

# **CÀLCUL DEL COEFICIENT DE FRICCIÓ D'UNA SABATILLA ESPORTIVA AMB EL TERRA**

**Marina Calucho Palma  
Professor: Anicet Cosialls  
Física 2n de Batxillerat**

**Gener del 2004**

# ÍNDEX

1- Introducció	pag 3
2- Plantejament del problema	pag 4
3- Metodologia	pag 5
3.1- Coneixements previs	pag 5
3.1.1- Introducció a la dinàmica	pag 5
3.1.2- Manifestacions de dinàmica	pag 9
3.2- Disseny experimental	pag 12
3.2.1- Procediment	pag 12
3.2.2- Material i utilitatge	pag 18
4- Resultats obtinguts, anàlisi i discussió	pag 19
5- Conclusions	pag 25
6- Bibliografia	pag 27

# 1- INTRODUCCIÓ

*Abstract: In this assignment I will analyse the trajectory of a trainer on the floor, and I will study this phenomenon.*

*Curve Expert is a programme that is very useful If I want to realise this study.*

*Firstly, I will outline some questions to solve, then, I will explain this movement and finally I will solve the problems.*

Hem de saber que tots els aspectes d'aquesta vida tenen molt a veure amb la física del que molta gent (podríem dir que gairebé tothom) es pensa. En certa manera un dels propòsits d'aquest treball és demostrar-ho.

Tal i com diu el títol, el que pretenem és estudiar el coeficient de fricció dinàmic d'una sabatilla esportiva amb el terra. Així a primer cop d'ull, sembla un treball una mica peculiar si mes no, però realment no ho és tan, ja que és més quotidià del que molta gent es pensa. Per exemple, ens hem parat mai a pensar perquè quan xutem una pilota sobre una superfície llisa (imaginant que no hi ha cap obstacle) es para? Si ens ho mirem bé, no s'hauria de parar. Doncs bé, aquí és quan entra en joc la força de fregament. Més endavant explicarem millor en que consisteix.

També planteja un dubte el com resoldre aquest problema. En aquest treball hi trobarem resposta a aquest i altres.

## 2- PLANTEJAMENT DEL PROBLEMA

L'objectiu principal d'aquest treball és l'estudi del coeficient i la força de fregament d'una sabatilla esportiva amb el terra, que encara que no ho sembli, ja dona molt per estudiar.

En aquest cas estudiarem una sabatilla des de que es xutada fins que es para. Per a poder realitzar-ho, cal que prèviament ens haguem formulat una sèrie de preguntes i finalment poder arribar a una sèrie de conclusions. Els dubtes plantejats són els següents:

- ❏ Com podem calcular el coeficient de fregament mitjançant procediments i càlculs cinemàtics?
- ❏ Com podem calcular el coeficient de fregament mitjançant procediments dinàmics?
- ❏ Com podem calcular la força de fregament mitjançant procediments i càlculs cinemàtics?
- ❏ Com podem calcular la força de fregament mitjançant procediments dinàmics?
- ❏ Coincideixen els resultats del coeficient de fregament tan si es fa amb càlculs cinemàtics com dinàmics?
- ❏ Coincideixen els resultats de la força de fregament tan si es fa amb càlculs cinemàtics com dinàmics?

Tot seguit, podem començar a estudiar tots aquests dubtes.

## 3- METODOLOGIA

### 3.1- CONEIXEMENTS PREVIS

#### 3.1.1- Introducció a la dinàmica

Entenem com **dinàmica** aquella part de la física que investiga les causes que originen el moviment.

Quotidianament podem comprovar que el moviment d'un cos és el resultat de les interaccions d'aquest amb altres cossos del seu entorn. Llavors, introduïm el concepte de **força**, que és tota causa que és capaç d'alterar l'estat de moviment d'un cos.

Per entendre millor les forces que actuen sobre els cossos és convenient fer un petit repàs sobre les lleis de Newton.

**1a llei: Principi d'inèrcia:** Un cos roman en el seu estat de repòs o de moviment rectilini uniforme, excepte si se l'obliga a alterar aquest estat mitjançant forces que actuen sobre ell.

