RUTES MATEMÀTIQUES A VALÈNCIA

II

De l'Escola de Magisteri "Ausiàs March" a la Ciutat de les Arts i les Ciències

Títol: Rutes matemàtiques a València
II. De l'Escola de Magisteri a la Ciutat de les Arts i les Ciències

Onofre Monzó del Olmo
Luis Puig Espinosa
Tomàs Queralt Llopis

I.S.B.N.:
D.L.:
Printed in Spain
Imprimeix:

RUTES MATEMÀTIQUES A VALÈNCIA

Inicies ara un recorregut en grup pels carrers, places i parcs de València amb la intenció de veure i apreciar les matemàtiques que són presents per tot arreu. Posa't en disposició de veure les matemàtiques del teu voltant, i endavant!

Què hi farem i com?

Instruccions i normes bàsiques

El més important: segueix les instruccions del monitor i del teu professorat. El recorregut té una durada aproximada de 3 hores, durant el qual farem diverses parades. Actua amb precaució durant tota l'activitat.
Hi ha preguntes i propostes que requeriran accions o respostes individuals; d'altres, en parelles o en grup. Hauràs de fer estimacions, mesures, observacions, dibuixos o esquemes, càlculs... i, fins i tot, algunes fotografies. Hi ha activitats que hauràs de fer en un punt concret del recorregut i d'altres, durant tot aquest; algunes activitats hauràs de fer-les en el mateix moment, i d'altres, posteriorment, en classe. Observa especialment el mobiliari urbà (fanals, bancs, papereres, logotips, anuncis, etc.), la geometria del carrer i dels edificis (sòls, portes, reixes, façanes, etc.). Busca cossos i formes (cubs, cilindres, triangles, quadrilàters, còniques, espirals...) i propietats, com ara, paral·lelisme i perpendicularitat, simetries...

Treballa i passa-t'ho ben bé!

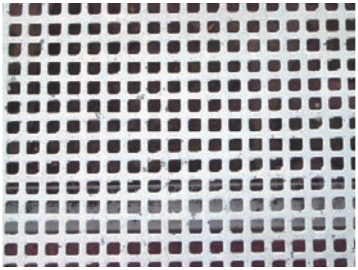
DE L'ESCOLA DE MAGISTERI
A LA CIUTAT DE LES ARTS I LES CIÈNCIES

El recorregut

Començarem el recorregut a l'Escola de Magisteri Ausiàs March de València i ens pararem per explorar més en detall el parc de Gulliver, la Plaça dels Vents i la Ciutat de les Arts i les Ciències. Presta atenció quan faces el desplaçament d'una parada a un altra i segueix les indicacions dels monitors i del professorat.

Activitat per a tot el recorregut

Durant el recorregut observa la geometria que t'envolta. En particular, tracta de localitzar el lloc on s'han pres les fotos que apareixen a continuació, i indica quines idees matemàtiques contenen.



SIMETRIES

La simetria és un concepte senzill al qual podem arribar observant el món que ens envolta. Mirant el nostre cos, els reflexos de les coses, les formes vives i les inanimades, les trajectòries i les creacions artístiques, aviat descobrim uns principis de repetició que podem organitzar i fins i tot formalitzar amb uns mínims coneixements geomètrics. La Geometria ens parla de com la repetició d'un moviment genera una figura o una configuració a partir d'un motiu i com distints tipus de moviments generen figures diferents a partir del mateix motiu inicial: un joc subtil i enginyós que en crear simetria crea estructura i bellesa.
Quan mirem unes figures geomètriques, planes o espacials, a simple cop d'ull tenim una sensació de quina figura és més *simètrica*. La Geometria ens proporciona una forma més precisa de veure i classificar el grau i el tipus de simetria de les figures i les configuracions.

El molinet de vent té una simetria cíclica (c7) i la flor, dièdrica (d5)

Simetries a les rosasses

Leonardo da Vinci es va adonar que hi havia dos tipus diferents de rosasses, unes sense simetria de reflexió (*rosasses cícliques*) i altres amb simetria de reflexió (rosasses dièdriques). Si es fa girar una rosassa una volta completa al voltant del seu centre, coincideix amb la seua posició original cada rotació de $360°/n$. Un disseny cíclic no té rectes de simetria (miralls), però un disseny dièdric té n rectes diferents de simetria (formant angles de $360°/2n$). Les notacions respectives per aquests dissenys són cn i dn.

