

L'asteroide Eros

Abstract

A finals de gener del 2012 els mitjans de comunicació es van fer ressò de la proximitat de l'asteroide Eros, sense perill però de col·lisió amb la Terra. Aquesta notícia, i les dades que ens aporta, ens pot servir d'excusa per resoldre algunes qüestions, fer alguns càlculs i obrir debat en la unitat didàctica de gravitació.

Introducció

El retall de premsa de La Vanguardia del 31 de gener del 2012 ens aporta alguna informació sobre l'asteroide Eros i la seva trajectòria.

En llegir la notícia (amb esperit científic) de ben segur que se'ns obre un seguit d'interrogants que podem resoldre. En l'article es proposen i resolen algunes d'aquestes qüestions però evidentment serà molt millor si són els mateixos alumnes que les formulen i resolen posteriorment.

Guia pel professorat

Nivell

Segon de batxillerat. En acabar la unitat didàctica de gravitació.

Orientacions

Seria desitjable que els alumnes poguessin llegir prèviament la notícia per exemple penjant el fitxer PDF al moodle del nostre curs. Posteriorment a l'aula comentarem el text i obrirem debat de manera que sorgeixin càlculs o preguntes per solucionar posteriorment.

També podem, després de la lectura de la notícia, plantejar directament als alumnes la nostra proposta. En l'article hi trobem tres propostes de treball:

Proposta oberta: l'alumne (o grup d'alumnes) ha de respondre un seguit de qüestions fent una petita recerca. Podem proposar-ho com a treball complementari i de millora de la qualificació o, fins i tot, pot donar peu a un treball de recerca.

Proposta semiguada: es dona a l'alumnat un seguit de pautes, pistes, enllaços... per tal que l'alumne pugui resoldre amb més facilitat els interrogants.

Proposta guiada: en aquest cas qualsevol alumne ha de ser capaç d'anar seguint les orientacions per resoldre les qüestions. També podem aprofitar per fer l'exercici plegats a l'aula de manera que ens pot servir com a proposta de síntesi de la unitat didàctica de

gravitació per poder repassar alguns conceptes com velocitat orbital, lleis de Kepler, energia en un xoc...

Full de l'alumnat

Finals de gener del 2012, els mitjans de comunicació informaven que l'asteroide Eros passava a prop de la Terra... a prop? Si, només a 70 vegades la distància entre el nostre planeta i la Lluna. I aquesta distància, astronòmicament parlant, és molt petita.

Llegint la notícia de ben segur que ens comencem a fer algunes preguntes, aquí en tens algunes i, a més, et plantejo un repte: trobar la resposta amb rigor científic.



- Suposant que l'asteroide Eros col·lisionés amb la Terra, quina seria l'energia alliberada?
- A quantes bombes atòmiques com la d'Hiroshima equivaldria l'impacte?
- La distància entre la Terra i Eros pot ser, en algun moment, més petita que la que fa referència l'article?
- L'article ens tranquil·litza en informar-nos que l'asteroide no pot xocar amb la Terra però en la imatge de l'article sembla realment que Eros si que, en el futur, pot fer-ho amb el planeta Mart. Pots confirmar aquesta afirmació?

Plantejament obert

L'alumnat s'ha d'espavilar completament per obtenir les dades, definir hipòtesis de treball, cercar les fórmules necessàries, fer els càlculs corresponents...

Proposta semiguiada

1. Per resoldre totes les qüestions necessites obtenir una sèrie de dades sobre Eros, la Terra, el Sol i la bomba d'Hiroshima. Les pots cercar a Internet i obtenir-les, per exemple, de la Wikipèdia.
2. La Terra descriu una òrbita que podem considerar pràcticament circular, en canvi Eros es belluga seguint una trajectòria el·líptica. Hauràs de clarificar prèviament alguns conceptes: afeli, periheli, focus, semieix... per poder dibuixar esquemàticament i a escala la seva òrbita. A la web
http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica_/celeste/kepler1/kepler1.xhtml
hi trobaràs ajut.
3. Has de calcular la velocitat orbital de la Terra, amb les dades que coneixes i sabent que la seva òrbita és circular te'n sortiràs fàcilment.

4. Suposem que la col·lisió d'Eros amb la Terra té lloc en l'afeli de l'òrbita de l'asteroide. Quines seran les velocitats dels dos objectes en l'impacte? Tingues present que els objectes del sistema solar orbiten en el mateix sentit de manera que l'hipotètic xoc tindria lloc amb les dues velocitats amb el mateix sentit.
5. La Terra té molta més massa que Eros de manera que podem considerar que el nostre planeta està quiet i l'asteroide xoca amb la diferència de velocitats. Calcula l'energia de la col·lisió (és a dir: l'energia cinètica incident de l'asteroide respecte la Terra).
 - Suposant que l'asteroide Eros col·lisionés amb la Terra, quina seria l'energia alliberada?
6. Transforma l'energia de la bomba atòmica (normalment la trobaràs en quilotones) a la unitat d'energia del SI i compara-la amb l'energia de la col·lisió.
 - A quantes bombes atòmiques com la d'Hiroshima equivaldria l'impacte?
7. Amb les dades de l'afeli que has trobat, has de calcular la distància mínima entre la Terra i l'asteroide i comparar-la amb la distància Terra – Lluna. Seguidament pots respondre la pregunta: en la situació de l'article estan els dos objectes en el punt de màxima aproximació possible?
 - La distància entre la Terra i Eros pot ser, en algun moment, més petita que la que fa referència l'article?
8. El programari Celestia (de lliure distribució) que segurament hauràs utilitzat alguna vegada et pot ajudar a respondre la darrera pregunta. Has de configurar la pantalla per veure totes les òrbites dels planetes i seleccionar Eros per poder veure'n la seva trajectòria. Observa-ho bé tot plegat i...
 - L'article ens tranquil·litza en informar-nos que l'asteroide no pot xocar amb la Terra però en la imatge de l'article sembla realment que Eros sí que, en el futur, pot fer-ho amb el planeta Mart. Pots confirmar aquesta afirmació?

