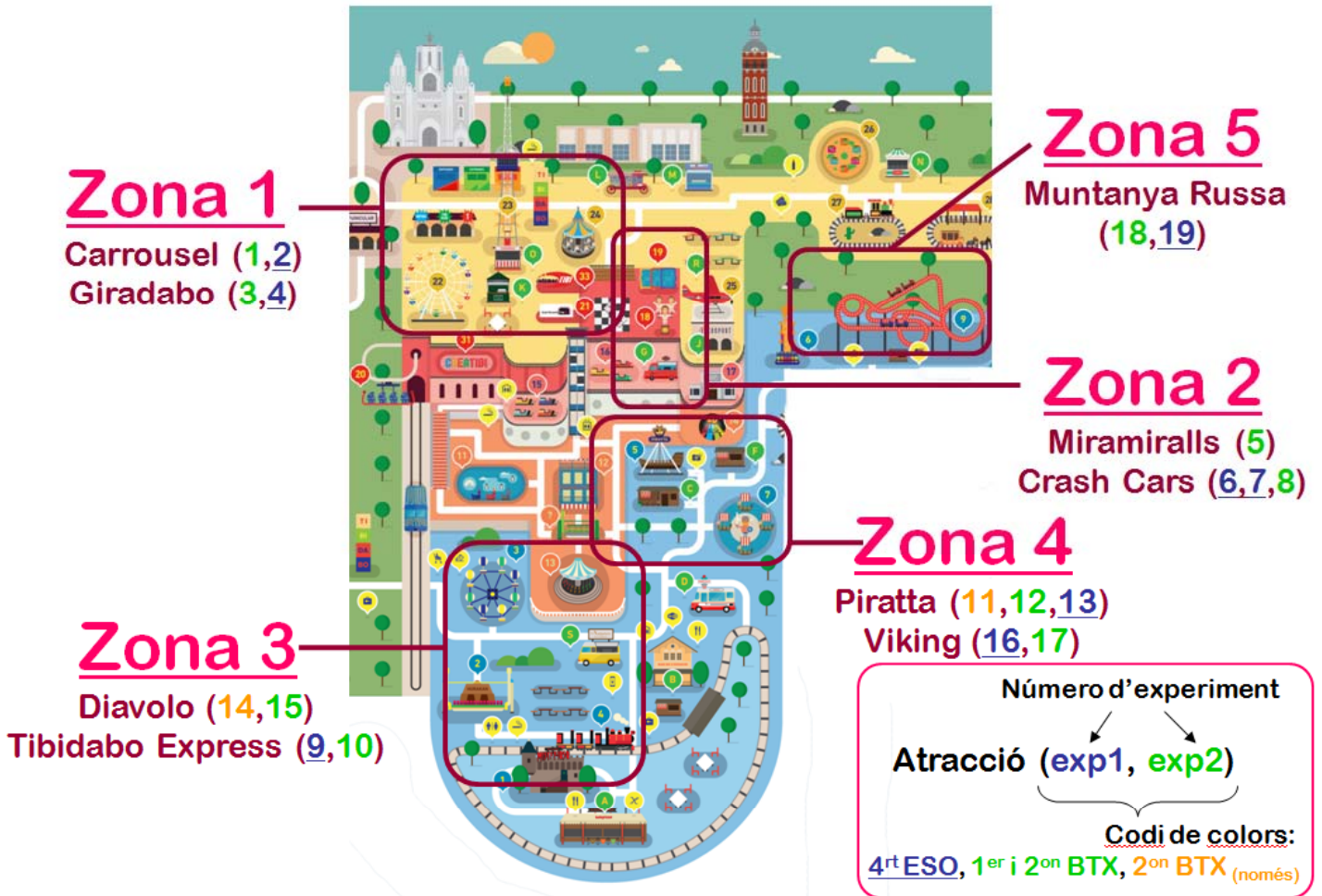




# EXPERIMENTS FISIDABO

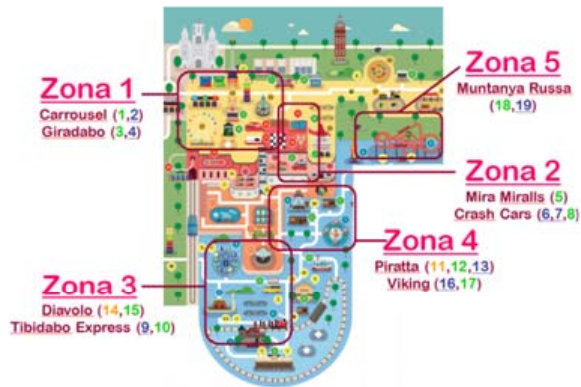


## Coses importants:

- Recordeu baixar-vos les apps!
- Recordeu muntar l'inclinòmetre
- Recordeu carregar el mòbil al 100% el dia abans!
- Recordeu que l'acceleròmetre s'apaga si la pantalla es bloqueja
- Recordeu que cal pujar amb el portamòbils assegurat

# Instruccions

1.- fes un experiment de la zona que et toca



2.- fes els càlculs del dossier

**CALCULA!**

1. Calcula l'energia potencial  $U_p$  per tant  $h = 0$  (en m) Resultat final:  $E_p = mgh =$  (indica que la unitat del resultat Pirata és una tonel·lada) ✓

2. Calcula l'energia cinètica  $E_{c,alt}$  per tant  $v =$  Resultat final:  $E_{c,alt} = \frac{1}{2}mv^2 =$  (indica que la unitat del resultat Pirata és una tonel·lada) ✓

**QUESTIONS?**

1. L'energia potencial al punt més alt és la mateixa que l'energia cinètica al punt més baix de la trajectory? ✓

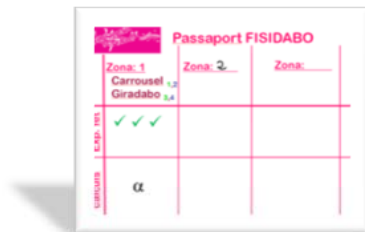
2. Quin percentatge d'energia s'ha perdut? ✓

3. Si s'ha perdut energia, calcula el treball de la força de fregament que ha fet que l'energia es dissipés.

4. Tria un conjunt de resultats anteriors, calcula i suma alguns ambdós el resultat en la següent secció. Pots comparar el teu resultat és correcte al Tibidabo.

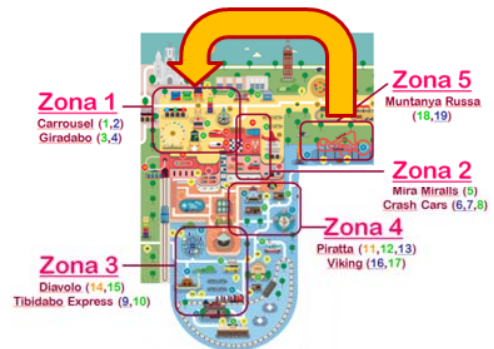
Demana ajuda als voluntaris!

3.- ensenya els teus resultats als voluntaris o al teu professor



et marcaran el teu passaport!

4.- canvia de zona per fer el següent experiment



# Índex

<b>Núm.</b>	<b>Nom</b>	<b>Pàgina</b>
2.-	Carrousel Circular.....	1
4.-	Giradabo Circular.....	4
6.-	Crash Rectilini.....	7
7.-	Crash amb Força.....	11
9.-	Tren Rectilini.....	16
13.-	Energia Piratta.....	20
16.-	Viking Circular.....	24
19.-	Energia Russa.....	28

## 02. Carrousel Circular. MOVIMENT CIRCULAR.

FISIDABO



### CONCEPTES

Moviment circular uniforme.  
Velocitat lineal i angular.  
Període i freqüència.



### CONEIXEMENTS PREVIS

Mesura de temps.  
Mesura de distàncies amb foto.



### MATERIAL

Cronòmetre  
Cinta mètrica de 25 ó 50m.



### APPS & MÒBIL

Aplicació ImageMeter.  
Es pot fer servir el cronòmetre del mòbil per comptar voltes.

**Nota:** recordeu que el període és el temps que tarda el Carrousel a fer una volta completa.

## En cercles

El moviment al Carrousel és especial: girem i girem per acabar, tard o d'hora, al mateix punt de sortida. Girem i girem i després d'un temps determinat el moviment es repeteix. Això fa que el moviment circular sigui una mica especial, i tingui les seves pròpies velocitats i acceleracions.... i tot això mentre seguim girant al Carrousel.

