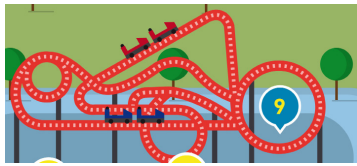


19. Muntanya Russa Acceleració. DINÀMICA.

FISIDABO



CONCEPTES
Acceleració normal.
Acceleració tangencial.



CONEIXEMENTS PREVIS
Mesura de velocitats.
Acceleròmetre del mòbil.



MATERIAL
Mòbil i funda.
Cronòmetre.



APPS & MÒBIL
Acceleròmetre.
Cronòmetre, opcional.

Emocions accelerades

La clau per aconseguir que una muntanya russa sigui divertida està en l'acceleració.

En aquesta atracció tenim moments en què sentim una sensació gairebé d'ingravedesa (sobretot en el moment inicial), i altres moments en què ens sentim esclafats contra el seient. La gent que dissenya les muntanyes russes té molt en compte quines acceleracions pateix el nostre cos en tot el recorregut, i avui nosaltres intentarem esbrinar aquest secret.

Les nostres sensacions estan, per tant, relacionades amb l'acceleració. Recordem que l'acceleració és un canvi en la velocitat. Recordem també que la velocitat ens indica dues coses: la direcció que portem i la celeritat amb la qual ens movem. Dit d'una forma més tècnica: la velocitat és un vector amb el seu mòdul i la seva direcció. Per tant, podem aconseguir una acceleració de dues formes: o canviant el mòdul del vector velocitat o la seva direcció. Mirem aquestes dues acceleracions per separat:

Per produir una acceleració es pot canviar la rapidesa amb la qual avancem en la nostra trajectòria. És a dir, aconseguim accelerar quan canviem el mòdul de la velocitat. A aquesta acceleració l'anomenem **acceleració tangencial**, ja que sempre té lloc en la mateixa direcció amb la qual avancem en la nostra trajectòria. Per sentir aquesta acceleració no cal canviar de direcció. La podem calcular a partir del **canvi del mòdul en funció del temps**, tal com mostra el requadre de la dreta:

$$a_t = \frac{\Delta|v|}{\Delta t}$$

$|v|$ és el mòdul de la velocitat.
 Δt és temps que es tarda a canviar-la.

Per altra banda podem aconseguir sentir una acceleració si canviem la direcció amb la que avancem en el nostre moviment. Dit d'una altra forma, canviant la direcció del vector velocitat. En aquest cas l'acceleració és responsable únicament del canvi de direcció i s'anomena **acceleració normal**. Aquesta acceleració és responsable únicament del **canvi de direcció** en la velocitat, i no té cap efecte sobre el seu mòdul. Per aquesta raó ha de ser sempre perpendicular a la trajectòria. Podem quantificar quina és l'acceleració que sentim en el cas de canviar de direcció gràcies a la fórmula del requadre de la dreta:

$$a_n = \frac{v^2}{R}$$

a_n és l'acceleració normal.
 v és el mòdul de la velocitat amb la que estem girant.
 R és el radi de la corba.

Això vol dir que com més ràpid anem o més tancada és una corba (menor és el radi de gir) més forta haurà de ser l'acceleració... i això ho notem durant tot el recorregut de l'atracció.

En la primera caiguda de l'atracció la responsable de la sensació d'ingravedesa és bàsicament l'acceleració tangencial, ja que en aquesta part del trajecte les vagonetes de la muntanya russa gairebé no canvien de direcció.

En canvi durant gairebé tota la resta de l'atracció sentirem l'acceleració normal. Els canvis de direcció faran que aquesta acceleració prengui protagonisme, i ens esclafi contra el seient.

