



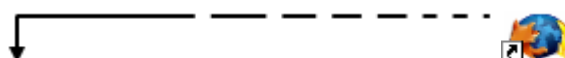
Recursos per a l'aula (batx.)

## CONSERVACIÓ DE LA QUANTITAT DE MOVIMENT

Anton Cortada

*Es tracta d'una pràctica que es realitza en tres etapes: en la primera es fa una filmació d'un xoc entre dos carrets de masses diferents que circulen en un carril; en la segona es retalla el vídeo obtingut fins a limitar-lo a pocs fotogrames -abans i després del xoc- i, finalment, aquest vídeo en format AVI és tractat numèricament amb el MultiLab i es fa la comprovació de la conservació del moment lineal en el xoc entre els dos objectes.*

## Guia del professorat



### Temporització

- 30 minuts per a l'experimentació
- 30 minuts per retallar el vídeo
- 1 hora per a l'anàlisi de dades

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

- Alumnes de primer de batxillerat

### Metodologia

- Aquest experiment presenta algunes complicacions, com ara la realització de la filmació, que ha de ser acurada, el retall de la cinta de vídeo, la conversió a arxiu AVI i la posterior transformació en un gràfic i en dades numèriques a mitjançant el MultiLab. L'alumnat, en tot aquest procés, necessitarà suport del professorat.



Fig. 1: Clicant a la figura podreu veure el vídeo. Si voleu, podeu descarregar el fragment útil en format AVI fent clic [aquí](#) amb el botó dret del ratolí.

- L'alumnat ha de saber identificar clarament en els gràfics l'instant en què té lloc el xoc i quins són els intervals que s'han de fer servir per obtenir les velocitats dels carrets.
- Cal que l'alumnat s'adoni que la velocitat és constant en els intervals abans i després del xoc. També, en acabar, han d'avaluar que els valors obtinguts estan subjectes a errors, per a la qual cosa els pot servir de referència el moviment en l'eix  $y$  del carret que està inicialment en repòs: hauria de donar un valor sempre igual i, en canvi, observaran que en marcar els punts en el MultiLab la posició  $y$  va canviant lleugerament.

En la dotació de les aules de noves tecnologies per a les ciències realitzada als IES de Catalunya els darrers cursos pel Departament d'Educació es va incloure una llicència per al MultiLab, de manera que el professorat pot tenir-lo disponible per al treball educatiu amb l'alumnat en qualsevol dels ordinadors del centre.

### Orientacions tècniques

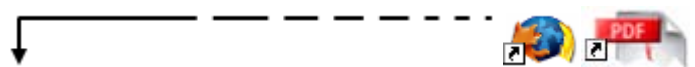
- Hem de tenir present que l'experiència està sotmesa a error i que, bàsicament, el que volem

comprovar és que el moment lineal es conserva en un xoc entre dos carrets. Si els dos mòbils es mouen en sentit contrari, l'error serà molt gran (l'error depèn de la suma dels valors absoluts, el valor total és la resta dels valors absoluts i, llavors, la diferència entre els valors inicial i final és molt gran). Així doncs, per minimitzar l'error, el xoc s'ha de produir entre dos carrets que es moguin en el mateix sentit o bé, millor encara, el de massa més gran ha de xocar amb el de massa més petita (inicialment aturat).

- Cal filmar amb cura el xoc dels dos carrets i retallar la filmació des de poc abans del xoc fins a poc després (el video-clip no ha de durar més de 2 segons). Aquest procés, els alumnes el poden realitzar amb una càmera de vídeo, una càmera fotogràfica amb captura de vídeo..., etc. El que finalment s'ha d'obtenir és un vídeo en format AVI, per poder-lo analitzar amb el MultiLab.
- Quan es faci l'anàlisi de dades amb el MultiLab, cal retallar el gràfic i limitar-nos a les zones rectilínies.



## Guia de l'alumnat



### Objectiu

Posar de manifest la conservació del moment lineal o quantitat de moviment  $p$  en el xoc entre dos carrets.

### Introducció

Quan dos carrets xoquen, com que les forces entre ambdós són iguals i de sentit contrari (tercera llei de Newton), el moment lineal total dels dos carrets no canvia. Per tant, si prenem el moment lineal dels dos carrets abans del xoc i després del xoc, tots dos valors han de coincidir.

En aquest experiment podrem comprovar la conservació del moment lineal  $p$  en el xoc entre dos carrets.

Si el xoc és elàstic (és a dir, si les forces entre els carrets són conservatives), també es conservarà l'energia cinètica total; si no ho és, aleshores es perdrà energia.

