



CONCEPTES

Pèndol cònic.
2a llei de Newton.
MCU.



CONEIXEMENTS PREVIS

Mesura de distàncies i angles.
Mesura de temps.



MATERIAL

Cronòmetre.

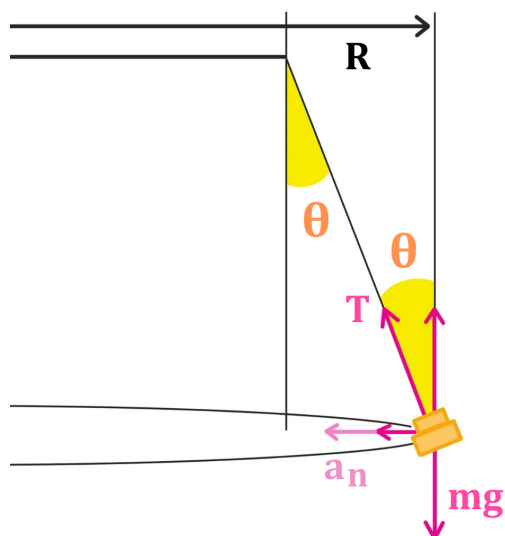


APPS i MÒBIL

Analitzador de fotos.

Cadiretes no inercials

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



Mirem com les cadiretes donen voltes al Diavolo del Tibidabo... Fixeu-vos que, en girar, les cadiretes amb les seves cadenes formen el tronc d'un conus. En física, això es coneix com a **pèndol cònic**: consisteix en una corda amb un extrem fix i una massa a l'altre extrem que es mou a una velocitat constant en un moviment circular uniforme. El moviment circular associat a les cadiretes fa que la velocitat modifiqui la seva direcció, però no el seu mòdul. 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 amb l'expressió $a_n = \omega^2 R$, on ω és la velocitat angular.

Pel fet que l'acceleració normal es dirigeix cap al centre de la circumferència que formen les cadiretes (observar l'esquema), podrem aplicar la segona llei de Newton tant en la direcció horitzontal (x) com en la component vertical (y). A més, també podem aïllar el terme on apareixen les tensions, obtenint així el sistema mostrat a continuació. Finalment, dividint les dues equacions obtenim l'expressió de l'angle, també mostrada a sota.

$$\begin{cases} \text{eix } x: T \sin\theta = m a_n = m \omega^2 R \\ \text{eix } y: T \cos\theta - mg = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} T \sin\theta = m \omega^2 R \\ T \cos\theta = mg \end{cases} \Rightarrow \tan\theta = \frac{\omega^2 R}{g}$$

Ara, si considerem que la velocitat angular del pèndol es determina per l'angle associat a una volta completa (2π) dividit pel temps que triga a fer-la (el període), és a dir, $\omega = 2\pi/T$, podem obtenir l'expressió que relaciona l'angle en què es desvien les cadiretes respecte a la vertical amb el radi de gir de les cadiretes.

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

EXPERIMENTA!

Què farem?

Volem predir l'alçada a la qual s'aixequen les cadiretes, és a dir, l'angle que formen amb la vertical mentre giren. Per això, en la primera part de l'experiment, caldrà mesurar el radi i el període de gir de les cadiretes. En la fase final de l'experiment, comprovarem si els nostres càlculs de l'angle han estat precisos.

E1: MESURA DEL PERÍODE

FORA DE L'ATRACCIÓ

1. Primer, 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 triga una cadireta a fer una volta completa. Per a fer-ho, prenem com a referència una cadira en concret. Mesurem el temps que triga aquesta cadireta en completar 3 voltes. A aquest temps l'anomenarem t .

$$t = \quad s$$

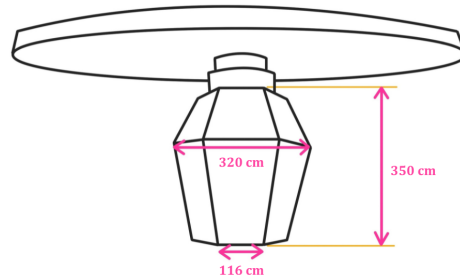
3. Trobem el període dividint el temps t entre tres.

$$T = \frac{t}{3} = \quad s$$

E2: MESURA DE L'ANGLE D'ELEVACIÓ I EL RADI DE GIR

FORA DE L'ATRACCIÓ

1. Com abans, 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 semblant a aquesta:



3. Ara, amb l'aplicació *ImageMeter*, podem mesurar la inclinació de les cadiretes i el radi de gir. Per a fer-ho, cal tenir una referència, així que prendrem el diàmetre de l'eix central, que és $R_{\text{eix}} = 320 \text{ cm}$.
4. Els valors obtinguts per a l'angle i el radi mesurats a partir de la foto són:

$$R = \quad m \quad , \quad \theta = \quad ^\circ$$

QÜESTIONS ?

1. Calculem l'angle d'elevació de les cadiretes a partir del període i del radi mesurat. La diferència entre els valors experimentals i els calculats de l'angle és significativa?

$$\theta = \arctan\left(\frac{4\pi^2 R}{g T^2}\right) = \quad \circ$$

+ A L'AULA!

1. També podem 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.