

**CONCEPTES**

Força normal.
Moviment circular.
Acceleració normal.

**CONEIXEMENTS PREVIS**

Mesura de distàncies.

**MATERIAL**

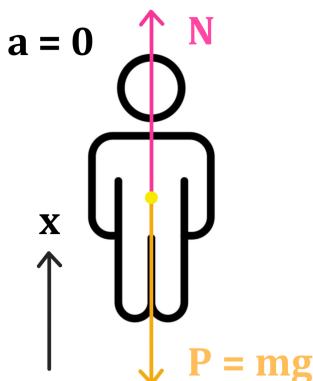
Balança.
Cronòmetre.

**APPS i MÒBIL**

ImageMeter.

Pes aparent al Giradabo

Pugem al Giradabo i comença a girar. És en aquest moment quan percebem els efectes de no estar quiets a terra. Quan arribem al punt més alt, ens sentim alleugerits, com si peséssim menys, mentre que al punt més baix experimentem la sensació contrària, notem que pesem més. Aquest fenomen també es pot observar en un ascensor: “pesem més” quan comença a pujar i “pesem menys” quan finalitza el seu moviment ascendent. Això es deu al fet que no podem distingir entre una acceleració i la força de la gravetat. Per aquest motiu, els ascensors, les rodes de fira i, en general, qualsevol sistema accelerat són considerats sistemes especials en física, coneguts com a sistemes no inercials.



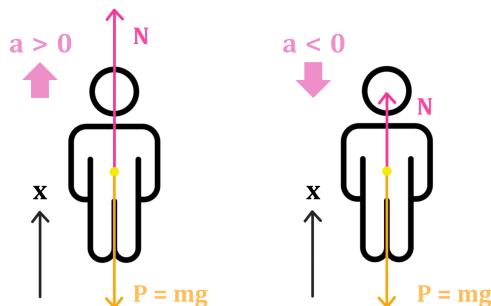
La força que mesura la intensitat del contacte amb la superfície de les cistelles de la roda de fira és la **força normal**, que és la mateixa que mesura una bàscula. Si el Giradabo està aturat, el càlcul de la força normal és força senzill. Per comprendre-ho millor, podem dibuixar el diagrama de forces actuant sobre una persona que està pujada en una balança (mirar l'esquema de l'esquerra). Atès que l'acceleració sobre la persona és nul·la, la segona llei de Newton ens diu que, en aquest cas:

$$\sum F = ma = 0 \Rightarrow N - mg = 0$$

Per tant, la força normal és simplement el pes de la persona: $P = mg$. No obstant això, la situació es complica quan pugem o baixem de manera accelerada. En aquests casos, hem d'afegir l'efecte de l'acceleració. Per entendre millor com influeix aquest fet, fem el diagrama de forces en ambdós casos (pujant i baixant acceleradament) i també representem l'acceleració en cada situació (observar l'esquema de sota).

En aquests dos casos, l'acceleració ja no és zero, de manera que la normal ja no serà igual al pes. Ara, la segona llei de Newton la podem escriure com: $N - mg = ma$, obtenint així l'expressió següent:

$$N = m(g + a)$$

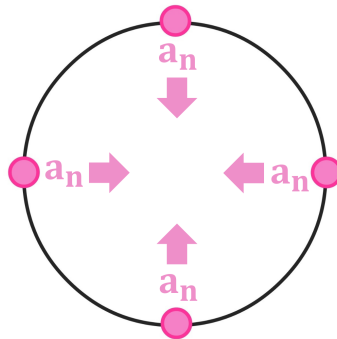


Si l'ascensor està accelerant cap amunt, l'acceleració és positiva, de manera que la força normal serà superior al pes. En canvi, si l'ascensor accelera cap avall, la força normal serà menor que el pes. En el cas extrem en què l'ascensor caigui lliurement, l'acceleració serà igual a la de la gravetat. En aquesta darrera situació la força normal serà nul·la, provocant la sensació d'ingravedesa.

La roda de fira gira en un moviment circular amb una velocitat angular ω . L'acceleració associada a aquest moviment, que es deguda al gir, s'anomena **acceleració normal**, la qual es pot calcular mitjançant l'expressió:

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

A l'expressió anterior s'ha utilitzat la relació entre les velocitats lineal i angular: $v = \omega R$. Ara, si dibuixem les acceleracions quan el Giradabo està fent el seu moviment circular uniforme, obtenim l'esquema mostrat a continuació.



La direcció de l'acceleració normal sempre apunta cap al centre de la circumferència, ja que és la responsable de mantenir el cos en moviment circular. Analitzem ara la força normal en els punts més alt i més baix de la trajectòria:

Punt més alt	$N - mg = -m\omega^2 R \quad \Rightarrow \quad N = m(g - \omega^2 R)$
Punt més baix	$N - mg = m\omega^2 R \quad \Rightarrow \quad N = m(g + \omega^2 R)$

A més a més, també podem observar que en els punts situats a banda i banda de la circumferència (és a dir, en els punts de la dreta i l'esquerra), l'acceleració normal no té cap efecte sobre el nostre pes aparent.