En el cas de xocs en una mateixa direcció, com és el cas de l'experiment que fareu, podem calcular el coeficient de percussió  $e$  com el quocient canviat de signe entre les velocitats relatives dels dos carrets després i abans del xoc :

$$e = - \frac{v_{2\text{ final}} - v_{1\text{ final}}}{v_{2\text{ inicial}} - v_{1\text{ inicial}}}$$

Aquest coeficient  $e$  està sempre comprès entre els valors 0 i 1 (0 correspon a un xoc inelàstic i 1 a un xoc perfectament elàstic).

### Material

- Dos carrets.
- Dos carrils.
- Barres, nous, suports i serjant.

- Càmera de vídeo digital i trípode.
- Ordinador amb el MultiLab.

## Realització

Amb dos carrils heu de fer el muntatge esquematitzat a la figura 2; observeu que un dels carrils té una petita inclinació i l'altre està situat a continuació del primer i és totalment horitzontal.

Per aconseguir estabilitat en la instal·lació, feu servir els suports, les barres i les nous (amb el serjant, subjecteu els dos carrils entre si).

A la part superior del carril inclinat situeu-hi un carret de massa  $m_1$ , i col·loqueu l'altre, de massa  $m_2$  (inferior a  $m_1$ ) gairebé a la meitat del carril horitzontal.

Prepareu la càmera de vídeo (és millor que estigui subjectada sobre el trípode, per evitar moviments de la càmera) i poseu en el carril horitzontal alguna referència per prendre la longitud quan feu l'anàlisi de les dades amb el MultiLab.

Poseu en marxa la càmera i deixeu caure el carret  $m_1$  per filmar el xoc dels dos carrets.

Recordeu que heu de posar algun topall al final del carril horitzontal perquè el segon carret no caigui.

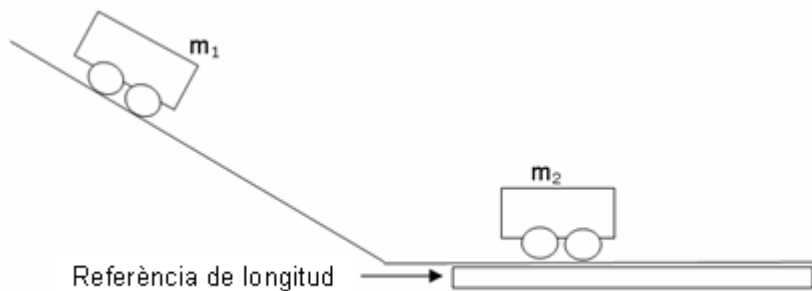


Fig. 2:

Una vegada realitzada la filmació, n'heu de fer el tractament: retalleu la seqüència amb els fotogrames que us interessin i transformeu-la a format AVI. Avui dia aquest procés es pot dur a terme amb un ampli ventall de programari. Si necessiteu ajuda, podeu consultar "Procés de creació d'un vídeo" en el web del CDEC, dins l'apartat de recursos i materials relacionats amb l'aula TIC de Ciències<sup>1</sup>. També podeu retallar la filmació seguint el protocol "Captura d'un vídeo digital amb el MovieMaker" ( programa que s'inclou en les distribucions de Windows XP).

Heu de tenir present que només us interessa l'interval que comença en l'instant just abans del xoc i que acaba després del xoc. La durada del vídeo ha de ser de només uns 2 segons.

## Anàlisi i tractament de les dades

Després d'haver convertit el vídeo a format AVI, utilitzeu el MultiLab seguint el protocol "Com és el moviment de dos cotxes"<sup>2</sup> per obtenir les dades. Cal que tingueu en compte que només us interessin les posicions horitzontals  $x$ .

Assenyalau les posicions, a cada fotograma, dels dos carrets des del moment en què el carret 1 inicia el tram horitzontal fins al final del vídeo.

Obtindreu els gràfics corresponents al moviment  $x(t)$  i  $y(t)$ , dels quals (sempre que haguem posat l'eix  $x$  paral·lel al carril horitzontal) només us interessin els gràfics  $x(t)$ ; per tant, elimineu les components verticals  $y(t)$  que només us dificulten la visualització.

En els gràfics  $x(t)$  heu d'identificar clarament l'instant del xoc i els intervals d'abans i de després dels xocs que us interessin per als càlculs de les velocitats.

Retalleu la part interessant de les gràfiques i, amb l'ajuda del càlcul dels pendents de les gràfiques que

incorpora el MultiLab, calculeu les velocitats inicial i final de cada carret.

