
	CONCEPTES	CONEIXEMENTS	MATERIAL	APPS i MÒBIL
	Acceleració normal. Acceleració tangencial.	PREVIS Mesura de velocitats. Acceleròmetre del mòbil.	Mòbil i funda. Cronòmetre.	Acceleròmetre. Cronòmetre (opcional).

Emocions accelerades

La clau perquè una muntanya russa sigui emocionant rau en l'acceleració. Al llarg del trajecte, experimentem moments en què sentim gairebé ingravidesa (sobretot en el moment inicial), i altres instants en què ens notem pressionats contra el seient. La gent que dissenya les muntanyes russes té molt en compte quines acceleracions pateix el nostre cos en tot el recorregut. Avui nosaltres intentarem esbrinar aquest secret.

Les nostres sensacions, per tant, estan directament relacionades amb l'acceleració. Recordem que l'acceleració és el canvi en la velocitat, i que aquesta última ens proporciona dues informacions: la direcció en què ens movem i la rapidesa amb què ho fem (és a dir, la celeritat). Dit d'una altra manera, la velocitat és un vector que té un mòdul i una direcció. Així doncs, podem generar una acceleració de dues maneres: modificant el mòdul del vector velocitat o canviant-ne la direcció. Analitzem ara aquestes dues acceleracions per separat.

D'entrada, per a 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 l'esquerra.

D'altra banda, podem experimentar una acceleració si modifiquem la direcció amb què ens desplacem durant el moviment, és a dir, canviant la direcció del vector velocitat. En aquest cas, l'acceleració, anomenada **acceleració normal**, és responsable exclusivament del **canvi de direcció** de la velocitat, sense afectar el seu mòdul. Per aquest motiu, aquesta acceleració és sempre perpendicular a la trajectòria. La intensitat de l'acceleració que percebem en canviar de direcció es pot calcular mitjançant la fórmula de la dreta.

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

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

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

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

Durant la primera caiguda de l'atracció, la responsable de la sensació d'ingravidesa és bàsicament l'acceleració tangencial, ja que en aquesta part del trajecte les vagonetes de la muntanya russa gairebé no canvien de direcció. Tanmateix, al llarg de gairebé tota la resta de l'atracció, serà l'acceleració normal la que predominarà. Els canvis de direcció faran que aquesta acceleració prengui protagonisme, fent-nos sentir pressionats contra el seient.

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

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 aquest motiu, primer necessitem saber com de ràpid es mouen les vagonetes de la muntanya russa. És a dir, necessitem 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 EN EL PUNT MÉS BAIX**FORA DE L'ATRACCIÓ**

1. En primer lloc, tindrem en compte que la longitud sencera d'un dels trens formats per les quatre vagonetes és de 1015 cm. A aquesta distància l'anomenarem D .
2. Per a mesurar la velocitat, el sistema de referència ho és tot, és per això que ens quedarem fora de l'atracció, just a l'entrada, abans d'entrar al túnel; aquest és el punt més baix del recorregut.
3. Tot seguit, 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. Ara, quan sentim els crits de la gent de l'atracció és el moment d'estar preparats. Amb el cronòmetre, mesurarem el temps que tarda en passar tot el tren per davant del sistema de referència escollit. A aquest temps l'anomenarem t .

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

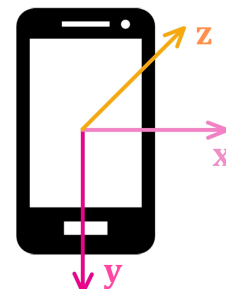
5. Amb les dades que tenim també podem calcular la velocitat.

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

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

E2: MESURA DE L'ACCELERACIÓ**DINS DE L'ATRACCIÓ**

1. Primer, abans de pujar a la vagoneta de la muntanya russa, engueguem l'aplicació de l'acceleròmetre.
2. Després, guardarem el telèfon a la funda i ens la pengem al coll.
3. Un cop acabada l'atracció, aturem la mesura per poder analitzar el resultat.
4. Si ens hem penjat el telèfon tal com s'ha mencionat, 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 tren 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.

$$v = \frac{km}{h}$$

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

$$a_t = \frac{m}{s^2}$$

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

$$a_n = \frac{m}{s^2}$$

+ A L'AULA!

1. Explica la sensació d'ingravedesa a la primera caiguda.
2. Com bé 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. Calculeu quin és el radi d'aquesta trajectòria circular, si suposem que només actua l'acceleració normal segons l'eix x ($a_{n,x}$). Per a fer això, suposem que la velocitat de la vagoneta és la que hem mesurat al primer experiment E1.
3. 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?
4. Per què és tan important definir un bon sistema de referència a l'hora de fer mesures?
5. És possible, a partir de la gràfica $a(t)$, obtenir les gràfiques $v(t)$ i $x(t)$ tot integrant numèricament $a(t)$. Per a fer-ho, cal tenir en compte dues coses: que el tren de la muntanya russa parteix del repòs (és a dir, $v(t=0) = 0$), i que en aquest instant està al punt inicial (és a dir, $x(t=0) = 0$). Podeu fer aquest càlcul i compartir el resultat a classe.