

***ESTUDI EXPERIMENTAL
DEL TIR HORIZZONTAL
I DEL TIR OBLIC***

FÍSICA, Anicet Cosialls
Noemí Aguiló Aguayo
2n de Batxillerat C
6 de Novembre del 2001

ÍNDEX

1. <u>INTRODUCCIÓ</u>	.3
2. <u>PLANTEJAMENT DEL PROBLEMA.</u>	.4
3. <u>METODOLOGIA</u>	
3.1. CONEIXEMENTS PREVIS.	.5-7
3.1.1. MOVIMENT RECTILINI UNIFORME	
3.1.2. MOVIMENT RECTILINI UNIFORMEMENT ACCELERAT	
3.1.3. MOVIMENTS PARABÒLICS	
3.2. EMISSIÓ D'HIPÒTESIS.	8
3.3. DISSENY EXPERIMENTAL	9-21
TIR HORIZZONTAL	
TIR OBLIC	
4. <u>CONCLUSIONS</u>	22
5. <u>BIBLIOGRAFIA</u>	23

1. INTRODUCCIÓ

Quan fem problemes de física, moltes vegades ens aprenem la fórmula sense saber ben bé perquè les utilitzem, en aquest treball ens hem pogut adonar de la importància de la física en el món real. A vegades pensem que molts dels conceptes que estudiem no serveixen per res en la realitat, però gràcies a aquest treball, hem descobert que la física està amagada en les petites coses de la vida. Des d'aquí faig una crida a tots els alumnes perquè s'obrin i descobreixin la física com nosaltres ho hem fet en aquest treball.

Aquest treball es basa en l'estudi de dos moviments parabòlics, el tir horitzontal i el tir oblic. Hem fet una comparació dels valors que hem trobat experimentalment amb els valors reals i d'aquesta manera raonar perquè aquests valors no coincideixen.

Esperem que el treball us ajudi a comprendre millor els moviments parabòlics i la seva aplicació en el món real.

6. PLANTEJAMENT DEL PROBLEMA

Els problemes que trobem a continuació són comuns als dos tirs, l'horitzontal i l'oblic.

2.1. PROBLEMA I

- ⇒ **Com es pot calcular experimentalment la velocitat inicial en el moment en què la bola comença a caure?**

2.2. PROBLEMA II

- ⇒ **Com podem calcular experimentalment el temps que la bola tarda en fer tota la trajectòria?**

2.3. PROBLEMA III

- ⇒ **A partir de les dades que trobem experimentalment, els càlculs teòrics de l'abast màxim concorden amb els càlculs pràctics?**

2.4. PROBLEMA IV

- ⇒ **A partir de les dades obtingudes, podem trobar l'equació de la trajectòria?**

3. METODOLOGIA

3.1. CONEIXEMENTS PREVIS

3.1.1. MOVIMENT RECTILINI UNIFORME

El moviment d'una partícula és rectilini uniforme quan la seva velocitat és constant, per tant la velocitat mitjana i la velocitat instantània coincideixen.

Fórmules:

Acceleració = 0

Velocitat = constant

Per calcular l'espai recorregut => $x = v \cdot t$

[x = espai recorregut, v = velocitat, t = temps]

Gràfiques:

- La gràfica acceleració-temps (l'acceleració la representem en l'eix d'ordenades i el temps en l'eix d'abscisses).
Com que l'acceleració és igual a zero, la gràfica que ens sortirà serà una recta horitzontal, és a dir, una recta que coincideix en l'eix d'abscisses).
- La gràfica velocitat-temps (la velocitat la representem en l'eix d'ordenades i el temps en l'eix d'abscisses).
Com que la velocitat és constant, la gràfica que ens sortirà serà una recta horitzontal, és a dir, una recta paral·lela a l'eix d'abscisses).
- La gràfica posició-temps (les posicions les representem en l'eix d'ordenades i el temps en l'eix d'abscisses).
Si la velocitat és positiva la gràfica ens sortirà una recta amb pendent positiu.
Si la velocitat és negativa la gràfica ens sortirà una recta amb pendent negatiu.

3.1.2. MOVIMENT RECTILINI UNIFORMEMENT ACCELERAT

El moviment d'un cos és uniformement accelerat quan la seva acceleració és constant, per tant, l'acceleració mitjana i l'acceleració instantània coincideixen.

Fórmules:

Per calcular l'acceleració $\Rightarrow a = \Delta v / \Delta t$

Per calcular la velocitat inicial $\Rightarrow V = V_0 + a t$

Per calcular la posició final $\Rightarrow y = y_0 + V_0 t + 1/2 a t^2$

[V_0 (velocitat inicial) y_0 (posició inicial) Δv (increment velocitat) Δt (increment del temps)]

Gràfiques:

- La gràfica acceleració-temps (l'acceleració la representem en l'eix d'ordenades i el temps en l'eix d'abscisses).
Com que l'acceleració és constant, la gràfica que ens sortirà serà una recta horitzontal, és a dir, una recta paral·lela a l'eix d'abscisses).
- La gràfica velocitat-temps (les velocitats les representem en l'eix d'ordenades i el temps en l'eix d'abscisses).
Si la velocitat és positiva en la gràfica ens sortirà una recta amb pendent positiu.
Si la velocitat és negativa en la gràfica ens sortirà una recta amb pendent negatiu.
- La gràfica posició-temps (les posicions les representem en l'eix d'ordenades i el temps en l'eix d'abscisses).
Si l'acceleració és positiva en la gràfica ens sortirà una paràbola amb les branques cap amunt.
Si l'acceleració és negativa en la gràfica ens sortirà una paràbola amb les branques cap abaix.