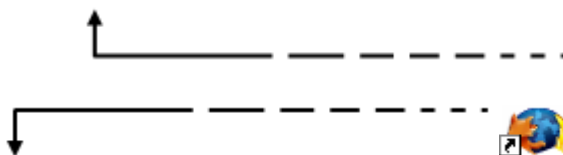
## Qüestionari

- En els gràfics obtinguts identifiqueu clarament el moment del xoc.
- Són constants les velocitats dels carrets abans i després del xoc?
- Quina és la velocitat de cada carret abans i després de la interacció?
- Calculeu el moment lineal de cada carret abans i després del xoc.
- Calculeu el moment lineal total abans i després del xoc i compareu-los.
- Avalueu la diferència entre aquests dos valors i expliqueu-ne les causes.
- Calculeu l'energia cinètica de cada carret abans i després del xoc.
- Calculeu l'energia cinètica total abans i després del xoc. Es conserva?
- Calculeu el coeficient de percussió  $e$ .
- Elaboreu un informe de la pràctica realitzada en el qual figuri una descripció de la pràctica, els càlculs efectuats, els resultats obtinguts i una explicació de la diferència entre els valors obtinguts i els que esperàveu obtenir.

## Notes

<sup>1</sup>Podeu descarregar-vos el document en format PDF del web del CDEC:  
[http://www.xtec.cat/cdec/recursos/pdf/nntt\\_fiq/pdf\\_multilog/proces.pdf](http://www.xtec.cat/cdec/recursos/pdf/nntt_fiq/pdf_multilog/proces.pdf)

<sup>2</sup>Podeu obtenir aquest protocol al web del CDEC:  
[http://www.xtec.cat/cdec/recursos/pdf/nntt\\_fiq/pdf\\_multilog/cotxes.pdf](http://www.xtec.cat/cdec/recursos/pdf/nntt_fiq/pdf_multilog/cotxes.pdf)



## Solucions

El gràfic de la figura 3 ha estat obtingut amb el MultiLab a partir de les dades captades a través de l'anàlisi del vídeo.

En el gràfic de color blau, que correspon al carret 1 (0,38 kg), s'hi veu clarament l'instant del xoc: observem un canvi en el pendent que correspon al moment del xoc (aproximadament als 6 s del gràfic).

Ajustant una recta al tram just abans del xoc i una altra al de després del xoc, es poden obtenir les velocitats del primer carret (els pendents d'aquestes rectes).

En el gràfic de color rosa, corresponent al segon carret (0,18 kg), observem que inicialment està aturat. Si s'ajusta una recta al tram de després del xoc (entre les fletxes, en el gràfic) en podem obtenir la velocitat.

Els valors obtinguts en aquest cas van ser els següents:



Fig. 3:

|          | $m(\text{kg})$ | $v_{abans}(\text{m/s})$ | $v_{despres}(\text{m/s})$ | $p_{abans}(\text{kg.m/s})$ | $p_{despres}(\text{kg.m/s})$ |
|----------|----------------|-------------------------|---------------------------|----------------------------|------------------------------|
| Carret 1 | 0,38           | 1,16                    | 0,52                      | 0,44                       | 0,20                         |
| Carret 2 | 0,18           | 0                       | 1,33                      | 0                          | 0,24                         |
|          |                |                         | $p_{total}$               | 0,44                       | 0,44                         |

## Suggeriment d'ampliació

Des del MultiLab, podeu exportar les dades a l'Excel i fer una columna nova determinant la posició del centre de masses del sistema (CM), i després representar-lo gràficament en funció del temps. Així es pot observar que el CM es mou amb velocitat constant, com si no hi hagués xoc, tal com indica el gràfic de la figura 4.

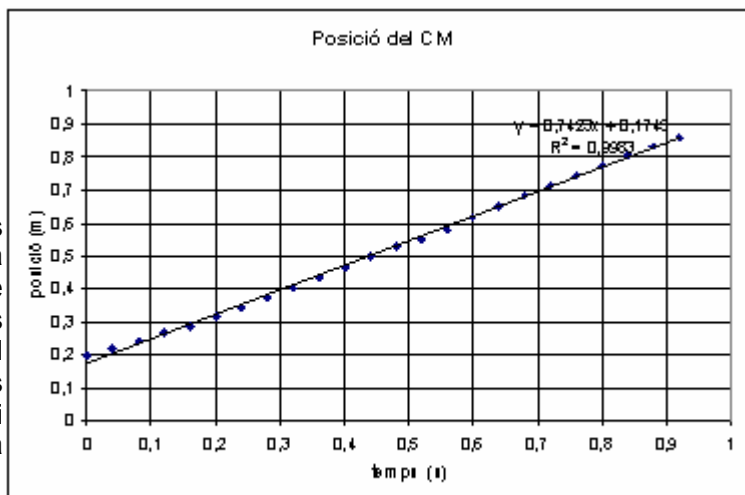


Fig. 4:

A partir del pendent d'aquest gràfic podeu determinar la velocitat del CM.

