

MUSEU DE LES CIÈNCIES
PRÍNCIPE FELIPE

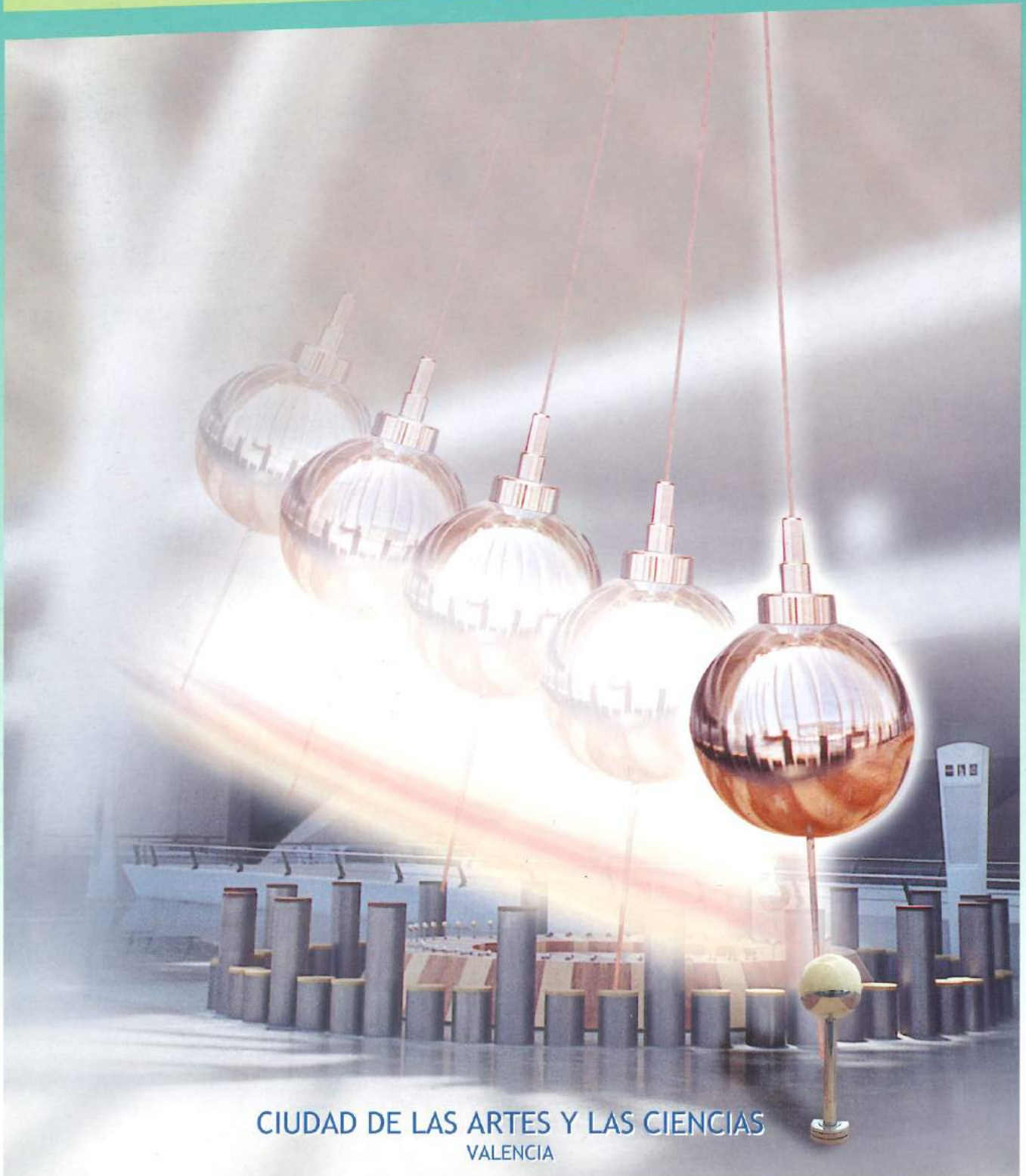


VALENCIA

Guia del Professor
Valencià

Exposició

El Pèndol de Foucault



CIUDAD DE LAS ARTES Y LAS CIENCIAS
VALENCIA

INTRODUCCIÓ	2
--------------------	---

ABANS DE LA VISITA

Continguts de l'exposició	2
----------------------------------	---

Maqueta del Pèndol de Foucault
Pèndol de Foucault del *Museo*

Per a saber-ne més	3
---------------------------	---

Però es mou...
El gir de la Terra
Per què la Terra gira?
Què és el que la manté girant?
Els primers experiments de Foucault
L'experiment de Foucault al Panteó de París
El Pèndol de Foucault al *Museo de las Ciencias Príncipe Felipe*

