

16. Diavolo Pèndol. DINÀMICA.

FISIDABO



CONCEPTES
Pèndol cònic.
Zona llei de Newton.
Moviment circular uniforme.



CONEIXEMENTS PREVIS
Mesura de distàncies i angles.
Mesura de temps.



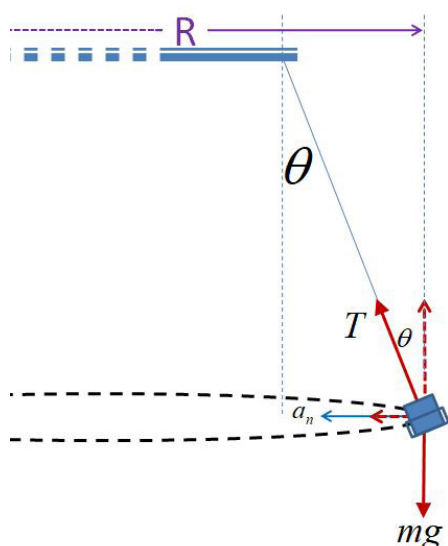
MATERIAL
Cronòmetre.



APPS & MÒBIL
Analitzador de fotos.

Cadiretes no inercials

Veiem Barcelona als nostres peus, mentre girem i girem. En girar les cadiretes, que abans penjaven, ara volen. I tot degut a que giren... i giren gràcies a la cadena que ens agafa fermament al sostre de l'atracció... i s'aixequen perquè donem voltes. Aquest experiment ens permetrà no només entendre per què s'aixequen les cadiretes, també aprendrem a calcular l'angle que formen les cadiretes amb la vertical.



Mirem les cadires com donen voltes al Diavolo del Tibidabo... fixeu-vos que en donar voltes, les cadires amb les seves cadenes formen el tronc d'un conus. En física, això li diem pèndol cònic: consisteix en una corda amb un extrem fix, i una massa a l'altre extrem que porta una certa velocitat de manera que la massa gira amb un moviment circular uniforme. El moviment circular associat a les cadiretes fa que la velocitat modifiqui la seva direcció però no el seu mòdul, i per tant el moviment serà uniforme. Per aquest motiu l'acceleració que fa que canviï el mòdul de la velocitat (l'acceleració tangencial) serà nul·la. En canvi l'acceleració que fa que canviï la direcció de la velocitat (l'acceleració normal) serà diferent de zero, però constant, i la podem calcular com: $a_n = \omega^2 R$

On ω és la velocitat angular del cos. Per tal de poder descriure com es mouen les cadiretes cal que fem un diagrama amb les forces que actuen sobre elles. Al mateix gràfic afegirem també l'acceleració normal.

Com que l'acceleració normal està dirigida cap al centre de la circumferència que formen les cadiretes, podem escriure la segona llei de Newton en la direcció horitzontal, x , i en la component vertical, y .

Aïllem ara el terme on apareixen les tensions, tot obtenint el següent sistema d'equacions:

$$\begin{cases} T \sin \theta = m a_n = m \omega^2 R \\ T \cos \theta - mg = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} T \sin \theta = m \omega^2 R & \text{horitzontal, } x \\ T \cos \theta = mg & \text{vertical, } y \end{cases}$$

Dividint ara les dues equacions obtenim el següent resultat: $\text{tg } \theta = \frac{\omega^2 R}{g}$

Si ara tenim en compte que la velocitat angular del pèndol es pot determinar com l'angle associat a una volta completa (2π) entre el temps que triga a fer-la (el període), $\omega = 2\pi/T$

podem arribar a l'expressió que ens relaciona l'angle que es desvien les cadiretes respecte a la vertical amb el radi de gir de les cadiretes (vegeu quadre de la dreta):

$$\text{tg } \theta = \frac{4\pi^2 R}{g T^2}$$

EXPERIMENTA!**Què farem?**

Volem predir quant s'aixequen les cadiretes. Dit d'una altra forma, quin és l'angle que formen amb la vertical en girar. Per això ens caldrà en la primera part de l'experiment mesurar el radi i el període de gir de les cadiretes. En l'experiment final mesurarem si, efectivament, els nostres càlculs de l'angle han sigut acurats.

E1: MESUREM LA VELOCITAT ANGULAR*Fora de l'atracció*

1. Deixem que el Diavolo doni unes voltes, fins que veiem que les cadiretes giren a una velocitat aproximadament constant.
2. Mesurem amb el cronòmetre el temps que tarda una cadireta a donar una volta completa. Per fer això, prendrem com a referència la cadireta de l'atracció que té un llaç de color. Mesurem el temps que triga aquesta cadireta en fer 3 voltes. A aquest temps l'anomenarem t .

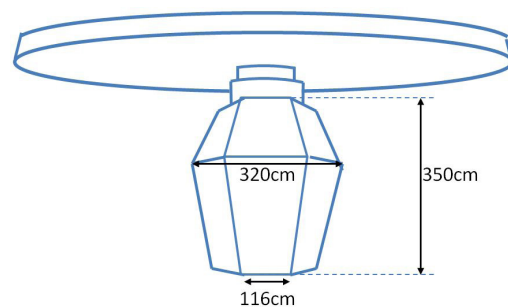
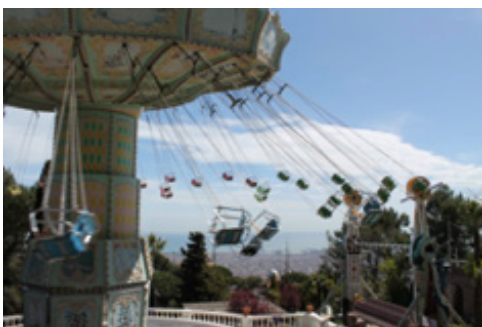
$$t = \quad \text{s}$$

3. Per trobar el període de rotació T només caldrà dividir aquest temps entre tres.

$$T = t/3 = \quad \text{s}$$

E2: ANGLE D'ELEVACIÓ I RADI DE GIR*Fora de l'atracció*

1. Deixem que el Diavolo doni unes voltes, fins que veiem que les cadiretes giren a una velocitat aproximadament constant.
2. Fem una foto el més allunyats possible intentant situar-nos davant del Diavolo, intentant obtenir una imatge com aquesta:



3. Amb l'aplicació ImageMeter podem mesurar ara la inclinació de les cadiretes i el radi de gir. Per fer això cal tenir una referència, prendrem el diàmetre de l'eix central que és $R_{\text{eix}} = 320$ cm.
4. Els valor obtinguts pels angles i el radi mesurats a partir de la foto són:

$$R = \quad \text{m} ; \quad \theta = \quad ^{\circ}$$

QÜESTIONS?

1. Calculem l'angle d'elevació de les cadiretes a partir del període i del radi que hem mesurat: la diferència entre els valors experimental i calculat de l'angle és significativa?

$$\theta = \arctg \frac{4\pi^2 R}{g T^2} = \quad \circ$$

+A L'AULA!

1. Podem també calcular la gravetat a partir de tots els valors que hem mesurat, aïllant-la de l'equació. Quin valor obtenim? És semblant a $g = 9,81\text{m/s}^2$?
2. Quina velocitat han de tenir les cadiretes per tal de tenir un angle de desviació respecte a la vertical de 90° ?
3. Quin és el valor de la velocitat lineal d'una cadireta de la part externa?

“Humans are allergic to change. They love to say, “We’ve always done it this way.” I try to fight that. That’s why I have a clock on my wall that runs counter-clockwise”. Grace Hopper.