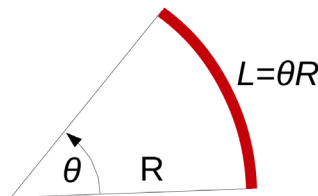
El carroussel gira, i en girar un punt qualsevol avança un cert angle  $\theta$ . Però també és cert que ens hem desplaçat descrivint un arc de circumferència de longitud  $L$ . L'equació fonamental que ens relaciona la longitud  $L$  que avança en la trajectòria corba i l'angle  $\theta$  que gira és:

$$L = \theta R$$

$L$  és la longitud de la corba.

$R$  és el radi de gir.

$\theta$  és l'angle que gira.



Cal tenir en compte que per tal que aquesta fórmula sigui correcta, cal escriure l'angle  $\theta$  en radians. Com a exemple, fixeuvos que si un objecte dona una volta sencera, l'angle  $\theta$  és igual a  $2\pi$  i per tant, obtenim la relació que segur que coneixeu:  $L = 2\pi R$

La velocitat (lineal) es defineix com la distància recorreguda per unitat de temps. Com tots sabeu, però, en un moviment circular podem definir una altra velocitat: l'angle que recorre un objecte en un cert interval de temps. A aquesta velocitat l'anomenarem velocitat angular.

Si la velocitat (lineal) la definíem com:  $v = \frac{L}{\Delta t}$ ; la velocitat angular la definirem com:  $\omega = \frac{\theta}{\Delta t}$

Combinant les equacions anteriors obtenim **la fórmula que ens relaciona les velocitats angular i lineal:**

$$v = \omega R$$

Com hem dit, el moviment circular és especial: es repeteix després d'un cert temps. A aquest temps se l'anomena període i es representa amb la lletra  $T$ .

**EXPERIMENTA!****Què farem?**

En aquest experiment mesurarem velocitats angulars i lineals. I el més important: mirarem com el món dels moviments circulars i el dels moviments lineals es relacionen entre ells. Determinarem el radi de gir de l'atracció del Carrousel a partir de la mesura directa del radi mitjançant una foto.

**E1: CALCULEM EL RADI DEL CARROUSEL**

1. Per mesurar el radi a partir d'una fotografia, un alumne pujarà a l'atracció amb una barra d'un metre i la sostindrà en sentit horitzontal. Això ho fem per tenir una referència per poder fer mesures amb la foto del mòbil.
2. Des d'un determinat punt farem una foto on es vegi la barra, i l'amplada del Carrousel.
3. Ara podem utilitzar l'aplicació ImageMeter per tal de mesurar el radi de l'atracció. També ho podem fer sense mòbil tal i com es descriu al mètode "mesura de distàncies". A aquesta mesura l'anomenarem  $R_{\text{foto}}$ .

**E2: CALCULEM EL PERÍODE I LA VELOCITAT ANGULAR I LINEAL**

1. Primer farem una mesura prèvia: comptarem quantes voltes fa el Carrousel en total, des que es posa en marxa fins que s'atura, i el temps que tarda a fer-ho. Anotem aquests valors:

2. Per fer l'experiment prendrem un punt de referència que està instal·lat a l'atracció.
3. Esperem fins que l'atracció hagi donat la meitat de voltes aproximadament per tal d'assegurar-nos que tenim un moviment circular uniforme i que no està accelerat.
4. Mesurarem ara el temps que tarda en fer una volta amb el cronòmetre. Agafarem el punt de referència que hem determinat per poder afirmar que ha fet una volta completa. Repetiu aquesta mesura 5 vegades. Anomenarem a aquests temps  $T_1, T_2, T_3, T_4$  i  $T_5$ .

5. Fem ara la mitjana de totes les mesures, que anomenarem  $T$ :

6. Calculem les velocitats angular i lineal:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} =$$

$$v = \omega R_{FOTO} =$$

## QÜESTIONS?

1. Comparem els temps  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$ ,  $T_4$  i  $T_5$  que hem mesurat: creus que l'atracció està fent un moviment circular uniforme? Justifica la resposta.

2. Calculem la mitjana de tots els períodes que hem mesurat: quina mesura creus que és més fiable, la mitjana o cadascuna de les mesures que hem fet per separat?

3. Calcula la velocitat lineal que has obtingut en km/h. Compara aquesta velocitat amb la d'una persona caminant (4km/h).

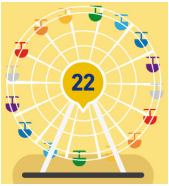
4. Calcula la freqüència amb què gira el Carrousel del Tibidabo en voltes/min.

## +A L'AULA!

1. Comparem el període obtingut experimentalment amb el resultat de dividir el nombre de voltes que fa l'atracció pel temps. Argumenta el resultat utilitzant evidències observables al Tibidabo.

2. En el moment de la construcció del Carrousel, quina característica creus que és més important? Justifica la teva resposta.

*“A la vida no hi ha res a témer, només cal comprendre”. Marie Curie.*

**CONCEPTES**

Velocitat lineal i angular.  
Període i freqüència.

**CONEIXEMENTS PREVIS**

Mesura de distàncies amb foto.  
Mesura de temps.

**MATERIAL**

Cronòmetre.  
Inclinòmetre.

**APPS & MÒBIL**

Aplicació ImageMeter.  
Cronòmetre.

## Gaudim de la vista circularment!

Estem acostumats a emocions fortes... però el Giradabo ens permet fer una pausa. Seure. Gaudir de la vista... i deixar que un moviment circular uniforme ens passegi pel sostre de Barcelona. Però com de ràpid ens movem? Com podem mesurar aquesta velocitat?

El Giradabo és una roda de fira que gira amb un moviment circular aproximadament uniforme. Això vol dir que **una cistella**, quan l'atracció està girant sense aturar-se, **recorre el mateix angle en el mateix temps**. Per tant, definim la **velocitat angular**  $\omega$  com:  $\theta$  és l'angle que gira en un cert increment de temps  $\Delta t$ .

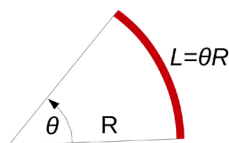
$$\omega = \frac{\theta}{\Delta t}$$

En el cas especial en que l'angle que gira sigui  $2\pi$ , és a dir una volta sencera, el temps que triga en fer-ho s'anomena **període** i s'indica amb la lletra  $T$ , i per tant obtenim la següent relació (vegeu quadre de la dreta):

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

També és possible relacionar l'angle que gira un objecte amb la longitud de l'arc de circumferència (distància lineal) que ha avançat mitjançant la relació:

$$L = \theta \cdot R$$



Cal tenir en compte que, per tal que aquesta fórmula sigui correcta, **cal escriure l'angle  $\theta$  en radians!** Com a exemple, fixeu-vos que **si un objecte dona una volta sencera l'angle  $\theta$  és igual a  $2\pi$**  i per tant, obtenim la relació que segur coneixeu:  $L = 2\pi R$

És possible també relacionar la velocitat angular i la velocitat lineal d'un punt del perímetre de la circumferència, i la velocitat angular de l'objecte. La velocitat lineal d'aquest punt està definida com:  $v = \frac{L}{\Delta t}$

Però, com hem vist, es pot relacionar l'angle i la longitud de l'arc que recorre a través de la relació  $L = \theta R$  i per tant podem substituir-la a l'equació anterior, i  $v = \frac{L}{\Delta t} = \frac{\theta \cdot R}{\Delta t} = \omega R$  obtenim:

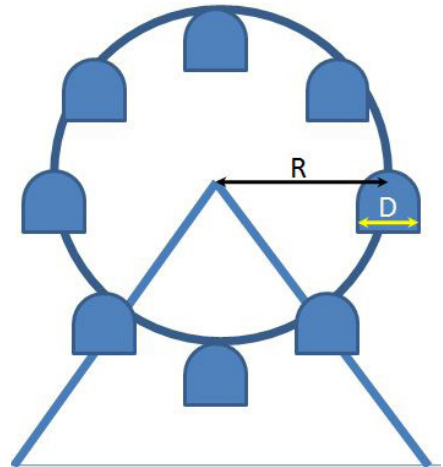
Resumint, **la relació entre les dues velocitats lineal i angular és:**

$$v = \omega R$$



**EXPERIMENTA!****Què farem?**

Volem relacionar les velocitats angular i lineal. Per fer això, necessitarem mesurar el radi del Giradabo. Això és el que farem en el primer experiment. En el segon experiment mesurarem les velocitats angular i lineal de la roda de fira... va lenta o ràpida? Arrisca't i digues, abans de mesurar, quina velocitat creus que té una cistella en km/h!

