

Molts experiment que us proposarem impliquen mesurar l'acceleració. Aquestes mesures les podem fer de dues formes:

- amb el telèfon mòbil.
- amb un accelerador de molla.

La primera opció és la més interessant, doncs podem obtenir una gràfica de l'acceleració en funció del temps en els tres eixos. A més, el mòbil el podem guardar en una funda i pujar a les atraccions amb moviment violents. Per tot això preferim que utilitzeu el telèfon al Fisidabo. Però per entendre com mesurar amb el mòbil és molt important llegir curosament les instruccions que trobareu en aquesta pàgina i que feu al menys un dels experiments que us proposem.



#### Abans de començar però un advertiment:

Per pujar a l'atracció és obligatori portar el telèfon mòbil dins una funda lligada al coll. Ha d'estar també lligat al cos, per exemple portant el mòbil per sota del jersei. No us deixaran pujar si no el teniu ben lligat. Podeu comprar una funda a qualsevol botiga d'esports.

## Mesura d'acceleracions amb el mòbil

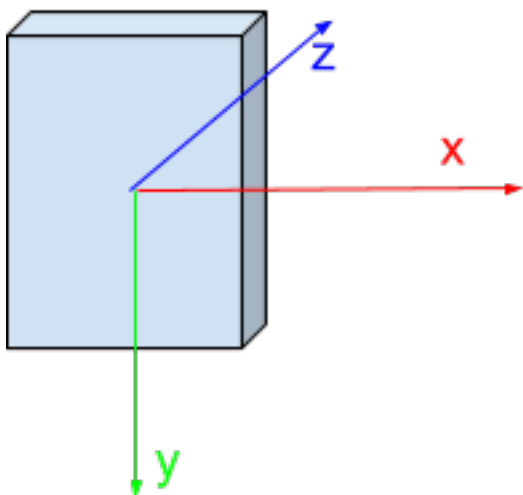
**Aplicació:** utilitzarem l'acceleròmetre de Vieyra.

Els nostres telèfons mòbils tenen incorporat un acceleròmetre que s'utilitza bàsicament per dues coses: primer per tal de saber quina és la direcció en l'espai en la que es troba. Això ho fa mesurant contínuament la direcció de l'acceleració de la gravetat. D'aquesta manera el dispositiu pot saber si la pantalla es troba vertical o horitzontal respecte al terra. Per altra banda, en detectar acceleracions, pot detectar canvis en el moviment de l'usuari, de forma que és possible saber, per exemple, si la persona que porta el mòbil es posa en moviment.

Nosaltres utilitzarem aquest acceleròmetre per tal de mesurar l'acceleració que patim a les atraccions del TIBIDABO. Però per mesurar correctament l'acceleració cal tenir dues coses en compte:

### Unitats

Donat que els acceleròmetres del telèfon estan calibrats per treballar al planeta Terra, quan el mòbil està quiet detecta una acceleració de  $9,81\text{m/s}^2$ . És a dir  $a=g$  en algun dels eixos. Però per complicar una mica les coses, les aplicacions donen l'acceleració "en unitats de g". Això vol dir que si l'acceleració que es mesura és  $a=1g$ , l'acceleració serà un cop la de la gravetat: és a dir  $a=9,81\text{m/s}^2$ . Si  $a=2g$  l'acceleració serà el doble que la de la gravetat... i així amb qualsevol valor. Per tant, per obtenir l'acceleració en sistema internacional caldrà dividir el valor de l'acceleració que ens dona el telèfon per  $9,81\text{m/s}^2$ .



### Direcció

El nostre dispositiu té, de fet, tres acceleròmetres, cadascun orientat al llarg de cadascuna de les tres arestes del dispositiu. Quin dels tres eixos està orientat en cada direcció dependrà de com estigui definit a l'aplicació.

