

## Material per al professorat

### Orientacions didàctiques

#### Temporització

- 1 ¼ hora fins a arribar al qüestionari

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

Alumnes de batxillerat

### Orientacions metodològiques

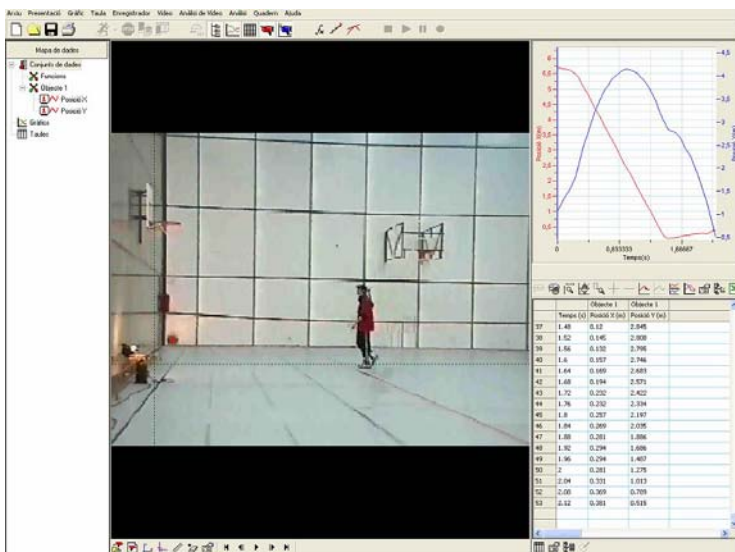
- El professor/a ha de guiar els alumnes mentre fan l'anàlisi i el tractament de les dades, per evitar que es perdin, però sense limitar les seves iniciatives.
- Convé comentar als alumnes que, encara que en els gràfics de posició-temps en un principi només es poden apreciar clarament tres etapes, n'hi ha quatre. De fet, la tercera etapa és molt curta, i a penes s'aprecia als gràfics; per tant és possible que els alumnes no se n'adonin. Tanmateix, pot ser convenient destacar als alumnes que la pilota, quan xoca amb la cistella, canvia la seva trajectòria, frena, i disminueix la velocitat. Això ho poden apreciar millor en els gràfics de velocitat.
- Pot ser difícil determinar els instants inicials i finals de les diferents etapes, sobretot en els gràfics  $x-t$  i  $y-t$ . Després, quan s'obtenen els gràfics de velocitat, es poden precisar millor, i canviar si cal, els intervals de les etapes.
- Les etapes més importants que els alumnes han de treballar són les que corresponen al tir parabòlic, principalment del moviment de la pilota cap a la cistella. La primera i la tercera, només d'una manera qualitativa per explicar el moviment total de la pilota.

### Orientacions tècniques

- El programa Multilab reconeix l'interval de temps entre dos fotogrames consecutius. A les propietats del vídeo es mostra la velocitat amb què s'ha gravat el vídeo, que en el cas del **basket** és 25 per segon, és a dir, cada 0,04 s. Generalment és 1/25 o 1/33 de segon.
- El programa Multilab, quan es treballa amb l'Anàlisi de vídeo, no permet fer un ajust de corba automàtic si a l'eix  $x$  del gràfic no hi figuren les dades de temps. Per aquesta raó es proposa fer l'ajust de corba manual del gràfic  $x-y$ .