3.1.3. MOVIMENTS PARABÒLICS

Un moviment parabòlic és el moviment d'un a partícula amb acceleració constant, de manera que la direcció d'aquesta amb la direcció de la velocitat. Si aquesta acceleració és l'acceleració de la gravetat, \mathbf{g} , i el moviment té lloc a prop de la superfície terrestre parlarem de llançament parabòlic.

Llançament oblic:

Aquest tipus de moviment es dona quan la velocitat inicial de la partícula i l'acceleració de la gravetat no són ni paral·lels ni perpendiculars.

- **L'abast horitzontal**, $x_{\text{màx}}$, és la distància recorreguda en la direcció de l'eix X quan el cos arriba a terra, és a dir, quan el component Y és nul.
- **L'alçada màxima**, $y_{\text{màx}}$, és la distància màxima recorreguda en la direcció de l'eix Y, és a dir, quan el component Y de la velocitat és nul i només té component X.

Llançament parabòlic:

És aquell llançament parabòlic en el qual la velocitat inicial és un vector horitzontal i, per tant, l'angle de llançament és zero.

3.2.EMISSIÓ D'HIPÒTESIS

3.2.1. Hipòtesis I

“A partir de les dades que trobem experimentalment, els càlculs teòrics de l'abast màxim no coincideixen amb els càlculs pràctics, a causa d'errors personals i instrumentals.”

3.3. DISSENY EXPERIMENTAL

3.3.1. Experiment I

Per resoldre els problemes plantejats i per afirmar o negar la hipòtesi anterior, ens servirem de les noves tecnologies, com per exemple el programa Sadex

El programa Sadex funciona a través del programa informàtic Itera. Les dades són captades per uns sensors que estan connectats als seus mòduls corresponents, aquests estan connectats a una interfície connectada a l'ordinador.

Els dos tirs els estudiarem per separat. Començarem en primer lloc, per tir horitzontal.

TIR HORIZONTAL

L'objectiu d'aquest disseny experimental és verificar la hipòtesi formulada anteriorment. Aquesta verificació es basarà en els càlculs experimentals de la velocitat inicial, l'abast màxim i l'altura màxima, a partir del programa Sadex i d'altres instruments de mesura.

▣ Descripció del procediment

El programa Sadex ens permet trobar tres valors de temps importants pel càlcul de la velocitat inicial i l'abast màxim.

El sensor de llum ens permet captar 4 mesures per mil·lisegon, amb això podem calcular el temps que la bola tarda en passar a través del raig del làser, d'aquesta manera, el diàmetre de la bola que mesurem amb el peu de rei entre el temps que ens dóna el programa Sadex, ens permet calcular la velocitat inicial.

El sonòmetre ens permet captar 4 mesures per mil·lisegon, amb això trobem el temps en què la bola cau al terra. Amb aquest temps podem calcular l'abast màxim teòric.

Utilitzant paper de calcar, quan la bola cau, marca el foli, amb un metre mesurem l'abast màxim.

Amb la plomada podem mesurar correctament amb un metre l'altura màxima del tir horitzontal.

