

# Full de l'alumnat

## Objectiu

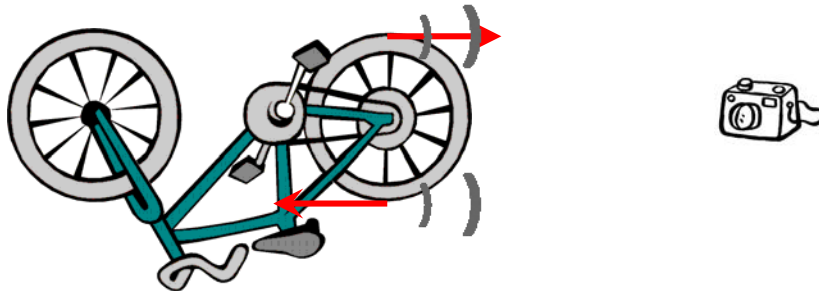
Comprovar, quantitativament, l'efecte Doppler.

## Introducció

L'efecte Doppler consisteix en la variació de la freqüència de qualsevol ona emesa per un objecte en moviment.

En aquesta experiència emetrem un so audible des d'un bronzidor (o un mòbil) situat en la perifèria d'una roda de bicicleta (col·locada cap per avall).

Situats darrere la bicicleta, en girar la roda el so ens arribarà provinent del bronzidor (mòbil) primer movent-se cap a nosaltres i, després de mitja volta, allunyant-se de nosaltres. Aquests moviments s'aniran repetint de forma periòdica.



Gravarem un vídeo per poder analitzar-ne el so després (amb l'Audacity) i molt especialment la variació de la seva freqüència de forma periòdica a causa de l'efecte Doppler.

## Material

- Bicicleta
- Bronzidor o mòbil (on es pugui introduir un so generat per l'ordinador)
- Càmera fotogràfica o de vídeo
- Cinta mètrica
- Ordinador amb l'Audacity instal·lat

## Realització

- ✓ Si utilitzeu un mòbil:
  - Amb l'Audacity, genereu un so d'una freqüència determinada (us proposem 1.000 Hz) i exporteu-lo a format mp3.
  - Introduïu al mòbil el so generat.
- ✓ Situeu la bicicleta cap per avall i enganxeu el bronzidor o el mòbil a la perifèria de la roda del darrere. Vigileu que en donar voltes l'aparell no toqui el quadre de la

bicicleta i que estigui fixat convenientment per evitar que surti disparat tangencialment a causa de la velocitat de rotació.

- ✓ Disposeu un petit tros de plàstic o cartró en algun punt de la roda que toqui l'estructura de la bicicleta en passar-hi. D'aquesta manera tindrem un senyal sonor cada vegada que la roda faci una volta.
- ✓ Mesureu la distància entre l'eix de la roda i l'altaveu del brunzidor o del mòbil.
- ✓ Engegueu el so i comenceu a pedalar amb la màxima velocitat possible (plat gran i pinyó petit).
- ✓ Enregistreu un vídeo durant uns quants segons des del darrere de la bicicleta, en una posició perpendicular a l'eix de la roda.
- ✓ Enregistreu també un vídeo del brunzidor o del mòbil quan està quiet.
- ✓ Necessiteu mesurar el radi de rotació, la distància des de l'eix de la bicicleta fins a l'altaveu del brunzidor o del mòbil.

## Anàlisi i tractament de les dades

Amb el programari Audacity captureu el so del vídeo: comenceu la gravació del so intern de l'ordinador i posteriorment engegueu la reproducció del vídeo.

Elimineu els intervals sonors que no us interessin: inici i final de la gravació.

Observeu el so amb detall, augmentant l'eix temporal amb la lupa +, per observar les repeticions causades per la rotació.

- Mesureu aleshores el període de rotació.

Retalleu el so corresponent a quatre o cinc períodes de rotació.

Dividiu els períodes de rotació en una dotzena o quinzena d'intervals cadascun, aneu-los seleccionant consecutivament i obteniu per a cadascun la freqüència fonamental del so (Analitza // Traça l'espectre).

Podeu emplenar una taula d'un full de càlcul amb els valors obtinguts com ara:

I tot seguit representeu gràficament els valors amb un full de càlcul.

- Quin tipus de gràfica s'intueix?
- Expliqueu el perquè de la forma gràfica que observeu i la seva relació amb l'efecte Doppler.
- Obtingueu, de forma aproximada, els valors màxims i mínims de la gràfica així com el seu valor mitjà.

Interval (ms)	Freqüència fonamental (Hz)

Captureu ara el so del vídeo que heu gravat amb el brunzidor o mòbil quiet. Analitzeu-lo amb l'Audacity per obtenir la freqüència fonamental d'aquest so.

- La freqüència fonamental obtinguda és:
- Sabent el període de rotació i el radi podeu calcular la velocitat del brunzidor.

Podeu fer una cerca a Internet per contestar la pregunta següent.

- La fórmula que permet calcular les variacions de freqüències per l'efecte Doppler és:

Calculeu ara les freqüències teòriques esperades en el punt de màxima velocitat d'apropament i d'allunyament del brunzidor o del mòbil.

- Freqüència quan s'acosta:
- Freqüència quan s'allunya:
- Feu un comentari global sobre els valors obtinguts i els valors esperats.

### Ampliació: anàlisi gràfica

Podeu fer un pas més en l'experiència: buscar la funció matemàtica que més s'ajusti als valors experimentals per comprovar-ne la validesa.

Per fer-ho podeu utilitzar el programari CurveExpert Basic 1.4 (versió d'avaluació) que permet obtenir una regressió sinusoidal d'un conjunt de valors (com és el nostre cas). Podeu obtenir-lo a:

- <http://www.curveexpert.net/products/curveexpert-basic/>

Abans de fer-ho cal que, amb el full de càlcul, calculeu la mitjana de les freqüències obtingudes i obtingueu una nova columna amb la desviació de les freqüències respecte d'aquesta mitjana.

En el programa CurveExpert Basic introduïu els valors del temps i les desviacions.

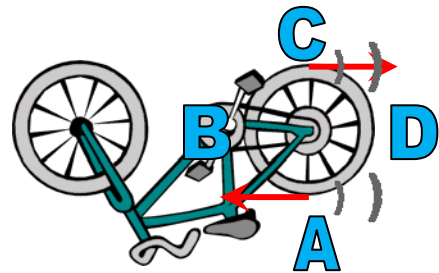
Realitzeu seguidament l'anàlisi Apply Fit / Miscellaneous / Sinusoidal...

- Comenteu la funció obtinguda a partir de les dades experimentals i la seva relació amb les dades teòriques.
- Calculeu l'error absolut i relatiu de les freqüències obtingudes.

### Qüestionari

- Podeu explicar la variació de l'amplitud de l'ona sonora al llarg d'un període?
- Relacioneu el moviment del brunzidor amb les dades experimentals.

Trieu un període del gràfic experimental i situeu les lletres A, B, C i D en el lloc més probable.



- Què passaria amb la freqüència si en comptes d'enregistrar el so alineats amb la bicicleta ho féssim alineats amb l'eix de gir de la roda?
- Podeu proposar altres experiments per comprovar l'efecte Doppler?
- Esmenteu algunes aplicacions que té l'efecte Doppler en la vida quotidiana.