Proposta guiada

- Per començar has de cercar les següents dades:

Eros

- Període:
- Afeli:
- Periheli:
- Semieix major:
- Excentricitat:
- Massa:

La Terra

- Massa:
- Radi de l'òrbita:
- Excentricitat:

La Lluna

- Distància Terra – Lluna:

Sol

- Massa:

Bomba d'Hiroshima

- Energia:

Factors de conversió

- Quilotones (kT):
- Unitat astronòmica (UA):

- Amb les dades obtingudes hauries de dibuixar a escala les òrbites de la Terra, Mart i l'asteroide Eros. Pots comprovar el teu esquema amb el programari Celestia.
- Calcula la velocitat orbital de la Terra (suposant, amb molta exactitud, que la seva òrbita és circular).
- Calcula la velocitat de l'asteroide Eros en el periheli de la seva òrbita. Per fer-ho pots ajudar-te de les expressions que trobaràs a l'apartat *Fuerza central y conservativa* de la pàgina:

http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica_/celeste/kepler1/kepler1.xhtml

- Suposem que Eros impacta amb la Terra en el periheli de la seva òrbita i mentre els dos objectes viatgen en el mateix sentit (recordeu que tots els objectes del sistema solar orbiten en el mateix sentit). Calcula la velocitat després de l'impacte (evidentment es tracta d'una col·lisió inelàstica).
- Calcula l'energia que s'ha perdut en el xoc.
- Expressa l'energia de la bomba atòmica d'Hiroshima en unitats del sistema internacional.
- Compara les dades anteriors i contesta: l'impacte d'Eros amb el nostre planeta, a quantes bombes d'Hiroshima equivaldria?
- Amb les dades que coneixes, calcula la distància mínima possible (en unitats dels SI) entre la Terra i l'asteroide.
- Calcula la distància entre els dos objectes en la situació que descriu l'article.
- Compara els dos resultats anteriors i comenta-ho.
- És possible que Eros col·lisió alguna vegada amb la Terra o amb el planeta Mart? Per respondre aquesta pregunta et pots ajudar del programari Celestia (has de configurar la pantalla per veure totes les òrbites dels planetes i seleccionar Eros per poder veure'n la seva trajectòria i canviar el punt de vista de la visualització de les òrbites: des de l'eclíptica, zenital...).

Soluciones

Proposta guiada

- Per començar has de cercar les següents dades:

Eros

- Període: 1,76 anys
- Afeli: 1,78 UA
- Periheli: 1,133 UA
- Semieix major: 1,45 UA
- Excentricitat: 0,22290
- Massa: $7,2 \cdot 10^{15}$ kg

La Terra

- Massa: $6 \cdot 10^{24}$ kg
- Radi de l'òrbita: $1,5 \cdot 10^{11}$ m
- Excentricitat: 0,0167

La Lluna

- Distància Terra – Lluna: $3,84 \cdot 10^8$ m

Mart

- Radi de l'òrbita: $2,28 \cdot 10^{11}$ m

Sol

- Massa: $1,989 \cdot 10^{30}$ kg

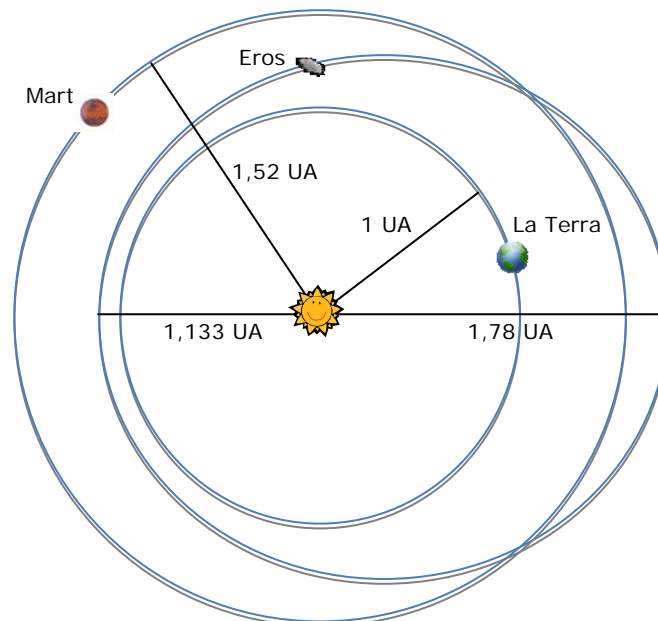
Bomba d'Hiroshima

- Energia: 13 kT

Factors de conversió

- 1 quilotona (kT) = $4,184 \cdot 10^{12}$ J
- 1 unitat astronòmica (UA) = $1,5 \cdot 10^{11}$ m

- Amb les dades obtingudes hauries de dibuixar a escala les òrbites de la Terra, Mart i l'asteroide Eros. Pots comprovar el teu esquema amb el programari Celestia.