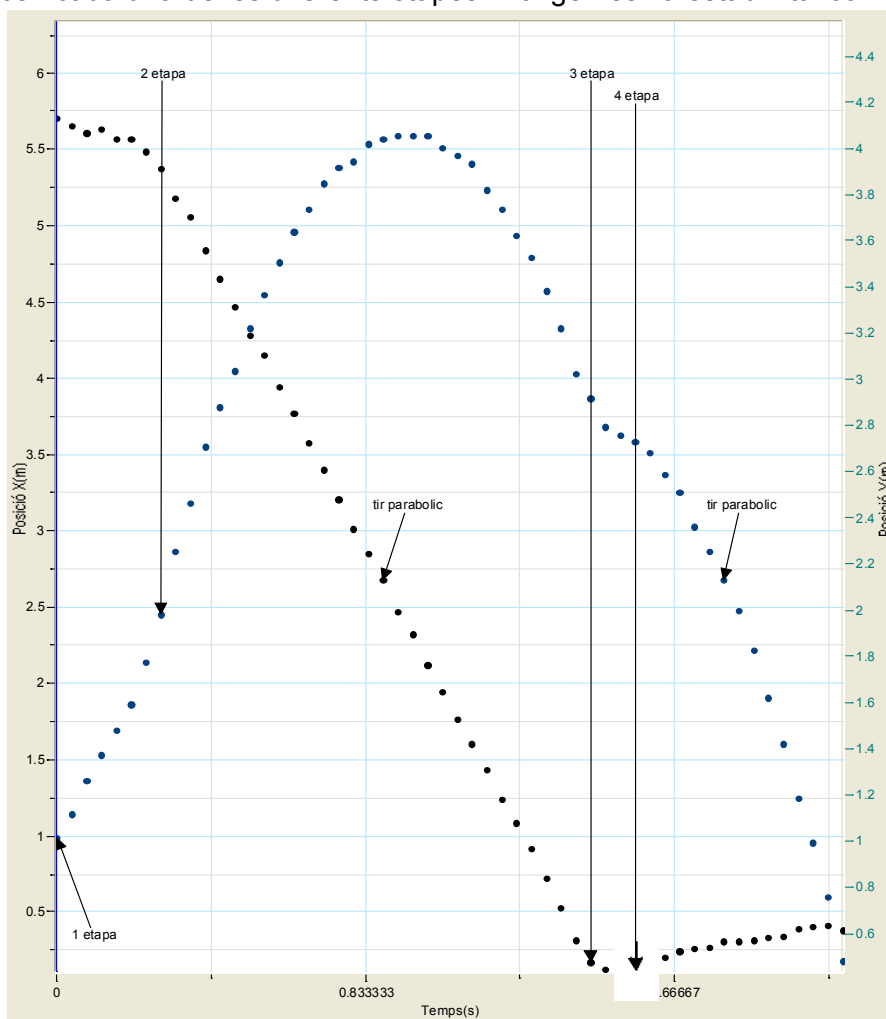
## Resultats esperats

A continuació es mostra la pantalla que apareix una vegada finalitzat l'enregistrament de les dades.



Els temps on s'inicia cada etapa són:  
 Temps en què la pilota se separa de les mans de la jugadora = 0,28 s.  
 Temps en què la pilota es troba a la màxima alçada = 0,96 s.  
 Temps en què la pilota xoca amb la cistella ≈ 1,44 s (difícil de precisar).  
 Temps en què se separa de la cistella ≈ 1,56 s (difícil de precisar).  
 Temps de l'últim fotograma = 2,12 s.

A la figura es mostren els gràfics  $y-t$  i  $x-t$  obtinguts del moviment de la pilota, amb les anotacions que indiquen els punts on comencen cada una de les diferents etapes. L'origen es va establir tal com apareix a la figura 2.



Per a cada etapa, la descripció del moviment de la pilota és:

**Etapa 1:** La pilota té un moviment variat mentre està a les mans de la jugadora. Des de l'instant inicial en què la jugadora comença el llançament de la pilota fins que se separa de les seves mans, l'interval de temps és de 0,28 s ( $t = 0$  fins a  $t = 0,28$  s).

$$\Delta x = -0,319 \text{ m}; \Delta y = 0,956 \text{ m}$$

**Etapa 2:** Tir parabòlic

La pilota descriu una paràbola, des del moment que se separa de les mans de la jugadora fins que arriba a la cistella.

El gràfic  $y-t$  és una paràbola mentre que el gràfic  $x-t$  és una recta.

L'interval de temps és d'1,16 s ( $t = 0,28$  s fins a  $t \approx 1,44$  s).

