

# Smartphones... smartphysica

## Currículum

---

Tavi Casellas. Professor de física i química de l'institut Montilivi de Girona des del 1981, actualment treballa al Centre de Recursos Pedagògics del Gironès. Formà part de l'equip directiu que posà en marxa l'IES de Llagostera en l'inici de la reforma. Formador del PIE, ara SGTI, al llarg de molts anys. La inquietud de resoldre amb agilitat els dibuixos de línies equipotencials, l'aprenentatge dels nous llenguatges de programació (Visual Basic i Java) i de disseny de pàgines web i l'obtenció d'una Llicència d'Estudis li han permès l'elaboració del portal [www.FisLab.net](http://www.FisLab.net). Forma part del grup d'experimentadors i d'adaptació dels materials de Física en context.

## Resum

---

El món de la telefonia mòbil s'ha revolucionat, una vegada més, amb l'aparició dels telèfons intel·ligents, anomenats sovint *smartphones*, que corresponen a la enèsima generació de telèfons. A més de l'avantatge de poder estar connectat amb la xarxa en qualsevol lloc gràcies a la tecnologia 3G té, pel professorat i alumnat de física, una gran innovació que cal aprofitar: la incorporació de diferents tipus de sensors que podem aprofitar per realitzar experiències i extreure'n dades numèriques.

## Orientacions pel professorat

---

### Alumnes als quals s'adreça l'experiència

- Cada vegada més l'alumnat disposa de telèfons intel·ligents, malgrat el seu elevat preu, de manera que els podem utilitzar tant a l'ESO com al batxillerat, sobretot si tenim present que sovint per realitzar una experiència només cal que en disposi un alumne per grup.

### Metodologia

- El primer que cal tenir en compte és si el centre permet utilitzar els telèfons a l'alumnat. En cas contrari caldrà fer la petició a la direcció del centre per fer-ne una excepció a les classes de física. Pensem que a mig termini els telèfons, per la seva potencialitat educativa, s'incorporaran com a recurs habitual a les aules.

### Orientacions tècniques

Què podem utilitzar dels telèfons mòbils sense que siguin de darrera generació?

- Calculadora
- Cronòmetre

- Temporitzador

De telèfons ni ha de moltes marques i sistemes operatius diferents, un dels més estesos és el sistema operatiu Android. A partir d'ara farem referència a telèfons que utilitzen Android que té l'avantatge, entre altres, de ser un sistema operatiu de codi obert.

La majoria de telèfons intel·ligents incorporen sensors de:

- Posició (a través del GPS)
- Acceleració (tres, un per cada direcció de l'espai)
- Camp magnètic (tres, un per cada direcció de l'espai)
- Orientació (no és un sensor real sinó una combinació de les dades dels acceleròmetres i dels sensors de camp magnètic)
- Llum
- Proximitat
- So

Per obtenir els valors dels diferents sensors disposem de diferents aplicacions (*apps*) que són gratuïtes i que podem descarregar i instal·lar directament des del propi smartphone. Algunes de les aplicacions tenen una versió pro de pagament que disposa de més opcions. Generalment l'opció base de cada *apps* dóna suficient funcionalitat pel que ens interessa.

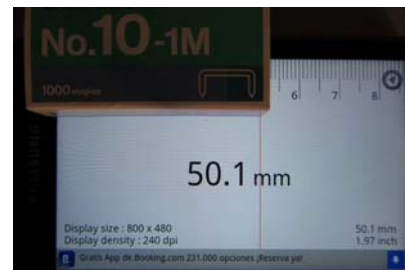
### Androsensor (v1.9.4.4a)

Aquesta aplicació mostra totes les dades dels sensors en una única pantalla (que podem fins i tot ampliar per visualitzar gràficament) i dóna molta informació sobre el dispositiu i els seus registres.



### Smart Ruler (ver 1.3.1)

Aplicació que ens permet mesurar (en mm) la llargada un petit objecte. El situem sobre la pantalla ajustat a l'esquerra i fem córrer el cursor fins el seu límit dret. Llegim directament el valor a la pantalla.



### Mediciones (v.1.1.0)

Aquesta aplicació permet mesurar (aproximadament) alçades, amplades, llargades i també volums i superfícies. El seu funcionament no és immediat i cal llegir les instruccions amb atenció perquè, abans d'utilitzar la *apps*, cal calibrar per obtenir resultats més o menys fiables.

