptes físics basant-nos en situacions reals del nostre entorn i a més té l'avantatge de treballar aspectes relacionats amb l'astronomia que solen despertar en l'alumnat un interès remarcable (per la seva actualitat). Dintre d'aquesta línia aquest recurs s'utilitza en l'experimentació del projecte Física Salters a Catalunya.

Aquesta miniaplicació la podem utilitzar per treballar els conceptes relacionats amb el moviment circular, la dinàmica circular, la gravitació i les lleis de Kepler. Concretament, aquest recurs està pensat per treballar el moviment circular dintre del currículum de Física de 1r de batxillerat.

Aquesta proposta de treball (qüestionari) està pensada com a guió de treball amb els alumnes a l'aula d'informàtica (individualment o per parelles) o bé com a proposta de treball individual (obligatori o opcional) per lliurar-la al professor al cap d'uns quants dies.

En el conjunt de qüestions que trobarà l'alumne podem trobar-ne de tres tipus:

Simple observació del funcionament de la miniaplicació: funcionament del zoom, augment de la velocitat del temps...

Consolidació de conceptes: òrbites geocèntriques, període d'un moviment circular, velocitats angular i lineal...

Realització de càlculs numèrics basant-se en algunes de les dades obtingudes a partir de la miniaplicació: freqüència, velocitat lineal...

No hi ha cap mena de dubte que podem treure molt profit d'aquesta miniaplicació per comentar temes d'actualitat sobre els satèl·lits: avantatges i inconvenients dels satèl·lits geoestacionaris, satèl·lits espia, sistema GPS... Sobre aquests temes segurament els alumnes ens oferiran interessants comentaris.

Bé, en tot cas queda encara la feina d'aprofitar més aquesta miniaplicació per a la resta de temes que hem esmentat abans i, molt especialment, sobre les lleis de Kepler.

## Per l'alumne...

Obre la pàgina de la NASA

<http://science.nasa.gov/Realtime/JTrack/3D/JTrack3D.html>

i maximitza la finestra on apareix la Terra i els seus satèl·lits.

## Com funciona?

Selecciona el Meteosat 7 ("Satellite" / "Select") i observa'n la seva trajectòria.

Prova de modificar alguns paràmetres de la miniaplicació:

1. Arrossegant el ratolí pots girar en 3D la visió del conjunt.
2. Augmenta o disminueix la distància d'observació ("View" / "Zoom in" o "Zoom out").
3. Obtén les dades del satèl·lit actiu ("View" / "Satellite position").
4. Observa la projecció sobre la Terra de la seva trajectòria ("View" / "Ground trace").
5. La situació dels satèl·lits és en temps real. Accelera l'animació 100 o 1.000 vegades ("Options" / "Timing" a  $\times 100$  o  $\times 1000$ ) combinant-ho amb la rapidesa del refresc de pantalla ("Options" / "Update rate" a  $\frac{1}{4}$  de segon, per exemple).
6. Clica damunt de qualsevol punt blanc per seleccionar qualsevol altre satèl·lit.

## Ara estàs a punt de contestar algunes qüestions.

Selecciona de nou el *Meteosat 7*...

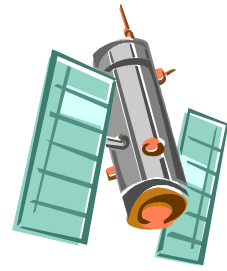
1. Quin tipus de trajectòria té?
2. Sobre quina zona de la Terra està situat?
3. Deixa que faci una volta sencera a la Terra. Sobre quina zona és ara?
4. Observa ("View" / "Satellite position") com varia al llarg d'una volta la seva latitud, longitud i altura? Quina conclusió en treus?
5. Com es diuen els satèl·lits que tenen aquestes característiques?
6. Quin creus que és l'avantatge principal d'aquest tipus d'òrbita?
7. Mesura amb el teu rellotge els segons que tarda (amb l'animació  $\times 1000$ ) a fer una volta sencera a la Terra.
8. Calcula després el període de rotació real. Dóna el valor que esperaves?
9. Calcula també la freqüència, la velocitat angular de rotació i la velocitat lineal del satèl·lit. Coincideixen amb els valors de la miniaplicació ("View" / "Satellite position")?
10. Clica damunt de diferents satèl·lits geoestacionaris i observa'n l'altura. Com són aquests valors?
11. L'òrbita geoestacionària està plena de satèl·lits. Només hi ha una zona on pràcticament no n'hi ha. Quina és i a què creus que és degut aquest fet?