DESPRÉS DE LA VISITA

El recorregut en preguntes	11
-----------------------------------	----

Activitats	12
-------------------	----



Introducció

A la *Calle Mayor* del *Museo de las Ciencias Príncipe Felipe* hi ha instal·lada una reproducció de grans dimensions del famós pèndol de Foucault que ret homenatge a l'insigne savi francès. El visitant podrà conèixer el principi el moviment d'este pèndol.

Abans de la visita

Continguts de l'exposició

Maqueta del Pèndol de Foucault

Un pèndol simple es troba sobre una plataforma giratòria. Si el pèndol es fa oscil·lar i la plataforma sobre la qual es troba gira lentament, es pot observar que, mentre esta gira, el pla en què el pèndol oscil·la es manté invariable.

El Pèndol de Foucault del *Museo de las Ciencias Príncipe Felipe*

Un gran pèndol de Foucault de 30 metres de longitud i amb una massa de 130 quilos servix per a comprovar el gir de la Terra sobre el seu eix. El pla d'oscil·lació del Pèndol es manté invariable i, mentrestant, el terra gira davall seu. En entrar al *Museo*, el Pèndol ha fet caure unes quantes boles des que s'ha posat en marxa. En eixir després de la visita, el nombre de boles caigudes serà més gran.



Abans de la visita

Per a saber-ne més

Però es mou...

Vistos des de la Terra, el Sol, la Lluna i les estrelles pareixen girar lentament. En l'antiguitat se suposava que les estrelles estaven situades sobre una esfera que girava al voltant de la Terra. No obstant això, Aristarc de Samos (segle III abans de Crist) va explicar que el moviment aparent de les estrelles i dels planetes es devia al gir diürn de la Terra al voltant del seu eix i a l'annual de la Terra al voltant del Sol.

Més tard, Aristòtil, i després Ptolemeu, van negar que es pogueren fer experiments per a demostrar eixe gir. Esta visió geocèntrica va dominar la ciència europea fins al segle XVII. En eixa època es tractava d'una qüestió transcendental per motius religiosos: Giordano Bruno va ser acusat d'heretgia per la Inquisició i sentenciat a mort l'any 1600 perquè afirmava que la Terra girava. El seu contemporani Copèrnic havia arribat a la mateixa conclusió, encara que la va difondre amb molta prudència. En canvi Galileu, uns quants anys després, la va defensar amb fermesa i va ser obligat a abjurar públicament d'esta idea. Encara que se li atribueix una famosa frase dita en veu baixeta en el moment de la renúncia: "*Eppur si muove...*" ("Però es mou..."), sembla que forma part de la llegenda. No obstant això, Galileu va mantindre les seues idees fins que va morir.

Hui en dia tenim l'absoluta certesa del gir de la Terra i els astronautes han constatat este fet en vore el planeta des de les naus espacials. Foucault va ser capaç de convèncer els seus contemporanis de l'evidència d'este gir.