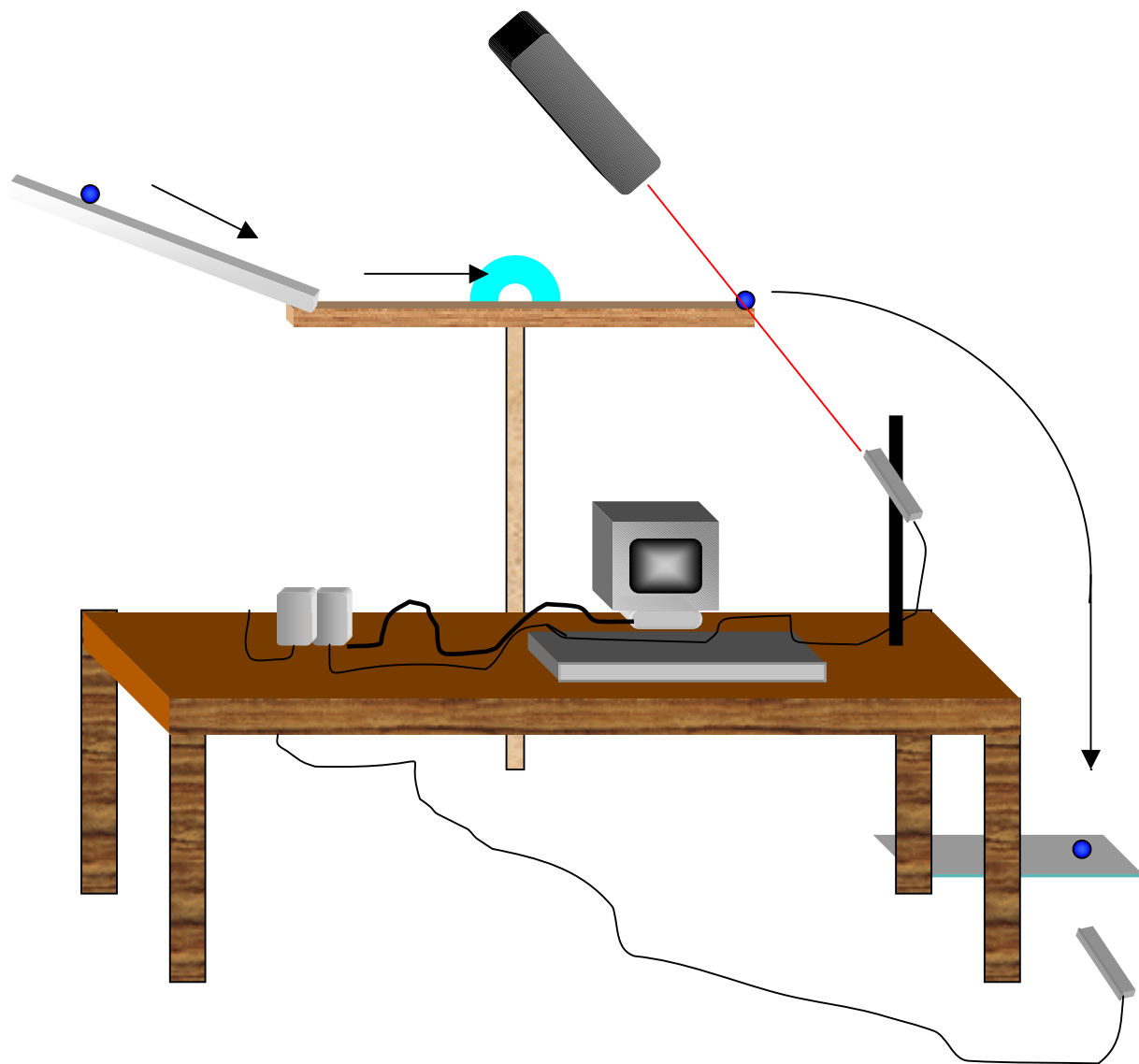
Com hem dit anteriorment, el diàmetre de la bola el mesurem amb un peu de rei.

Una vegada reunits totes les mesures necessàries, podem comparar resultats teòrics i pràctics, de tal manera, podrem resoldre els problemes plantejats des del començament.

Utiliatge:

- Programa Sadex
- Una plomada
- Un metre
- Un peu de rei
- Una bola
- Dues guies
- Paper de calcar
- Folis
- Un retolador
- Un sensor de llum
- Un sonòmetre
- Un làser
- Un transportador

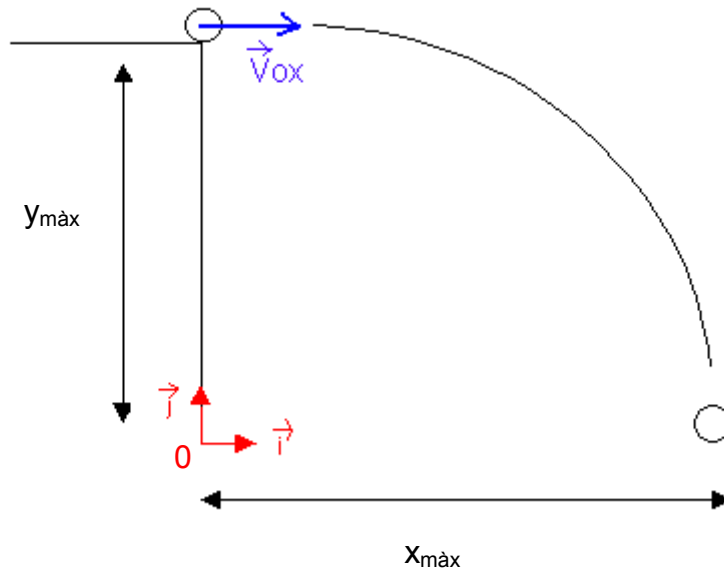
Muntatge:



Resultats obtinguts

Dibuix esquemàtic:

En el dibuix esquemàtic situarem el sistema de coordenades (vectors unitaris i i j), la velocitat inicial, l'altura màxima i l'abast màxim.