Observa ara el satèl·lit *Gstar1*.

12. És en l'òrbita geoestacionària?
13. A prop seu hi ha 4 satèl·lits més en una situació semblant. Observa la projecció de la seva trajectòria damunt de la Terra ("View" / "Ground trace"). Fes un comentari sobre aquest fet.

Selecciona el satèl·lit *Iridium 63*, que és un satèl·lit circumpolar.

14. Quin tipus de trajectòria té?



15. Calcula amb el teu rellotge el seu període de rotació. Coincideix ara amb el valor de la miniaplicació?
16. Quina és l'altura de la seva òrbita?
17. Calcula la freqüència, la velocitat angular de rotació i la velocitat d'aquest satèl·lit. Compara-les amb els valors de la miniaplicació.
18. Deixa'l que faci voltes sobre la Terra. A cada volta passa per la mateixa zona? Quant tardarà aquest satèl·lit a tornar a passar per la mateixa àrea de la Terra?
19. Quin avantatge té aquest tipus de satèl·lit respecte dels geoestacionaris?
20. I quin inconvenient creus que tenen aquestes òrbites?

Finalment pots escollir una satèl·lit com ara el *Doublestar (TC-1)*.



21. Quin tipus d'òrbita té?
22. Observa la seva velocitat al llarg de la seva trajectòria? Quina conclusió en treus?
23. Selecciona altres satèl·lits que estiguin lluny de la Terra i fora de les òrbites geoestacionaris. Completa la frase següent: "Sempre la velocitat dels satèl·lits en òrbites el·líptiques..." Recorda aquest fet, ja que als cursos següents ho veurem amb detall; correspon ni més ni menys que a una de les lleis de Kepler de la gravitació universal.
24. Sabries trobar alguna utilitat a aquest tipus d'òrbita?

Per acabar pots observar les diferents òrbites dels satèl·lits *GPS* (n'hi ha una colla).

25. Quin entrellaçat fan les seves òrbites?
26. Són satèl·lits geoestacionaris?
27. Quin tipus d'òrbita descriuen?
28. A quina altura orbiten?

## Finalment les solucions... per l'alumne o pel professor

Selecciona de nou el *Meteosat 7*...

1. Quin tipus de trajectòria té? *Circular*
2. Sobre quina zona de la Terra està situat? *L'Àfrica*
3. Deixa que faci una volta sencera a la Terra. Sobre quina zona és ara? *Continua estant sobre l'Àfrica*
4. Observa ("View" / "Satellite position") com varien al llarg d'una volta la seva latitud, longitud i altura? *Les tres dades es mantenen quasi invariables. Quina conclusió en treus? Es troba sempre sobre el mateix punt de la Terra.*
5. Com es diuen els satèl·lits que tenen aquestes característiques? *Geoestacionaris.*
6. Quina creus que l'avantatge principal d'aquest tipus d'òrbita? *Poden fer observacions, emissions... de manera continuada d'una zona concreta del planeta.*
7. Mesura amb el teu rellotge els segons que tarda (amb l'animació  $\times 1000$ ) a fer una volta sencera a la Terra. *Has de mesurar aproximadament 86 segons.*
8. Calcula espres el període de rotació real. *Multipliant per 1.000 obtenim 86.000 segons. Dóna el valor que esperaves? Sí, 24 hores (1 dia) són 86.400 segons.*
9. Calcula també la freqüència, la velocitat angular de rotació i la velocitat lineal del satèl·lit. Coincideixen amb els valors de la miniaplicació ("View" / "Satellite position")?  *$f = 1,16 \cdot 10^{-5}$  Hz,  $\omega = 7,27 \cdot 10^{-5}$  rad/s,  $v = 3.069$  m/s (Cal tenir present que s'ha de sumar el radi de la Terra, 6.400 km, a l'altura de l'òrbita)*
10. Clica damunt de diferents satèl·lits geoestacionaris i observa'n l'altura. Com són aquests valors? *Sempre són aproximadament iguals a 35.800 km*
11. L'òrbita geoestacionària està plena de satèl·lits. Només hi ha una zona on pràcticament no n'hi ha. Quina és i a què creus que és degut aquest fet? *Sobre el Pacífic perquè és una zona pràcticament sense població i per tant, sense gaire interès per a l'observació, les comunicacions...*