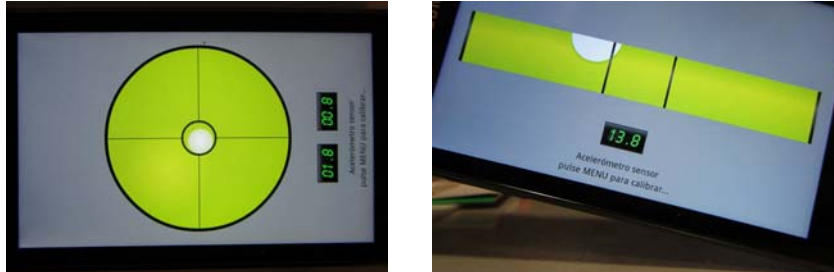
### Velocímetro FREE (3.3.0)

En aquest cas cal activar el sensor GPS i la precisió (normalment baixa) del valor de la velocitat obtinguda dependrà òbviament de la sensibilitat que ofereixin els satèl·lits.

No el podem utilitzar en el laboratori perquè en els interior dels edificis no arriba el senyal de GPS. Haurem de limitar la seva utilització en l'exterior i amb velocitats bastant elevades, no ens servirà doncs per l'anàlisi de la velocitat en un pla inclinat, per exemple.

## Nivel de burbuja

Simula a la perfecció un nivell de bombolla dels que s'utilitzen en la construcció amb l'avantatge que també ens mesura l'angle d'inclinació. Funciona recolzant el telèfon per la seva cara posterior però també pel seu lateral.



La primera aplicació que se'ns acudeix és la mesura de la inclinació d'un pla. Podem utilitzar la trigonometria per comprovar efectivament la mesura.

## Accelerómetro monitor

Aquesta apps ens dona els valors instantanis de l'acceleració en els tres eixos i també el mòdul de l'acceleració global de l'smartphone. També ens facilita les gràfiques de les variacions d'aquests valors respecte el temps.

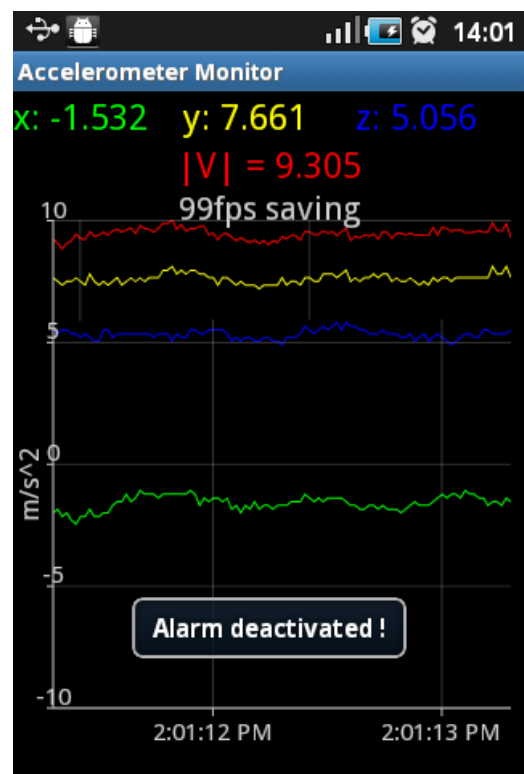
Per defecte el valor de l'acceleració en direcció z correspon a la gravetat (aproximadament 9,8 m/s<sup>2</sup>) però a través del menú de configuració és pot posar aquest valor a zero, aquesta opció ens serà de molta utilitat si volem mesurar l'acceleració d'algun objecte al laboratori.

Una altra opció molt interessant és que l'aplicació pot gravar en un fitxer de text els valors obtinguts per després exportar-los i poder-los processar i/o representar externament (amb un full de càlcul per exemple).

De ben segur que ara mateix ja se'ns han acudit algunes experiències interessants que ens permetrà realitzar aquest sensor:

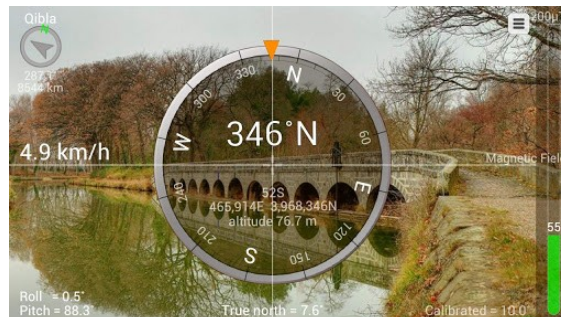
- Obtenció de les gràfiques acceleració - temps del moviment d'un ascensor.
- Comprovació de l'acceleració centrípeta d'un moviment circular.
- Caiguda lliure amb frenada final: valors de l'acceleració.
- L'acceleració en un moviment vibratori harmònic.
- ...