L'abast de la pilota i l'alçada màxima són, respectivament::

$$\Delta x = -5,32 \text{ m}; \Delta y_{\text{màx}} = 2,13 \text{ m}$$

Les equacions  $x-t$  i  $y-t$  són, respectivament:

$$\begin{aligned} x &= -4,53 t + 5,43; \\ y &= -4,80 t^2 + 6,43 t - 2,00 \end{aligned}$$

El mòdul de la velocitat inicial en el moment de sortir de les mans de la jugadora és de 8,4 m/s.

L'angle de llançament és de  $54^\circ$

L'equació  $y-x$ :

$$y = 0,24 (x^2 - 2,47) + 4,1$$

**Etapa 3:** Moviment variat

La pilota xoca amb la cistella.

L'interval de temps és aproximadament de 0,12 s ( $t \approx 1,44$ s fins a  $t \approx 1,56$  s).

**Etapla 4** Tir parabòlic

La pilota torna a descriure una paràbola, des que surt de la cistella fins que arriba a prop del terra a l'últim fotograma.

L'interval de temps és de 0,56 s ( $t = 1,56$  s fins a  $t = 2,12$  s).

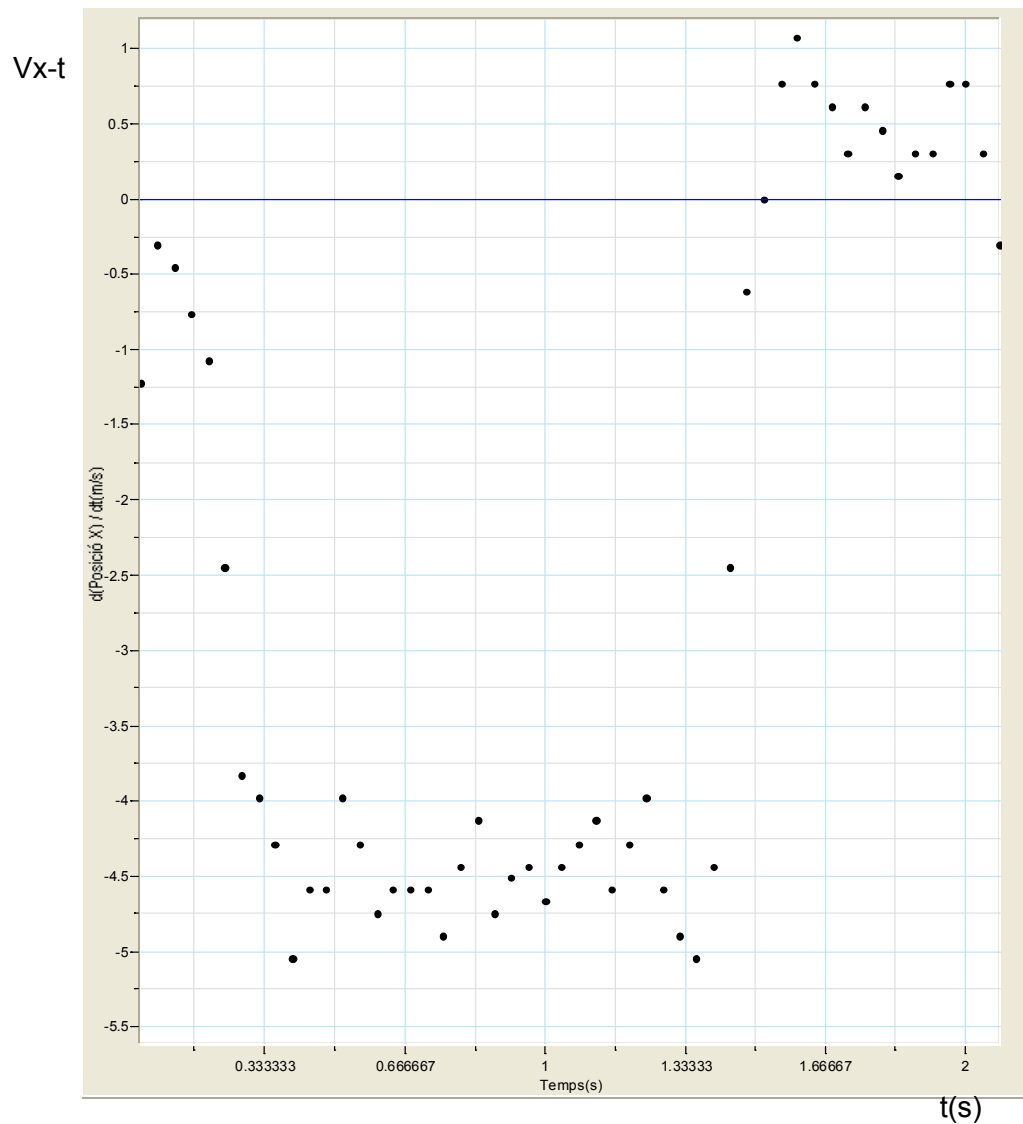
$$\Delta x = 0,26 \text{ m}; \Delta y = -2,26 \text{ m}$$

