

11. Piratta Normal. DINÀMICA.

FISIDABO



CONCEPTES

Força normal.
Moviment circular.
Acceleració normal i tangencial.



CONEIXEMENTS PREVIS

Mesura de velocitats.
Mesures amb acceleròmetres



MATERIAL

Cronòmetre.
Acceleròmetre.
Mocador de color.



APPS & MÒBIL

Acceleròmetre.

Nota: aquest experiment està dividit en dos experiments que es poden fer de manera independent l'11.A i l'11.B

Sóc normal. La força normal

Estem drets a terra i no ens enfonsem. Estem asseguts a una cadira, i no la travessem. Una força invisible ens esclafa contra el banc del vaixell Piratta del Tibidabo. I cridem. Cridem però, per sort, el banc ens aguanta. I darrere de tot això hi ha la normal: la força normal. I amb aquest experiment la calcularem: amunt i avall.

La força normal és la reacció que fa el terra sobre nosaltres perquè nosaltres hem fet sobre el terra una força d'acció. Aquestes dues forces, per la tercera llei de Newton, han de ser d'igual mòdul i direcció però de sentit contrari. Els problemes comencen quan la superfície on ens recolzem es mou acceleradament. Si estem quietes a sobre d'una superfície horitzontal, la força normal serà igual al nostre pes. Però si estem en un ascensor, aquesta força no serà igual al pes quan comenci a pujar o a baixar: en començar a pujar notarem que ens "esclafen" contra el terra i en començar a baixar, que "pesem menys". Aquest efecte és degut a la primera llei de Newton.

Si entrem a l'ascensor, pitgem el botó, i aquest comença a pujar, la primera llei de Newton ens diu que la tendència és que no ens moguem. Però el terra de l'ascensor es mourà de totes totes i ens elevarà de forma que finalment guanyarà a la tendència a no ser moguts. I per tant la força normal que fa el terra no serà només el pes, també caldrà afegir aquesta inèrcia a continuar en repòs. Donat que tot això succeeix en un ascensor que puja amb una acceleració a , aplicant la segona llei de Newton obtenim: $N - P = ma$ i donat que el pes el podem escriure com: $P = mg$: $N = m(a+g)$

Per tant, si l'ascensor està quiet, la normal serà igual al pes ($P = mg$), si pugem, l'acceleració serà positiva i la normal es veurà incrementada, i si baixem l'acceleració serà negativa i la normal es veurà disminuïda.

Nosaltres no estarem en un ascensor. Estarem al vaixell Piratta i en aquest cas l'acceleració no serà deguda a un moviment vertical... el que ens "esclafarà" contra el seient serà l'acceleració deguda al moviment circular que fa el vaixell: l'acceleració normal. L'acceleració normal es pot calcular com:

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

És a dir, serà més gran com més ràpid sigui el moviment que fem, i com més petit sigui el radi del moviment circular.

Acceleració al punt més baix:

Si ara ens situem al punt més baix de la trajectòria, acceleració normal i gravetat són a l'eix vertical. Per tant podem utilitzar l'expressió que hem obtingut per l'ascensor, substituint l'acceleració a , per l'acceleració normal a_n :

$$N = m \left(\frac{v^2}{R} + g \right)$$

Si utilitzem un dinamòmetre per mesurar la normal, aquesta és la relació que necessitem! Però el que farem serà utilitzar un acceleròmetre (tant si utilitzes el mòbil com l'acceleròmetre vertical de molla) que està calibrat per tal que quan l'acceleració sigui la de la gravetat, el resultat de la mesura sigui una unitat de g . Dit d'una altra forma, com el que mesura és l'acceleració en unitats de g , si aïllem de la segona llei de Newton $F=ma$ l'acceleració obtenim:

$$a_{a \text{ baix}} = \frac{F}{m}$$

que ens donaria una lectura en m/s^2 , si ara volem la lectura en unitats de g l'únic que ens cal és dividir el resultat per g , i per tant:

$$a_{g, a \text{ baix}} = \frac{F}{mg}$$

L'acceleració que estem mesurant amb l'acceleròmetre és la relacionada amb la normal N . Si ara substituïm en l'expressió anterior la força F per la força normal, obtenim que l'acceleració en unitats de g al nostre vaixell Piratta al punt més baix de la trajectòria serà:

$$a_{g, a \text{ baix}} = \frac{F}{mg} = \frac{N}{mg} = \frac{\frac{m v^2}{R} + mg}{mg} = 1 + \frac{v^2}{gR}$$