Com ja hauràs pensat, és difícil que a aquest recorregut hi trobem rosasses, que habitualment es troben a les esglesies. Però aquesta vegada ens ocuparem d'unes rosasses un poc especials i que en trobaràs de segur per tot arreu, les "llantes" i els "plats" dels cotxes.
Ací tens alguns exemples, classifica'ls d'acord a la nomenclatura de Leonardo.



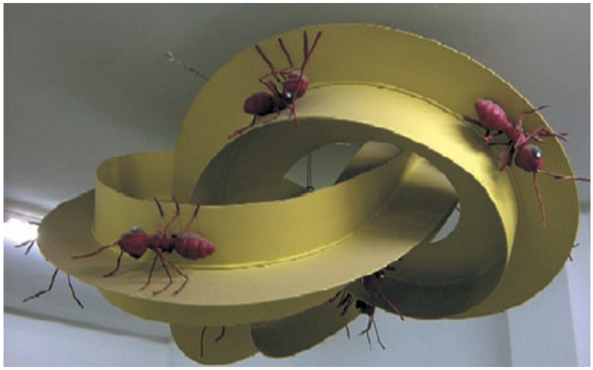



Fes-ne el teu recull particular de rodes al llarg del recorregut

Disseny	Tipus	Disseny	Tipus
	C3		D3
	C4		D4
	C5		D5
	C6		D6
	C7		D7

Si no pots omplir tota la taula fes-ho de camí a casa.
També pots continuar el registre fins 12, 22, ...

LA BANDA DE MÖBIUS



A l'Escola de Magisteri, al laboratori del Departament de Didàctica de la Matemàtica (aula 32), hi ha una figura tridimensional que recrea un quadre de M.C. Escher.
L'obra recreada és "Banda de Möbius II", que fa referència a una figura molt sorprenent. El que n'és sorprenent és que és una varietat de dues dimensions, però d'una sola cara. Deu el seu nom al matemàtic que la va descobrir, **August Ferdinand Möbius**, que va nàixer el 17 de novembre de 1790, en Schulpforta, Saxoni (ara Alemanya) i va morir el 26 de setembre de 1868 en Leipzig (Alemanya).

Algunes aplicacions

La singularitat de tindre no més una cara fa que haja tingut algunes aplicacions industrials. Lee De Forest en 1923 va rebre la patent número 1.442.632 referent a una pel·lícula tancada en banda de Möbius sobre la qual podia gravar-se en so per aquests dos costats; en 1949 Owen D. Harris va rebre la patent número 2.479.929 d'una corretja abrasiva en forma de banda de Möbius; la patent número 2.784.834 de la B F. Goodrich Company, als Estats Units, protegeix una cinta transportadora de cautxú que s'usa per a substàncies calentes o abrasives. Donant-li mitja volta en la forma de cinta de Möbius, es desgasta de la mateixa manera pels seus dos, o millor dit, pel seu únic costat. En 1963, Richard L. Davis, físic de la Sandia Corparation d'Albuquerque, va inventar una resistència desproveïda de reactància, basada en la banda de Möbius. Adossant fines tires metàl·liques a les dues cares d'una cinta aïllant, i formant amb elles una banda de Möbius de triple capa, Davis va descobrir que en fluir impulsos elèctrics en estos dos sentits entorn de la banda (impulsos que haurien de passar a través de si mateixos) la banda adquiria tot tipus de propietats elèctriques desitjables. (revista *Estafe* del 25 de setembre de 1964, i *Electronic Illustrated*, novembre de 1969, pp. 76 i ss.).

La banda màgica

En ocasions com aquesta les matemàtiques poden paréixer màgiques...
Ací et proposem conéixer i jugar justament amb aquesta "Banda de Möbius" les propietats de la qual poden paréixer màgiques.

Banda de Möbius II, litografía de M.C. Escher (1963). © Condon Art, Baarn, Netherlands.

Un breviari cultural:

Volem aclarir que potser en altres costats trobaràs el nom del matemàtic Möbius escrit com Moebius: no et preocupes, és exactament el mateix. El que succeeix és que molts noms alemanys porten dos puntets damunt de l'o (que es diuen "dièresi" o "umlaut" en alemà) per indicar que la 'o' es pronuncia amb un so a mig camí entre la 'e' i la 'o', i antigament les màquines d'escriure no tenien aquest símbol pel que es va optar per escriure les lletres "oe" per a designar la "ö".
Així per exemple, un altre gran matemàtic alemany anomenat Gödel moltes vegades apareix com Goedel i al famosíssim escriptor, també alemany, Göthe, la majoria de les vegades se'l troba com Goethe.

Bé, ara sí, comencem amb la banda de Möbius:

Per a dependre a construir-la i entendre que és el que succeeix amb ella, et proposem, primer, treballar un poc amb les bandes comunes (les bandes musicals no!).