**E1: CALCULEM EL RADI**

1. Per mesurar el radi ens situarem tan lluny de l'atracció com sigui possible, on puguem veure la roda sencera, i farem una fotografia amb el mòbil.
2. Obrirem l'aplicació ImageMeter.
3. Sabent que el diàmetre d'una cistella és de 166 cm podem utilitzar aquesta longitud com a referència i calcular amb l'aplicació el radi de la roda de fira sencera.

**E2: CALCULEM EL PERÍODE I LA VELOCITAT ANGULAR I LINEAL**

1. Primer farem una mesura prèvia: comptarem quantes voltes fa el Giradabo en total, des que es posa en marxa fins que s'atura. Apuntem aquest número.

2. Per fer l'experiment prendrem una cistella de referència fixant-nos amb el seu color.
3. Esperem fins que l'atracció faci voltes de forma uniforme (quan tots els passatgers ja són a dintre).
4. Mesurarem ara el temps que tarda a fer una volta amb el cronòmetre. Repetiu aquesta mesura dues vegades. Anomenarem a aquests temps  $T_1$  i  $T_2$ , i els anotarem.

5. Fem ara la mitjana de les dues mesures, que anomenarem  $T$ .

6. Calculem la velocitat angular i lineal de la cistella.

$$\omega = \frac{2\pi}{T} =$$

$$v = \omega R =$$

**QÜESTIONS?**

1. Calculem la velocitat lineal en km/h per tal de fer-nos una idea de la rapidesa del moviment.

Una persona camina a uns 4km/h, així que comparem aquesta velocitat amb la de la roda de fira.

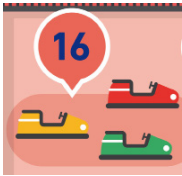
2. Podem fer també una estimació de l'acceleració angular. Mesurem quant de temps tarda la roda en girar de forma constant. L'acceleració angular la podem obtenir a partir de la seva definició:

$$a_n = \frac{\omega}{t}$$

**+A L'AULA!**

1. A partir dels valors de la velocitat i acceleració angulars, i tenint en compte el temps que tarda la roda de fira a girar a velocitat constant, podem fer tres gràfiques: l'angle que gira l'atracció en funció del temps, la velocitat angular i l'acceleració angular.

*“Science and everyday life cannot and should not be separated”. Rosalind Franklin.*



**CONCEPTES**  
Posició.  
Acceleració i velocitat.



**CONEIXEMENTS PREVIS**  
Anàlisi de vídeos.



**MATERIAL**  
Cronòmetre.



**APPS & MÒBIL**  
VidAnalysis free.

## Moviment rectilini... fins que xoques

Un auto de xoc va recte... fins que xoca amb un altre. Sembla una llei de la física, i ho és. En concret la primera llei de Newton, o d'inèrcia. De totes formes, abans de xocar el cotxet ha tingut temps d'anar en línia recta, i en aquest experiment el que volem és, precisament, analitzar aquest moviment.

Un moviment en el qual la direcció del cotxe no canvia amb el temps s'anomena rectilini. Això implica que la posició del cotxe està totalment determinada si coneixem la seva velocitat inicial i la seva acceleració en un moment determinat. Suposem, per simplificar, que quan comencem a comptar el temps comencem a mesurar la distància que avança el nostre objecte, és a dir  $x_0=0$ . En aquest cas, l'equació que ens diu la posició del cotxe en un determinat instant de temps en funció de la seva velocitat inicial i la seva acceleració és la següent:

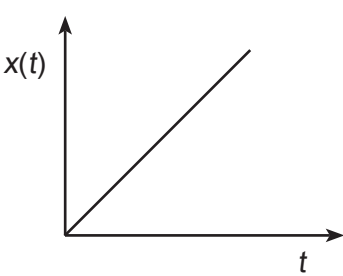
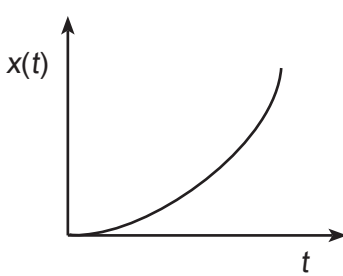
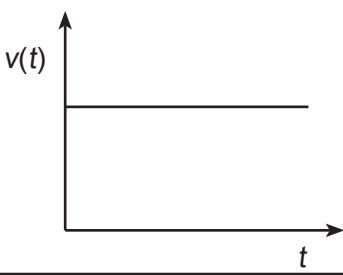
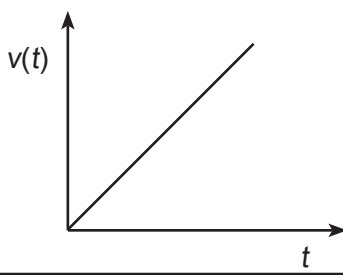
$$x(t) = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$

$x_0$  i  $v_0$  són les posicions i velocitats inicials de l'objecte.  
 $a$  és la seva acceleració.

També podem escriure una segona equació que ens permet calcular la velocitat en funció del temps, tot sabent l'acceleració que pateix l'objecte:

$$v(t) = v_0 + at$$

Si ara fem una representació gràfica de la posició i la velocitat d'un cotxe de l'atracció que va en línia recta, en els casos que no accelera i es mou amb velocitat constant (MRU) i en el cas en que accelera (MRUA) obtenim les següents gràfiques (de forma qualitativa):

	Moviment Rectilini Uniforme (MRU)	Moviment Rectilini Uniformement Accelerat (MRUA)
Posició		
Velocitat		

## EXPERIMENTA!

### Què farem?

En la primera part d'aquest experiment tots els cotxes donaran voltes en el mateix sentit. I serà llavors quan determinarem com és el moviment dels cotxets. Durant aquesta primera part, si us plau, no xoqueu els uns amb els altres: espatllaríeu l'experiment. Tindreu temps a la segona part, després que soni el xiulet!

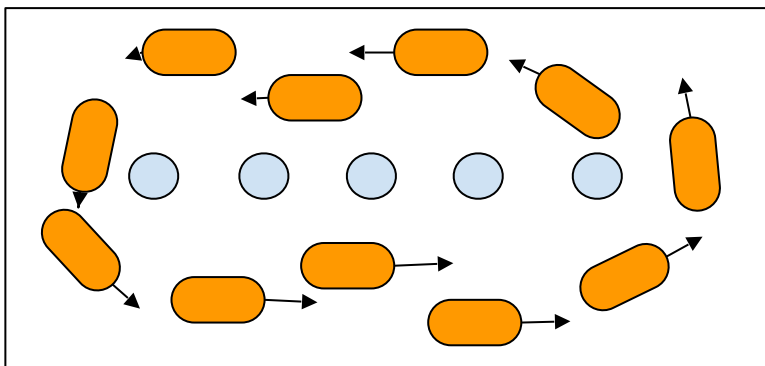
### E1: DETERMINEM $x(t)$

La longitud dels autos de xoc és  $L = 180$  cm. Aquesta longitud és important per poder determinar  $x(t)$  amb l'aplicació VidAnalysis.

L'experiment es fa entre dos estudiants: un/a a fora de l'atracció que filmarà la trajectòria dels autos, i un/a a dins que conduirà el cotxet (podeu repetir l'experiment canviant els rols).

#### El/la conductor/a del Crash Car:

1. Quan soni el clàxon l'estudiant a dintre de l'auto de xoc el posarà en marxa i començarà a girar per la pista **en sentit contrari a les agulles del rellotge**. Al principi serà difícil, ja que els cotxes queden desordenats a la segona part de l'experiment. En aquesta primera part **no xoqueu els uns amb els altres**.




2. Quan passeu pel costat llarg de la pista intenteu anar el més recte possible per tal que el moviment sigui rectilini. En aquest moment serà quan el/la vostre/a company/a us filmarà des de fora de l'atracció.
3. Quan tots els cotxes circulin sense xocar un parell de voltes sonarà un xiulet. Ara sí! Podeu xocar tot el que vulgueu, però mai frontalment. La segona part forma part de l'experiment Crash Força, i el podeu fer conjuntament amb aquest experiment canviant-vos amb el vostre/a company/a si voleu.

