

Impuls i quantitat de moviment

Objectius

- Il·lustrar de manera qualitativa i quantitativa la relació entre l'impuls d'una força aplicada a un cos i la variació de la quantitat de moviment que experimenta.
- Constatar que la mateixa variació de quantitat de moviment es pot aconseguir tant mitjançant l'aplicació de una força gran durant un interval de temps petit, com mitjançant l'aplicació d'una força petita durant un interval de temps gran.
- Relacionar els resultats obtinguts amb algunes normes de seguretat viària com ara la limitació de velocitat i l'ús de cinturons de seguretat.

Introducció

La segona llei de Newton estableix que la força exercida sobre un cos és igual a l'increment per unitat de temps de la seva quantitat de moviment:

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}$$

D'aquesta expressió, que, per a massa constant, equival a la més coneguda $\vec{F} = m\vec{a}$, es dedueix la relació entre l'impuls aplicat a un cos, $\vec{F}_m \cdot \Delta t$, i la variació de la quantitat de moviment, $\Delta\vec{p}$, experimentada pel cos:

$$\vec{F}_m \Delta t = \Delta\vec{p} \quad \text{o bé} \quad \int_{t_1}^{t_2} \vec{F} dt = \Delta\vec{p}$$

D'acord amb aquesta relació el mateix canvi en la quantitat de moviment pot ser produït tant per una força mitjana gran actuant durant un temps petit com per una força mitjana petita actuant durant un temps gran. Aquest fet permet explicar el funcionament dels cinturons de seguretat i dels paraxocs dels automòbils així com els beneficis de la limitació de velocitat dels vehicles.

Equipament

<p>Material de laboratori</p> <ul style="list-style-type: none"> - 4 suports amb nou i barreta curta - Carril PHYWE o similar - Carretó amb vareta PHYWE o similar - Regle - Punter làser - Caixa pesada de material rígid (plàstic, metall, fusta, etc.) - Tros de cinta de goma - Materials diversos per enganxar a la superfície de xoc (escuma, porespan, metall) 	<ul style="list-style-type: none"> - Tisores - Cinta adhesiva - Paper mil·límetrat <p>Elements de l'equip Multilog</p> <ul style="list-style-type: none"> - Consola amb cable USB i Adaptador AC-DC (el sensor de força no funciona amb la pila de la interfície) - Sensor de força amb vareta i paraxocs (rang: ± 50 N; resolució 0,12 N) - Sensor de llum (rang: 0-6,6 lx; sensibilitat: 50 mV; precisió: 3 % del rang) <p>Ordinador</p>
--	---

Procediment

Muntatge de l'experiència

1. Comenceu per fixar amb cinta aïllant el sensor de força a un carretó i poseu aquest en un carril.
2. Col·loqueu com a topall una caixa rígida i pesada contra un extrem del carril, de manera que el carretó pugui xocar amb ella.
3. Podeu donar velocitat al carretó amb una simple empenta, però, per tal d'aconseguir sempre la mateixa velocitat, catapulteu el carretó mitjançant una cinta de goma tensada sempre de la mateixa manera i col·locada horitzontalment amb l'ajut de dues barretes verticals (figura 1). Una tira de paper mil·limetrat enganxada en el costat del carril pot servir d'ajut.