Al software de Vieyra que utilitzarem com a acceleròmetre, els eixos estan definits de la següent forma (veure dibuix de l'esquerra):

Per tant, si teniu el telèfon orientat com s'indica la figura hauríeu d'obtenir la següent lectura:  $a_x=0g$        $a_y=1g$        $a_z=0g$

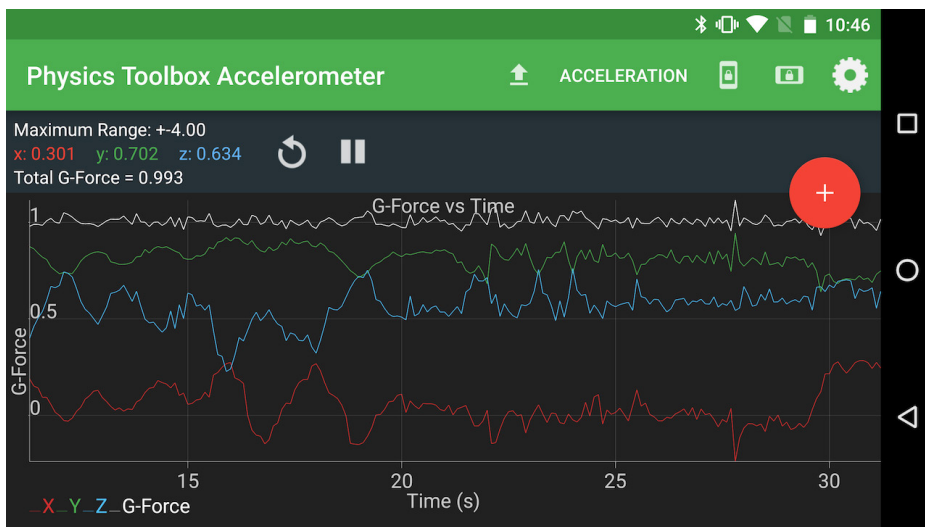
(Per cert, si esteu interessats en aprendre com mesura el vostre telèfon acceleracions podeu mirar un vídeo a la web).

## Descripció de l'aplicació

L'aplicació amb la que treballarem ens permet fer tres coses:

- Obtenir una lectura de l'acceleració en temps real.
- Fer una gràfica de l'acceleració en els tres eixos en funció del temps.
- Gravar les dades que hem obtingut en un experiment.

Per utilitzar-la, en primer lloc descarregarem l'aplicació al nostre dispositiu. Això ho podem fer des del "google store" buscant "vieyra software" i buscarem l'aplicació: "Physics toolbox accelerometer". En executar-la hauríem de veure la següent pantalla, on es va dibuixant quatre corbes que ara descriurem:



Exemple del que veiem en obrir l'aplicació de l'acceleròmetre de vieyra

Fixem-nos primer en que l'aplicació ens mostra quatre gràfiques: tres corresponen a les acceleracions en els tres eixos  $x$ ,  $y$  i  $z$  en colors vermell, verd i blau respectivament. A la primera figura hem dibuixat els eixos amb els mateixos colors que ho fa l'aplicació. Tenim també una quarta gràfica de traç blanc que correspon a l'acceleració total. Fixem-nos també que, com deiem, les unitats de la mesura són "g-force", és a dir, l'acceleració la mesurem en "unitats de g". Tan bon punt obrim l'aplicació estem mesurant, però encara no estem gravant dades!

Per tal de mesurar **sense gravar dades** tenim les següents opcions:

- Amb la opció || podem fer una pausa de la mesura. Això ens permetrà analitzar els experiments.
- Amb la opció ► podem continuar la mesura.
- Amb la opció ⌂ esborrem la mesura que tenim i tornem a començar una altra mesura.

Per tal de **gravar les dades** que obtenim:

- La opció + és la que ens permet gravar les dades per tal de poder analitzar-les més tard.
- Un cop hem començat a gravar dades, per aturar l'adquisició cal tornar a pitjar el mateix botó que al principi, que ara ha canviat d'icona ■
- Un cop hem pitjat aquest botó ens demanarà el nom de l'arxiu per gravar les dades: l'escrivim.
- Per últim ens demana si ho volem compartir a la xarxa.