També podeu construir noves columnes amb les posicions de cada carret respecte al CM i representar aquestes posicions en funció del temps. Obtindreu un gràfic com el de la figura 5

També podeu repetir l'experiència diverses vegades, per la qual cosa us caldrà fixar el punt de partida del primer carret en el carril inclinat perquè la velocitat abans del xoc del primer carret sigui aproximadament la mateixa en cada experiència.

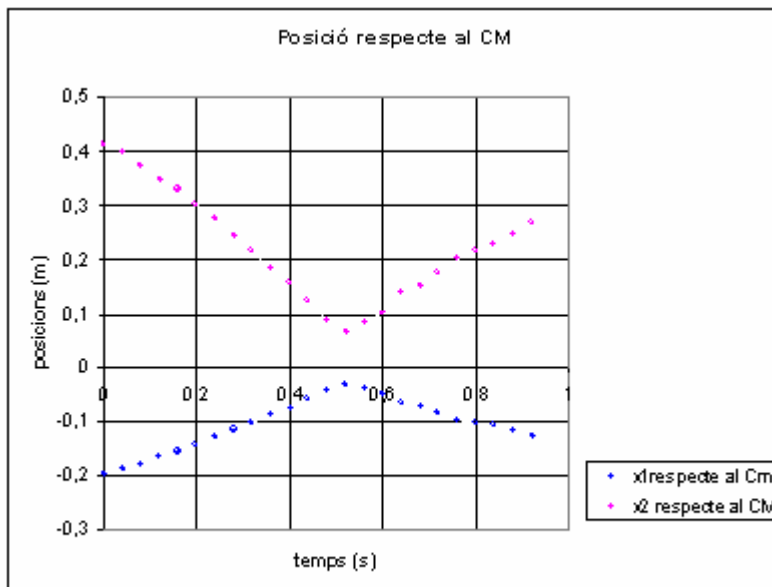


Fig. 5:

## Qüestionari

- En els gràfics obtinguts, identifiqueu clarament el moment del xoc.  
Aproximadament, als 6 s (just quan el carret 2 abandona la posició estàtica).
- Són constants les velocitats dels carrets abans i després del xoc?  
Sí, podem observar que els gràfics s'aproximen a rectes (el seu pendent és la velocitat).
- Quina és la velocitat de cada carret abans i després de la interacció?  
Els resultats de la taula.
- Calculeu el moment lineal de cada carret abans i després del xoc.  
Els resultats de la taula.
- Calculeu el moment lineal total abans i després del xoc i compareu-los.  
Utilitzant dues xifres significatives obtenim 0,44 kg m/s, exactament el mateix valor abans i després del xoc.
- Avalueu la diferència entre aquests dos valors i expliqueu-ne les causes.  
En cas que els valors fossin diferents, això es podria deure al fregament dels carrets amb el terra (impuls extern al sistema) i als errors en la mesura, perquè encara que el xoc no fos perfectament elàstic el moment lineal es conserva.
- Calculeu l'energia cinètica de cada carret abans i després del xoc.  
Carret 1: 0,26 J i 0,05 J; carret 2: 0 i 0,16 J.
- Calculeu l'energia cinètica total abans i després del xoc. Es conserva?  
0,26 J i 0,21 J. No es conserva l'energia. Per tant, el xoc no és perfectament elàstic. Hi ha una pèrdua de 0,05 J.
- Calculeu el coeficient de percussió  $e$ .  
 $e = -(1,33 - 0,52) / (0 - 1,16) = 0,70$
- Elaboreu un informe de la pràctica realitzada en el qual figuri una descripció de la pràctica, els càlculs efectuats, els resultats obtinguts i una explicació de la diferència entre els valors obtinguts i els que esperàveu obtenir.



---

**Anton Cortada**

Professor durant 29 anys de l'IES Jaume Vicens Vives de Girona, on hi ha exercit diferents càrrecs, com el de cap del departament de Ciències, i ha ajudat en la implantació del Batxillerat Internacional. Ha estat membre del Seminari Permanent de Física i Química i ha impartit diversos cursos de formació de professorat de ciències.