**2a llei: Principi fonamental de la dinàmica:** L'acceleració d'un cos (variació de la velocitat) és proporcional a la força neta que actua sobre aquest cos, i es realitza en la direcció que actua la força. La constant de proporcionalitat entre la força i l'acceleració és la massa del cos.

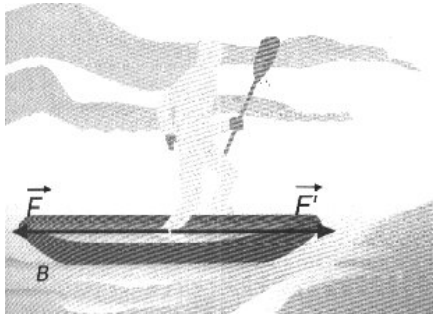
Es resumeix en la fórmula següent:

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

La unitat de força en el Sistema Internacional és el Newton (N), que és aquella força que cal fer sobre un cos d'1 Kg per a que adquireixi una acceleració d'1 m/s<sup>2</sup>.

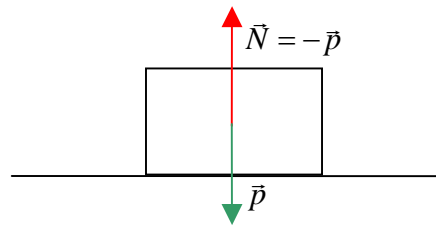
Per a mesurar forces s'utilitzen els **dinamòmetres**, que més endavant explicarem que són.

**3a llei: Principi d'acció- reacció:** Quan un cos exerceix una força sobre un altre, aquest últim n'efectua una altra que té el mateix mòdul i la mateixa direcció, però sentit contrari. A la primera se l'anomena **acció** i a la segona **reacció**.



En aquesta figura, per exemple, podem observar que aquest senyor, per a saltar cap a la riba, impulsa la piragua i fa una força (acció), i aquesta en fa una que impulsa el senyor cap a la riba (reacció).

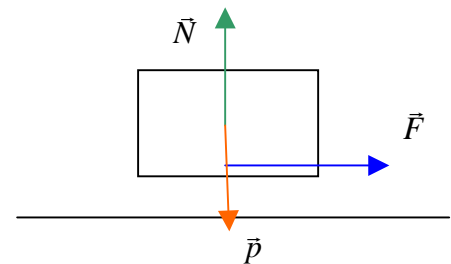
Vegem ara les forces que actuen sobre un cos en diferents situacions.



En aquesta imatge podem observar un cos en repòs sobre una superfície plana. Quan hi ha dos cossos en contacte apareix una força entre ells dos: la **força normal** ( $\vec{N}$ ), que l'efectua la superfície sobre la caixa. Aquesta força és perpendicular a la superfície sobre la qual actua.

Evidentment, també hi actua el **pes** ( $\vec{p}$ ), que actua oposadament. Aquest parell no es consideren d'acció- reacció perquè actuen sobre el mateix cos.

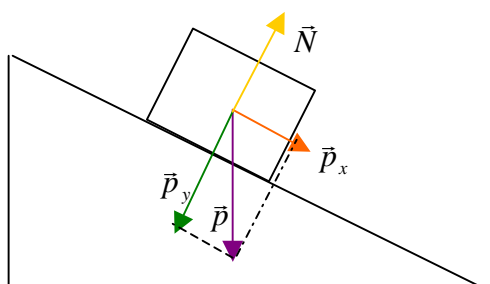
Aquesta il·lustració es diferencia de l'altra per que s'hi efectua una força horitzontal paral·lela al



pla. La força  $\vec{F}$  coincideix amb la força neta.

Es compleix que

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a}$$



En aquesta altra es tracta d'un pla

inclinat.