Les equacions  $x-t$  i  $y-t$  són, respectivament:

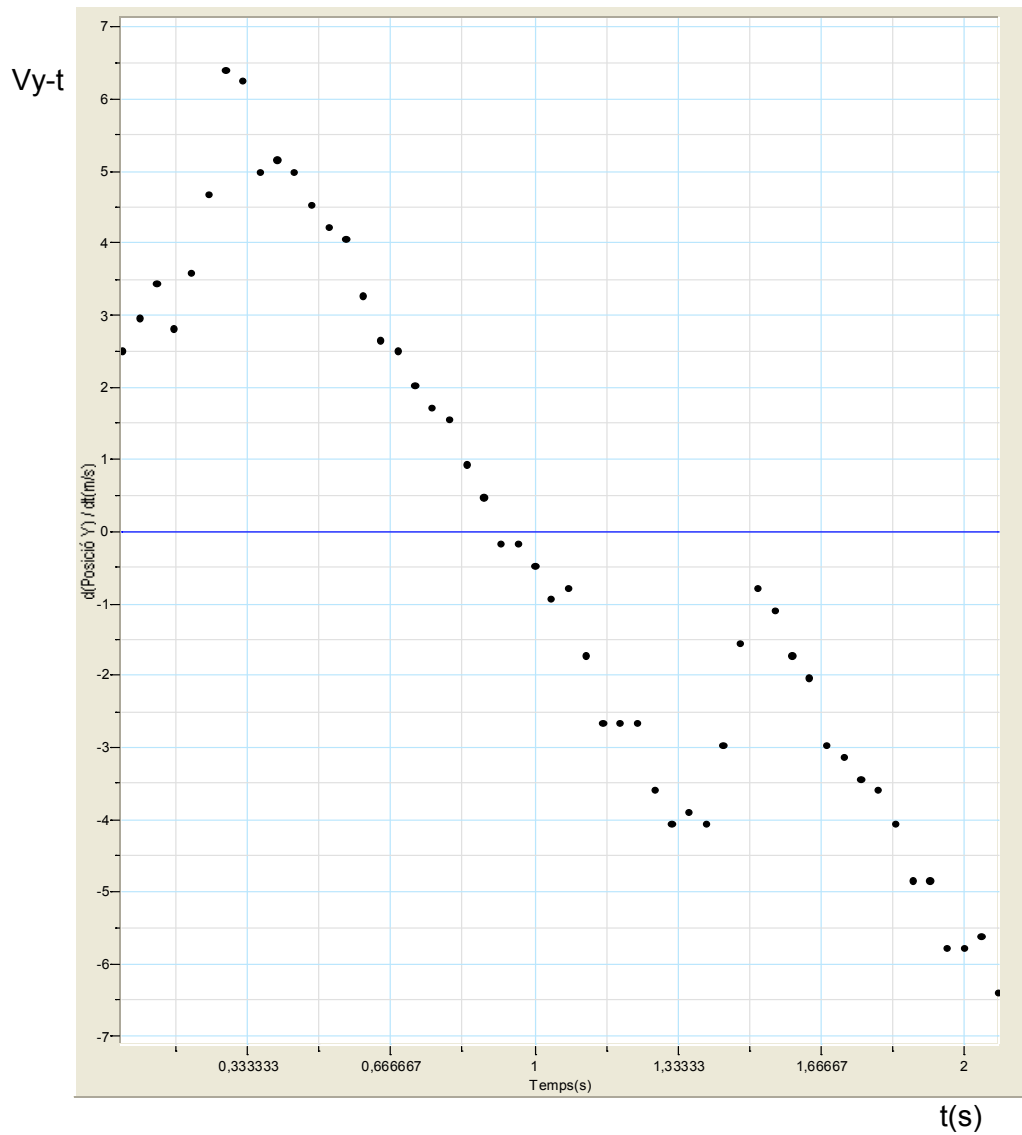
$$y = -4,77 t^2 - 1,41 t - 2,70$$
$$x = -0,46 t + 0,17$$