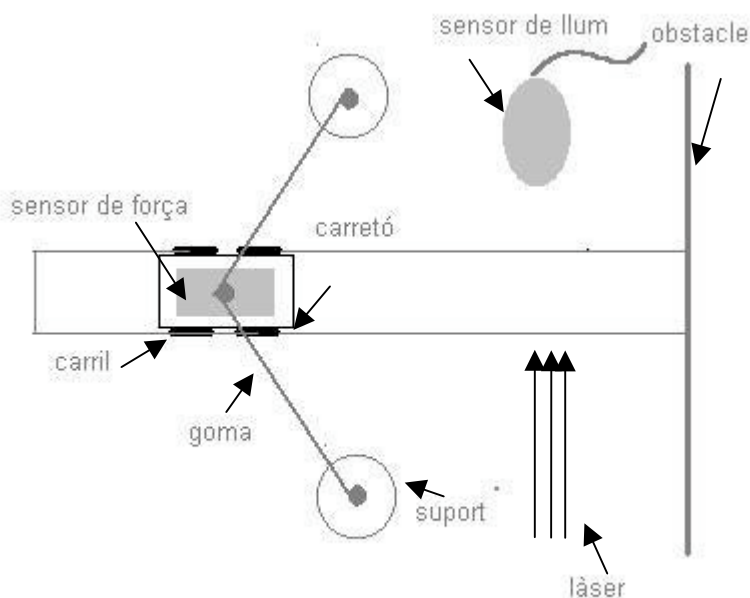



Figura 1

4. Situeu a ambdues bandes del carril, el sensor de llum i el punter làser, de manera que el raig d'aquest incideixi en el sensor i en la posició i en l'alçada adients perquè sigui interceptat pel carretó quan sigui llançat contra el topall. El sensor i el làser no han de quedar molt lluny del topall per tal que la petita fricció entre el carril i el carretó afecti el mínim els resultats.
5. Assageu diverses posicions de la cinta, el sensor i el làser fins a aconseguir una velocitat inicial del carretó adient perquè el carretó intercepti, com a mínim un cop, el raig del làser abans i després de xocar amb el topall.
6. Enganxant en el lloc de l'impacte mostres de diferents materials (escuma, metall, fusta), es poden variar les condicions del xoc (més o menys elàstic).
7. Connecteu els sensors de força (amb el topall i en l'escala de 50 N) i de llum (0-6,6 lx) a les entrades 1 i 2 del **Multilog**.
8. Engegueu el **Multilog**.

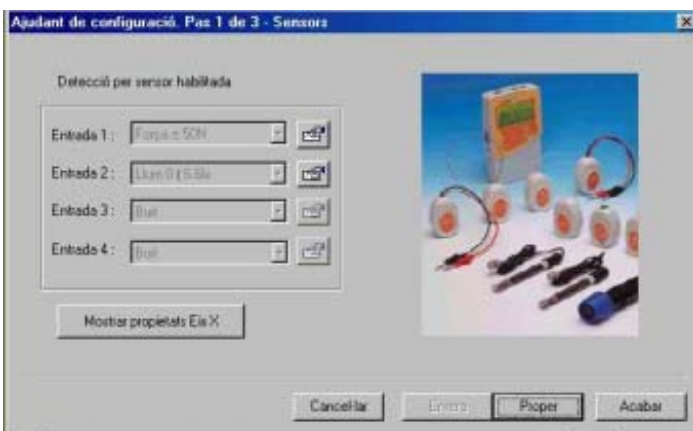
9. Enguegueu l'ordinador i cliqueu la icona  per obrir el programa **Multilab**.
10. Connecteu el **Multilog** a l'ordinador.

Predicció

En realitzar l'experiment, a la pantalla de l'ordinador apareixeran dos gràfics. D'una banda, el gràfic en funció del temps de la intensitat lluminosa que arriba al sensor de llum i, d'altra banda, el gràfic en funció del temps de la força que actua sobre el sensor que és la mateixa que actua sobre el carretó. Intenteu dibuixar, de manera aproximada, la forma que al vostre parer tindran ambdós gràfics. Tingueu en compte que quan passa el carretó carregat amb el sensor de força per davant del feix del làser, aquest deixa d'arribar al sensor.

Configuració del sistema

Ara configureu el programa seguint les instruccions següents:

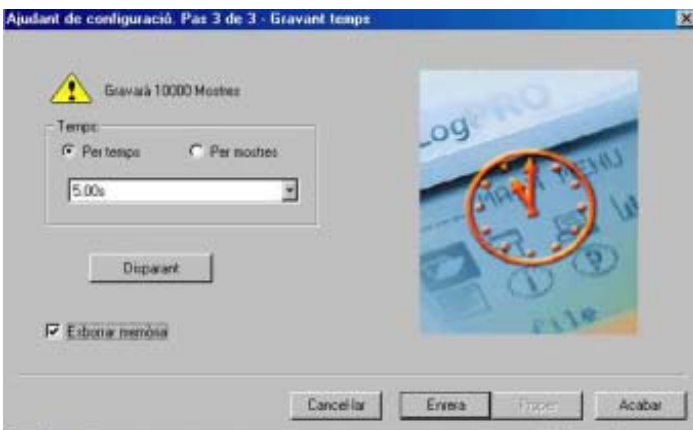


1. Cliqueu el botó **Ajudant de configuració** .

S'obrirà una finestra en la qual han de figurar els sensors connectats i l'escala corresponent:

Força ± 50 N
Llum 0-0.6 lx

2. Premeu **Proper** per obrir la finestra següent:



3. Seleccioneu:

Freqüència: **2000 mostres per segon**
Mode d'escalat: **Escala completa**
Mode de gravació: **Substituir**