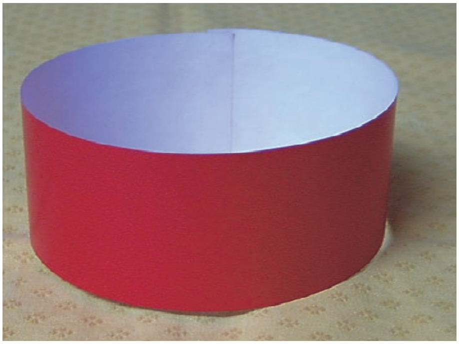
Per a realitzar l'activitat necessitaràs el següent material:

- Diverses tires de paper, amb les dues cares de color diferent, d'aproximadament 6 cm x 30 cm. (Realment si són de 10 x 35 no passa res, l'important és que siguen rectangles molt llargs i prims)
- Tisores.
- Pegament.
- Cinta adhesiva.
- Colors.

Comencem!

Anem a construir una banda normal.

Pren una de les tires de paper.
Per a construir la banda hauràs d'unir els extrems de la tira. Et proposem anomenar els quatre cantons amb les lletres A, B, C, D, per a que siga més fàcil donar les instruccions de construcció.



Ara uneix el cantó A amb el C i el cantó B amb el D per a formar una banda normal, una espècie d'anell ample, o una llauna de refresc sense base i sense tapa.
Enganxa els dos extrems de la banda amb cola, pegament o cinta adhesiva.
Com veus, la banda ha quedat de dos colors: un per fora i l'altre per dins.

- Recorre amb el teu dit una vora de la banda sense separar-ho fins a arribar al lloc on vas començar.

Has tocat en algun moment l'altra vora?
Amb un color diferent del de les cares de la banda dibuixa un camí per fora de manera que sense desenganxar el color, recórregues la banda completa fins a arribar a l'inici del camí.

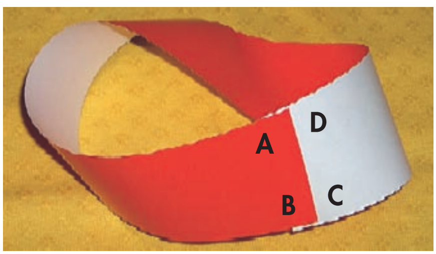
(El camí verd ha de ser recte)

- En traçar el camí, quantes cares de la banda has tocat?
- Ara talla la banda seguint el camí que has dibuixat sobre ella. Què va passar amb la banda?

En resum, una banda comuna té dues cares i dues vores. Al tallar-la obtens dues bandes més primes però que tenen la mateixa forma que la primera.

Ja que coneixes molt bé les bandes comunes estàs preparat per a construir **"la banda màgica"**:
Pren una altra de les tires de paper i torna a anomenar els cantons A, B, C, D.

Aquesta vegada vas a unir els extrems de la tira de manera distinta: el cantó A haurà de quedar unit al cantó D i el cantó B al C. Per a aconseguir açò abans d'unir els extrems hauràs de donar-li mitja volta a la tira.



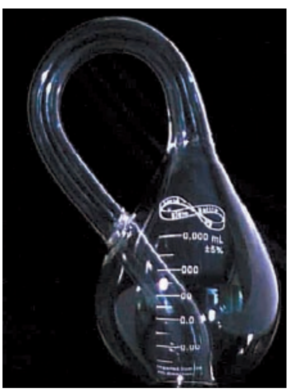
- Amb un color traça un camí que vaja pel centre de la banda. Què ocorre?
- Havíem vist que la banda comuna té clarament dues cares i dues vores. Què passa amb la de Möbius?
- Ves recorrent, molt espai la vora i veuràs que, sense alçar el dit, d'una sola vegada ho recorres tot! Et sorprèn?

En efecte, la banda de Möbius té una sola cara i una sola vora!
La banda de Möbius té moltes altres gràcies:
Quan vas tallar la banda comuna per la meitat amb unes tisores, et van quedar dues bandes iguals que la primera.
Intenta fer açò mateix amb la banda de Möbius.

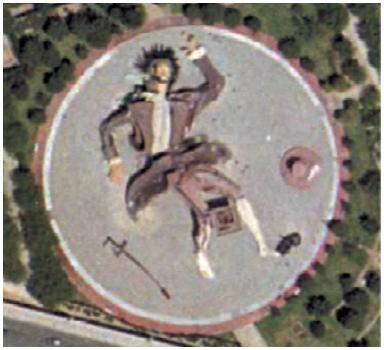
- Dibuixa un camí que vaja per la meitat de la banda i ara retalla la banda seguint el camí. Què ocorre?