Per a saber-ne més

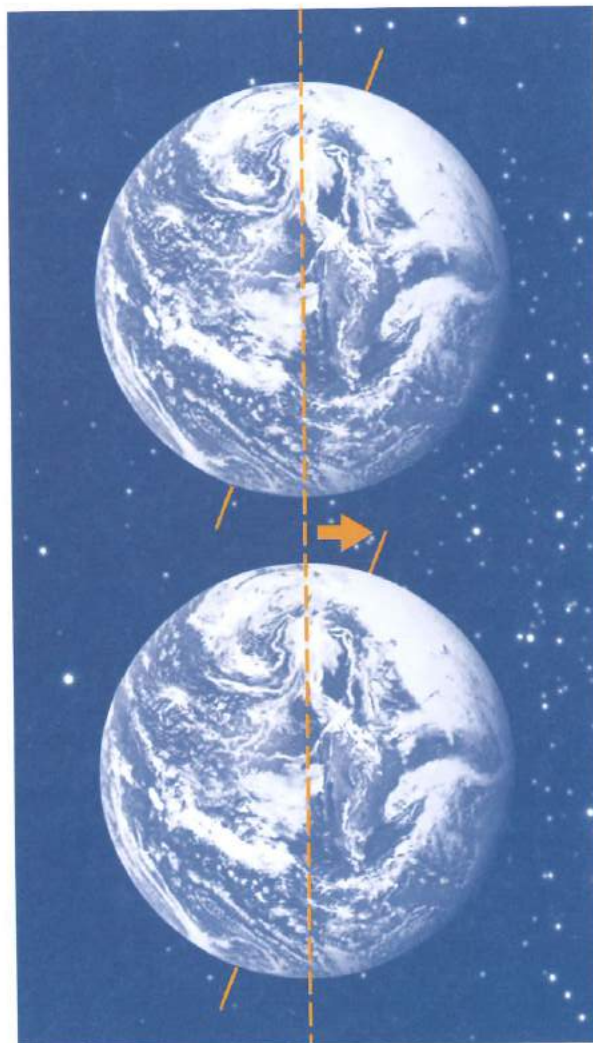
El gir de la Terra

La Terra és com una esfera amb un eix que va del Pol Nord al Pol Sud. Cada 24 hores fa una volta completa sobre el seu eix, i queda successivament exposada i oculta al Sol en el que anomenem dia i nit. No percebem clarament este moviment de rotació des de la Terra perquè la velocitat sempre és constant i tot el que ens rodeja es mou amb nosaltres, com quan es viatja en un tren.

La Terra sempre gira en la mateixa direcció; sempre va cap a l'Est. Si poguérem mirar des del Pol Nord cap avall, voríem la Terra girar en sentit contrari a les agulles del rellotge, cap a l'Est, de tal manera que el Sol sempre pareix que ix per l'Est i que es pon per l'Oest.

Tots els punts de la Terra tarden 24 hores a fer una volta de rotació completa, però cada punt gira a una velocitat diferent. Els llocs que hi ha prop dels pols a penes es mouen; en canvi els que es troben a l'Equador giren a una velocitat de 450 metres per segon, quasi 40.000 quilòmetres diaris.

Un giroscopi (que és un invent del mateix Foucault) en funcionament pot il·lustrar el gir de la Terra. L'eix del giroscopi quan gira és estable però no es manté fix i experimenta un moviment de lleugera precessió. L'eix terrestre tarda 25.800 anys a fer una volta completa. Esta precessió es deu en gran part a l'atracció gravitatòria del Sol i la Lluna sobre l'Equador. Es pensa que l'oscil·lació de l'eix terrestre en relació amb el Sol és una de les causes de les glaciacions que va experimentar la Terra.