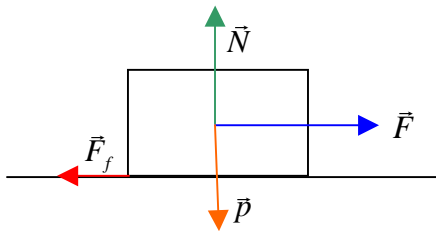
La normal és perpendicular a la superfície, però no es contraresta amb el pes. Llavors, aquest es podem descompondre en  $\bar{p}_x$  (pes tangencial, paral·lel a l'eix X) i en  $\bar{p}_y$  (pes normal, perpendicular a l'eix X). Podem afirmar que:

$$p_x = p \cdot \sin \alpha$$

$$p_y = p \cos \alpha$$

$$N = p_y$$

Podem observar que per a qualsevol càlcul d'aquests és necessari conèixer l'angle. A la figura d'aquí damunt, veiem que l'angle que forma el pla inclinat amb la horitzontal sempre és el mateix que el que formen  $\bar{p}$  amb  $\bar{p}_y$ .



Tan en el segon com en el tercer cas pot aparèixer una nova força, a la que anomenarem **força de fregament**, com en la imatge següent:

Quan dos cossos estan en contacte i un d'ells es mou sobre l'altre és quan apareix aquesta força que es que fa és oposar-se al moviment. Apareix perquè les superfícies no són perfectament llises i tenen rugositats.

Quan el cos està en repòs existeix la força de fregament estàtic ( $\bar{F}_{fe}$ ), que s'oposa a qualsevol tendència del cos a moure's. La constant de proporcionalitat s'anomena **coeficient de fregament estàtic** ( $\mu_e$ ).

$$F_{fe} = \mu_e \cdot N$$

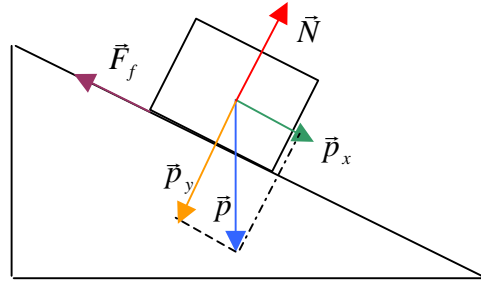
Quan el cos està en moviment, hi ha una força que s'hi oposa, la força de fregament dinàmic. La constant de proporcionalitat s'anomena **coeficient de fregament dinàmic** ( $\mu_d$ )

$$F_{fd} = \mu_d \cdot N$$

Aquesta força de fregament

també apareix en cossos que

es mouen per un pla inclinat



Hi ha una altra força que també anomenarem encara que en aquest treball no la farem servir, però considerem que és bo fer-ne una petita introducció: la **tensió**.

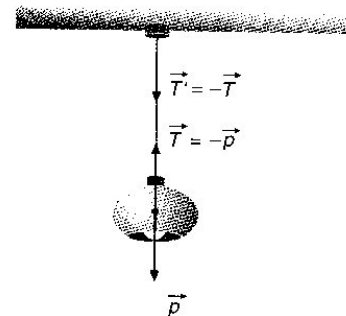
La tensió ( $\vec{T}$ ) és una força que apareix entre dos cossos quan aquests estan lligats, de manera que si fem força en un d'ells, l'efecte també es transmet a l'altre mitjançant un lligam, com ara un cable, una corda...

Posarem com a exemple el dibuix següent:

Podem veure que el sostre i el llum són un parell d'acció reacció.

Per una banda, la força  $\vec{T}$  que el sostre fa sobre el llum a través de la corda.

Per l'altra banda, la força  $\vec{T}'$  que el llum fa sobre el sostre.



Per tant, les forces que hi actuen són  $\vec{T}$  i  $\vec{p}$ , essent:

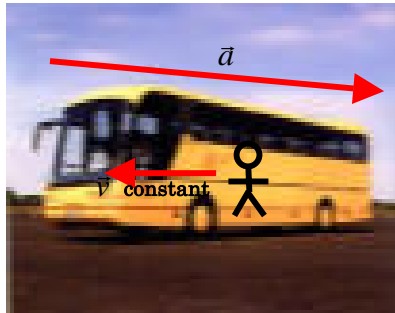
$$\vec{T} = -\vec{p}$$



### 3.1.2- Manifestacions de dinàmica

Totes els casos anteriors relacionats amb la dinàmica es poden manifestar a la vida real i quotidiana. Vegem-ne uns quants exemples:

#### 1a llei de Newton: Principi d'inèrcia



Suposem que a dins d'aquest autobús hi ha un home. La pregunta és, per què quan l'autobús frena (l'acceleració va en sentit contrari) l'home tindrà tendència a tirar endavant? La resposta té a veure amb el principi de la inèrcia. Si seguim aquest principi, sobre aquest home no hi actua cap força, per tant quan l'autobús frena, l'home té tendència a continuar a la mateixa velocitat a la que anava, per això es impulsat cap endavant.