Una banda de Möbius el doble de llarga?
Recorre de nou la banda i la vora amb el teu dit. Què passa?
Fes-ne una altra banda, però talla-la per un terç de la seua amplària.
Què creus que isca?
Una altra vegada una banda semblant però més llarga?
No, el que ocorre no és el que esperaves. Per què creus que ocorre això?
Intenta-ho una altra vegada, construeix moltes bandes de Möbius i retalla-les diverses vegades.
La banda de Möbius està plena de sorpreses!

Una altra figura sorprenent: l'ampolla de Klein



Aquesta ampolla té propietats semblants a la banda de Möbius i igualment sorprenents, i deu el seu nom al seu descobridor, el matemàtic alemany Felix Klein. Com pots veure la seua particularitat és que a pesar de ser una superfície tancada -per tant, no té forats- no hi ha una separació entre l'interior i l'exterior de l'ampolla.
Si tens un poc de visió espacial, t'hauràs adonat que on aquesta botella es trobaria realment a gust seria en quatre dimensions, així no hauria d'intersectar-se amb si mateixa. Una cosa semblant al que li passa a una cinta de Moebius quan descobreix l'espai tridimensional, en comparació amb les reduïdes dimensions del pla (2D).



EL PARC DE GULLIVER

El parc es diu així pel protagonista de la novel·la "Viatges a diversos llocs remots del planeta", coneguda com "Els viatges de Gulliver", que és considerada l'obra mestra de Jonathan Swift (Dublín 1667-1745).
Concebuda com una sàtira, contra la vanitat i la hipocresia de les corts, els hòmens d'estat i els partits polítics d'aqueix temps, Swift va tardar sis anys en escriure-la, i va anar agregant als viatges del seu personatge reflexions sobre la naturalesa humana, fent una amarga burla a la societat anglesa i al gènere humà, utilitzant un estil narratiu imaginatiu, enginyós i senzill. Va ser publicada en forma anònima en 1726.
Al parc es representa a Gulliver en el seu primer viatge quan arriba a Lil·liput on ell és un gegant respecte als lil·liputencs.

Proporció i mesura de Gulliver a Lil·liput

Al final de capítol III llegim:

"El lector haurà pogut advertir que en l'últim article dictat per al recobrament de la meua llibertat estipula l'emperador que em siga subministrada una quantitat de menjar i beguda prou per al manteniment de 1.724 lil·liputencs. Vaig preguntar algun temps després a un amic meu de la cort com se'ls va ocórrer fixar aqueix nombre precisament, i em va contestar que els matemàtics de La seua majestat, havent pres l'alçada del meu cos per mitjà d'un quadrant, i vist que excedia als seus en la proporció de ___ a ___, van deduir, prenent els seus cossos com a base, que el meu havia de contindre, almenys, mil set-cents vint-i-quatre dels seus, i, per conseqüent, necessitava tant menjar, com fóra necessari per a alimentar aqueix nombre de lil·liputencs. Per on pot el lector formar-se una idea de l'enginy d'aquell poble, així com de la prudent i exacta economia de tan gran príncep."

1 Em llevat del text la proporció entre l'altura de Gulliver i la de un lil·liputenc i ara et demanem que la trobes i òmpligues els buits del text, fent el raonament invers al que feren els lil·liputencs per calcular el menjar per a Gulliver. T'avisem però que els lil·liputencs no feren bé els càlculs, però que 1724 n'és molt a prop del resultat correcte dels seus càlculs. Canvia també en el text el nombre 1724 pel que corresponga.

2 Els matemàtics de Lil·liput calcularen el menjar que Gulliver necessitava, suposant que la quantitat de menjar depén linealment del volum del cos. És correcta aquesta suposició? Si no ho és, torna a fer els càlculs i imagina les conseqüències pel règim d'alimentació dels lil·liputencs i de Gulliver a Liliput.

3 Sembla ser que Swift traduí a "peus" totes les mesures que al seu país estaven en "polzades" per establir les dimensions de les coses a Lil·liput. Et proposem averiguar els equivalents en centímetres dels peus i les polzades, i la relació que hi ha entre aquestes dos unitats de mesura.

4 Realitza les mesures que cregues necessàries per calcular la proporció que existeix entre tu i el Gulliver del Parc.

5 Dins el Gulliver hi ha una maqueta de València. Estudia quina és la proporció que manté amb la ciutat real, fent les mesures i buscant la informació que estimes necessària. "El Micalet" mesura 50.85 m d'alçada.