- Calcula la velocitat orbital de la Terra (suposant, amb molta exactitud, que la seva òrbita és circular).

$$F_{\text{centrípeta}} = F_{\text{gravitatòria}}$$

$$m \cdot v^2 / R = G \cdot M \cdot m / R^2$$

$$v_a = \sqrt{\frac{GM}{R}}$$

$$v_a = 2,9740 \cdot 10^4 \text{ m/s}$$

- Calcula la velocitat de l'asteroide Eros en el periheli de la seva òrbita. Per fer-ho pots ajudar-te de les expressions que trobaràs a l'apartat *Fuerza central y conservativa* de la pàgina:

http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica_/celeste/kepler1/kepler1.xhtml

$$\text{Afeli: } r_a = 1,78 \text{ UA} \cdot 1,5 \cdot 10^{11} \text{ m} / 1 \text{ UA} = 2,67 \cdot 10^{11} \text{ m}$$

$$\text{Periheli: } r_p = 1,133 \text{ UA} \cdot 1,5 \cdot 10^{11} \text{ m} / 1 \text{ UA} = 1,6995 \cdot 10^{11} \text{ m}$$

$$v_p = \sqrt{\frac{2GM r_a}{r_p (r_a + r_p)}} = 3,0887 \cdot 10^4 \text{ m/s}$$

- Suposem que Eros impacta amb la Terra en el periheli de la seva òrbita i mentre els dos objectes viatgen en el mateix sentit (recordeu que tots els objectes del sistema solar orbiten en el mateix sentit). Calcula la velocitat després de l'impacte (evidentment es tracta d'una col·lisió inelàstica).

Tenint present la gran diferència de masses dels dos objectes (9 ordres de magnitud) la velocitat de la Terra pràcticament no es veurà alterada en el xoc.

Es pot comprovar aplicant la conservació de la quantitat de moviment:

$$m_T \cdot v_T + m_E \cdot v_E = (m_T + m_E) \cdot v$$

$$v = 2,9740 \cdot 10^4 \text{ m/s}$$

- Calcula l'energia que s'ha perdut en el xoc.

$$E = \frac{1}{2} (m_T + m_E) \cdot v^2 - \frac{1}{2} (m_T \cdot v_T^2 + m_E \cdot v_E^2)$$

$$E = -4,7397 \cdot 10^{21} \text{ J}$$

- Expressa l'energia de la bomba atòmica d'Hiroshima en unitats del sistema internacional.

$$E_{\text{Hiroshima}} = 13 \text{ kT} = 5,4392 \cdot 10^{13} \text{ J}$$

- Compara les dades anteriors i contesta: l'impacte d'Eros amb el nostre planeta, a quantes bombes d'Hiroshima equivaldria?

$$\text{Impacte Eros} = 8,7139 \cdot 10^7 \text{ bombes d'Hiroshima}$$

Més de 85 milions de bombes!!!

- Amb les dades que coneixes, calcula la distància mínima possible (en unitats dels SI) entre la Terra i l'asteroide.

Correspon a la diferència entre el periheli d'Eros i el radi de l'òrbita terrestre.

$$1,9950 \cdot 10^{10} \text{ m (uns 20 milions de quilòmetres)}$$

- Calcula la distància entre els dos objectes en la situació que descriu l'article.

Setanta vegades la distància Terra - Lluna (384.000 km)

$$2,6880 \cdot 10^{10} \text{ m (uns 27 milions de quilòmetres)}$$

- Compara els dos resultats anteriors i comenta-ho.

L'asteroide Eros pot passar més a prop de la Terra quan es doni la situació següent: Eros situat al periheli i, a més, en línia amb la Terra i el Sol.

- És possible que Eros col·lisióni alguna vegada amb la Terra o amb el planeta Mart? Per respondre aquesta pregunta et pots ajudar del programari Celestia (has de configurar la pantalla per veure totes les òrbites dels planetes i seleccionar Eros per poder veure'n la seva trajectòria i canviar el punt de vista de la visualització de les òrbites: des de l'eclíptica, zenital...).

Eros no pot col·lisionar mai amb la Terra perquè les seves òrbites no es creuen, en tot moment la distància d'Eros al Sol és superior al radi de l'òrbita terrestre.

Eros en algun moment està a la mateixa distància del Sol que el planeta Mart. Tot i això mai poden col·lisionar degut a la inclinació de les dues òrbites, tal com es pot veure en el vídeo realitzat amb el programari Celestia.