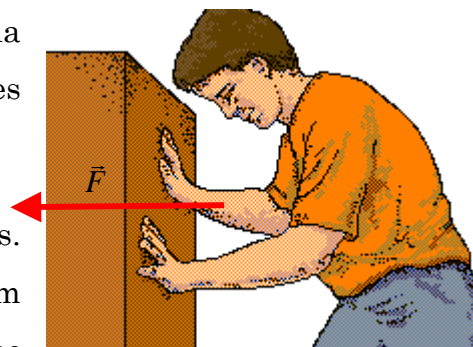
#### 2a llei de Newton: Principi fonamental de la dinàmica

En aquesta segona llei s'ha de complir que

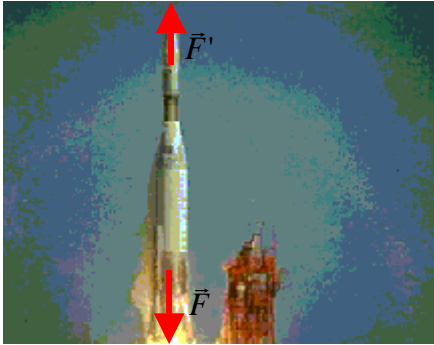
$$\sum \vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

Un bon exemple pot ser quan una persona empeny un bloc. Ja hem dit que per a que es compleixi la 2a llei de Newton,  $\sum \vec{F} = m \cdot \vec{a}$ .

En aquest cas  $\vec{F}$  és tot el sumatori de forces. El valor d'aquesta serà el que li vulguem donar i l'haurem d'igualar a la massa de bloc i l'acceleració que adquirirà aquest.



### 3a llei de Newton: Principi d'acció- reacció

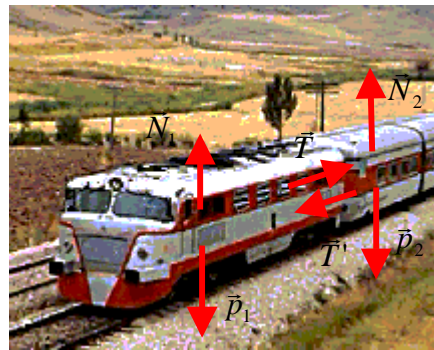


En aquesta imatge podem observar l'enlairament d'un coet. És tracta de la demostració de la 3a llei de Newton. En aquest cas, el terra i el coet exerceixen aquest parell de forces.

$\vec{F}$ , representa la força d'acció que fa sobre l'aire el coet, mentre que  $\vec{F}'$  és la força de reacció que fa sobre el coet l'aire.

### La tensió

Per posar un exemple on actuï la tensió, vegem aquest tren:



Com que en el dibuix no es veu massa bé, imaginem que veiem un lligam entre la màquina i el primer vagó. Entre aquestes existeix una força de tensió.

A més, tenim representades les altres forces que també hi actuen.

### La força de fregament



Aquí veiem, per exemple, un partit de futbol. Si el jugador que té la pilota la deixés córrer sense parar-la, aquesta pararia gràcies a la força de fregament que hi ha entre la pilota i el terra.

Podem veure que fins i tot quan caminem existeix aquesta força entre les nostres sabates i la superfície sobre la qual caminem.



## 3.2- DISSENY EXPERIMENTAL

### 3.2.1- Procediment

Per a poder calcular el coeficient de fregament d'una sabatilla esportiva amb el terra, haurem de dur a terme aquest procediment.