**El/la company/a a fora de l'atracció:**

1. Poseu-vos en el costat més llarg de la pista dels crash cars, a una certa distància.
2. Obrim la càmera del vostre mòbil per fer vídeos, i espereu a que els cotxes circulin d'una forma uniforme i sense xocar.
3. Filmeu una estona deixant que els cotxes passin davant vostre. No cal filmar el del vostre company! Això cal fer-ho deixant la càmera quieta, és a dir, al vídeo els cotxets han de passar d'esquerra a dreta. Una opció és utilitzar un trípod flexible per tal que la càmera no es mogui.
4. Quan soni el xiulet els cotxes començaran a xocar per fer un altre experiment. Ara ja no caldrà fer res, a part d'esperar a que acabi l'atracció.

**Mesures:**

la mesura obtinguda és el vídeo obtingut pel company que ha filmat la trajectòria d'un cotxe. Per obtenir la gràfica  $x(t)$  del cotxet obriu l'app VidAnalysis i procediu tal i com es descriu a la tècnica "mesura de trajectòries". La distància de referència serà la longitud del cotxet.

Si voleu analitzar les dades a classe, no oblideu guardar les dades com a fitxer en format .CSV que podem carregar en la majoria de programes de càlcul com l'Excel. Per fer això, un cop acabat l'anàlisi amb VidAnalysis, a l'extrem superior dret cliqueu la icona  i graveu les dades. L'app també us donarà l'opció de compartir les dades, i per tant us les podeu enviar per correu electrònic.

**QÜESTIONS?****Obrim l'aplicació i representem la posició en funció del temps:**

1. Creieu que el moviment és rectilini uniforme?
2. Quant de temps tarda el cotxe a avançar un metre?
3. Calculem la velocitat a partir de la gràfica que hem obtingut.

**Obrim l'aplicació i representem la velocitat en funció del temps:**

1. Mirant aquesta altra gràfica, creieu que el moviment és uniforme?
2. La gràfica us dona la velocitat respecte del temps, compareu aquest resultat amb el que heu obtingut en l'apartat anterior.
3. Si en algun moment el moviment no és uniforme, calculeu l'acceleració del moviment.

**+A L'AULA!**

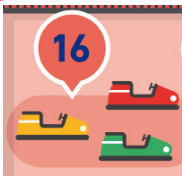
1. Podeu baixar-vos les dades de l'aplicació connectant el mòbil a un ordinador, o bé us les podeu enviar per correu electrònic. Un cop al vostre ordinador podeu obrir les dades amb algun full de càlcul com l'Excel i fer les gràfiques amb el programa.
2. Amb la gràfica  $x(t)$  podeu calcular la velocitat utilitzant una recta de regressió (el que anomena l'Excel com a línia de tendència). Calculeu la velocitat utilitzant aquest mètode i compareu-la amb les velocitats obtingudes per l'aplicació.
3. Podeu també calcular l'acceleració a partir de la gràfica  $v(t)$ . Recordeu que l'acceleració (en el nostre cas mitjana)

és:

$$a(t) = \frac{v(t+\Delta t) - v(t)}{\Delta t}$$

Haurien de sortir valors molt petits. Podeu comparar aquests valors amb l'acceleració de la gravetat  $g=9,81\text{m/s}^2$ .

*"It is invaluable to have a friend who shares your interests and helps you stay motivated".  
Maryam Mirzakhani.*



**CONCEPTES**  
Acceleració.  
Força.



**CONEIXEMENTS PREVIS**  
Mesura d'acceleracions.



**MATERIAL**  
Cronòmetre.



**APPS & MÒBIL**  
Acceleròmetre de Vieyra.

## Xocs amb força

Agafem el volant amb les dues mans. Sona el clàxon. I comencem a girar el volant, pitjar l'accelerador, mirar a dreta, esquerra, davant, i llavors: crash! No havíem mirat al darrere i de sobte patim una acceleració. I com que patim una acceleració, sentim una força. I la segona llei de Newton ens ajuda a calcular-la.

Imaginem que estem conduint un cotxe dels crash cars amb una certa velocitat. Quan xoquem amb un altre cotxe, el que patim és un canvi de la velocitat molt gran, durant un temps molt breu. Dit d'una altra forma, patim una acceleració que serà més gran quant més ràpid anem, i quant més breu sigui el xoc. Suposarem, per fer-ho més fàcil, que anem en línia recta. De fet, si anàvem amb una velocitat  $v_{ini}=v$ , i després del xoc quedem quietes,  $v_{fin}=0$ , podem calcular l'acceleració a partir de la relació:

$$a = \frac{V_{fin} - V_{ini}}{\Delta t} = - \frac{V}{\Delta t}$$

$a$  és l'acceleració.

$v_{fin}$  és la velocitat després del xoc, que en el nostre cas és 0.

$v_{ini}$  és la velocitat abans del xoc, que en el nostre cas és  $v$ .

$\Delta t$  és el temps que dura el xoc.

Calculem ara la força que produeix el xoc en l'impacte. La força que patirem serà, de fet, més o menys intensa dependent de la massa que tinguem. Si sabem l'acceleració podem calcular la força a partir de la segona llei de Newton:

$$F = m a$$

## EXPERIMENTA!

### Què farem?

Aquest experiment té dues parts:

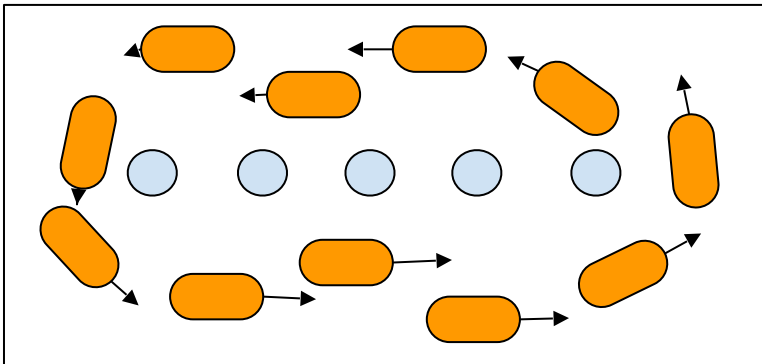
En la primera part d'aquest experiment tots els cotxes donaran voltes en el mateix sentit. Durant aquesta primera part, si us plau, no xoqueu els uns amb els altres ja que volem mesurar la velocitat dels cotxets quan avancen lliurement.

A la segona part podreu xocar tot el que vulgueu, perquè el que volem és mesurar la força del xoc entre els autos.

No ho feu mai frontalment. L'intercanvi de moment es produiria massa ràpid, i la força que notaríeu seria massa intensa ;-)

### E1: DETERMINEM LA FORÇA QUE PATEIX EL COS

1. El conductor del cotxe es penjarà el telèfon mòbil (tal i com s'indica a la foto inferior de la dreta).
2. Donat que seria molt complicat iniciar l'aplicació quan l'atracció és en marxa, iniciarem l'acceleròmetre de Vieyra en sonar el clàxon, tot i que les mesures de la primera part no les utilitzarem. Cal tenir en compte que **no es pot apagar el mòbil** durant el temps de l'experiment!!!
3. A la primera part de l'experiment els cotxes han de donar voltes al llarg de la pista en sentit contrari a les agulles del rellotge. Si us plau intentem no xocar els uns amb els altres (tindreu temps a la segona part de l'experiment). En passar pel costat llarg de la pista intentem, si us plau, mantenir una trajectòria el més rectilínea possible, tal i com indica el dibuix esquerre:



4. Quan soni un xiulet, podem xocar els uns amb els altres, però mai frontalment.
5. Quan soni el clàxon haurem d'abandonar l'atracció.

**Mesures:** en aquest experiment hem determinat les forces gràcies a l'acceleròmetre del telèfon.



**QÜESTIONS?**

1. Obrim l'aplicació de l'acceleròmetre i mirem la gràfica que hem obtingut. Donat que el mòbil el tenim penjat com s'indica en l'anterior dibuix, els eixos que ens interessin són únicament l'**x en vermell** i el **z en blau**. Prenem l'acceleració màxima en un d'aquests dos eixos. No agafem l'acceleració total (en blanc) perquè té afegida la gravetat!!!!

2. Fixem-nos que l'acceleració està en unitats de  $g$ . Abans de res, mirem quin és aquest valor que podem comparar directament amb la gravetat terrestre: és gran o petit?