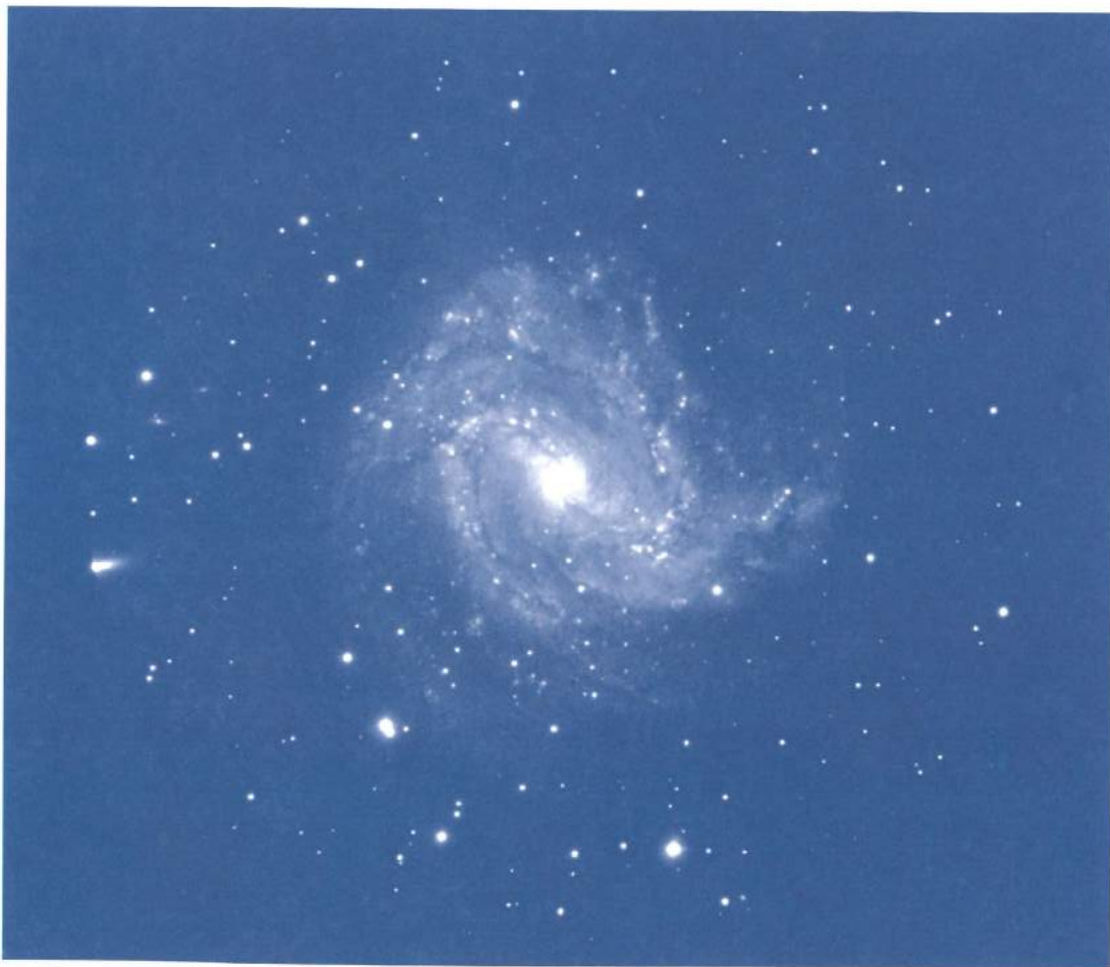
Per què la Terra gira? Què és el que la manté girant?

Es creu que el nostre sistema solar es va originar a partir d'un enorme núvol giratori de gas i de pols. A mesura que anava girant, es va anar xafant fins a formar un disc. Hipotèticament, el Sol es va formar en el centre del disc i la Terra i els altres planetes van anar posant-se en òrbita al voltant d'este. Com que el núvol original girava, la Terra i els altres planetes també ho van fer.

Tots els objectes de l'Univers giren, a vegades lentament; a vegades molt ràpidament. Quan les nebuloses o les estrelles es col·lapsen, giren més ràpidament, de la mateixa manera que un patinador sobre gel quan acosta els braços al cos. El nostre Sol dóna una volta en aproximadament un mes, però si el poguérem contraure, el gir augmentaria centenars de vegades per segon.

Pel que fa a la Terra i els altres planetes, el valor del gir és determinat per diverses causes. Un factor és la massa.

A més, al principi de la història del nostre sistema solar, alguns planetes van ser colpejats per grans fragments i potser aquelles col·lisions van modificar la velocitat de gir dels planetes.



Els primers experiments de Foucault

Al principi, Foucault va col·locar un pèndol menut en una plataforma giratòria. Va fer que oscil·lara i va posar la plataforma en moviment. El pèndol es va mantindre oscil·lant tot el temps en el seu pla inicial, a pesar que la base en què estava col·locat girava.

Després va construir un pèndol una miqueta més gran, de dos metres de llarg, que subjectava una bola de cinc quilograms. Abans que l'amplitud de les oscil·lacions s'amortira completament, va observar que el pèndol pareixia girar en el sentit de les agulles del rellotge.

Convençut del principi, va construir un altre pèndol amb un cable d'11 metres a l'Observatori de París, i així va demostrar la seua teoria. Foucault va presentar este experiment als seus col·legues el 3 de febrer de 1851, i va tindre tant d'impacte, que el Príncep Lluís Napoleó Bonaparte li va demanar que fera una demostració pública de l'experiment el 26 de març del mateix any al Panteó de París.