En la realització d'algunes d'aquestes experiències cal tenir molt present la fragilitat del telèfon i, per tant, cal o bé protegir-lo adequadament dels possibles cops (caiguda lliure...) o bé dissenyar l'experiment de forma adequada (alerta, per exemple, amb el moviment circular i la força centrífuga... encara que sabem no existeix!).



### Smart Compass (ver 1.4.8)

Una brúixola que funciona gràcies als sensors magnètics. Funciona horitzontalment com una brúixola clàssica i també verticalment amb combinació amb la càmera. Així doncs podem trobar l'orientació d'un punt llunyà (muntanya, edifici, monument...) situant-lo al centre de la pantalla.



Podem fer exercicis d'orientació sobre plànols i també d'aplicació de trigonometria plana (triangulacions).

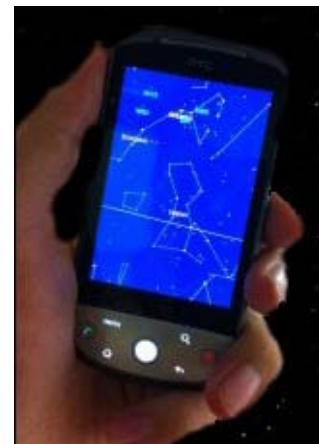
### Light Meter (V1.7)

Fotòmetre per mesurar la intensitat de la llum (en lux) tot i que la seva precisió no sembla molt gran.

### Google Sky Map (1.6.4)

Una apps espectacular que ens permet preparar una sessió d'observació astronòmica nocturna substituint els planistels clàssics (encara que pedagògicament sigui recomanable, almenys parcialment, la seva utilització).

Una vegada ubicat l'smartphone, bé per GPS o bé a través de la xarxa, observem el cel (amb els noms i dibuixos de les estrelles, constel·lacions, planetes...) en la pantalla com si fos una finestra. Així doncs per saber si un punt lluminós és un planeta o una estrella i descobrir-ne el seu nom, únicament hem d'encarar l'smartphone en aquesta orientació per llegir a la pantalla el nom corresponent.



També hi ha la possibilitat de buscar un astre concret, en aquest cas l'apps ens dóna un ajut visual en forma de fletxes que ens condueixen fins que tenim l'objecte cercat en el centre de la pantalla.

Aquesta aplicació és un bon element motivador per treballar l'astronomia amb l'alumnat: els permet observar i distingir objectes astronòmics sense dependre d'un expert. A més, com a professors ens facilita preparació prèvia a l'aula d'una observació nocturna amb l'alumnat.

### Sound Meter (ver 1.4.9)

Sonòmetre que ens marca la intensitat sonora en decibels. Pot visualitzar o bé la gràfica en funció del temps o bé una taula de valors estàndards (amb increments de 10 dB) on queda marcat, en vermell, el valor actual de referència.



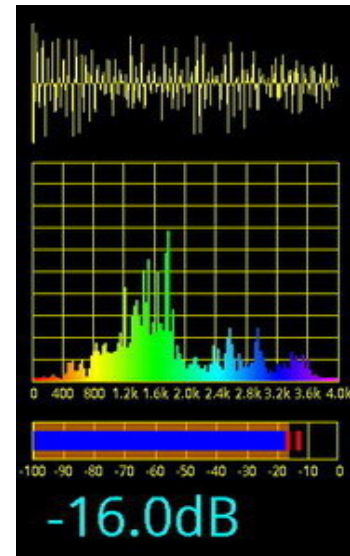
Amb una experimentació molt senzilla pot ser útil per tal que l'alumnat compregui que el decibel no és una mesura lineal de la intensitat sonora: un augment de 10 dB correspon a doblar la intensitat sonora.

### Audalyzer 1.15

Gràficament ens mostra l'ona sonora i l'anàlisi de fourier del so que capta; a més ens assenyala els decibels de la intensitat sonora del so o del soroll.

Podem de forma qualitativa observar diferents tipus de sons: sons bastant purs amb una freqüència fonamental amb els seus harmònics i sons (o sorolls) compostos com a superposició de moltes freqüències diferents.

Permet també observar les diferents formes d'ona d'una mateixa nota produïda amb diferents instruments o veus humanes.