EXPERIMENTA!**Què farem?**

Si t'hi fixes, tant en la definició de l'acceleració tangencial com en la de l'acceleració normal apareix la velocitat. Per aquesta raó abans de res ens caldrà saber com de ràpid van les vagonetes de la muntanya russa. És a dir: ens cal mesurar el mòdul de la seva velocitat. Ens agradaria tenir aquesta mesura en tot el recorregut, però l'únic punt on la podem aconseguir d'una forma fiable és al punt més baix. Un cop sabem aquesta velocitat ja ens podem muntar a la muntanya russa amb el nostre acceleròmetre, i deixar que les acceleracions ens facin cridar...

E1: MESURA DE LA VELOCITAT AL PUNT MÉS BAIX***Fora de l'atracció*** (Ídem 20-E1)

1. En primer lloc tindrem en compte que la longitud sencera d'un dels cucs formats per les quatre vagonetes és de 1015 cm. Anomenarem a aquesta distància D .
2. Per mesurar la velocitat, el sistema de referència ho és tot. Per això ens quedarem fora de l'atracció, just a l'entrada, abans d'entrar al túnel: és el punt més baix del recorregut.
3. Escollirem un punt característic, que serà el nostre sistema de referència. Pot ser l'entrada del túnel, una planta, un arbre o algun element arquitectònic.
4. Quan sentim els crits de la gent de l'atracció és el moment d'estar preparats. Amb el cronòmetre, mesurarem el temps que tarda a passar tot el cuc per davant del sistema de referència escollit. A aquest temps l'anomenarem t .

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

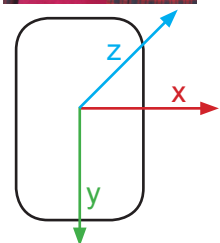
5. Calculem la velocitat:

$$v = \frac{D}{t} = \quad \text{m/s}$$

6. També podeu fer servir l'aplicació "VidAnalysis" per tal d'obtenir la velocitat d'una forma més exacta.

E2: MASUREM L'ACCELERACIÓ***Dins de l'atracció***

1. Abans de pujar a la vagoneta de la muntanya russa 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. Si ens hem penjat el telèfon tal com s'indica a la foto anterior, en l'eix z sentirem l'acceleració tangencial, i en els eixos x i y l'acceleració normal.



QÜESTIONS?

1. Quina és la velocitat del cuc de la muntanya russa en el punt més baix en km/h? És una velocitat molt alta?
A partir d'aquest resultat, raona si les sensacions a la muntanya russa estan associades a la velocitat o a l'acceleració.

$$v = \quad \text{km/h}$$

2. Quin és el valor de l'acceleració tangencial en la primera part del recorregut de l'atracció?

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

3. Quin és el valor màxim de l'acceleració normal?
Quantes vegades és més gran aquesta acceleració que l'acceleració deguda a la gravetat?

$$a_n = \quad \text{m/s}^2$$

+A L'AULA!

- Explica la sensació d'ingravedesa a la primera caiguda.
- Com hem pogut observar, en una part del recorregut de la muntanya russa es descriu una trajectòria gairebé circular. Podem trobar les acceleracions normals tenint en compte que són gairebé constants durant un cert període de temps. Calculem quin és el radi d'aquesta trajectòria circular, si suposem que només actua l'acceleració normal segons l'eix x , $a_{n,x}$. Per fer això, suposem que la velocitat de la vagoneta és la que hem mesurat al primer experiment E1.
- L'acceleració total que mesurem és una suma vectorial de les tres acceleracions en els tres eixos. Pots calcular l'acceleració tangencial total a partir de la suma vectorial en els eixos x i z : quin valor obtens?
- Per què és tan important definir un bon sistema de referència a l'hora de fer mesures?
- És possible, a partir de la gràfica $a(t)$, obtenir les gràfiques $v(t)$ i $x(t)$ tot integrant numèricament $a(t)$. Per fer-ho cal tenir en compte dues coses: que el cuc de la muntanya russa parteix del repòs: $v(t=0) = 0$. I que per temps zero està al punt inicial: $x(t=0) = 0$. Podem fer aquest càlcul i compartir el resultat a classe.

“Scientists should never claim that something is absolutely true”. Jocelyn Bell Burnell.