6 Realment tota la maqueta està realitzada a la mateixa escala? Realitza les mesures i estimacions oportunes abans de contestar.

Al capítol IV podem llegir una descripció de Mildendo, la capital de Liliput:

[...] vaig demanar després d'obtindre la llibertat que em concediren llicència per a visitar Mildendo, la metrópoli; llicència que l'emperador em va concedir fàcilment, però amb l'encàrrec especial de no produir dany als habitants ni en les cases. [...] La muralla que la circumda és de dos peus i mig d'alt i almenys d'onze polzades d'amplària, ja que pot donar la volta sobre ella amb tota seguretat un cotxe amb els seus cavalls, i està flanquejada amb sòlides torres a deu peus de distància. [...] La ciutat és un quadrat exacte i cada costat de la muralla té cinc-cents peus de longitud. Els dos grans carrers que s'encreuen i la divideixen en quatre parts iguals tenen cinc peus d'amplària. Les altres vies, que no vaig poder entrar i només vaig vore de pas, tenen de dotze a divuit polzades. La població és capaç per a cinc-centes mil ànimes. Les cases són de tres a cinc pisos; les botigues i mercats estan perfectament abastits.

7 Estudia les mesures de la ciutat de Mildendo i dels seus carrers, comparant-les amb les de la ciutat de València.

8 Creus que Mildendo és una ciutat densament poblada? Compara la seua densitat de población amb la de València. Pensa que el llibre està escrit al segle XVIII. Com era València al segle XVIII?

La descripció de Mildendo continua parlant del palau de l'emperador:

El palau de l'emperador està en el centre de la ciutat, on es troben els dos grans carrers. El rodeja un mur de dos peus d'alçada, a vint peus de distància dels edificis. Vaig obtindre permís de La seua majestat per a passar per damunt d'aquest mur; i com l'espai entre ell i el palau és molt ample, vaig poder inspeccionar aquest per totes parts. El pati exterior és un quadrat de quaranta peus i comprén altres dos; al més interior donen les habitacions reials, que jo tenia grans desigs de veure; però ho vaig trobar extremadament difícil, perquè les grans portes de comunicació entre els quadros només tenien divuit polzades d'alçada i set polzades d'ample. D'altra banda, els edificis del pati extern tenien almenys cinc peus d'alçada, i m'era impossible passar-lo d'una camallada sense perjuís incalculables per a la construcció, encara que els murs estaven sòlidament edificats amb pedra tallada i tenien quatre polzades de gruix.

9 Estudia les mesures del palau de l'emperador i explica les dificultats de Gulliver per moure's per ell.

FENT CAMÍ

Pel camí cap la Plaça dels Vents ens trobem diferents tapadores al terra. Les del clavegueram són rodones i les dels registres de les xarxes elèctrica, telefònica i d'aigua potable, no.

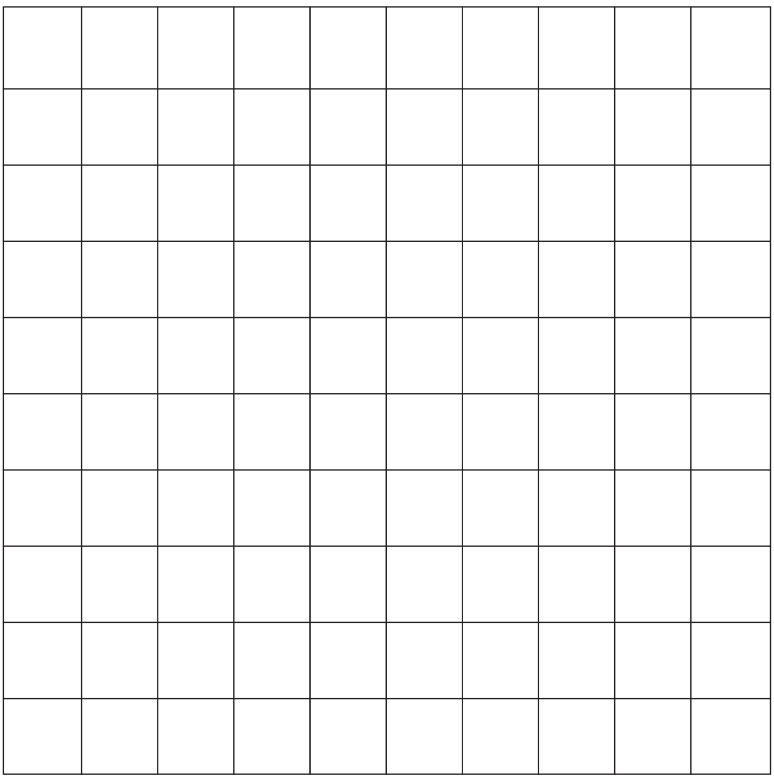
Per què les del clavegueram són rodones i les altres no?