Observa ara el satèl·lit *Gstar1*.

12. És en l'òrbita geoestacionària? *No exactament; està una mica inclinada respecte de l'òrbita geoestacionària.*
13. A prop seu hi ha 4 satèl·lits més en una situació semblant. Observa la projecció de la seva trajectòria damunt la Terra ("View" / "Ground trace"). Fes un comentari sobre aquest fet. *Aquest conjunt de satèl·lits mantenen sempre la mateixa longitud i només varien una mica la seva latitud. Per tant, sempre són damunt d'una zona terrestre. En el cas d'aquests satèl·lits, és sobre els Estats Units. Segurament en aquesta longitud l'òrbita geoestacionària està saturada de satèl·lits.*

Selecciona el satèl·lit *Iridium 63*, és un satèl·lit circumpolar.

14. Quin tipus de trajectòria té? *Circular*
15. Calcula amb el teu rellotge el seu període de rotació. Coincideix ara amb el valor de la miniaplicació? *Aproximadament.*
16. Quina és l'altura de la seva òrbita? "Només" uns 800 km.
17. Calcula la freqüència, la velocitat angular de rotació i la velocitat d'aquest satèl·lit. Compara-les amb els valors de la miniaplicació.  *$f = 1,67 \cdot 10^{-4}$  Hz,  $\omega = 1,05 \cdot 10^{-3}$  rad/s,  $v = 7.560$  m/s*
18. Deixa'l que faci voltes sobre la Terra. A cada volta passa per la mateixa zona? *No.* Quant tardarà aquest satèl·lit a tornar a passar per la mateixa àrea de la Terra? *Ha de fer una mica més de 14 voltes per tornar a passar-hi: 24 hores / (1h 40 min) = 14,4*

19. Quin avantatge té aquest tipus de satèl·lit respecte dels geoestacionaris? *Que poden realitzar observacions de qualsevol punt de la Terra.*
20. I quin inconvenient creus que tenen aquestes òrbites? *Que no poden fer observacions de manera continuada d'una zona concreta.*

Finalment pots escollir una satèl·lit com ara el *Doublestar (TC-1)*.

21. Quin tipus d'òrbita té? *El·líptica*
22. Observa la seva velocitat al llarg de la seva trajectòria? Quina conclusió en treus? *Que és variable, petita quan és lluny de la Terra i gran quan és a la vora.*
23. Selecciona altres satèl·lits que siguin lluny de la Terra i fora de les òrbites geoestacionàries. Completa la frase següent: "Sempre la velocitat dels satèl·lits en òrbites el·líptiques..." Recorda aquest fet, ja que als cursos següents ho veurem amb detall; correspon ni més ni menys que a una de les lleis de Kepler de la gravitació universal. *Varia segons el punt de la trajectòria i sempre serà més petita com més gran sigui la distància del planeta.*
24. Sabries trobar alguna utilitat a aquest tipus d'òrbita? *Possiblement l'estudi les característiques de diferents zones de l'espai properes a la Terra, per exemple la magnetosfera o camp magnètic al voltant de la Terra.*

Per acabar pots observar les diferents òrbites dels satèl·lits *GPS* (n'hi ha una colla).

25. Quin entrellaçat fan les seves òrbites? *Sempre són òrbites circulars però fent angles al voltant de 55 graus.*
26. Són satèl·lits geoestacionaris? *No.*
27. Quin tipus d'òrbita descriuen? *Circular.*
28. A quina altura orbiten? *Aproximadament 20.000 km.*