4. Cliqueu **Proper** per passar a la finestra següent :






5. Seleccioneu:

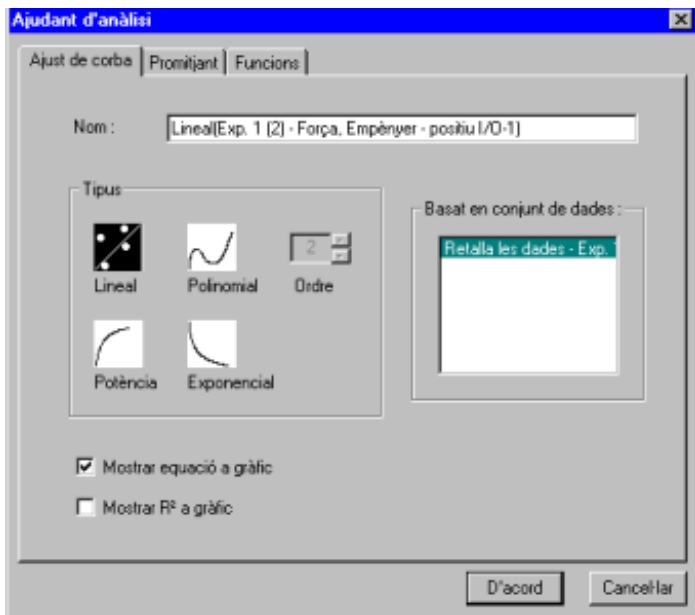
Per temps: **5 s (10.000 mostres)**
i cliqueu **Acabar**

Execució de l'experiència

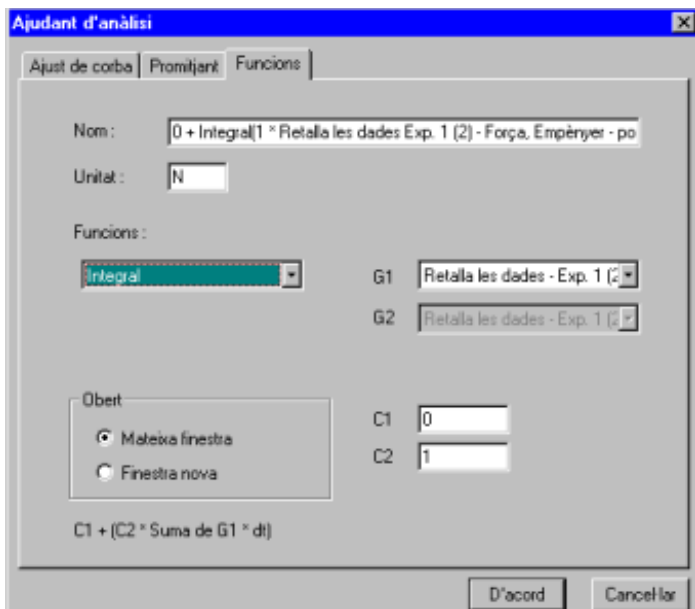
1. Per calibrar el sensor de força en la posició horitzontal feu una primera mesura situant-lo sobre el carril i clicant el botó **Executar** . La força enregistrada ha de ser zero o el valor de la resolució (0,12N).
2. A continuació, assenyalau en el paper mil·limetrat el lloc des d'on deixareu anar el carretó.
3. Obriu un nou projecte i cliqueu el botó **Executar** per iniciar la captació de dades i, uns dos segons després, catapulteu el carretó contra la caixa, procurant que aquesta no es mogui en rebre l'impacte.
4. Com que la freqüència de captació és superior a 100 mesures per segon, per veure els gràfics haureu d'esperar que es descarreguin les dades del **Multilog** a l'ordinador.
5. Cliqueu **Editar gràfic** , doneu nom a la finestra de captació i incorporeu-la al projecte amb l'opció **Afegir projecte** del menú **Gràfic**.
6. Amb la opció **Guardar com** del menú **Arxiu**, emmagatzemeu la finestra en un disquet.
7. Repetiu el procés col·locant en el lloc d'impacte diferents tipus de material (escuma, metall, fusta, etc.), mantenint constant la velocitat d'impacte (la tensió de la banda de goma ha de ser la mateixa).
8. Repetiu el procés amb un dels materials però variant la velocitat d'impacte (tensant més o menys la banda de goma).
9. Determineu amb la balança la massa del conjunt carretó i sensor de força, i anoteu el seu valor.
10. Mesureu la longitud del sensor de força i anoteu el seu valor.