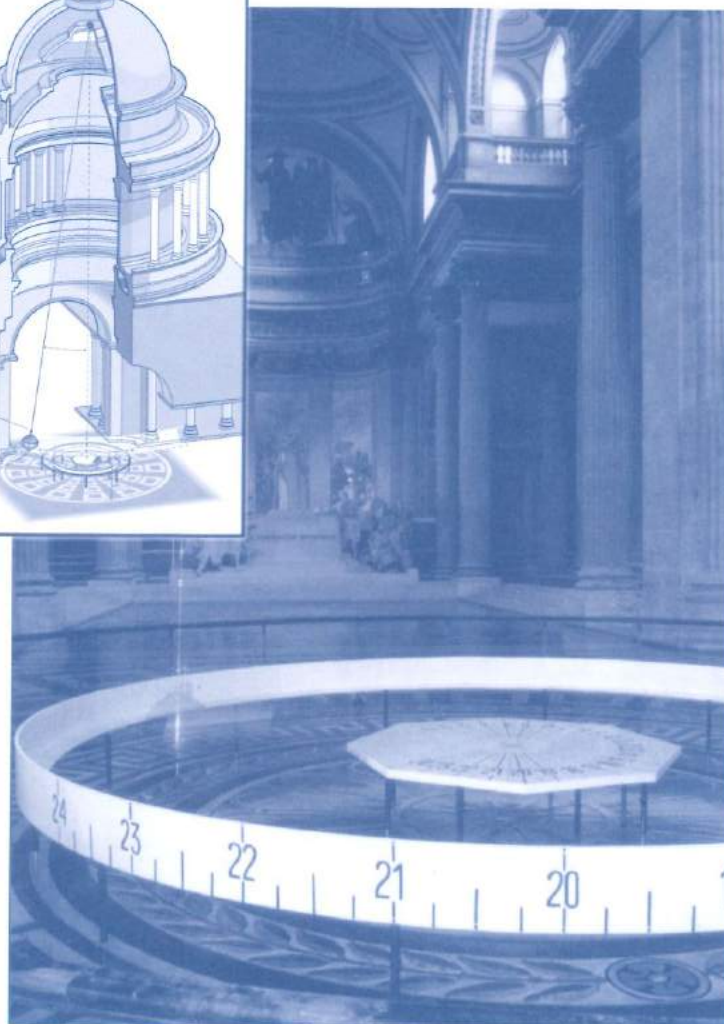
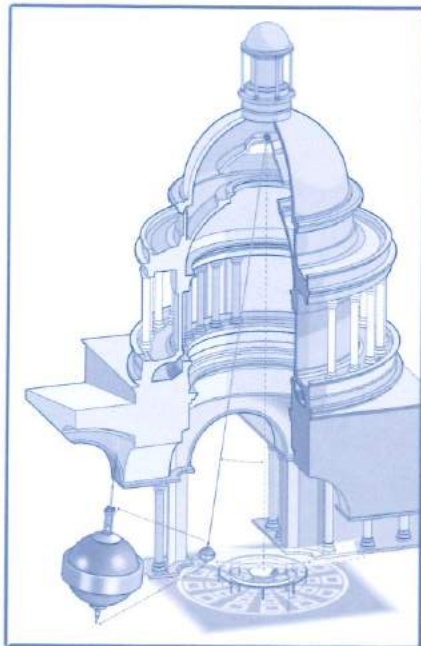


L'experiment de Foucault al Panteó de París: "Vous êtes invités à venir voir tourner la Terre..." ("Esteu invitats a vore girar a la Terra...")

Dins de la cúpula del Panteó de París, Foucault va penjar un pèndol de 67 metres de llarg del qual penjava una bala de canó de 28 quilos. Va posar molta cura a fer que el cable fóra perfectament simètric. Va col·locar un punxó davall de la bala i va escampar arena en el recorregut potencial d'esta. Va separar la bala cap a un costat i la va subjectar amb una corda fins que va quedar immòbil. Va cremar la corda i el pèndol va començar a oscil·lar tot deixant una marca en l'arena. Als pocs minuts esta es va començar a eixamplar. L'experiment va ser un èxit. La Terra girava "davall" del pèndol.

A la tardor de 1995 l'esfera de ferro original que Foucault va usar es va recuperar i la van penjar de la cúpula del Panteó com el 1851. Allí, al barri llatí de París, al final del carrer de Soufflot, prop del boulevard Saint Michel, es pot vore en l'actualitat.

Un dispositiu semblant s'usa al *Museo de las Ciencias Príncipe Felipe de València*.