3. Ara podem obtenir l'acceleració en sistema internacional multiplicant per  $9,81\text{m/s}^2$ . Quin valor obtenim?  $a =$    $\text{m/s}^2$

4. Donat que hem mesurat la velocitat podem estimar quant de temps ha durat el xoc. Prenem un valor de l'acceleració el més gran possible. Suposarem que en el xoc més violent anem amb la velocitat  $v$  que hem mesurat al primer apartat, i que al final ens quedem parats. Calculem el temps en què hem perdut la velocitat que portàvem, és a dir, el temps que ha durat el xoc.

$$\Delta t = \frac{v}{a}$$

5. Podem calcular la força tot multiplicant l'acceleració per la massa del teu cos:  $F = ma$

6. Comparem la força anterior amb la que es necessita per aixecar un quilogram de pes (9,81N).

**+A L'AULA!**

1. Hem obtingut l'acceleració en tots els eixos amb l'aplicació de l'acceleròmetre. Fixem-nos ara en les acceleracions en els eixos x i z que són paral·lels al terra. Intentem esbrinar en quin moment hem xocat, en quin moment hem girat i en quin moment anàvem amb velocitat constant.

2. Podem també calcular les acceleracions totals paral·leles al terra (és a dir les que ens fan canviar de direcció) gràcies a la fórmula:

$$a_{\text{horitzontal}} = \sqrt{a_x^2 + a_z^2}$$

3. Descarreguem les dades i utilitzem un full de càlcul com l'Excel per tal de determinar l'acceleració horitzontal total. Amb aquestes dades podem fer un càlcul més acurat del temps mitjà que dura un xoc.

*“If you know you are on the right track, if you have this inner knowledge, then nobody can turn you off... no matter what they say”. Barbara McClintock.*

**CONCEPTES**

Posició.  
Acceleració i velocitat.

**CONEIXEMENTS PREVIS**

Mesura de velocitats.

**MATERIAL**

Cronòmetre.  
Cinta mètrica.

**APPS & MÒBIL**

Cronòmetre.

## A tota velocitat...

Un cop estem asseguts al Tibidabo Express només cal esperar. Esperar a que el tren acceleri. I en accelerar ens preguntem: podem descriure el moviment com a rectilini accelerat? Podem mesurar la velocitat final? Podem fer una gràfica  $x(t)$  per representar el moviment del tren de la Mina? Tranquils, ha arribat el dia! Avui donarem resposta a totes aquestes preguntes!

Un moviment rectilini és aquell en què la direcció de l'objecte no canvia amb el temps. Això implica que la posició de l'objecte està totalment determinat si coneixem la seva velocitat inicial i la seva acceleració en un moment determinat. Suposem, per simplificar, que quan comencem a comptar el temps comencem a mesurar la distància que avança el nostre objecte. En aquest cas, l'equació que ens relaciona la posició de l'objecte amb la seva velocitat inicial i la seva acceleració la podem escriure com:

$$x = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$

$v_0$  és la velocitat inicial de l'objecte.

$a$  és la seva acceleració.

També podem escriure una segona equació que ens relaciona la velocitat amb l'acceleració:  $v = v_0 + at$

Suposem ara que un tren inicialment en repòs i d'una longitud coneguda  $L$  inicia el seu moviment davant nostre. Si estava inicialment quiet ( $v_0=0$ ) podem relacionar el temps que tarda a sortir de l'estació amb la seva longitud  $L$ :

$$L = \frac{1}{2} a t^2$$

i per tant és possible calcular l'acceleració del tren a partir del temps que tarda a sortir de l'estació. També és possible calcular la velocitat que té en sortir de l'estació utilitzant la segona equació anterior.

**EXPERIMENTA!****Què farem?**

Volem saber l'acceleració del tren en sortir de l'estació i la velocitat amb què circula en passar per l'estació. Per això farem dos experiments situats a fora de l'atracció. Per últim farem un tercer experiment en el qual mesurarem l'acceleració tot pujant a l'atracció. Cal adonar-se que el tren fa dues voltes. Al sortir el trenet accelera fins assolir la velocitat final, i després torna a passar per l'estació a velocitat aproximadament constant.

**E1: MESUREM L'ACCELERACIÓ.**

1. La longitud del Tibidabo Express és  $L=1990$  cm. La necessitarem per calcular l'acceleració.
2. En el moment en què es posi en marxa el tren posarem en marxa el cronòmetre.
3. Aturarem el cronòmetre quan la cua del tren surti de dintre l'estació. Anomenem aquest temps  $t_{MRUA}$
4. Els valors de la longitud i el temps mesurats són:

 $t_{MRUA} =$  $L =$ 

5. Per tant l'acceleració del tren i la velocitat que assolix són:

 $a =$  $v =$ **QÜESTIONS?**

1. Compara el valor de l'acceleració que has mesurat amb el valor de l'acceleració de la gravetat  $g=9,81$  m/s<sup>2</sup>. És més gran o més petit?.
2. Per tal d'obtenir l'acceleració en unitats de  $g$ , només cal dividir el valor de l'acceleració que has obtingut pel valor  $g=9,81$ m/s<sup>2</sup>. Calcula aquest valor:

3. Els fabricants de cotxes acostumen a donar l'acceleració calculant el temps que triga un cotxe en assolir 100km/h. El rècord mundial el té un cotxe que accelera de de 0 a 100km/h en 1,53 segons. Un cotxe normal accelera de 0 a 100 km/h en uns 10 segons. Calcula quant de temps tardaria el tren de la mina a accelerar de 0 a 100 km/h i compara el resultat amb els cotxes comercials.

**EXPERIMENTA!****E2: MESUREM LA VELOCITAT.**

1. La longitud del Tibidabo Express és  $L=1990$  cm.
2. Posem el cronòmetre en marxa quan vegis passar la part frontal del tren de la mina sortint de l'estació.
3. Aturarem el cronòmetre quan la cua del tren surti de dintre de l'estació. Anomenem aquest temps  $t_{\text{MRU}}$ .
4. Els valors de la longitud i el temps mesurats són:

 $t_{\text{MRU}} =$  $L =$ 

5. Per tant la velocitat del tren de la mina obtinguda és:

 $v =$ **QÜESTIONS?**

1. Calculem la velocitat en km/h.

2. La velocitat que has obtingut en aquest segon experiment és igual que l'obtinguda en l'experiment anterior?

**EXPERIMENTA!****E3: MESUREM L'ACCELERACIÓ.**

1. Pujarem al tren i engegarem l'aplicació de l'acceleròmetre.
2. Cal tenir en compte (com està descrit a la tècnica "mesures d'acceleracions") que cal saber quin eix representa cada direcció del nostre telèfon mòbil. Si utilitzeu l'app de Vieyra i tenim el telèfon com s'indica a la fotografia inferior, l'eix que ens interessa és el z.
3. Guardarem el mòbil en la nostra funda portamòbils tot tenint cura de no apagar el telèfon.
4. Un cop acabada l'atracció aturarem la mesura per poder analitzar el resultat.



**Mesures:** la mesura en aquest experiment és la gràfica obtinguda per l'aplicació del nostre dispositiu.

**QÜESTIONS?**

1. Observa la gràfica que has obtingut en l'eix z que és el que ens indica l'acceleració en el sentit d'avançament del tren. Quina acceleració mesures quan l'atracció es posa en marxa?
2. És compatible amb l'acceleració que has mesurat al primer experiment?

**+A L'AULA!**

1. A partir dels resultats del vostre experiment, feu una gràfica  $x(t)$  del moviment del tren en el tram recte (al principi).
2. Tenint en compte que sabem que la velocitat inicial és zero podem dibuixar les gràfiques  $v(t)$  i  $a(t)$  a partir de les dades de E1 i E2. Fes el dibuix amb un programa de tractament de dades com l'Excel.
3. Compara el resultat de la teva gràfica amb el que has obtingut amb el teu mòbil (recorda que l'acceleració ha d'estar en unitats de g). (No et preocupis si surt molt diferent. Les dades del telèfon no només tenen en compte el moviment del tren, també el del teu cos, i per tant és normal que la diferència sigui gran).

*"As always in life, people want a simple answer . . . and it's always wrong". Susan Greenfield.*

# 13. Piratta Energia. ENERGIA.

FISIDABO



## CONCEPTES

Energia cinètica.  
Energia potencial.  
Conservació de l'energia.



## CONEIXEMENTS PREVIS

Mesura d'alçades.  
Mesura de temps.  
Mesura de velocitats.



