



CONCEPTES
Coordenades cartesianes
del moviment circular.



CONEIXEMENTS PREVIS
Mesura de velocitats.
Acceleròmetre del mòbil.



MATERIAL
Mòbil i funda.
Cronòmetre.



APPS & MÒBIL
Acceleròmetre,
Cronòmetre,
Càmera

Voltes i voltes, el món va donant voltes

Un moviment circular ja és garantia d'una atracció mogudeta... però que passa si a sobre n'hi afegim un altre? La resposta és l'hurakan: pot ser l'atracció guanyadora en produir adrenalina al TIBIDABO. Un cop asseguts a l'atracció ens serà difícil saber si estem cap per avall o cap per dalt. Per això, mirem-nos l'atracció des de fora per tal d'entendre una mica millor quins moviments es produeixen, abans de pujar i cridar, cridar i cridar.

El moviment circular és una mica especial: està confinat a passar sempre dintre d'un cercle. Això fa que sigui més convenient definir posicions, velocitats i acceleracions tenint en compte l'angle i no la posició en coordenades cartesianes (x,y) . En primer lloc, definim l'angle que va recorrent un objecte en moviment circular com a $\theta(t)$. Per tant la velocitat angular mitjana la podem calcular com:

$$\omega = \frac{\theta - \theta_0}{\Delta t}$$

De la mateixa forma, podem calcular l'acceleració angular com:

$$\alpha = \frac{\omega - \omega_0}{\Delta t}$$

Les equacions del moviment, tenint en compte aquestes dues equacions, les podem escriure com:

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

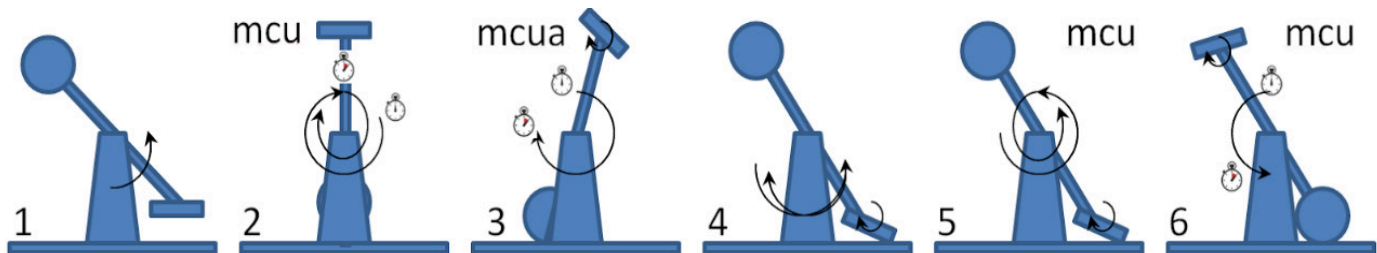
$$\omega(t) = \omega_0 + \alpha t$$

EXPERIMENTA!**Què farem?**

Ens fixarem en el moviment del braç de l'Hurakan, i mesurarem el temps entre alguns punts de la trajectòria per tal d'obtenir les magnituds associades al moviment. A la seqüència de moviments de l'atracció podem trobar tant moviments circulars uniformes, com uniformement accelerats.

L'Hurakan es compon d'un braç on hi ha unida una "barca" on seuen els passatgers. El seu moviment sempre té la mateixa seqüència. Cal conèixer-la per tal de poder fer les mesures en el moment que pertoca. Abans de començar a fer l'experiment, si us plau, comproveu que els moviments que fa el braç són els que descrivim a continuació:

1. Puja cap enrere un quart de volta
2. Fa una primera volta
3. Es deixa anar i fa tres quarts de volta
4. Un cop aturat el braç torna enrere i endavant amb un moviment oscil·latori
5. Després fa una volta sencera
6. Acaba amb mitja volta feta a poc a poc

**E1: MESURA DEL RADI DE L'ATRACCIÓ:*****Fora de l'atracció***

1. Busqueu els punts marcats a prop de l'atracció. En aquests punts està marcada la distància D des del mateix punt fins a la base del braç de l'Hurakan.
2. Mesureu l'angle que us marca l'inclinòmetre si, des del punt, observeu la "barca" quan es troba al punt més alt:

$$\alpha = \quad ^\circ$$

3. Mesureu, amb una cinta mètrica, la vostra alçada. Si no podeu, feu una estimació:

$$h = \quad \text{m}$$

4. L'alçada del punt més alt serà, per tant:

$$H = h + D \cdot \text{tg}(\alpha) = \quad \text{m}$$

5. Llavors podem aproximar el radi com a la meitat d'aquesta altura:

$$R = H/2 = \quad \text{m}$$

EXPERIMENTA!**E2: MESURA DEL TEMPS PER CADA MOVIMENT*****Fora de l'atracció***

Per facilitar les mesures de temps, utilitzeu al cronòmetre del mòbil la tecla "volta" per marcar l'inici i el final de cada moviment.