Per a saber-ne més

El Pèndol de Foucault al *Museo de las Ciencias Príncipe Felipe de Valencia*

Als 20 anys, el famós escriptor Umberto Eco, autor de la novel·la "El pèndol de Foucault", va quedar fascinat quan el va veure a l'Observatori de París. A nosaltres ens pot passar el mateix al *Museo de las Ciencias*. Penjada del sostre hi ha una massa de 130 quilos unida a un cable de 30 metres.

Per mitjà d'un sistema de boles que el Pèndol va fent caure a una plataforma, veiem que el pla d'oscil·lació de la massa del Pèndol es desplaça lentament en el sentit de les agulles del rellotge. Però és tan sols una il·lusió. És el terrà del *Museo* el que realment es desplaça "davall" del Pèndol.

El Pèndol (suport, cable i bola) està unit a l'edifici i, simultàniament, este ho està al nostre planeta, que gira al voltant del seu eix aproximadament una vegada cada 24 hores. La Terra també gira al voltant del Sol una vegada cada any. El Sol gira al voltant del centre de la nostra Galàxia (Via Làctia) una vegada cada 250 milions d'anys.

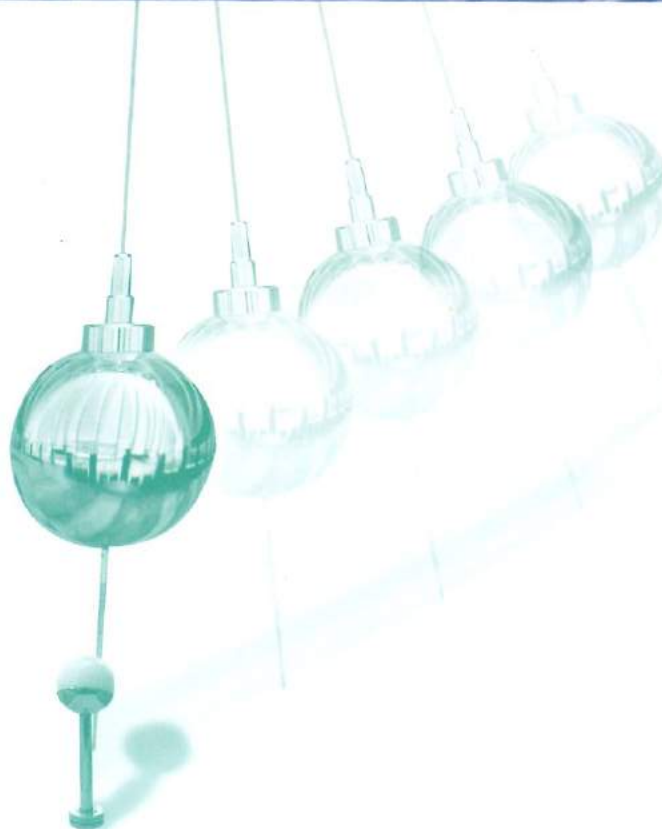
El Pèndol de Foucault ignora tots eixos moviments. S'alinea amb l'Univers.



L'oscil·lació del Pèndol segons la latitud

Suposem que col·loquem un pèndol sobre el Pol Nord i el posem a oscil·lar. A algú situat directament sobre el pol, li pareix que el pèndol traça repetidament un arc en el mateix pla. Mentrestant, la Terra gira lentament en sentit contrari al de les agulles del rellotge. Com que gira al voltant del seu eix cada 23,93 hores, per a un observador terrestre que es trobe al Pol, el pla del Pèndol pareix experimentar un gir de 360° en eixe temps. A l'Equador, el pla del Pèndol no giraria i Foucault no hauria pogut fer el seu experiment. En les latituds intermèdies el període té valors intermedis. Així, a València (amb una latitud de $39^\circ 29' N$), el pla del Pèndol tarda 37 hores i 37 minuts a fer una volta completa. A Castelló de la Plana (amb una latitud de $39^\circ 59' N$), este temps és de 37 hores i 16 minuts, i a Alacant ($38^\circ 20' N$), tarda 38 hores i 35 minuts.

En general, es pot calcular el temps de gir del pla del Pèndol en un lloc dividint 23,93 hores pel sinus de la latitud en què es troba.



Què és el que manté el Pèndol en oscil·lació?