## MATERIAL

Cronòmetre.  
Inclinòmetre.



## APPS & MÒBIL

Es pot fer servir l'analitzador de fotos ImageMeter, inclinòmetre i cronòmetre.

**Nota:** recordeu que una oscil·lació completa es produeix quan un pèndol surt d'una posició, arriba a l'altre extrem de la trajectòria i torna al mateix punt d'on ha sortit.

## L'energia es conserva, la sang freda no

Pugem al vaixell Piratta. La barra ens encasta contra el seient: això es mourà! I el motor comença a donar energia al vaixell. I aquest la utilitza per guanyar altura. En guanyar energia potencial... i un cop assolit el punt més alt baixem. I guanyem energia cinètica mentre cridem amb les mans aixecades.

El vaixell Piratta guanya altura gràcies a un motor que l'impulsa, de forma que cada cop assoleix una altura més gran. Però quan el vaixell oscil·la amb l'amplitud més gran, es deixa que les energies potencial gravitatòria i cinètica facin la seva feina. Al punt d'altura màxima, el vaixell està quiet durant uns instants: la seva energia cinètica és nul·la, però la seva energia potencial és màxima. Al punt més baix, en canvi, tota l'energia potencial acumulada es transforma en energia cinètica associada a la seva velocitat (suposem que no hi ha fregament de cap mena!). Per tant si comencem a comptar l'altura des del terra, l'**energia potencial** del vaixell al punt més alt serà tal i com veiem a la dreta:

$$E_p = m g h$$

**m**, massa de l'objecte.  
**g**, acceleració de la gravetat.  
**h**, altura respecte el terra.

Per altra banda, com que hem escollit que l'altura la comptem des del terra, al punt més baix de la trajectòria l'energia potencial serà zero. En canvi tota l'**energia** serà **cinètica**, i la podem escriure com s'indica al quadre de la dreta:

$$E_c = \frac{1}{2} m v^2$$

**m**, massa de l'objecte.  
**v**, celeritat de l'objecte.

En el cas que tinguem fregament d'alguna mena, l'energia cinètica al punt més baix serà més petita que l'energia potencial al punt més alt, ja que una part s'haurà perdut en forma de treball de la força de fregament:

$$W_{Ff} = E_c - E_p$$

Aquest treball és negatiu, i això indica que l'energia s'ha perdut.

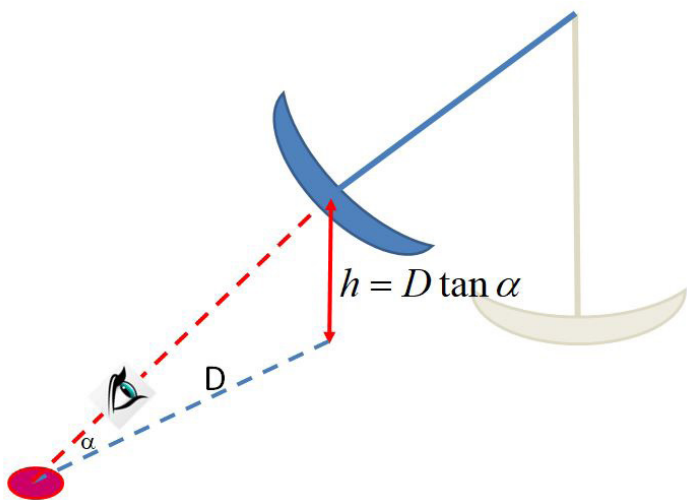
**EXPERIMENTA!****Què farem?**

En aquest experiment comprovarem si l'energia es conserva al vaixell Piratta. Si això no és cert mirarem d'esbrinar quanta energia s'ha perdut en el moviment descendent. Pels més agosarats mirarem de calcular el guany d'energia al principi de l'atracció deguda al motor, i la pèrdua al final degut al sistema que frena el vaixell Piratta.

**E1: MESUREM L'ALTURA MÀXIMA.**

**1.** Abans de començar l'experiment farem una mesura preliminar: espera a que es posi en marxa el vaixell Piratta i compta quantes oscil·lacions fa a banda i banda durant tot el temps que dura el seu moviment. Apunta per a quina oscil·lació l'altura del vaixell és màxima (n).

**2.A.** Un cop sabem per a quina oscil·lació l'amplitud és màxima, mesurarem amb l'inclinòmetre l'angle que forma el centre del vaixell Piratta al punt més alt (vegeu dibuix inferior). Això ho farem des d'un dels punts magenta marcats al terra de l'àrea al voltant de l'atracció. La distància  $D$  del punt a la base del vaixell Piratta està marcada en cadascun dels punts. D'aquesta forma podrem determinar l'altura màxima  $h$  utilitzant la relació trigonomètrica:  $h = D \tan \alpha$  (vegeu mètodes: "mesura de distàncies").





**2.B.** Aquesta mesura també la podem fer amb el mòbil: prenem una fotografia del vaixell Piratta quan està al punt de màxima altura. Sabent que la distància de l'eix d'on penja el vaixell fins a la base és de 7,5 m, calculem amb l'aplicació ImageMeter quina és l'altura a la que es troba el vaixell (vegeu mètodes "mesura de distàncies").

**3.** L'energia potencial  $E_p$  la podem calcular a partir de la massa del vaixell (que prendrem com una tona), l'acceleració de la gravetat i l'altura màxima.

## EXPERIMENTA!

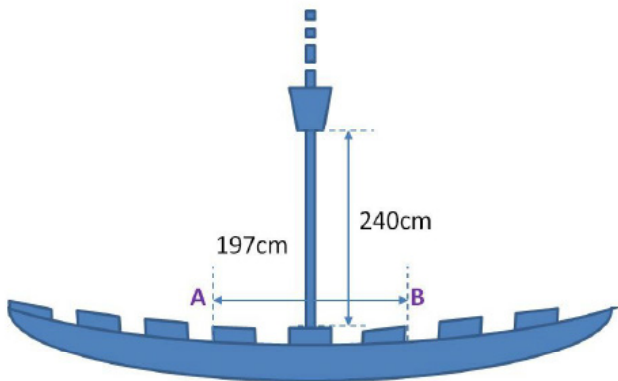
### E2: MESUREM LA VELOCITAT AL PUNT MÉS BAIX.

**1.** Al terra, just al costat del vaixell Piratta veureu un punt groc que ens servirà de referència. Quan el vaixell baixi a tota velocitat un cop assolida la màxima altura, els punts A i B del vaixell Piratta passaràn per davant del punt groc (vegeu figura inferior). La distància entre aquests dos punts és de 197 cm.

**2.** Mesurem el temps que tarda entre el moment en el qual el punt A està alineat amb la marca groga al terra, i el moment en el qual el punt B passa pel davant de la mateixa marca groga. Aquest temps l'anomenarem  $\Delta t$  (vegeu mètode "mesura de velocitats").

**3.** La velocitat es pot obtenir fàcilment a partir de  $v = D_{AB} / \Delta t$

$v =$



**CALCULA!**

1. Calculem l'energia potencial:  $\alpha =$  per tant  $h = D \tan \alpha$   
 Resultat final: (recordeu que la massa del vaixell Piratta és una tona).

$$E_p = mgh =$$

2. Calcula l'energia cinètica:  $D_{AB} =$   $\Delta t =$  per tant  $v =$   
 Resultat final: (recordeu que la massa del vaixell Piratta és una tona).

$$E_c = 1/2mv^2 =$$

**QÜESTIONS?**

1. L'energia potencial al punt més alt és la mateixa que l'energia cinètica al punt més baix de la trajectòria?

2. Quin percentatge d'energia s'ha perdut?

3. Si s'ha perdut energia, calculem el treball de la força de fregament que ha fet que l'energia es dissipï.

4. Tenint en compte el resultat anterior, calculem a quina altura arribarà el vaixell en la següent oscil·lació.

Pots comprovar si el teu resultat és correcte al Tibidabo.

**+A L'AULA!**

1. Sabent el tant per cent d'energia que es perd en una oscil·lació, podem calcular quantes oscil·lacions fa el vaixell fins que s'atura. Això succeirà quan s'hagi perdut aproximadament un 90% de l'energia inicial. Calculem aquest número i compareu-lo amb el número d'oscil·lacions real que necessita el vaixell per aturar-se ( $n/2$ ).

2. Pots fer "el teu vaixell Piratta" a classe... per fer això només necessites un pèndol.  
 Pots repetir l'experiment penjant masses de formes diferents i mirar quina tarda més a aturar-se.