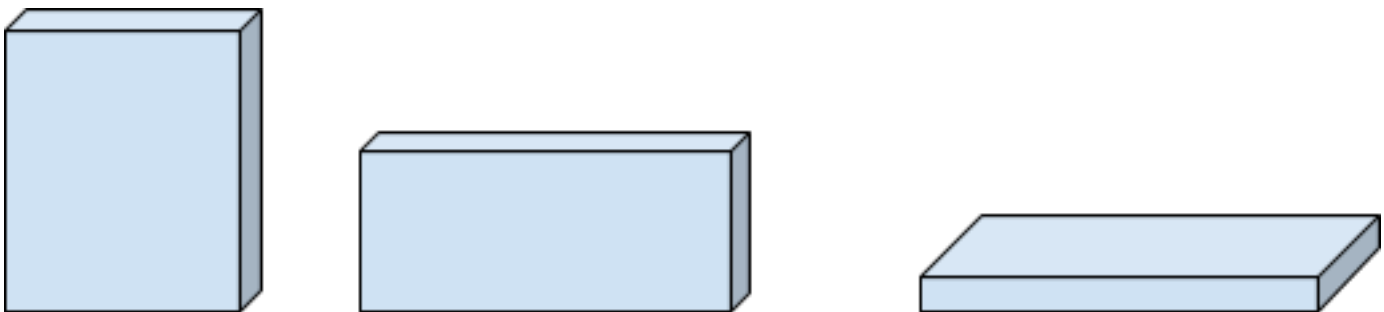
**Molt important: l'adquisició de dades s'atura si apaguem el telèfon mòbil!**

També tenim la opció de recuperar dades que ja hem mesurat si pitgem a la petita carpeta que ens apareix a dalt de l'aplicació.

## Experiments proposats

### Determinació dels eixos

El primer exercici és molt senzill i ens permetrà determinar com estan definits els eixos en el nostre telèfon. Deixarem el mòbil sobre una superfície horitzontal com una taula amb l'aplicació de l'acceleròmetre oberta. Hauríem de mesurar en aquest cas una acceleració igual a  $1g$  en l'eix de les z. Ara podem posar el telèfon mòbil amb cadascuna de les cares recolzada a terra i mirar quina és la lectura que obtenim de la gravetat al telèfon mòbil.



Hauríem d'obtenir un lectura  $a=1g$  en cadascun dels tres eixos.

És molt interessant donar un cop a la taula o a la superfície i observar el que passa: veureu que hi ha un canvi en l'acceleració en l'eix paral·lel al terra. De fet, el que acabeu de construir és una versió molt simple d'un sismògraf... el podeu utilitzar, per exemple, per mirar com es propaguen les ones acústiques en l'edifici del vostre col·legi!

### Qüestions proposades

- Què passa si ara deixem caure el telèfon mòbil (sobre una superfície tova!!!). Quin valor de l'acceleració obtenim?
- Si donem un cop a la taula, podem calcular aproximadament la força amb la que hem donat el cop... Donat que  $F=ma$ , i aproximant la massa del puny per uns 50 grams, és possible calcular la força màxima en el moment de donar el cop. Quina és aquesta força?
- (per BTX) Donat que teniu una mesura de l'acceleració, és possible calcular la velocitat a partir de la integral de la corba anterior. Per fer això podeu utilitzar un programa de càlcul com l'excel. Com que sabem que la velocitat final del puny és nul·la, és possible calcular la velocitat inicial que portava el puny en donar el cop. Calcula aquesta velocitat.

