

Impuls i quantitat de moviment Material per al professorat

Orientacions didàctiques

Temporització

- 1 hora per a l'experimentació.
- 1 hora i per al qüestionari.

Alumnes als quals s'adreça l'experiència

Alumnes de 1r o 2n de batxillerat

Metodologia

- Els gràfics obtinguts en la realització de l'experiment (material més tou → més temps de impacte → menys força) permeten il·lustrar de manera semiquantitativa la relació entre l'impuls d'una força i la variació de la quantitat de moviment i explicar el funcionament, en el cas de xoc, dels paraxocs i dels cinturons de seguretat dels automòbils.
- Per poder treure les conclusions pertinents, s'haurien d'estudiar com a mínim tres xocs: dos a la mateixa velocitat, però variant el material del lloc de l'impacte, i un altre amb un dels materials anteriors, però a diferent velocitat.
- Malgrat que l'alumnat no hagi vist encara integrals, ha de saber que l'impuls d'una força ve donat per l'àrea sota el gràfic $F-t$ i, per tant, se li pot presentar l'opció **Integral** com un mètode per calcular l'esmentada àrea que ha de donar un valor aproximadament igual en tots els casos.
- És una bona ocasió per fer notar el caràcter vectorial tant de la velocitat com de la quantitat de moviment que, com que es tracta d'un xoc frontal, vindran donades per quantitats amb signe.
- També és important considerar l'aspecte energètic dels xocs i treballar els conceptes d'elasticitat i inelasticitat.
- Les qüestions relatives al coeficient de restitució poden reservar-se per a l'alumnat de 2n més avantatjat.

Orientacions tècniques

- El sensor de força s'ha de muntar el topall que, juntament amb el ganxet, l'acompanya.
- No cal calibrar el sensor de llum que resultarà saturat pel feix del làser però sí el sensor de força. Per calibrar el sensor de força s'ha de fer una captació amb el sensor en repòs sobre el carril. La configuració del Multilog pot ser la de l'experiment o una altra qualsevol. En tot cas, el resultat de la mesura ha de donar zero o, com a màxim, el valor de la resolució, és a dir, 0,12N. Si no és així caldrà sortir del programa, tornar-lo a engegar i repetir la captació

en les mateixes condicions. Si així no s'aconsegueix calibrar-lo, es pot provar d'esborrar memòria.

- El sensor de força ha d'estar connectat a l'adaptador de corrent perquè funcioni correctament.
- És important que el sensor de força quedi ben agafat al carretó. Si no s'aconsegueix amb la vareta i el cargol del sensor pot lligar-se amb cinta aïllant.
- També és important que la caixa no es mogui en el moment de l'impacte per la qual cosa caldrà subjectar-la bé.
- En general, en el sensor de força s'ha de seleccionar l'escala de 50 N ja que, normalment, la força de l'impacte sobrepasa el valor de 10 N.
- Com a materials durs es pot utilitzar el mateix plàstic de la caixa o recobrir el lloc de l'impacte amb una làmina metàl·lica o de fusta. Com a materials tous es poden col·locar en el lloc de l'impacte diferents gruixos d'escuma.
- La cinta de goma elàstica pot ser un tros de la goma que s'utilitza en el laboratori per produir ones o cordó elàstic que es pot comprar a la merceria.
- Per aconseguir disparar el carretó a la mateixa velocitat s'haurà de procurar que la tensió de la goma elàstica sigui la mateixa. La velocitat i la quantitat de moviment després del xoc depenen de la naturalesa de l'obstacle.
- En lloc de catapultar el carretó amb una goma elàstica, es pot fer servir un disparador si se'n disposa.
- És útil recolzar els suports de la goma elàstica contra el carril i col·locar en aquest una tira de paper mil·limetrat per localitzar el punt de llançament.
- Convé col·locar el sensor de llum i el punter làser perpendiculars al carril i tan a prop del punt d'impacte com sigui possible.