### Spectrum Analyzer

Semblant a l'anterior però en aquest cas ens dóna directament el valor de la freqüència de l'harmònic fonamental d'un so. Podem comprovar que efectivament els valors de l'escala musical amb diferents instruments observant també les diferents formes d'ona associades a cada instrument.

### True Tone

Permet reproduir un so d'una freqüència (des de 0 Hz fins a 21.000 Hz) de forma sinusoidal (però també quadrada, dent de serra i triangular).

Com a experiència més senzilla i espectacular: comprovar el límit de freqüències audibles per l'alumnat (i el professorat) i comprovar que aquest disminueix amb l'edat. Només cal generar inicialment un to greu i anar progressivament augmentant-ne la freqüència tot preguntant cada vegada quines persones que no senten el so. Sempre detectarem algun alumne amb problemes auditius.

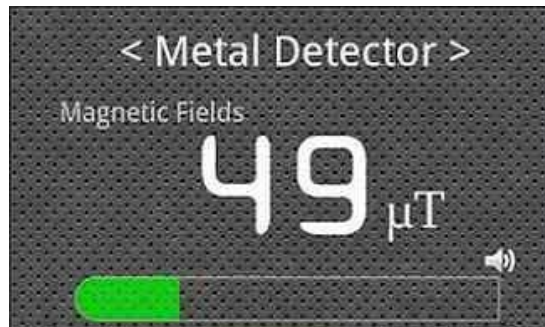


Cal tenir present que el so es pot amplificar a partir de la sortida dels auricular amb uns senzills altaveus per a ordinadors o connectant-lo al sistema d'altaveus que normalment disposem a les aules.

Podem també utilitzar aquest aplicació (substituint a l'Audacity i a l'ordinador portàtil) per a la realització de l'experiència d'interferències sonores proposada en l'article Interferències sonores (Número 7 - Primavera del 2011 de la revista Recursos de Física).

### Metal Detector (ver 1.2.7)

Utilitza els sensors de camp magnètic per detectar la proximitat de metalls: ens proporciona el valor del camp magnètic (juntament amb les tres components) i ens indica quan el telèfon està prop d'un material ferromagnètic de manera gràfica i sonora, amb la utilització de colors i d'una alarma.



### Mostrador de radiactividad

En aquesta cas és una aplicació de pagament (3,49 €) de la qual també s'ofereix la versió Lite (1,99 €). Utilitza el sensor de la càmera de fotografiar del telèfon (cal tancar l'objectiu amb 3 o 4 capes de cinta aïllant negra) per poder detectar la radiació gamma. Per efectuar mesures correctament cal calibrar-lo, el programari disposa de calibracions pels models de mòbils més usats.

La precisió, com és d'esperar, no és molt alta però si que podem detectar les variacions de la radioactivitat i mesurar-la només atenent als ordres de magnitud.

De ben segur que trobareu moltes més aplicacions interessants per poder experimentar, calcular, observar, analitzar...

A continuació trobareu alguns exemples d'experiències realitzades amb sensors i els seus resultats.

# Exemples

## Gravetat

### Aplicació

Accelerómetro monitor

### Realització

Es tracta de deixar caure lliurement el telèfon (sobre una superfície prou tova per no malmetre l'aparell) mentre tenim activada la captura de dades.

En una segona fase el podem llençar verticalment i cap amunt de manera que pugi i baixi tota la estona en caiguda lliure.

### Observacions

Per facilitar-ne l'anàlisi cal activar l'opció *Remove Earth Gravity*, d'aquesta forma amb el telèfon immòbil les tres components de l'acceleració han de ser zero i mentre el deixem caure -en posició horitzontal- la component z de l'acceleració haurà de marcar  $-9,81 \text{ m/s}^2$ .

Les dades s'exporten a un fitxer de text anomenat *default.txt* ubicat a la carpeta *accData* i que posteriorment es pot importar molt fàcilment des d'un full de càlcul (Excel, Calc...).