L'atracció gravitatòria i un electroimant mantenen el pèndol en oscil·lació. La força gravitatòria l'espenta cap a la part baixa de la seua trajectòria. No obstant això, si no hi haguera l'electroimant, la resistència de l'aire i la fricció del cable el detindrien.

Com que el Pèndol de Foucault és pràcticament un pèndol simple de grans dimensions, la longitud del cable determina el seu període; és a dir, el temps que tarda a fer una oscil·lació completa. També depèn de l'acceleració de la gravetat, encara que és independent de la massa. La fórmula matemàtica que expressa estes relacions és:

$$T = 2\pi\sqrt{l/g}$$

En què "l" és la longitud i "g" és l'acceleració de la gravetat. Aplicant esta expressió s'obté per al pèndol del *Museo* un període d'aproximadament 11 segons.



Després de la visita

El recorregut en preguntes

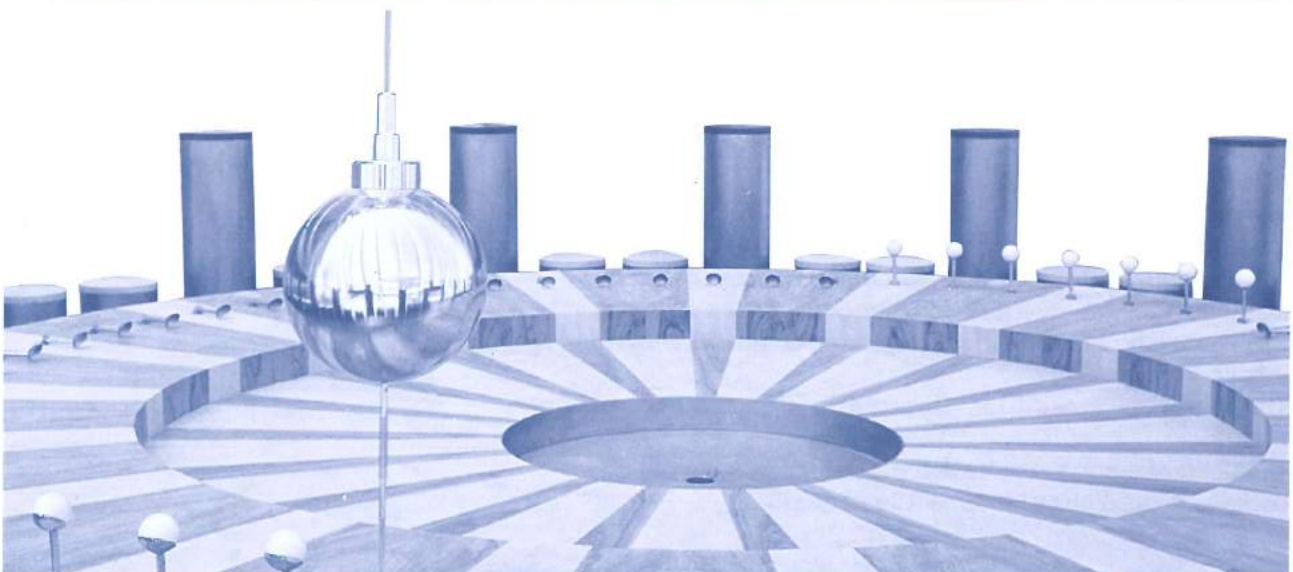
1. Situa't en la maqueta del Pèndol de Foucault i fes-lo oscil·lar. Impulsa suaument la plataforma giratòria. Què es pot dir del pla d'oscil·lació?