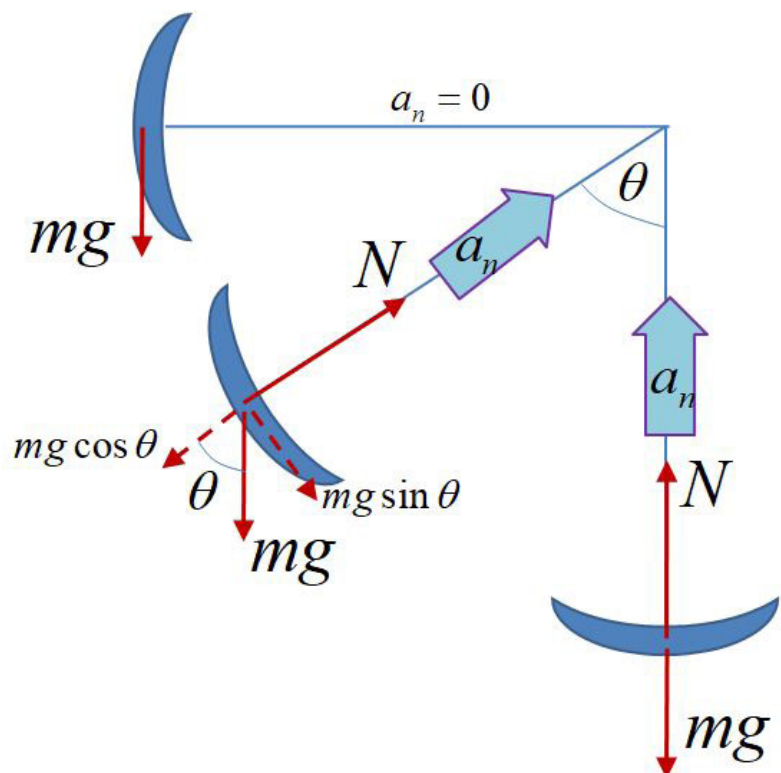
Acceleració al punt més alt:

Al punt més alt passa una cosa totalment diferent: la velocitat en el moment en el qual el vaixell es troba a prop del punt d'altura màxima és molt petita, i per tant l'acceleració normal serà negligible. Només tenim acceleració tangencial. Això fa que la normal sigui igual a la component tangencial del pes, i per tant:

$$N_{a \text{ dalt}} = m g \cos \theta$$

Al punt de màxima altura, l'angle és pròxim a 90° i per tant el cosinus serà zero o molt petit. Això fa que la normal sigui petita i que, per tant, tinguem la sensació que "no toquem el seient", o dit d'una altra forma, tenim una sensació de microgravetat. Aquesta és la sensació que senten els astronautes tota l'estona quan són a l'espai. Si, com abans, calculem l'acceleració en unitats de g dividint la normal per mg , obtenim:

$$a_{a \text{ dalt}} = \cos \theta$$



EXPERIMENTA!**Què farem?**

Volem mesurar l'acceleració del vaixell Piratta al punt més alt i més baix de la trajectòria... i comprovar si les fórmules que hem obtingut són correctes. Per tant, primer necessitarem saber unes quantes coses del vaixell Piratta: el seu radi i la seva velocitat al punt més baix. També necessitarem l'angle al punt més alt de la trajectòria. Tot això ho farem des de fora del vaixell Piratta. Després pujarem al vaixell amb l'acceleròmetre, i mirarem si els nostres càlculs són correctes.

E1: MESUREM LA VELOCITAT AL PUNT MÉS BAIX.***Fora de l'atracció*** (Ídem 13-E2 i 14-E2)

1. A terra, just al costat del vaixell Piratta veureu un punt groc que ens servirà de referència. Quan el vaixell baixi a tota velocitat un cop assolida la màxima altura, els punts A i B del vaixell Piratta passaran per davant del punt groc (vegeu figura inferior). La distància entre aquests dos punts és de 197 cm.
2. Mesurem el temps que tarda entre el moment en el qual el punt A està alineat amb la marca groga a terra, i el moment en el qual el punt B passa pel davant de la mateixa marca groga. Aquest temps l'anomenarem Δt (vegeu mètode "mesura de velocitats").