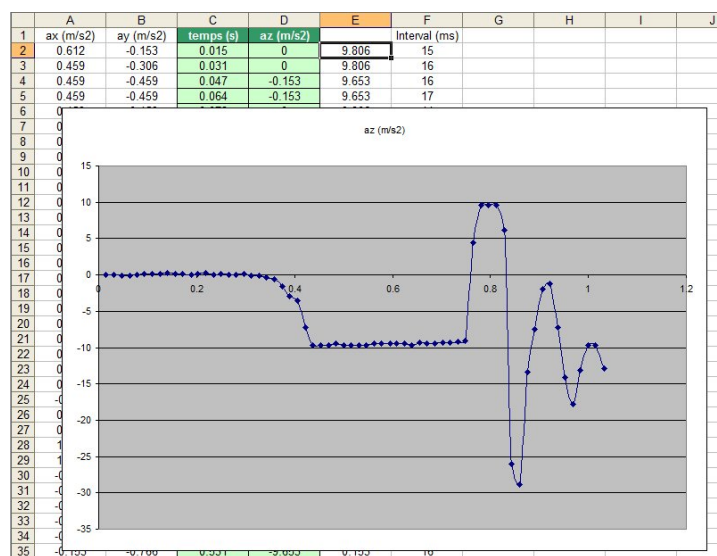
Les dades que obtenim són les tres components de l'acceleració (en  $\text{m/s}^2$ ) i l'interval de temps entre cada mesura (en milisegons).

En les opcions podem configurar la velocitat de captura de les dades: Fastest, Game, Slow i Slowest. Si utilitzem la primera opció l'interval de mesura és d'uns 16 ms.

En el full de càlcul caldrà generar una columna nova Temps (s) a partir de les dades dels intervals entre mesures (recordant que són milisegons).

### Resultat

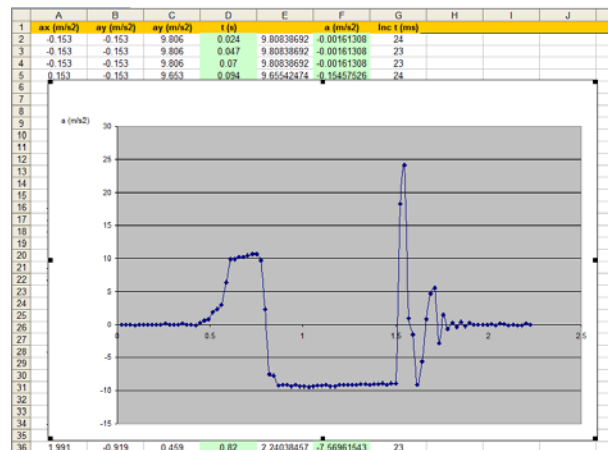
Podem observar les dues columnes representades en color verd. En la gràfica s'observa perfectament els instants abans de la caiguda lliure (fins a 0,4 segons) on l'acceleració és nul·la, la caiguda lliure d'una durada aproximada de 0,3 segons i amb un valor constant aproximat de  $-10 \text{ m/s}^2$  i finalment les acceleracions dels rebots del mòbil



en xocar amb el terra (encoixinat!).

En el segon cas observem més intervals interessants:

- ✓ Abans d'iniciar el llançament (fins a 0,5 segons).
- ✓ El llançament amb una acceleració positiva i aproximada de  $10 \text{ m/s}^2$ , coincidència casual amb el valor de la gravetat (durada 0,3 segons).
- ✓ Caiguda lliure de  $-9,8 \text{ m/s}^2$  (fins a 1,5 segons). És molt interessant observar i comentar que no es diferencia per res l'interval de pujada del de baixada, fins i tot en el moment de màxima alçada l'acceleració continua essent la mateixa. Aquest és un aspecte que comentem sovint de manera teòrica a l'aula però que en aquest cas ho hem comprovat explícitament!
- ✓ Xoc i rebots amb el terra (encoixinat) amb acceleracions variables (aproximadament entre 1,5 i 1,8 segons).
- ✓ Finalment el mòbil queda quiet al terra (a partir d'1,8 segons).



Tant el primer experiment com el segon són interessants no solament perquè els realitzi l'alumnat sinó també per poder analitzar amb detall les gràfiques obtingudes (de les quals aniria bé que l'alumnat prèviament en fes una predicció).

## Moviment vibratori vertical

### Aplicació

Accelerómetro monitor

### Realització

Es tracta de fer oscil·lar verticalment el telèfon lligat a una goma elàstica (o molla) mentre tenim activada la captura de dades.

### Observacions

Hem d'estar molt segurs de la solidesa del lligam del mòbil amb la goma elàstica per no experimentar un desgraciat accident experimental. Com a suggeriment: pot ser una bona idea construir-nos una bossa que s'adapti perfectament a les mides del telèfon i amb un cordó que permeti tancar-la i lligar-la amb fermesa a la goma per fer oscil·lar el conjunt.