També hi trobem papereres de diverses formes, entre elles les de la foto. Troba'n una, fes-ne les mesures adients i calcula el volum que hi cap dins.

LA PLAÇA DELS VENTS

A la Plaça dels Vents trobem dos taulers d'escacs gegants.
Quants quadrats podem dibuixar amb els costats sobre les línies que defineixen els escacs?

Ací tens una trama perquè practiques:



DE CAMÍ A LA CIUTAT DE LES ARTS I LES CIÈNCIES

Cap el Palau de les Arts trobem un camí amb aquest enrajolat.
Cerca-lo.
En aquest cas s'ha utilitzat el quadrat, però en podrien haver-hi fer servir altres formes. Quins polígons regulars serveixen per enrajolar el terra? Per què?

Front el Palau de la Arts trobem uns bancs amb la forma que s'aprecia a la foto. És realment un arc de circumferència? Fes el que cregues necessari per comprovar-ho.
Recorda que amb no més tres punts es defineix una circumferència.

Prop d'on et trobes hi ha uns jocs infantils que fan servir una molla com la de la imatge.
Què corba és?

És una hèlix, corba que té per equacions paramètriques:

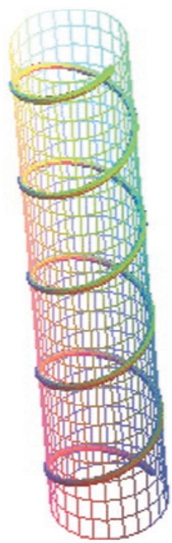
$$\begin{cases} x = a\cos t \\ y = e a \sin t \quad \text{amb } e = \pm 1 \\ z = bt \end{cases}$$

I en coordenades cilíndriques:

$$\begin{cases} p = a \\ z = e b q \end{cases}$$

Quan $e = -1$, l'hèlix va cap l'esquerra (levògira)
i si $e = +1$, cap la dreta (destrògira)

Hèlix levògira



Hèlix destrògira

Busca'n més hèlixs i fixa't si van cap la dreta o l'esquerra.

MATEMÀTIQUES A LA CIUTAT DE LES ARTS I DE LES CIÈNCIES

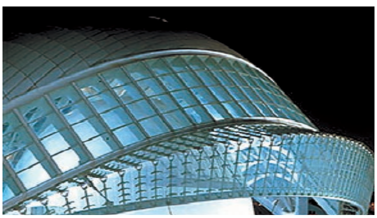
A la Ciutat de les Arts i les Ciències hi ha moltes matemàtiques, però no sols dins del museu. Ací el continent supera el contingut: el veritable bosc geomètric són les construccions.

Al arribar a la part de la Ciutat de les Arts i les Ciències que està totalment acabada, et trobes de front l'Hemisfèric, sabries dir què forma té?
Efectivament té la forma de part d'una pilota de rugbi. I la construcció interior de la meitat d'una esfera.
Aquesta superfície s'anomena el·lipsoide, i té la següent equació:

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} + \frac{z^2}{c^2} = 1$$

Aquesta és l'entrada de l'Hemisfèric:

Fixa't en les lluernes laterals. Continuen l'elipsoide, la forma però no és la mateixa. Què tipus de superfície són?

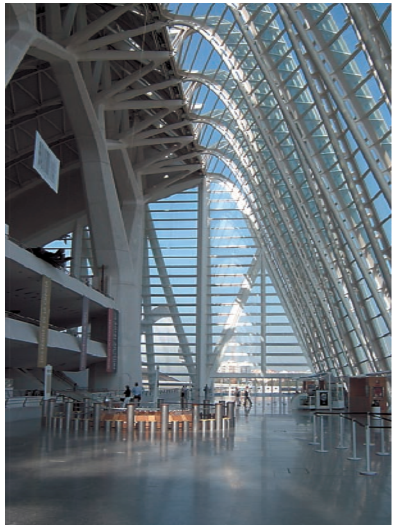


I les parpelles?

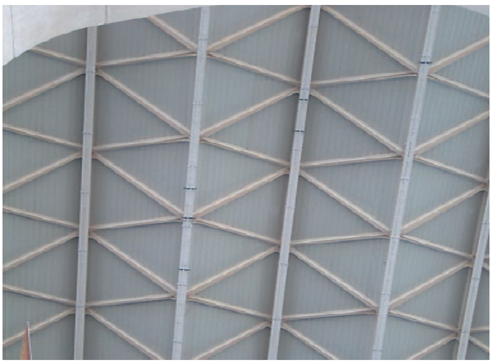
Fixa't, les parpelles es pleguen!!