- Vam fer grups d'unes quatre persones i ens vam col·locar en el passadís del 1r pis de l'escola per efectuar els llançaments a la sabatilla esportiva. (En el nostre cas cal tenir en compte que les dades que ens van donar a l'escola no eren del tot correctes, i vam tenir que repetir el procediment a casa de la Laura, per això el coeficient ens dona diferent, perquè el fregament amb el terra també és diferent)
- Com que nosaltres érem quatre, vam distribuir les tasques següents: efectuar els xuts, cronometrar el temps, calcular els metres i apuntar les dades obtingudes en un full. La taula era la següent:

x (m)	t (s)	2x (m)	t <sup>2</sup> (s <sup>2</sup> )

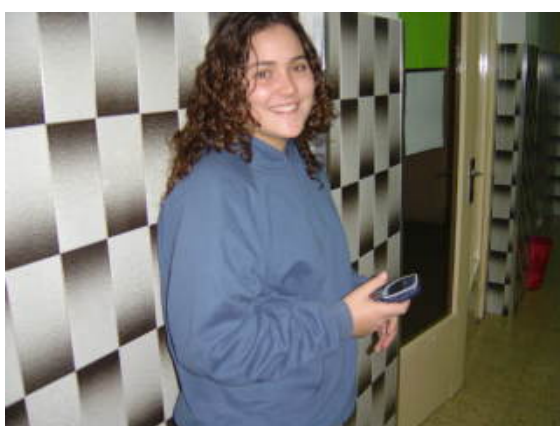
Més endavant explicarem perquè s'ha d'elevat el temps al quadrat i multiplicar l'espai per dos.

- En aquestes fotografies podem observar les diferents tasques dutes a terme i les posteriors discussions entre les membres del grup.



Aquí veiem la distribució de les diferents tasques: mentre la Laura cronometrava la Carme apuntava les dades, la Mireia xutava i jo estava preparada per mesurar la distància recorreguda per la sabatilla.

Les tasques les anàvem intercanviant. En aquesta fotografia vaig ser jo qui va efectuar el xut corresponent.



Mentrestant, la Laura s'anava preparant per a cronometrar el temps que tardava la sabatilla en parar-se.

En aquestes dues fotografies següents ens veiem les membres del grup discutint els assumptes relacionats amb el treball. En aquesta primera estàvem repassant les dades que havia apuntat la Carmen. En la segona, li dictàvem a la Mireia les dades perquè calculés la  $2x$  i el  $t^2$ .

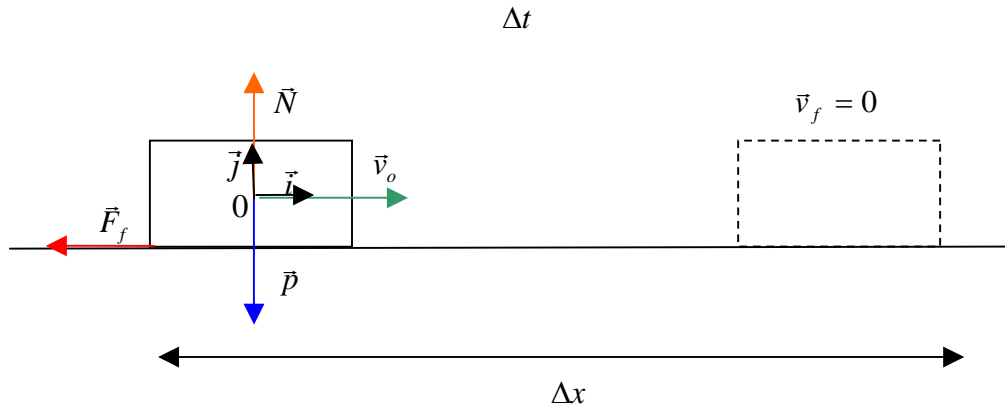


Tot seguit explicarem el que hem fet per a calcular els resultats numèricament.

### 🔗 Com calcular $\mu$ mitjançant procediments i càlculs cinemàtics

Primerament mostrarem una il·lustració del moviment:

Sist. referència  $(\vec{0}, \vec{i}, \vec{j})$



Hem de tenir en compte que:

- La sabatilla està sotmesa a una força de fricció constant.
- El moviment de la sabatilla serà uniformement desaccelerat.