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

3. La velocitat es pot obtenir fàcilment a partir de: (tingues en compte que el vaixell passa molt ràpidament i, per tant, la mesura de temps serà molt dolenta)

$$v = \frac{D_{AB}}{\Delta t} = \quad \text{m/s}$$

E2: MESUREM EL RADI***Fora de l'atracció*** (Ídem 14-E3)

1. Busqueu els punts marcats a prop de la darrera baixada de l'atracció. En aquests punts està marcada la distància D des del mateix punt fins a la base del punt més alt de l'atracció.
2. Mesureu l'angle que us marca inclinòmetre si, des del punt, observeu l'eix sobre el que oscil·la el vaixell pirata:

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

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

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

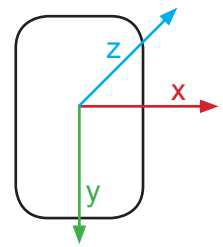
4. L'alçada del punt més alt serà, per tant:

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

5. També podem fer la mesura utilitzant l'aplicació ImageMeter del mòbil. Per fer això necessitarem una referència. Pots demanar a un company que agafi una barra d'un metre que tindrem a l'atracció i la posi en vertical o pot utilitzar com a referència les longituds que es donen a la figura de la pàgina anterior.

EXPERIMENTA!**E3: MESUREM L'ACCELERACIÓ***Dins de l'atracció (Ídem 14-E4)*

1. Abans de pujar al vaixell pirata engegarem l'aplicació de l'acceleròmetre.
2. Guardarem el telèfon a la funda i ens la penjarem tal com s'indica a la foto de sota.
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 y sentirem l'acceleració normal, que és la que ens interessa en aquest experiment.

**QÜESTIONS?**

1. Calculem l'acceleració normal amb les dades obtingudes:

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

2. Compara el resultat obtingut per l'acceleració a partir de la mesura del radi i la velocitat amb l'obtingut a partir de l'acceleròmetre. Has obtingut resultats similars?

+A L'AULA!

1. Dibuixa una gràfica de l'acceleració normal en funció de l'angle al qual es troba el pèndol
2. Compara aquesta gràfica amb la qual hem obtingut de les mesures de l'acceleròmetre.
3. Podem determinar el període de l'atracció a partir de la gràfica de les acceleracions?

EXPERIMENTA!**E1: MESURA DE L'ANGLE***Fora de l'atracció*

1. L'amplitud màxima de la trajectòria del vaixell Piratta sabem que es produeix després de n oscil·lacions, com hem mesurat abans.

$$n =$$

2. Dos estudiants hauran pujat al vaixell Piratta, cadascú a un seient diferent: un a l'extrem, i l'altre al mig. Cal que l'estudiant que queda fora es fixi en els llocs on estan asseguts els seus companys.
3. L'estudiant que es queda a fora farà una fotografia quan el vaixell assoleixi el punt de màxima altura.
4. Un cop sortim de l'atracció aquesta fotografia ens servirà per mesurar l'angle que ha assolit al punt de màxima altura. Això ho podem fer utilitzant l'aplicació ImageMeter. Hem de mesurar dos angles amb la vertical, un per l'extrem del vaixell i l'altre pel centre, un per cada posició on es col·locaran els estudiants a la segona part de l'experiment:

$$\theta_1 = \quad ^\circ ; \quad \theta_2 = \quad ^\circ$$

E2: MESURA DE L'ACCELERACIÓ*Fora de l'atracció*

1. Cal que dos estudiants pugin al vaixell Piratta, un a un extrem del vaixell i un altre al mig. (Si puja només un estudiant l'activitat es pot fer, però es realitzarà només una mesura de l'acceleració).
2. Abans que l'atracció es posi en marxa cal que els dos estudiants obrin l'aplicació "acceleròmetre" del mòbil.
3. Quan l'atracció es posi en marxa cal que els dos estudiants posin a gravar les dades d'acceleració al mateix moment, si pot ser.
4. Un cop el vaixell s'hagi aturat cal aturar la gravació de dades.
5. Per tal de saber quina és l'acceleració al punt més alt de la trajectòria cal obrir les dades que hem gravat amb la mateixa aplicació, i mirar quina és l'acceleració mínima que hem mesurat:

$$a_1 = \quad \text{m/s}^2 ; \quad a_2 = \quad \text{m/s}^2$$

QÜESTIONS?

1. En el moment més alt de la trajectòria, algun dels estudiants ha arribat a condicions de microgravetat? (és a dir, marcava l'acceleròmetre zero en algun moment?)

+A L'AULA!

1. Si les mesures de la persona asseguda a l'extrem del vaixell i al mig són diferents, raona a què és deguda aquesta diferència.
2. Coincideixen les acceleracions amb els valors que podeu calcular gràcies a la fórmula $a=\cos\theta$?
3. Troba l'expressió de l'acceleració normal en funció de l'angle d'inclinació del pèndol.
4. Dibuixa una gràfica del pes al punt més alt en funció de l'angle al punt més alt. Per quins angles tenim situacions de gravetats inferior al 50%?