El Carrer Major

Aquest és el Carrer Major del Museu de les Ciències Príncep Felip:



Observa com està construïda l'estructura.



Fixa't en el sostre: per què creus que es fan servir triangles?

Mira ara la recreació de l'ADN. Què et recorda ? Què corbes són?

Es trobem front l'ascensor:

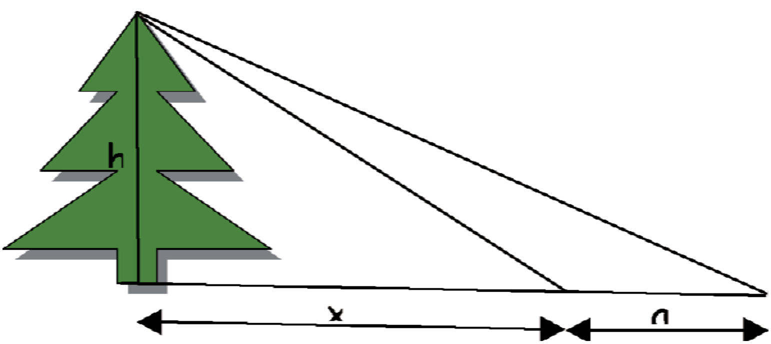
Què forma té?

Quina es la seua altura?

A la motxilla portes un clinómetre, calcula-la.

I el seu volum?

Fixa't:



No és el que sembla

Hi estàs front l'Umbracle, quina és la corba que descriuen els seus arcs?
Semblen paràboles, però no ho són.

Una corba de pes

Moltes formes comunes que pareixen ser paràboles de fet no ho són. Algunes, com les línies de l'electricitat i del telèfon, les cordes per estendre la roba, el fil que aguanta una milotxa, o una vela unflada pel vent tenen forma de catenària.

Galileo creia, erròniament, que les corbes que formen les cadenes quan pengen eren paràboles. I és que les paràboles i les catenàries són molt paregudes. És pot dir que les paràboles són més puntegudes que les catenàries, però quan la corba no és molt pronunciada, l'única forma de distingir una de l'altra és mitjançant les seues respectives equacions.

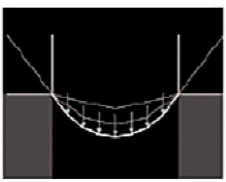
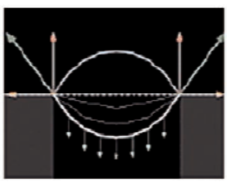
Huygens, als 17 anys, va demostrar que les catenàries no eren paràboles, però no trobà la seua equació.

Leibniz, Huygens (per mètodes geomètrics) i Johann Bernoulli trobaren l'equació en 1691, en resposta a un repte de Jakob Bernoulli sobre les corbes isocrones. Aquest repte de Jakob Bernoulli, resolt pel seu germà Johann, fou l'inici de la rivalitat entre ells.

El nom de catenària es deu a Huygens i prové de la paraula "cadena", perquè aquesta corba és la que descriu una cadena que està fixa pels seus extrems i sense estar sotmesa a altres forces que el seu propi pes. És dir, es tracta de la corbatura que adopta qualsevol objecte flexible fixat pels seus extrems, sotmés a la força de la gravetat.

Si la càrrega que suporta és horitzontalment uniforme, al penjar-la de dos punts adopta la forma d'una paràbola. Si suporta diferents càrregues puntuals, la cadena o cable adopta la forma anomenada "arc funicular".

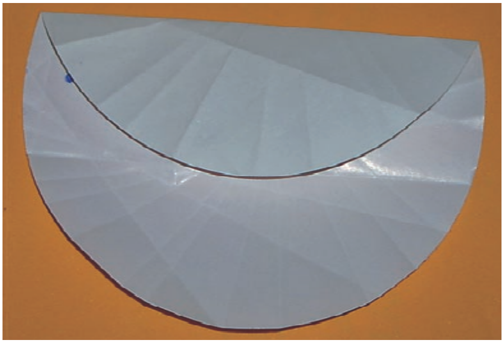
En arquitectura es fa servir la catenària per construir arcs perquè tota la línia de pressions segueix la forma de la corba.