Les equacions que haurem d'emprar seran les següents:

$$\vec{x} = (x_o + v_o t - \frac{at^2}{2})\vec{i}$$

$$\vec{v} = \frac{d\vec{x}}{dt} = (v_o - at)\vec{i}$$

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = -a\vec{i}$$

Ara igualem la primera i la segona equació, es a dir, la de la velocitat i la de l'espai:

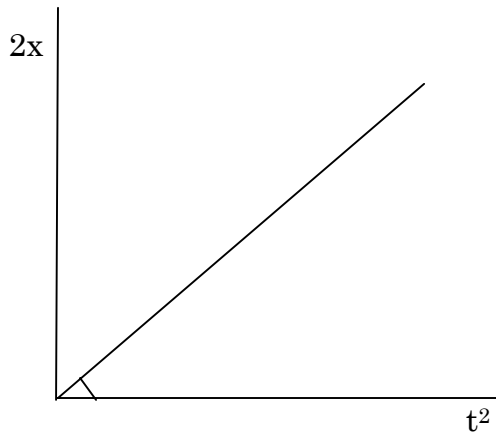
$$\left. \begin{array}{l} x = x_o + v_o t - \frac{at^2}{2} \\ v = v_o - at \end{array} \right\} \Rightarrow$$

$$a = \frac{v_o - v}{t} = \frac{v_o}{t} \quad \curvearrowright \quad x = v_o t - \left(\frac{v_o}{t}\right) \frac{t^2}{2} \quad \curvearrowright \quad x = v_o t - \frac{v_o t}{2} = \frac{v_o t}{2} \quad \Downarrow$$

$$F_f = \mu \cdot N = \mu \cdot m \cdot g = m \cdot a \quad \mu \cdot g = a \quad 2x = at^2 \quad v_o = at$$

$$x = at^2 - \frac{at^2}{2} = \frac{at^2}{2} \quad 2x = at^2$$

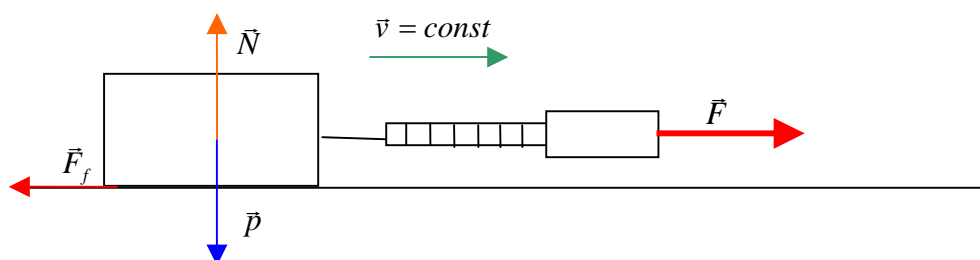
Tenint en compte que l'equació d'una recta és  $y = az$ , (en que  $a$  és la pendent) i que  $y=2x$  i  $z=at^2$ , la representació gràfica ha de quedar una recta.



Una altra manera de calcular l'acceleració és calculant la tangent de l'angle format.

### ☞ Com calcular $\mu$ mitjançant procediments dinàmics

Una altra manera de calcular el coeficient de fregament és mitjançant un **dinamòmetre**. Un dinamòmetre és un aparell que funciona mitjançant una molla quan se li aplica una força. Depenent de com es faci servir es pot mesurar la força o el pes.



Segons la il·lustració es compleix que:

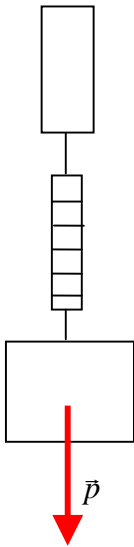
$$\sum \vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

$$F - F_f = m \cdot a = 0$$

$$F = F_f = \mu \cdot N = \mu \cdot m \cdot g$$

$$\mu = \frac{F}{mg} = \frac{F}{p}$$

Per a calcular el pes del cos (en aquest cas de la sabatilla esportiva) es col·loca el dinamòmetre de forma vertical per a que l'indiqui.



☞ Com calcular la força de fregament mitjançant procediments i càlculs cinemàtics.

Per a calcular la  $F_f$  únicament cal aplicar la fórmula que ja sabem:

$$F_f = \mu \cdot N$$

I sabent que  $N=p$ , ja es pot substituir.