A continuació es mostren els gràfics  $v_x-t$  i  $v_y-t$ , respectivament:

Al gràfic  $v_x-t$  es pot apreciar que la  $v_x$  en els moviments que corresponen al tirs parabòlics són constants. Els valors es poden determinar aplicant la funció Estadística en el tram i trobant la mitjana:  $-4,47$  m/s i  $0,46$  m/s.



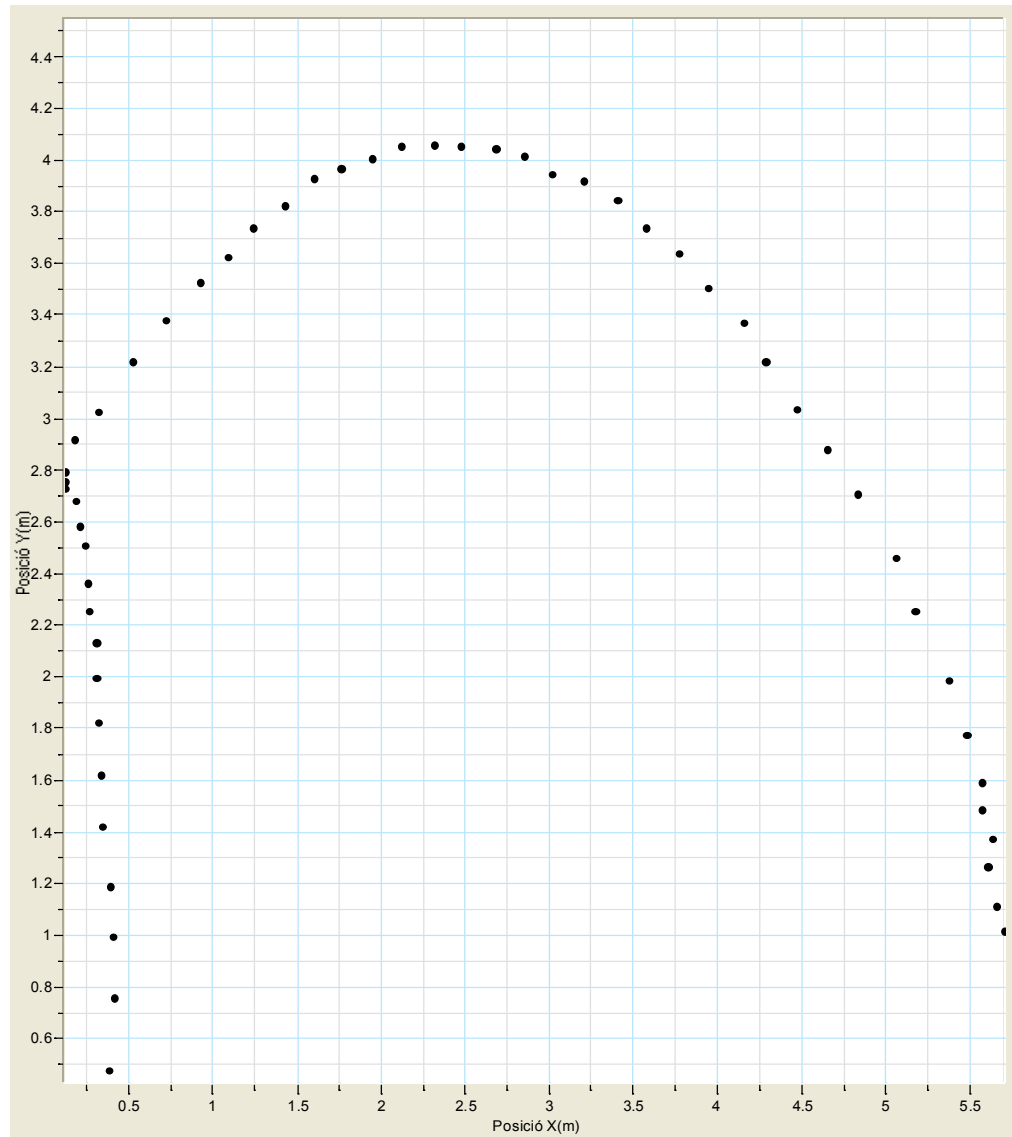
Al gràfic  $v_y-t$  l'equació  $v_y-t$  del moviment de la pilota cap a la cistella és  $v_y = -9,51 t + 6,24$  i l'equació  $v_y-t$  del moviment de caiguda, des de la cistella cap al terra és  $v_y = -9,11 t -1,47$