*"Let us choose for ourselves our path in life,  
 and let us try to strew that path with flowers".* *Emilie du Chatelet.*

## 16. Viking Circular. MOVIMENT CIRCULAR.

FISIDABO



### CONCEPTES

Moviment circular uniforme.  
Moviment circular uniformement accelerat.



### CONEIXEMENTS PREVIS

Mesura de velocitats.



### MATERIAL

Cronòmetre.  
Cinta mètrica de 25 a 50m.



### APPS & MÒBIL

ImageMeter.

**Nota:** recordeu que el període és el temps que es tarda a fer una volta completa.

## Avançar per tornar al mateix lloc

Certament, als vaixells Vikings no patirem una pujada d'adrenalina. Però que el seu gir sigui tant lent té algunes avantatges, des del punt de vista de la física. Podem estudiar còmodament el seu moviment circular... i saber si és uniforme o accelerat.

Quan un cos dona voltes no té molt sentit parlar del que avança donat que després d'un cert temps torna a la mateixa posició. El seu moviment es pot descriure millor tenint en compte l'angle que avança després que passi un cert temps  $t$ :  $\theta(t)$ .

Com passa al moviment rectilini, uniforme i accelerat, aquest angle pot canviar d'una forma uniforme o d'una forma accelerada. En el nostre cas el que ens interessa és saber **com canvia l'angle amb el temps**. Aquest ve determinat per la velocitat, en el nostre cas angular  $\omega$ . Aquesta magnitud la definirem com l'angle  $\theta$  que avança un cos donant voltes en un cert interval de temps  $\Delta t$  i per tant:

$$\omega = \frac{\theta}{\Delta t}$$

També podem definir, d'una forma similar, l'**acceleració angular** com:

$$\alpha = \frac{\omega}{\Delta t}$$

Fixeu-vos que per tal de distingir-les de les velocitats lineals, **la notació per a la velocitat i acceleració angulars la farem amb les lletres gregues  $\omega$  i  $\alpha$** . Escrivim ara les següents equacions relacionades amb el moviment circular uniformement accelerat (és a dir, amb acceleració constant):

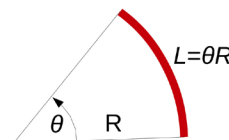
$$\theta(t) = \theta_0 + \omega_0 t + \frac{1}{2} \alpha t^2$$

$$\omega(t) = \omega_0 + \alpha t$$

La primera ens diu l'angle que ha girat un objecte que dona voltes sabent quin és l'angle inicial  $\theta_0$ , la velocitat angular inicial  $\omega_0$  i la seva acceleració angular  $\alpha$ . La segona ens permet calcular la velocitat angular  $\omega(t)$  si sabem l'acceleració angular  $\alpha$ .

També podem trobar la longitud  $L$  que avança en la trajectòria corba i l'angle  $\theta$  que gira a partir de la relació:

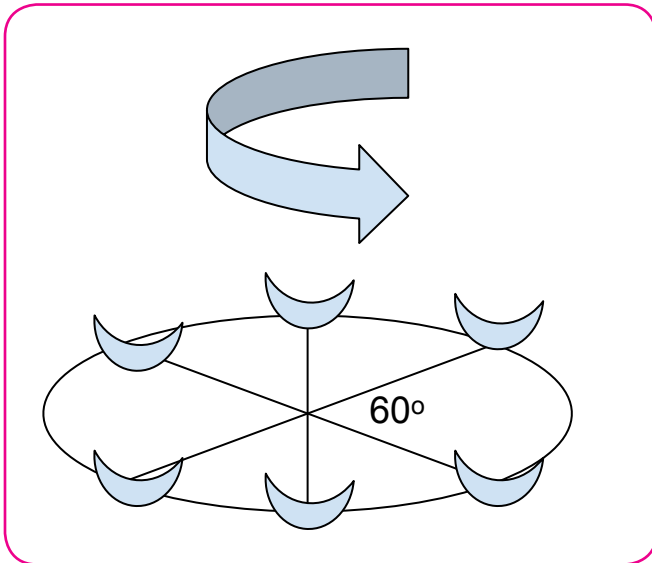
$$L = \theta R$$



Cal tenir en compte que per tal que aquesta fórmula sigui correcta, cal escriure l'angle  $\theta$  en radians! Com a exemple, fixeu-vos que si un objecte dona una volta sencera l'angle  $\theta$  és igual a  $2\pi$  radians ( $360^\circ$ ) i per tant, obtenim la relació per la longitud total del cercle que de ben segur coneixeu:  $L = 2\pi R$

**EXPERIMENTA!****Què farem?**

Aquest experiment ens permetrà obtenir la gràfica que ens diu com varia l'angle que descriu un vaixell Viking amb el temps. Com que voldrem calcular també la velocitat lineal d'un vaixell, ens caldrà prèviament mesurar el radi de l'atracció.



Abans de res fixem-nos que l'atracció està formada per sis vaixells, tots a la mateixa distància els uns dels altres. Això vol dir que entre vaixell i vaixell tenim un angle de  $60^\circ$ .

**E1: CALCULEM EL RADI**

1. Mesureu la distància  $D$  entre dos vaixells. Si multipliquem aquesta distància per sis, obtindrem una molt bona aproximació del perímetre de l'atracció  $L$ .

$D =$  \_\_\_\_\_ ;  $L =$  \_\_\_\_\_

**QÜESTIONS?**

1. Calculem el radi de l'atracció a partir de la longitud del perímetre que hem obtingut, utilitzant la relació  $L=2\pi R$ :


2. Podem comparar aquest resultat amb l'obtingut per algun altre mètode, com per exemple fent una fotografia amb el mòbil i mesurar el radi amb la fotografia.

3. Heu trobat diferències? En cas que sí, a què les podem atribuir?


**EXPERIMENTA!****Què farem?**

Determinarem la gràfica de l'angle d'un vaixell en funció del temps.

**! Material:** cronòmetre, si pot ser d'aturada múltiple.

Per defecte, els dispositius Android tenen un cronòmetre a l'aplicació "rellotge". Aquest té la particularitat que pitjant la tecla  ens mostra el temps però sense parar el cronòmetre. Això ho podem fer fins a 99 cops. La llista dels temps parcials apareix al final de l'aplicació i la podem recuperar en el moment que vulguem (vegeu "mètode de mesures").