Mesures i càlculs:

- Diàmetre de la bola (d): 0.0242 m
- Altura màxima ($y_{\text{màx}}$): 0.938 m
- Abast experimental màxim ($x_{\text{màx}}$): 0.692 m
- Velocitat inicial (V_0): 1.73 m/s

Per trobar aquesta velocitat necessitem dues magnituds, el temps i la distància recorreguda. La distància recorreguda és el diàmetre de la bola i el temps el trobem a partir de la gràfica que el programa Sadex ens aporta.

$$t_1 = 0.444 \text{ segons}$$

$$t_2 = 0.458 \text{ segons}$$

Els temps t_1 i t_2 ens assenyalen quan la bola passa a través del raig del làser, diferència entre aquests dos temps és el temps que necessitem per calcular la velocitat inicial.

$$\Delta t = t_2 - t_1 = 0.458 \text{ seg} - 0.444 \text{ seg} = 0.014 \text{ segons}$$

$$V_o = d/\Delta t = 0.0242 \text{ m} / 0.014 \text{ seg} = 1.73 \text{ m/s}$$

- Acceleració (a): -10.5 m/s^2

L'acceleració la trobem a partir del vector de posició, el temps que tarda la bola en arribar a terra, ens el dóna el programa Sadex i el trobem amb la diferència del temps t_3 menys el valor mig de t_1 i t_2 , perquè la bola comença a caure en el seu centre de gravetat.

$$t_3 = 0.874 \text{ seg}$$

$$t_1 = 0.444 \text{ seg}$$

$$t_2 = 0.458 \text{ seg}$$

$t \Rightarrow$ temps que la bola tarda en arribar al terra

$$t = t_3 - [(t_1 + t_2) / 2] = 0.874 \text{ seg} - [(0.444 \text{ seg} + 0.458 \text{ seg}) / 2] = \mathbf{0.423 \text{ seg}}$$

$$\vec{r} = (V_{ox} \cdot t) \vec{i} + (y_o + V_{oy} \cdot t + a \cdot t^2 / 2) \vec{j}$$

$$V_{ox} = 1.73 \text{ m/s}$$

$$y_o = 0.938 \text{ m}$$

$$V_{oy} = 0.000 \text{ m/s}$$

$$t = 0.423 \text{ seg}$$

$$y = y_o + a \cdot t^2 / 2 ; \quad y = 0$$

$$a = -y_o \cdot 2 / t^2 = -0.938 \cdot 2 / (0.423)^2 = -10.5 \text{ m/s}^2$$

$$\mathbf{Error\ relatiu} = (a_{teòrica} - a_{experimental}) / a_{teòrica} \cdot 100 =$$

$$(9.81 \text{ m/s}^2 - 10.5 \text{ m/s}^2) / 9.81 \text{ m/s}^2 \cdot 100 = \mathbf{7.03\%}$$

- Abast teòric ($x_{\text{teòric}}$): **0.732 m**

L'abast teòric el trobem a partir del temps que hem calculat abans.

A partir del vector de posició, substituïm el temps per $t = 0.423$ seg i calculem l'abast màxim.

$$\vec{r} = (V_{0x} \cdot t) \vec{i} + (y_0 + V_{0y} \cdot t + a \cdot t^2 / 2) \vec{j}$$

$$t = 0.423 \text{ seg}$$

$$V_{0x} = 1.73 \text{ m/s}$$

$$x = V_{0x} \cdot t = 1.73 \text{ m/s} \cdot 0.423 \text{ seg} = 0.732 \text{ m}$$

- Abast experimental: **0.692 m**
- Error relatiu entre l'abast experimental i el teòric: **5.78%**

$$\text{Error relatiu} = (x_{\text{teòrica}} - x_{\text{experimental}}) / x_{\text{teòrica}} \cdot 100 =$$

$$(0.692 \text{ m} - 0.732 \text{ m}) / 0.692 \text{ m} \cdot 100 = \mathbf{5.78\%}$$

- Equació de la trajectòria: **$y = 0.938 - 1.75 x^2$**
A partir del vector de la posició, igualem les components x i y i trobem que:

$$y = y_0 - [a / (2 \cdot V_{0x}^2)] x^2$$

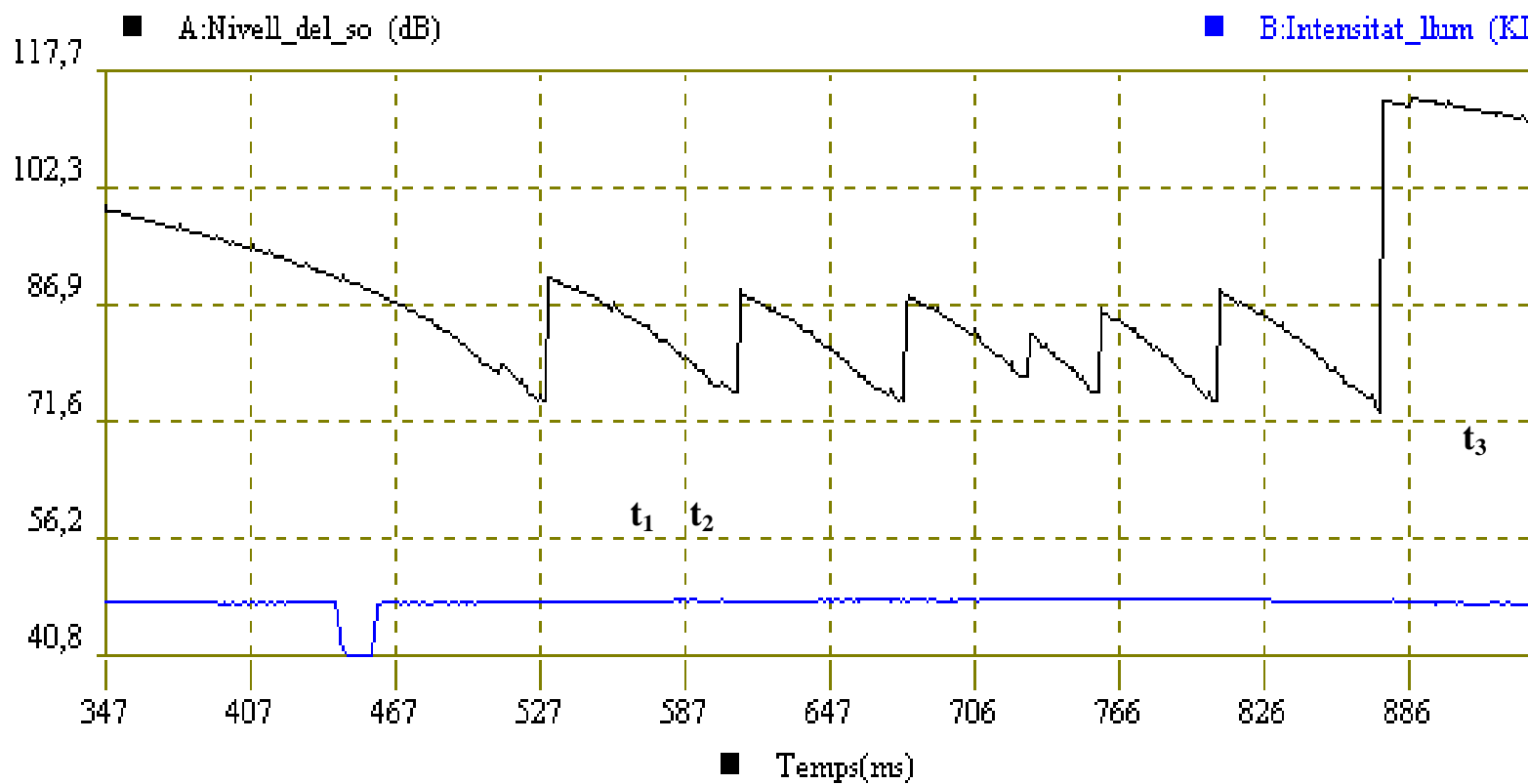
$$y_0 = 0.938 \text{ m}$$

$$a = -10.5 \text{ m/s}^2$$

$$V_{0x} = V_0 = 1.73 \text{ m/s}$$

$$y = 0.938 \text{ m} - (10.5 \text{ m/s}^2 / 2 \cdot 1.73^2 \text{ m/s}^2) x^2 = 0.938 - 1.75 x^2$$