Conclusions

Resultats esperats

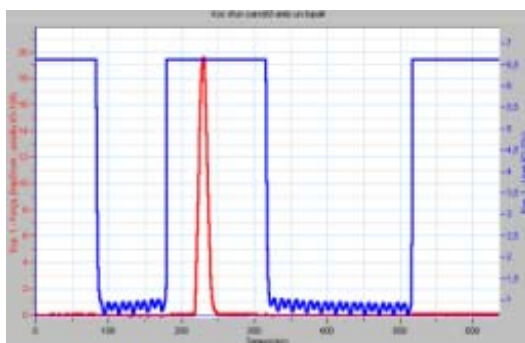


Figura 2

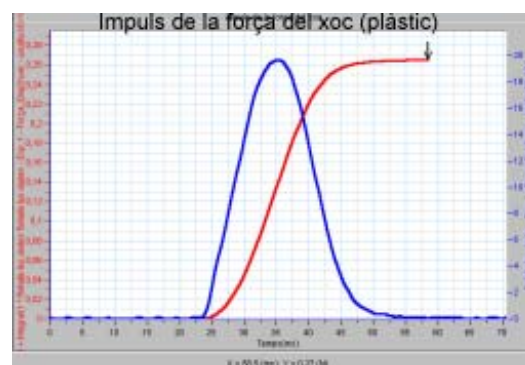


Figura 3

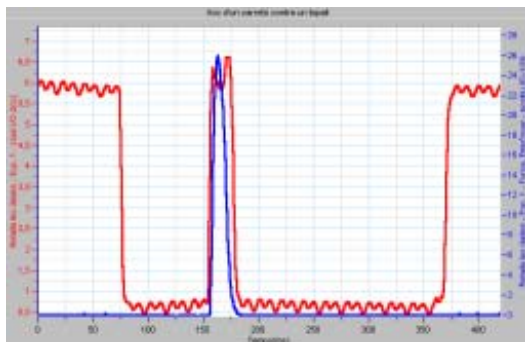


Figura 4

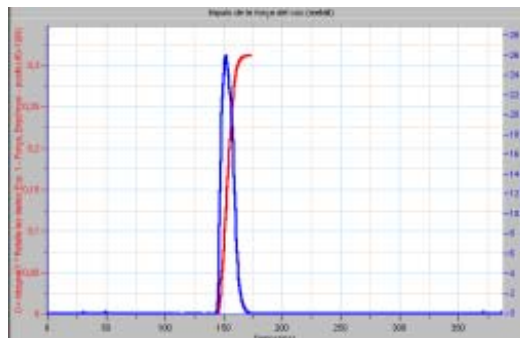


Figura 5

Els gràfics de les figures 2 i 3 corresponen al xoc d'un carretó amb un obstacle de plàstic, i els de les figures 4 i 5 amb un de metall. En els dos casos la massa del carretó amb el sensor de força és $m = 244 \text{ g}$ i la seva longitud és de $l = 7,3 \text{ cm}$. Dintre del marge d'error experimental, en tots el casos es compleix la igualtat entre la variació de la quantitat de moviment i l'impuls.

Respostes al qüestionari

2. Prenent com a positiu el sentit contrari al del moviment inicial, les velocitats del carretó, immediatament abans del xoc, són:

$$\text{Plàstic: } d = 0,073 \text{ m; } \Delta t_1 = 0,097 \text{ s; } \rightarrow v_1 = \frac{\Delta x_1}{\Delta t_1} = \frac{-0,073 \text{ m}}{0,097 \text{ s}} = -0,753 \text{ m s}^{-1}$$

$$\text{Escuma: } d = 0,073 \text{ m; } \Delta t_1 = 0,087 \text{ s } \rightarrow v_1 = \frac{\Delta x_1}{\Delta t_1} = \frac{-0,073 \text{ m}}{0,087 \text{ s}} = -0,839 \text{ m s}^{-1}$$

$$\text{Metall: } d = 0,073 \text{ m; } \Delta t_1 = 0,08 \text{ s } \rightarrow v_1 = \frac{\Delta x_1}{\Delta t_1} = \frac{-0,073 \text{ m}}{0,08 \text{ s}} = -0,913 \text{ m s}^{-1}$$

Les tres velocitats inicials són lleugerament diferents perquè la goma no s'ha tensat igual.