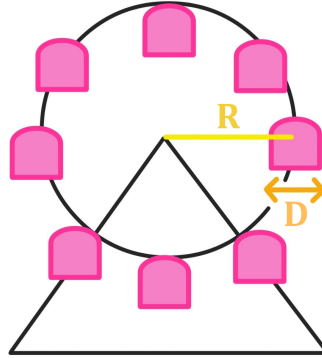
La mesura del pes aparent es fa mitjançant una balança. Tot i que molta gent creu que les balances mesuren la massa d'un objecte, això no és cert. Com hem vist, el que realment mesuren és la força normal. En condicions normals, les balances mesuren el pes perquè no solen estar instal·lades en rodes de fira, on la situació seria diferent.

Les unitats que es mostren en una balança són els kg, però en realitat, com que una balança mesura la força i no la massa, seria més correcte indicar que la mesura es dona en kiloponds, també coneguts com "kilograms força". La relació entre Newtons i kiloponds és senzilla: **1 kp = 9,81 N**. Per tant, si multipliquem la mesura de la balança pel valor de g , obtindrem la força en Newtons que exerceix la normal sobre la balança, és a dir, el pes aparent (en Newtons).

EXPERIMENTA!

Què farem?

En aquesta activitat, l'objectiu és comprovar que, efectivament, el gir de la roda de fira afecta el pes aparent. A més, volem establir la relació entre aquest pes, el radi i la velocitat de gir del Giradabo, per a verificar que l'expressió de l'acceleració normal és correcta. Per a fer-ho, primer mesurarem la velocitat i el radi del Giradabo des de fora de l'atracció, i després pujarem a la roda per mesurar la força normal registrada per la balança.



E1: MESURA DEL RADI

FORA DE L'ATRACCIÓ

1. Primer, ens situem lluny de l'atracció, de manera que puguem veure la roda sencera, i fem una fotografia amb el mòbil.
2. Ara, amb l'aplicació *ImageMeter* i sabent que el diàmetre de la cistella (D a l'esquema superior) és de 166 cm, podem calcular el radi de l'atracció, prenent aquesta mesura de D com a referència.

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

E2: MESURA DE LA VELOCITAT ANGULAR

FORA DE L'ATRACCIÓ

1. D'entrada, prenem una cistella de referència, fixant-nos en el seu color.
2. Quan l'atracció es posi en marxa, caldrà esperar que tots els participants pugin, ja que fins que tothom no hagi pujat, la roda continuarà aturant-se. En aquest moment, no realitzarem cap mesura.
3. Quan el Giradabo comenci a donar voltes de forma constant, mesurem el temps que triga en fer una volta sencera. A aquest temps l'anomenarem el període, T .

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

4. Per acabar, calculem la velocitat angular.

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \quad \text{s}$$

EXPERIMENTA!**E3: MESURA DEL PES APARENT****DINS DE L'ATRACCIÓ**

1. Quan accedim al Giradabo, observarem que hi ha una balança a terra de la cistella amb una massa de 4 kg a sobre.

Si us plau, **NO MOGUEU LA BALANÇA ni canvieu res del que hi ha a la cistella.**

2. Quan el Giradabo estigui quiet, anotem la massa que indica la balança.

$$m = \quad kg$$

3. Quan el Giradabo comenci a moure's a velocitat angular constant, fixeuvos en el pes que marca la balança al punt més baix ($F_{a \text{ baix}}$) i al punt més alt ($F_{a \text{ dalt}}$). Recordem que, tot i que la balança indica el pes en kilograms, el que realment estem mesurant és una força en kiloponds (o kg força).

4. Les forces obtingudes en els punts més alt i més baix són:

$$F_{a \text{ baix}} = \quad kp \quad , \quad F_{a \text{ dalt}} = \quad kp$$

4. Les mesures anterior en Newtons són:

$$F_{a \text{ baix}} = \quad N \quad , \quad F_{a \text{ dalt}} = \quad N$$

QÜESTIONS ?

1. Calculeu la diferència entre el pes aparent en el punt més alt i en el punt més baix de la trajectòria.

$$\Delta m = \quad kg$$

2. Calculeu, a partir de les equacions explicades a la introducció i els valors del radi i de la velocitat angular que heu mesurat, el pes aparent de l'objecte de 4 kg a dalt i a baix.

$$N_{a \text{ dalt}} = m(g - \omega^2 R) = \quad N \quad , \quad N_{a \text{ baix}} = m(g + \omega^2 R) = \quad N$$

3. Calculeu ara, a partir del resultat anterior, la diferència entre el pes aparent al punt més alt i al punt més baix de la trajectòria en kiloponds (Kp). A continuació, compara aquest resultat amb l'obtingut a la primera qüestió.

$$\Delta N = \quad kp$$

+ A L'AULA!

1. Calculeu a quina velocitat hauria de girar la roda de fira per tal que el pes aparent de la massa que estem mesurant fos la meitat.

Calculeu, pel cas anterior, quin seria el pes aparent en el punt més baix de la trajectòria.

“Courage is like — it’s a habitus, a habit, a virtue: you get it by courageous acts. It’s like you learn to swim by swimming. You learn courage by couraging”. – Marie M. Daly