$$\mathbf{y = 0.938 - 1.75 x^2}$$



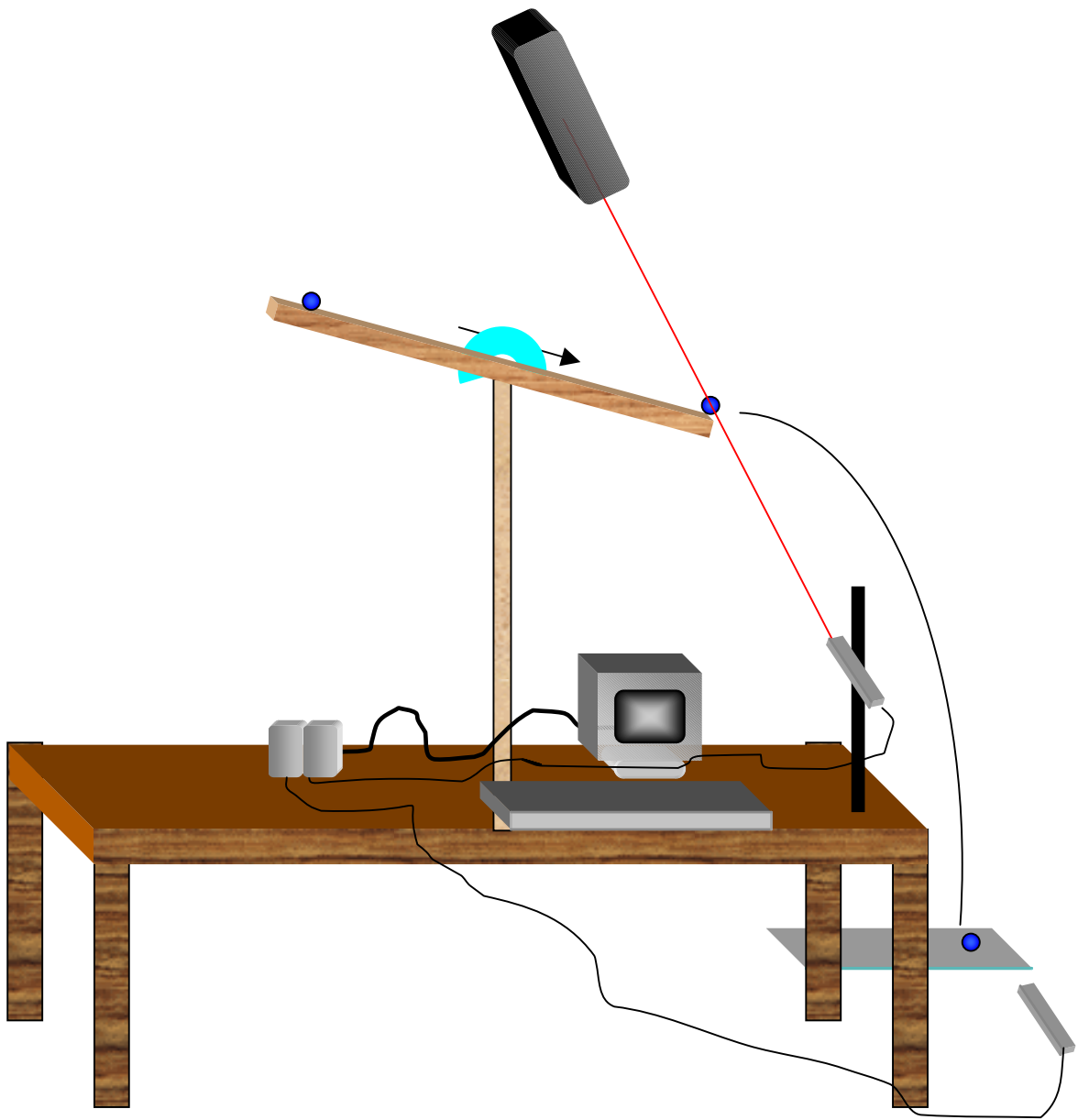
TIR OBLIC

L'objectiu d'aquest disseny experimental és verificar la hipòtesi formulada anteriorment. Aquesta verificació es basarà en els càlculs experimentals de la velocitat inicial, l'abast màxim i l'altura màxima, a partir del programa Sadex i d'altres instruments de mesura.

▣ Descripció del procediment

El procediment seguit i l'utilitatge necessari és el mateix que el del tir horitzontal (pàg.9-10). L'únic que varia és que en el tir oblic necessitem un transportador per mesurar l'angle d'inclinació de la guia.

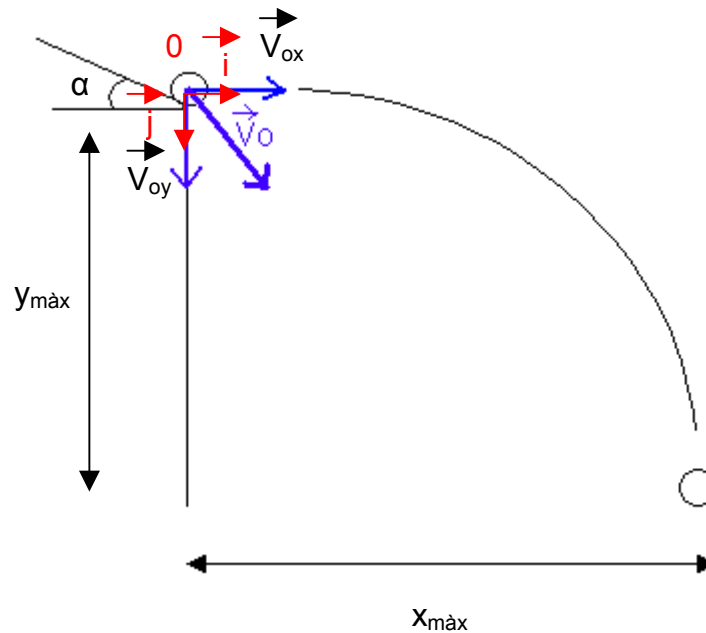
▣ Muntatge:



▣ Resultats obtinguts

Dibuix esquemàtic:

En el dibuix esquemàtic situarem el sistema de coordenades (vectors unitaris i i j), la velocitat inicial, l'altura màxima i l'abast màxim.



Mesures i càlculs:

- Diàmetre de la bola (d): 0.0242 m
- Altura màxima ($y_{\text{màx}}$): 0.943 m
- Abast experimental màxim ($x_{\text{màx}}$): 0.582 m
- L'angle d'inclinació: 45°
- Velocitat inicial (V_0): 2.42 m/s

Per trobar aquesta velocitat necessitem dues magnituds, el temps i la distància recorreguda. La distància recorreguda és el diàmetre de la bola i el temps el trobem a partir de la gràfica que el programa Sadex ens aporta.

$$t_1 = 0.649 \text{ segons}$$

$$t_2 = 0.659 \text{ segons}$$

Els temps t_1 i t_2 ens assenyalen quan la bola passa a través del raig del làser, la diferència entre aquests dos temps és el temps que necessitem per calcular la velocitat inicial.