El gràfic  $x-y$  que es va obtenir és el següent.

L'equació del moviment parabòlic de la pilota cap a la cistella és  $y = -0,238 (x-2,408)^2 + 4,079$

Gràfic 1



## Respostes al qüestionari

2. *Amb quina velocitat i amb quin angle arriba la pilota a la cistella?*

Les equacions posició-temps corresponents al tir parabòlic van ser:

$$x = -4,53 t + 5,43;$$

$$y = -4,80 t^2 + 6,43 t - 2,00$$

Les components de la velocitat inicial són:  $v_{0x} = -4,53$  m/s; i  $v_{0y} = 6,43$  m/s.

Les equacions de velocitat són:  $v_x = -4,53$  m/s; i  $v_y = 6,43 - 9,8 t$ .

El temps en què la pilota arriba a la cistella és 1,16 s després de separar-se de les mans de la jugadora. Així les components de la velocitat de la pilota quan arriba a la cistella són:  $v_x = -4,53$  m/s; i  $v_y = -4,94$  m/s.

La rapidesa de la pilota és = 6,7 m/s. L'angle amb la horitzontal és 47,5 °.

3. *Quina energia té la pilota quan se separa de les mans de la jugadora? I al punt més alt de la seva trajectòria? Comproveu si es compleix el principi de conservació de l'energia. Suposeu que la massa de la pilota és de 0,5 kg.*

Energia de la pilota quan se separa de les mans de la jugadora:

$$E_c = \frac{1}{2} 0,5 \times 7,9^2 = 15,6 \text{ J}$$

$$E_p = 0,5 \times 9,8 \times 2,0 = 9,8 \text{ J}$$

Energia de la pilota en el punt més alt de la seva trajectòria:

$$E_c = \frac{1}{2} 0,5 \times 4,53^2 = 5,1 \text{ J}$$

$$E_p = 0,5 \times 9,8 \times 4,0 = 19,6 \text{ J}$$

L'energia total de la pilota, arrodonint a 2 xifres, surt  $E = 25$  J, constant.

4. *Quina acceleració mitjana actua sobre la pilota durant l'impacte amb la cistella?*

En l'impacte amb la cistella la pilota queda amb  $v = 0$ . Així l'acceleració mitjana es pot calcular a partir del canvi de velocitat durant el temps que travessa la cistella, que és de 0,12 s.

$$\mathbf{v} \text{ (en arribar a la cistella)} = -4,53 \mathbf{i} - 4,94 \mathbf{j} \text{ (m/s)}$$

$$\mathbf{a}_m = (-4,53 \mathbf{i} - 4,94 \mathbf{j}) / 0,12 = -37,7 \mathbf{i} - 41,2 \mathbf{j} \text{ (m/s}^2\text{)}$$

5. *A partir dels resultats obtinguts, quin és el valor de la gravetat g?*

A les equacions  $y-t$  ajustades dels dos tirs parabòlics, els coeficients  $a/2$  surten pràcticament iguals, 4,77 i 4,80. Així el valor de la gravetat és 9,6 m/s<sup>2</sup>.