2. Anota quantes boles han caigut en entrar al *Museo*. Anota l'hora.

3. Quants segons tarda la massa del Pèndol a completar una oscil·lació completa? (Mesura-ho amb el teu cronòmetre).

4. Anota quantes boles han caigut en eixir del *Museo* i quantes boles queden per caure. Anota l'hora.

5. Quant tardarà el pla del Pèndol a fer una volta?



Després de la visita

Activitats

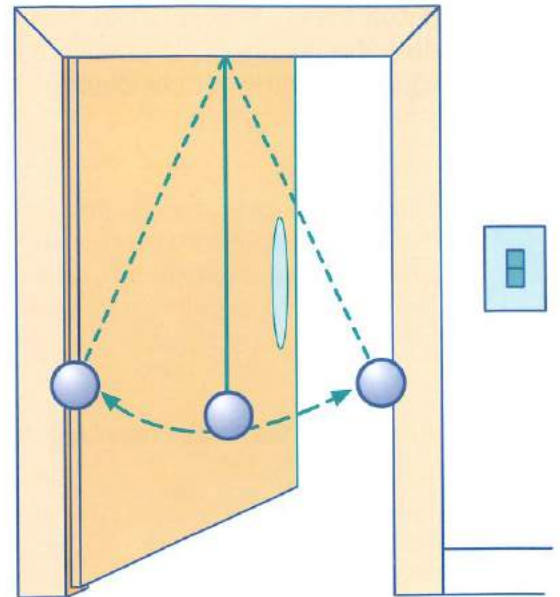
1. Pèndol simple

MATERIALS

Un fil llarg de niló o d'un material paregut, objectes de diferent massa i de dimensions no massa grans i cinta aïllant o cinta adhesiva.

COM ES FA?

- Penja el fil de la llinda d'una porta, subjecta'l fermament amb cinta adhesiva. Col·loca un dels objectes a l'altre extrem del fil.
- Separa lleugerament el pèndol de la posició vertical i deixa'l anar perquè comence a oscil·lar. Amb un cronòmetre mesura el temps que tarda a fer deu oscil·lacions (anada i tornada) i dividix-lo entre deu. Així s'obté el període, que és el temps que es tarda a fer una sola oscil·lació. Anota el valor d'este.
- Repetix el procés anterior canviant la massa del pèndol però sense modificar la longitud del fil. Quines diferències hi ha en els valors que obtens?
- Mesura ara el període deixant la massa fixa, però canviant la longitud del pèndol. Quines diferències observes ara?



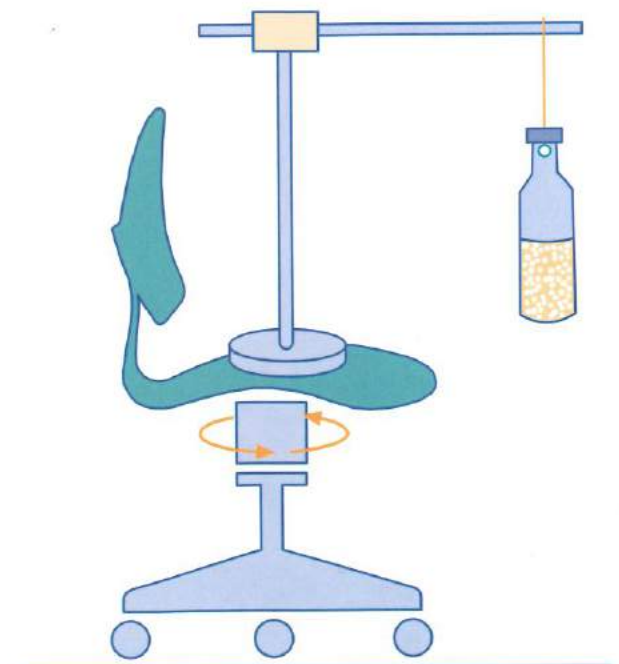
2. Constrúix el teu Pèndol de Foucault

MATERIALS

Una botella menuda de plàstic amb tap de rosca, una anella, un cordell llarg, arena, un embut, un peu de suport, dos varetes metàl·liques, una nou doble, una cadira giratòria i una barrineta.

COM ES FA?

- Amb l'embut, ompli d'arena les dos terceres parts de la botella.
- Perfora la part central del tap amb la barrineta i passa el cordell pel forat.
- Nuga l'extrem del cordell a l'anella de manera que, en tapar la botella, l'anella hi quede dins i impedisca que el cordell isca. Després enrosca el tap.
- El pèndol ja està preparat.
- Posa el peu de suport damunt de la cadira giratòria i fixa la vareta al peu. Per mitjà de la nou doble acobla la segona vareta de manera que les dos queden perpendiculars.
- Nuga l'extrem del cordell del pèndol a la vareta com es mostra en la figura
- Posa el pèndol a oscil·lar. Observa la direcció del pla d'oscil·lació.
- Gira la cadira a poc a poc. Què li passa a la direcció del pla d'oscil·lació quan gires lentament la cadira?



ANELLA



BARRINETA





Ciudad de las Artes y las Ciencias
Telèfon: 96 197 45 00
Fax: 96 197 45 05
Informació i reserves: 902 100 031
www.cac.es