$$\Delta t = t_2 - t_1 = 0.660 \text{ seg} - 0.648 \text{ seg} = 0.012 \text{ segons}$$

$$V_0 = d / \Delta t = 0.0242 \text{ m} / 0.012 \text{ seg} = 2.02 \text{ m/s}$$

$$V_{0x} = V \cdot \cos 45^\circ = 2.42 \text{ m/s} \cdot 0.707 = \mathbf{1.71 \text{ m/s}}$$

$$V_{0y} = V \cdot \sin 45^\circ = 2.42 \text{ m/s} \cdot 0.707 = \mathbf{1.71 \text{ m/s}}$$

- Acceleració (a): 9.66 m/s^2

L'acceleració la trobem a partir del vector de posició i el temps que tarda la bola en arribar a terra, ens el dóna el programa Sadex i el trobem amb la diferència del temps t_3 menys el valor mig de t_1 i t_2 , perquè la bola comença a caure en el seu centre de gravetat.

$$t_3 = 0.972 \text{ seg}$$

$$t_1 = 0.649 \text{ seg}$$

$$t_2 = 0.659 \text{ seg}$$

$t \Rightarrow$ temps que la bola tarda en arribar al terra

$$t = t_3 - [(t_1 + t_2) / 2] = 0.972 \text{ seg} - [(0.649 \text{ seg} + 0.659 \text{ seg}) / 2] = \mathbf{0.318 \text{ seg}}$$

$$\vec{r} = (V_{0x} \cdot t) \vec{i} + (y_0 + V_{0y} \cdot t + a \cdot t^2 / 2) \vec{j}$$

$$V_{0x} = 1.43 \text{ m/s}$$

$$y_0 = 0.000 \text{ m}$$

$$V_{0y} = 1.43 \text{ m/s}$$

$$t = 0.318 \text{ seg}$$

$$y = y_0 + V_{0y} \cdot t + a \cdot t^2 / 2 \quad ; \quad y_{\text{màn}} = 0.943$$

$$a = (y + V_{0y} \cdot t) \cdot 2 / t^2 = (0.943 - 1.71 \cdot 0.318) \cdot 2 / (0.318)^2 = 7.90 \text{ m/s}^2$$

$$\text{Error relatiu} = (a_{\text{teòrica}} - a_{\text{experimental}}) / a_{\text{teòrica}} \cdot 100 =$$

$$(9.81 \text{ m/s}^2 - 7.90 \text{ m/s}^2) / 9.81 \text{ m/s}^2 \cdot 100 = \mathbf{19.5\%}$$

- Abast teòric ($x_{\text{teòric}}$): **0.732 m**

L'abast teòric el trobem a partir del temps que hem calculat abans i a partir del vector de posició, substituïm el temps per $t = 0.318$ seg i calculem l'abast màxim.

$$\vec{r} = (V_{ox} \cdot t) \vec{i} + (y_o + V_{oy} + a \cdot t^2 / 2) \vec{j}$$

$$t = 0.318 \text{ seg}$$

$$V_{ox} = 1.71 \text{ m/s}$$

$$x = V_{ox} \cdot t = 1.71 \text{ m/s} \cdot 0.318 \text{ seg} = 0.545 \text{ m}$$

- Abast experimental: **0.582 m**
- Error relatiu entre l'abast experimental i el teòric: **6.36%**

$$\text{Error relatiu} = (x_{\text{teòrica}} - x_{\text{experimental}}) / x_{\text{teòrica}} \cdot 100 =$$

$$(0.582 \text{ m} - 0.545 \text{ m}) / 0.582 \text{ m} \cdot 100 = \mathbf{6.36\%}$$

- Equació de la trajectòria: **$y = 0.938 + x + 1.35 x^2$**

A partir del vector de la posició, igualem les components x i y i trobem que:

$$y = y_o + \text{tg } \alpha x + [a / (2 \cdot V_o^2 \cdot \cos^2 \alpha)] x^2$$