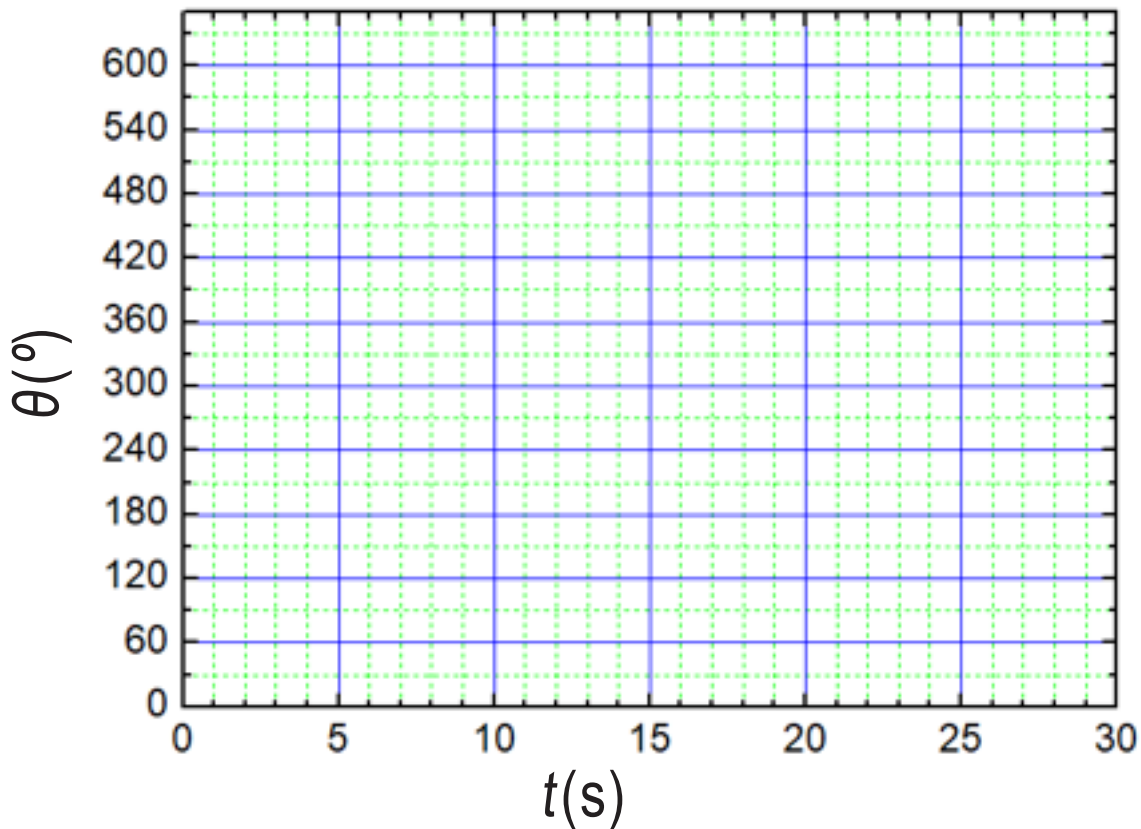
**E2: OBTENIM LA GRÀFICA  $\theta(t)$** 

1. Ens situarem al costat d'un dels vaixells Vikings, i quan aquest es posi en marxa, posarem en marxa el cronòmetre.
2. Cada cop que passi per davant nostre un vaixell Viking polsarem el  per tal d'enregistrar el temps.
3. Si tenim un cronòmetre clàssic, li direm a un company el temps cada cop que passi per davant nostre un vaixell Viking.
4. No cal mesurar el temps durant el que dura tota l'atracció. Un cop porta una estona movent-se amb velocitat uniforme no cal seguir enregistrant els temps.
5. **Mesures.** Donat que sabem que l'angle que formen dos vaixells és de  $60^\circ$  podem omplir la següent taula amb els temps mesurats:

Angle (graus)	60	120	180	240	300	360	420	480	540
Angle (rad)	$\pi/3$	$2\pi/3$	$\pi$	$4\pi/3$	$5\pi/3$	$2\pi$	$7\pi/3$	$8\pi/3$	$9\pi/3$
$t$ (s)									

## QÜESTIONS?

1. Fem una gràfica de l'angle que recorre l'atracció en funció del temps  $\theta(t)$ :



2. Observem els temps que hem mesurat: quan creus que comença el moviment circular uniforme?

3. Quina és la velocitat angular dels vaixells Vikings quan donen voltes uniformement?

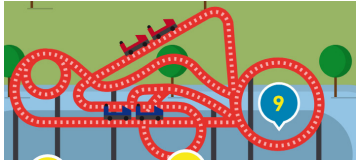
4. Quina és l'acceleració angular al principi de l'atracció?

5. A partir de la velocitat angular, calculem la velocitat lineal d'una persona asseguda en un dels vaixells Vikings.

*"I hadn't been aware that there were doors closed to me until I started knocking on them." Gertrude B. Elion.*

# 19. Muntanya russa Energia. ENERGIA.

FISIDABO



**CONCEPTES**  
Energia cinètica.  
Energia potencial.  
Conservació de l'energia.



**CONEIXEMENTS PREVIS**  
Mesura de velocitats.



**MATERIAL**  
Cronòmetre.



**APPS & MÒBIL**  
Cal una aplicació de GPS,  
proposen GeoTracker.

## Quan l'energia potencial fa por...

Pugem a la vagoneta de la muntanya russa. La barra baixa. Ens posem en marxa i comencem a pujar. Clec, clec, clec, clec va sonant. Arribem al punt de màxima altura i em pregunto quina energia potencial dec tenir. I una veu em respon: depén del punt de referènciaaaaaaaaah!

No hi ha millor lloc per veure actuar la conservació de l'energia que la muntanya russa. En aquesta atracció, una vagoneta va guanyant alçada mitjançant un sistema de remolc, per després perdre-la en forma d'energia cinètica. L'energia emmagatzemada pel carretó de la muntanya russa en el punt més alt, **s'anomena energia potencial**. La podem expressar

$$E_p = mgh$$

com s'indica en el quadre de l'esquerra. Però la  $h$  no significa res si no fixem des de quin punt la mesurem. Nosaltres la mesurarem des del punt més baix de la trajectòria de la muntanya russa.

Per altra banda, **en el punt més baix** pel que passa la vagoneta, l'energia potencial serà zero. Però en canvi **l'energia cinètica serà màxima** i igual a:

$$E_c = \frac{1}{2} m v^2$$

Malauradament, és possible que actuï alguna **força de fricció que aturi la vagoneta**. Aquesta força pot ser deguda a dues causes: el fregament amb el vent, o el fregament amb els rails. És molt difícil mesurar acuradament l'efecte d'aquestes dues forces de fricció en la muntanya russa. El que sí que sabem és que aquest efecte farà que una part de l'energia potencial inicial es perdi per sempre. Per tant, podem calcular l'energia perduda a partir de les energies potencial inicial i cinètica final com veiem al quadre de la dreta. Fixem-nos que aquest treball és negatiu, i això indica que l'energia s'ha perdut.

$$W_{Ff} = E_c - E_p$$

En aquest experiment comprovarem si l'energia es conserva a la muntanya russa, però ja us advertim que el principal problema no serà el fregament, sinó l'exactitud de la mesura de l'alçada.

**EXPERIMENTA!****Què farem?**

En primer lloc mesurarem, de forma el més acurada possible, les alçades màxima i mínima de la trajectòria de la muntanya russa amb GPS. No intenteu obtenir tota la trajectòria: els canvis de direcció són tan violents que no els podem mesurar amb el GPS. En la segona part de l'experiència mesurarem la velocitat al punt més baix de la trajectòria... i mirarem si l'energia es conserva.

**E1: ALÇADA MÀXIMA I MÍNIMA DE LA MUNTANYA RUSSA**

1. Abans de pujar a l'atracció posarem en marxa l'aplicació GeoTracker del telèfon mòbil.
2. Guardem el telèfon mòbil a dintre de la funda.
3. Ara només cal disfrutar de l'atracció i apagar el mòbil en arribar al destí.
4. Per obtenir les mesures de les altures màxima i mínima obrirem l'aplicació i pitgem on posa "estadístiques".
5. Tirant amb el dit cap avall, veurem en un dels llocs, que diu "diferència d'alçades", aquesta serà la nostra alçada  $H$ .

$H =$

**E2: MESUREM LA VELOCITAT AL PUNT MÉS BAIX**

1. La longitud total del cuc format per les quatre vagonetes de la muntanya russa és  $D = 1015$  cm. Aquesta distància serà important per determinar la velocitat.
2. Per mesurar la velocitat cal sortir fora de l'atracció, i situar-nos al túnel que dona accés a la mateixa. Aquest és el punt més baix del recorregut de la muntanya russa, i per tant el de velocitat màxima.
3. Quan sentim els crits de la gent de l'atracció és el moment d'estar preparats. Mesurarem el temps que triga en passar tot el cuc, tot prenent una referència (com per exemple un arbre). A aquest el temps l'anomenarem  $t$ .

$D =$  ;  $t =$  ; per tant la velocitat:  $v = \frac{D}{t} =$



**QÜESTIONS?**

1. Calculem l'energia potencial al punt més alt de la trajectòria i l'energia cinètica al punt més baix.

Creus que es conserva l'energia mecànica?

2. Si no es conserva, calcula la pèrdua d'energia mecànica quan la vagoneta fa el camí de descens.

3. No hem tingut en compte que, de fet, al punt més alt el cuc no està totalment quiet. Com afecta això al nostre resultat?

**+A L'AULA!**

1. Tenint en compte les pèrdues que hem calculat: des de quina alçada cal deixar anar la vagoneta per tal que arribi al punt més baix amb velocitat zero (suposarem que la longitud del recorregut és el mateix).
2. Amb quina velocitat mínima hauríem de llençar el cuc de la muntanya russa per tal que arribi al punt més alt tenint en compte les pèrdues energètiques?
3. Una forma de confirmar si l'energia es conserva a la muntanya russa és fer una maqueta... però això pot ser força complicat. Us proposem que fem un model simplificat i fem dos rails per tal de poder llençar bales de vidre. Podem filmar el moviment de les bales, i després reconstruir la seva gràfica  $x(t)$ ... i comprovar si l'energia es conserva.

*“Every individual matters. Every individual has a role to play.  
Every individual makes a difference”. Jane Goodall.*