Moviment 2. Mesura el temps en fer una volta. Tingues en compte que fa una volta i mitja! El millor és calcular el temps entre que passa dos cops pel punt més baix:

$$t_2 = \quad \text{s}$$

Moviment 3. Aquest moviment és accelerat, partint gairebé del repòs. Mesurarem el temps que triga en fer mitja volta: des del punt més alt fins al punt més baix:

$$t_3 = \quad \text{s}$$

Moviment 5. Mesura el temps en fer una volta. Tingues en compte que fa una volta i mitja! El millor és calcular el temps entre que passa dos cops pel punt més baix:

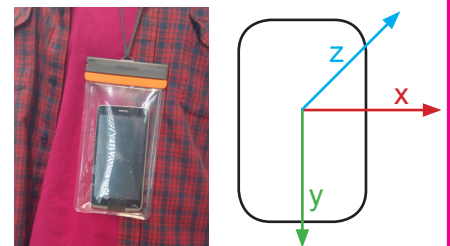
$$t_5 = \quad \text{s}$$

Moviment 6. Mesura el temps en fer la darrera mitja volta:

$$t_6 = \quad \text{s}$$

E3: MESUREM L'ACCELERACIÓ***Dins de l'atracció***

1. Abans de pujar a la "barca" de l'Hurakan engegarem l'aplicació de l'acceleròmetre.
2. Guardarem el telèfon a la funda i ens la penjarem tal com s'indica a la foto.
3. Un cop acabada l'atracció aturarem la mesura per poder analitzar el resultat.
4. El resultat d'aquest experiment és la gràfica de l'acceleració que heu obtingut

**E4: GRAVACIÓ EN VÍDEO*****Fora de l'atracció***

1. Ens col·loquem al costat de l'atracció. Hem de veure l'atracció de manera similar a com es veu en la figura de la pàgina anterior.
2. Gravem l'atracció completa, des que comença a girar fins que s'atura.
3. Un cop a classe podem utilitzar el vídeo per reconstruir la trajectòria completa de l'atracció

QÜESTIONS?

Moviment Circular uniforme (moviments: 2, 5 i 6)

1. Donat que en aquests casos el moviment és gairebé uniforme, podem calcular la velocitat angular i la velocitat lineal en cadascun d'aquests trams:

| | Tram 2 | Tram 5 | Tram 6 |
|--|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| Temps t (s) | $t_2 =$ s | $t_5 =$ s | $t_6 =$ s |
| Angle girat $\Delta\theta$ (rad) | $\Delta\theta_2 = 2\pi$ rad | $\Delta\theta_5 = 2\pi$ rad | $\Delta\theta_6 = \pi$ rad |
| Velocitat angular $\omega = \Delta\theta/t$ (rad/s) | $\omega_2 =$ rad/s | $\omega_5 =$ rad/s | $\omega_6 =$ rad/s |
| Velocitat lineal v $v = \omega \cdot R$ (m/s) | $v_2 =$ m/s | $v_5 =$ m/s | $v_6 =$ m/s |
| Velocitat lineal v (km/h) | $v_2 =$ km/h | $v_5 =$ km/h | $v_6 =$ km/h |

Moviment Circular uniformement accelerat (moviment: 3)

2. A l'experiment E2 hem calculat el temps t_3 que ha trigat la barqueta en fer aquesta mitja volta ($\Delta\theta_3 = \pi$), i sabem que parteix aproximadament del repòs ($\omega_0 = 0$ rad/s). Llavors podem calcular l'acceleració angular de la següent manera:

$$\alpha = \frac{2\Delta\theta_3}{t_3^2} = \quad \text{rad/s}^2$$

3. Podem calcular l'acceleració lineal com:

$$a_t = \alpha \cdot R = \quad \text{m/s}^2$$

4. Per últim, pots comparar els teus resultats de l'acceleració amb els que has obtingut amb l'acceleròmetre de forma qualitativa. Són del mateix ordre de magnitud? Com creus que afecta el moviment circular de la barqueta a la mesura de l'acceleròmetre?

+A L'AULA!

1. Observa les gràfiques obtingudes per l'acceleròmetre, en quins eixos veuríem l'acceleració normal? Podeu donar-ne algun valor i comparar-lo amb els resultats obtinguts a les qüestions? Recordeu la relació entre l'acceleració normal i la velocitat lineal.
2. Si heu fet un vídeo de la trajectòria de l'hurakan, un cop a classe el podeu analitzar amb l'app VidAnalysis free o el programa tracker i comparar els resultats amb els que heu obtingut al TIBIDABO.
3. Compara les gràfiques obtingudes amb l'acceleròmetre i amb el vídeo. Intenta identificar quines acceleracions es podem veure a cada tram.
4. Creus que és possible amb les mesures de l'acceleròmetre obtingudes construir tota la trajectòria de la barqueta durant l'atracció, raona la teva resposta.

“Follow your interests, get the best available education and training, set your sights high, be persistent, be flexible, keep your options open, accept help when offered, and be prepared to help others.”.
Mildred Dresselhaus.