$$y_o = 0.938 \text{ m}$$

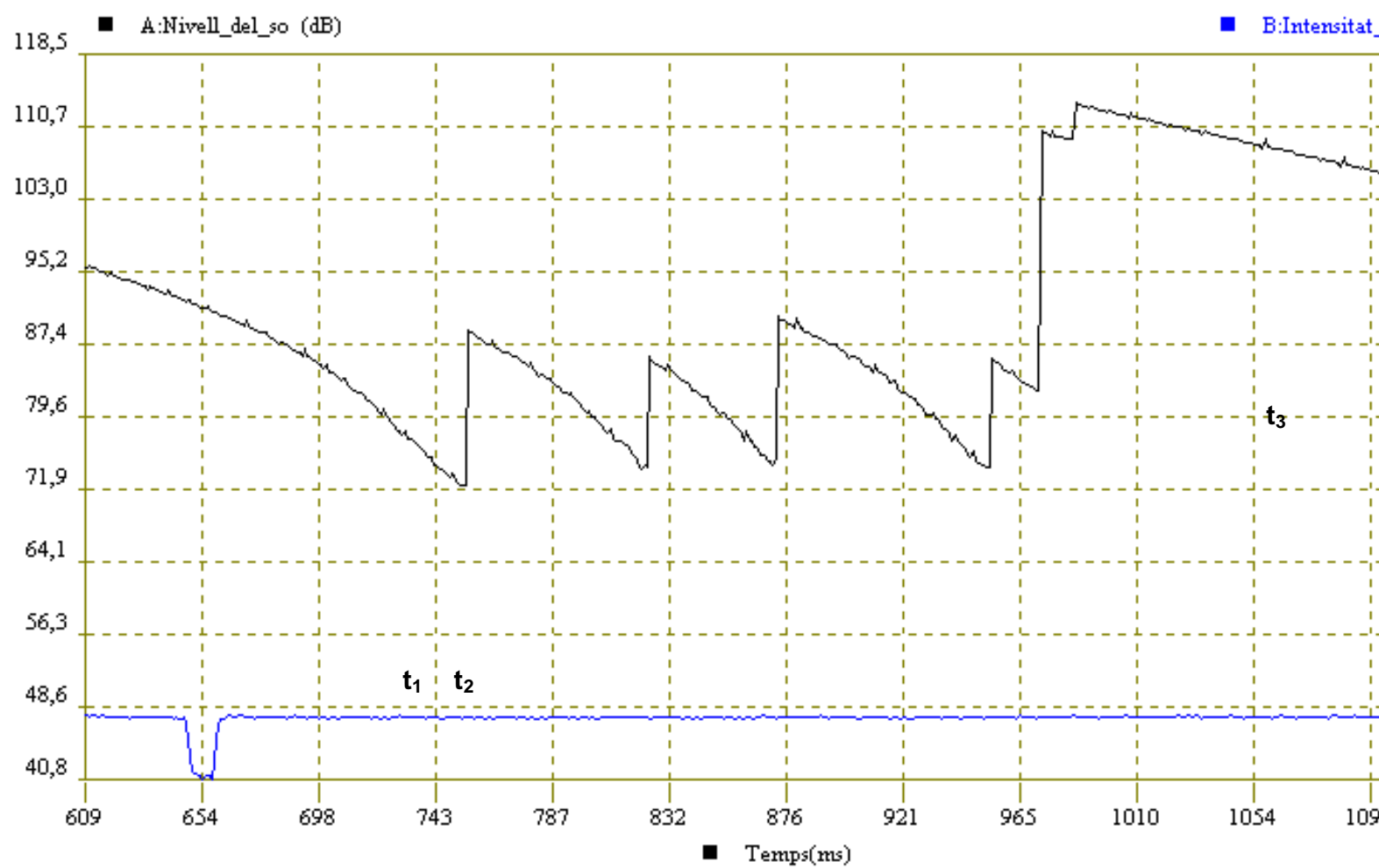
$$a = 7.90 \text{ m/s}^2$$

$$V_o = 2.42 \text{ m/s}$$

$$y = 0.938 \text{ m} + \text{tg } 45^\circ x + (7.90 \text{ m/s}^2 / 2 \cdot 2.42^2 \text{ m/s}^2 \cdot \cos^2 45^\circ) x^2 =$$

$$0.938 + x + 1.35 x^2$$

$$\mathbf{y = 0.938 + x + 1.35 x^2}$$



7.

CONCLUSIONS

A partir de l'anàlisi dels resultats obtinguts, estem en condicions d'afirmar:

1. El programa Sadex permet l'estudi de moviments reals amb la finalitat de tenir un contacte més directe i autèntic amb la ciència.
2. El programa informàtic Itera, permet de calcular satisfactòriament a partir del temps, les velocitats inicials i l'abast màxim de moviments parabòlics.
3. Segons els resultats obtinguts, ens adonem que l'abast experimental no coincideix amb l'abast teòric en cap dels dos tirs. Per aquesta raó podem afirmar que la nostra hipòtesi inicial "A partir de les dades que trobem experimentalment, els càlculs teòrics de l'abast màxim no coincideixen amb els càlculs pràctics, a causa d'errors personals i instrumentals." és vàlida. Això es degut a una sèrie de discrepàncies:
 - Errors de mètode: suposar com a correctes les aproximacions realitzades en la determinació.
 - Errors instrumentals: No tots els instruments utilitzats per mesurar les dades obtingudes tenen la mateixa precisió i sensibilitat.
 - Errors personal: sempre pretens evitar els teus errors personals, no obstant això, sempre en fas algun de petit, perquè si no, no seríem humans.
4. Els resultats de la investigació és poden millorar considerablement repetint l'experiment més vegades, d'aquesta manera agafaríem més mesures i aconseguiríem més fiabilitat en els nostres resultats.

5. BIBLIOGRAFIA

LLIBRES:

FÍSICA, A. Cañas, N. Romo i E. Lowy
Editorial Cruïlla. Barcelona, 1996

FÍSICA, Salvador Serra, Joan Mercadé i Montserrat Armengol
Editorial Mc Graw Hill. Madrid, 1999.