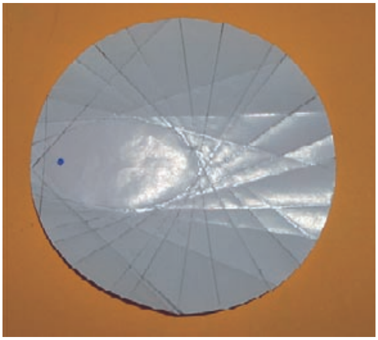




Aquesta corba té per equació:

$y = a \cosh\left(\frac{x}{a}\right) = a\,\frac{\left(e^{-\frac{x}{a}} + e^{\frac{x}{a}}\right)}{2}$, ben distinta de la de la paràbola

Passejant per l'Umbracle també hi trobaràs alguna cosa interessant, per exemple les papereres.
Què forma tenen? Com és el forat per on es llancen els papers?



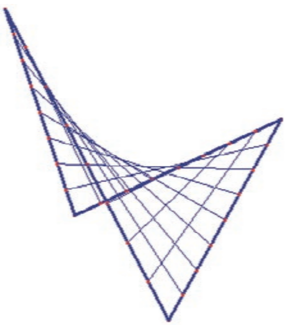


Amb un tros de paper també pots obtindre una el·lipse:

Agafa un cercle de paper.
Marca un punt prop de la vora.
Ves fent passar la circumferència exterior per aquest punt moltes voltes i marcant el plec.

L'Oceanogràfic

Tant a la recepció com al restaurant de l'Oceanogràfic s'han fet servir unes superfícies, també quàdriques com l'el·lipsoide de l'Hemisfèric, però amb una característica que les fa molt especials.

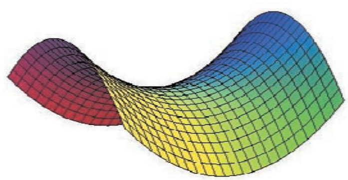


Es poden construir amb amb rectes (taulons). Només hi ha que fer anar variant l'angle d'inclinació d'una recta que es mou damunt un altra corba. Aquestes superfícies s'anomenen "reglades".

En aquest cas s'ha fet servir el paraboloide hiperbòlic que té per equació:

$$z = \frac{x}{a^2} - \frac{y^2}{b^2}$$

I que se'l coneix com "cadira de muntar"



A que saps per què?

A la part dedicada a la Mediterrània podem trobar un tipus de superfície que té la propietat de ser la de menor àrea de entre totes amb la mateixa frontera, se la coneix com superfície mínima.

Són les superfícies que surten quan fem bombolles de sabó.

Així la naturalesa proporciona un instrument manejable per a la detecció de les superfícies de forma òptima que s'estenen sobre un contorn donat: basta deixar que una pel·lícula sabonosa s'estenga sobre un contorn que tinga la configuració desitjada. Si tal pel·lícula no es trenca fàcilment, es trobarà en equilibri estable; es tracta d'una superfície minimal, una superfície l'àrea de la qual és mínima.

Per acabar

Com és la simetria del mirall on et mires cada matí?
Compara-la amb la que es produeix a l'aigua en observar l'Hemisfèric:

ALGUNES LECTURES RECOMANADES:

Jonathan Swift. *Els viatges de Gulliver*. (Versió castellana a la xarxa: http://www.bibliotecasvirtuales.com/biblioteca/Swift/ViajesdeGulliver/index.asp)

Fascinant Simetria. Fundació Caixa de Pensions. 1998.

Las Matemáticas en la vida cotidiana. Addison-Wesley / Universidad Autónoma de Madrid. 1999.

S. Hildebrandt y A. Tromba. *Matemática y formas óptimas*. Biblioteca Scientific American. Prensa Científica, S.A. 1990.

Monogràfic "Fons i forma". *Mètode*, 37, pàgs. 41-78. Universitat de València. Primavera 2003.

Algunes dades d'interés:

1 polzada = 2.54 cm
1 peu = 30.48 cm
1 iarda = 91.4 cm
1 milla = 1.609 Km

Volum del con: $V = \frac{1}{3}(\quad r^2 h)$

Esperem que t'ho hages passat ben bé aprenent a veure les matemàtiques del teu voltant. I que aquesta forma de mirar el teu entorn t'acompanye sempre

VNIVERSITAT DE VALÈNCIA

CÀTEDRA DE DIVULGACIÓ DE LA CIÈNCIA
VNIVERSITAT DE VALÈNCIA • FUNDACIÓ Cañada Blanch

MUSEU DE LES CIÈNCIES PRÍNCIPE FELIPE
VALENCIA

CSIC

MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

CAM
Caja de Ahorros del Mediterráneo
OBRES SOCIALS

Societat d'Educació Matemàtica de la Comunitat Valenciana "al-Khwarizmi"