## Pujant i baixant

Podem fer aquest experiment en un ascensor qualsevol. Per fer-lo engegarem l'aplicació i deixarem el telèfon mòbil recolzat al terra de l'ascensor. Per tal que no es faci malbé, i evitar enregistrar les vibracions en pujar i baixar, el deixarem a sobre una tovallola o un troç d'escuma. Ara començarem a mesurar pitjant la tecla ■, i posarem l'ascensor en marxa. Quan s'aturi l'ascensor pitjarem la tecla ■. Escrivim un nom al fitxer i, si volem, ens l'enviem per la xarxa. Ara podem analitzar el resultat a la pantalla, o ens podem baixar el fitxer i treballar amb un programa de càlcul com l'excel.

### Qüestions proposades

- Quina és l'acceleració màxima i mínima que patim en pujar en ascensor. Es correspon la mesura amb la sensació a l'ascensor?
- Si l'ascensor té una massa aproximada de 500kg, calcula quina força màxima i mínima han de resistir els cables que l'aguanten.
- Analitza amb cura la corba de l'acceleració en funció del temps: quan para l'ascensor senzillament s'atura, és a dir, disminueix la seva velocitat fins a que està aturat? O fa un moviment més complicat. Comenteu-ho a classe.
- (2 BTX) Com en l'exemple anterior podem calcular la gràfica de la velocitat i l'acceleració integrant la corba de l'acceleració en funció del temps. Feu-ho i comenteu-ne els resultats.

## Acceleració normal (2BTX)

L'objectiu d'aquest experiment és mesurar l'acceleració normal quan un objecte descriu un moviment circular uniforme. Per tal de fer aquest experiment necessitem una funda de mòbil amb una corda lligada al seu extrem. Posarem en marxa l'aplicació de l'acceleròmetre i començarem a fer donar voltes al telèfon mòbil amb una corda de mig metre aproximadament, intentant que ho faci horitzontalment. Quan estem donant voltes amb celeritat constant demanarem a un company que mesuri el temps que triguem en fer cinc voltes. D'aquesta forma, en dividir aquest temps per cinc tenim el temps que es triga en fer una volta (veure mesura del temps). Ara parem de fer voltes, aturem la mesura i mirem el resultat.

En aquest experiment hem mesurat, d'una banda l'acceleració del mòbil ( $a_x, a_y, a_z$ ) i per altra banda el temps que triga en donar una volta  $T$ . També sabem el radi de gir  $R$  doncs sabem la longitud de la corda.

En l'experiment el mòbil està afectat per dues acceleracions:

- L'acceleració deguda a la gravetat.
- L'acceleració normal deguda a les voltes que fem donar al telèfon.

El que volem saber és si, efectivament, la fórmula que ens dona l'acceleració normal  $a_n = v^2/R$  funciona en el nostre cas.

L'acceleració la podem llegir directament del nostre dispositiu. I a més la podem calcular a partir del radi  $R$  que descriu el telèfon, i la velocitat amb que dona voltes. Per obtenir aquesta velocitat només cal dividir la longitud de la circumferència que descriu, pel temps que triga en donar una volta:  $v = 2\pi R/T$ .

### Qüestions proposades

- Coincideix el valor de l'acceleració normal mesurat amb el telèfon mòbil amb el que heu calculat a partir de la fórmula  $a_n = v^2/R$ ? Si no és així, quin creieu que és l'origen de l'error?
- En teoria, les acceleracions que heu mesurat haurien de ser en un eix  $a=g$ , en l'altre l'acceleració normal i en l'altre eix l'acceleració hauria de ser nul·la. És això cert? En cas contrari, com afecta això a la mesura?
- (2BTX) Quan encara el mòbil no està girant horitzontal, el mòbil gira amb un cert angle respecte a l'horitzontal. Amb una fotografia podeu mesurar aquest angle. En aquest cas l'acceleració normal no es pot llegir només en l'eix horitzontal, doncs està projectada en l'eix horitzontal i vertical. A més en l'eix vertical cal tenir en compte que actua la gravetat. En aquest cas, com relacionaríeu l'acceleració mesurada amb el mòbil amb la que podeu calcular vosaltres a partir de la velocitat de gir, el radi i l'angle que forma el dispositiu amb l'horitzontal?