3. Les velocitats del carretó, immediatament després del xoc, són:

$$\text{Plàstic: } d = 0,073 \text{ m; } \Delta t_2 = 0,202 \text{ s } \rightarrow v_2 = \frac{\Delta x_2}{\Delta t_2} = \frac{0,073 \text{ m}}{0,202 \text{ s}} = 0,361 \text{ m s}^{-1}$$

$$\text{Escuma: } d = 0,073 \text{ m; } \Delta t_2 = 0,148 \text{ s } \rightarrow v_2 = \frac{\Delta x_2}{\Delta t_2} = \frac{0,073 \text{ m}}{0,148 \text{ s}} = 0,493 \text{ m s}^{-1}$$

$$\text{Metall: } d = 0,073 \text{ m; } \Delta t_2 = 0,2 \text{ s } \rightarrow v_2 = \frac{\Delta x_2}{\Delta t_2} = \frac{0,073 \text{ m}}{0,2 \text{ s}} = 0,365 \text{ m s}^{-1}$$

4. El canvi experimentat, en cada cas, per les quantitats de moviment del carretó, com a conseqüència del xoc, són:

$$\text{Plàstic: } \Delta p = m(v_2 - v_1) = 0,244 \text{ kg} \times (0,361 + 0,753) \text{ m s}^{-1} = 0,27 \text{ kg m s}^{-1}$$

$$\text{Escuma: } \Delta p = m(v_2 - v_1) = 0,244 \text{ kg} \times (0,493 + 0,839) \text{ m s}^{-1} = 0,32 \text{ kg m s}^{-1}$$

$$\text{Metall: } \Delta p = m(v_2 - v_1) = 0,244 \text{ kg} \times (0,365 + 0,913) \text{ m s}^{-1} = 0,31 \text{ kg m s}^{-1}$$

5. Els valors màxims de la funció integral obtinguda en cada cas són: 0,27 N s, 0,28 N s i 0,31 N s. Tret del segon cas, la coincidència amb la variació de la quantitat de moviment és molt bona. La discrepància observada en aquest cas, tot i no ser molt gran, pot ser deguda que el sensor de llum era més lluny de l'obstacle i el carretó, a causa del fregament, ha xocat a menys velocitat de la determinada. Tanmateix, la diferència cau dintre del marge d'error experimental.
6. Els valors de la força màxima suportada pel carretó i l'interval de temps que ha estat en contacte amb l'obstacle són, respectivament:

$$\text{Plàstic: } F_{\text{màx}} = 19,7 \pm 0,2 \text{ N; } \Delta t = 0,0335 \text{ s} \pm 0,0005 \text{ s}$$

$$\text{Escuma: } F_{\text{màx}} = 8,5 \pm 0,2 \text{ N; } \Delta t = 0,082 \text{ s} \pm 0,0005 \text{ s}$$

$$\text{Metall: } F_{\text{màx}} = 26,0 \pm 0,2 \text{ N; } \Delta t = 0,03 \text{ s} \pm 0,0005 \text{ s}$$

7. Malgrat que en els casos considerats la velocitat inicial no era la mateixa, es poden treure algunes conclusions. Es pot observar que tot i sent la velocitat del carretó més gran quan ha xocat amb l'escuma que quan ho ha fet amb el plàstic, la força màxima soferta ha estat més petita, ja que el temps de l'impacte ha estat més llarg. El mateix efecte s'hauria aconseguit col·locant l'escuma en el carretó perquè fes un paper similar al dels paraxocs en els cotxes. També els cinturons de seguretat allarguen el temps d'aturada en un xoc i produeixen una disminució de la força que actua sobre el passatger durant l'impacte.
8. Els diferents xocs han estat frontals, és a dir, en una dimensió.
9. Cap dels xocs ha estat perfectament elàstic. En els xoc elàstics frontals amb un objecte de molta més massa en repòs (en aquest cas, la caixa unida a la taula i a terra) la velocitat canvia de sentit però conserva el mòdul.
10. $v_1 - v_2$ i $v'_1 - v'_2$ són les velocitats relatives de l'objecte 1 respecte de l'objecte 2, abans i després del xoc.
11. En un xoc perfectament elàstic: $v'_1 - v'_2 = - (v_1 - v_2)$ i $e = 1$. En un xoc perfectament inelàstic $v'_1 = v'_2$ i $e = 0$.
12. En els xocs observats $v_2 = v'_2 = 0$ i, per tant:

$$e = - \frac{v'_1}{v_1}$$

Substituint les corresponents velocitats, obtenim, per als respectius coeficients de restitució, els valors: 0,48, 0,59 i 0,40.