Anàlisi i tractament de les dades

1. En la finestra **Mapa de dades**, obriu el gràfic $F-t$ de l'Experiment 1
2. Amb els botons **Commutar primer cursor**  i **Commutar segon cursor** , assenyalau l'interval de temps que inclou el moment de l'impacte. A continuació, cliqueu en el menú **Gràfic** l'opció **Retalla**. D'aquesta manera, veureu amb claredat la variació experimentada per la força durant el temps de l'impacte. Amb el cursor determineu el valor màxim de la força i anoteu el seu valor. Doneu nom a la nova finestra i incorporeu-la al projecte amb l'opció **Afegir al projecte** del menú **Gràfic**
3. L'àrea sota la corba $F-t$ dona l'impuls de la força. Per calcular aquesta àrea seleccioneu exactament amb els botons de cursor l'interval de temps durant el qual té lloc l'impacte. Anoteu aquest valor i cliqueu el botó **Ajudant d'anàlisi** .



4. En la finestra que s'obre cliqueu la pestanya **Funcions**



5. En la nova pantalla seleccioneu: **Integral**.

Comproveu que en G_1 apareix: **Retalla les dades – Exp 1**

Unitat, escriviu: **Ns**

Finalment, cliqueu: **D'acord**

6. El valor màxim de la funció integral és l'impuls. Després d'anotar el seu valor, doneu nom a la finestra i incorporeu-la al projecte.
7. Tanqueu el gràfic $F-t$ i obriu el gràfic *intensitat de llum - temps*.
8. Utilitzeu els botons de cursor per seleccionar la part del gràfic que inclou els intervals de temps durant els quals el sensor de força passa per davant del feix del làser abans de xocar i després del xoc (excloent-ne els rebots) amb l'obstacle. Tot seguit, cliqueu l'opció **Retalla** del menú **Gràfic**. Doneu nom a la nova finestra i incorporeu-la al projecte.
9. Amb els cursors, mesureu els intervals de temps que tarda el carretó a passar per davant del feix del làser abans i després de l'impacte. Anoteu aquests valors. Dividint la longitud del sensor de força pel valor de cada interval de temps, obtindreu, respectivament, la velocitat del carretó abans i després de l'impacte.
10. Tracteu d'igual manera els gràfics obtinguts en els altres experiments.

Qüestionari

1. Compareu els gràfics de la vostra predicció amb els obtinguts experimentalment i comenteu les similituds i les diferències.
2. Calculeu, en cada cas, la velocitat del carretó immediatament abans del xoc, suposant que és la mateixa que quan ha passat per davant del sensor de llum. Coincideixen totes les velocitats?
3. Calculeu, en cada cas, la velocitat del carretó immediatament després del xoc, suposant que és la mateixa que quan ha passat per davant del sensor de llum. Coincideixen totes les velocitats?
4. Quin canvi ha experimentat, en cada cas, la quantitat de moviment del carretó en el xoc amb la caixa? Tingueu en compte que la quantitat de moviment és una magnitud vectorial.
5. Coincideix el canvi experimentat per la quantitat de moviment amb l'impuls de la força que ha actuat sobre el carretó? Discutiu les causes de les possibles discrepàncies.
6. Quins van ser, en cada cas, la força màxima suportada pel carretó i l'interval de temps que va estar en contacte amb l'obstacle?
7. A la llum dels resultats obtinguts, quines conclusions podeu treure en relació amb la utilitat dels cinturons de seguretat i dels paraxocs dels automòbils?
8. Els diferents xocs, han estat frontals? Per què?
9. Els diferents xocs, han estat perfectament elàstics? Per què?
10. L'elasticitat d'un xoc en un xoc frontal es pot mesurar calculant l'anomenat coeficient de restitució e que ve donat per:

$$e = -\frac{v_1' - v_2'}{v_1 - v_2}$$

on v_1 i v_2 són les velocitats dels objectes, abans del xoc, i v_1' i v_2' les velocitats dels objectes després del xoc. Quin és el significat físic de $v_1 - v_2$ i de $v_1' - v_2'$?

11. Quant val e quan el xoc és perfectament elàstic? I quan és perfectament inelàstic?
12. Calcula el valor d' e per a cadascun dels xocs observats.

Informe

Redacteu un informe de l'experiment. En aquest informe s'han de distingir clarament tres parts: *introducció*, *realització* i *conclusió*. A més, l'informe ha d'incloure les respostes al qüestionari anterior.