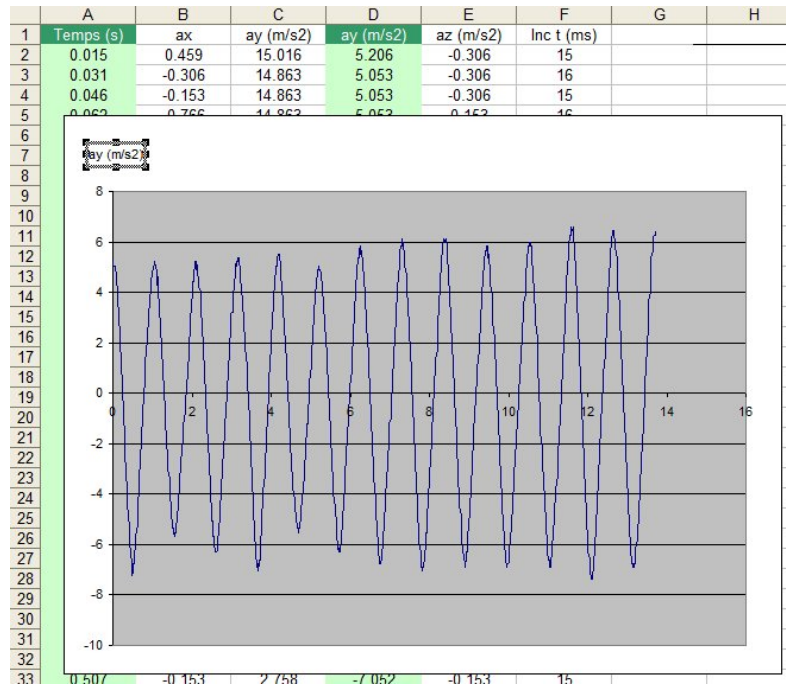


Cal procurar, per facilitar l'anàlisi posterior, que el moviment coincideixi amb l'eix y del mòbil.

En aquest cas és millor tenir desactivada l'opció *Remove Earth Gravity*. El valor de la component y de l'acceleració es veurà incrementat en el valor  $9,81 \text{ m/s}^2$  de la gravetat. Això ho corregirem posteriorment generant una nova columna en el full de càlcul.

### Resultat

La primera columna  $a_y$  correspon als valors capturats pel sensor acceleració en direcció y i la segona columna  $a_y$  (color verd) és la que representem i l'obtenim de restar-li el valor 9,81 a la primera.



S'observa perfectament bé l'oscil·lació dels valors de l'acceleració i que la mitjana del valor correspon aproximadament a zero.

Hauríem de comentar amb l'alumnat la correspondència dels valors màxims, mínims i nuls de l'acceleració amb la situació del mòbil en l'oscil·lació (alçada màxima i mínima i posició d'equilibri).

Caldria comparar els valors màxims i mínims de la gràfica amb els càlculs teòrics realitzats a partir del període i amplitud de l'oscil·lació (que per exemple podem obtenir d'una captura en vídeo de l'experiment) suposant que correspon a un moviment vibratori harmònic.

## Música amb copes

### Aplicació

Spectrum Analyzer

### Realització

Es tracta de construir un instrument musical a partir de copes de cristall omplertes de diferents quantitats d'aigua.

### Observacions

Cal agafar copes de vi o d'aigua (de qualitat, és a dir de vidre molt fi) i fer-les ressonar movent el dit per la circumferència superior. Perquè ressonin amb facilitat el millor és netejar molt bé les copes i les mans (per eliminar qualsevol rastre de greix) i anar mullant el dit amb aigua.

Primerament podem buscar una música senzilla que necessiti poques notes per intentar tocar-la amb el nostre instrument

Amb l'aplicació obtenim la freqüència del so fonamental. Afegint aigua a la copa hem d'aconseguir la freqüència desitjada per construir l'escala de notes que necessitem. Repetim aquest procés per cadascuna de les copes.

En el vídeo següent podem escoltar com ressonen les copes i, a més, veure com l'aplicació del telèfon intel·ligent detecta la freqüència fonamental. En la segona part del vídeo variem el so de cada copa incorporant-hi una quantitat diferent d'aigua.



Amb l'Spectrum Analyzer també observem que el so emès pràcticament és pur, és a dir, té una forma sinusoidal quasi perfecte de manera que no té harmònics tret del fonamental. Només en la tercera copa, i una vegada omplerta d'aigua, observem una forma d'ona composta i podem veure perfectament el diferents pics dels harmònics que es generen.