☞ Com calcular la força de fregament mitjançant procediments dinàmics

Únicament cal mirar el que indica el dinamòmetre quan l'enganxem a la sabatilla esportiva i l'arrosseguem per terra (il·lustració pàgina 22).



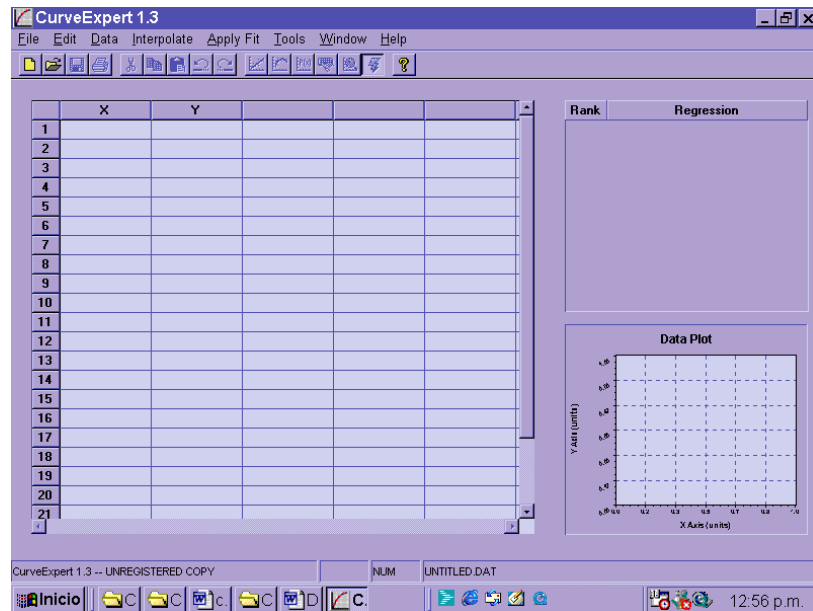
Per a poder realitzar aquest treball s'ha de fer servir un programa que ja vam veure anteriorment, el *Curve Expert*. Amb aquest programa podrem representar les gràfiques resultants amb una major precisió. Tot seguit recordem els passos a seguir per fer servir el programa.

- ✓ Insertem el disc que conté el programa i entrar a la carpeta de Mi PC.
- ✓ Cliquem a la unitat (E:)
- ✓ Entrem a la carpeta Curve Expert i cliquem *Setup* per instal·lar.

- ✓ Seguim els passos indicats i entrem a la icona



La pantalla que ens trobarem és la següent

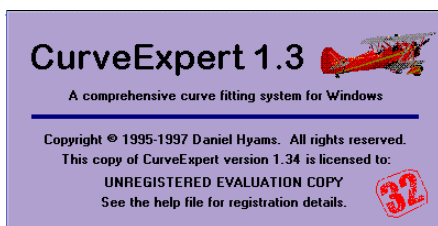


Aquí és on haurem de col·locar les dades que ens donin una vegada haguem efectuat els xuts a la sabatilla.

### 3.2.2- Material i utilitatge

Per a poder realitzar aquest treball han estat necessaris diferents programes i estris. Són els següents:

- ✓ Curve Expert: L'hem fet servir per a representar les gràfiques obtingudes.
- ✓ Microsoft Word: Programa essencial per a realitzar el treball, es a dir, resoldre els problemes i presentar les conclusions.
- ✓ Microsoft Excel: Un cop tenim la taula de dades feta a mà, es passen a l'Excel i seguidament, amb l'opció "Pegar" passar-ho al Curve Expert.
- ✓ Microsoft Office: Programa indispensable per a poder utilitzar l'editor d'equacions i resoldre els problemes.



### **Material i estris**

- ✓ Una sabatilla esportiva per a realitzar els xuts.
- ✓ Un passadís suficientment llarg.
- ✓ Un cronòmetre per a calcular el temps (o un mòbil amb aquesta opció).
- ✓ Un dinamòmetre per a fer els càlculs dinàmics.
- ✓ Una cinta mètrica per mesurar l'espai.

## 4- RESULTATS OBTINGUTS, ANÀLISI I DISCUSSIÓ

Abans de resoldre els problemes, vegem la taula de dades resultant d'haver efectuat 21 xuts a una sabatilla esportiva.

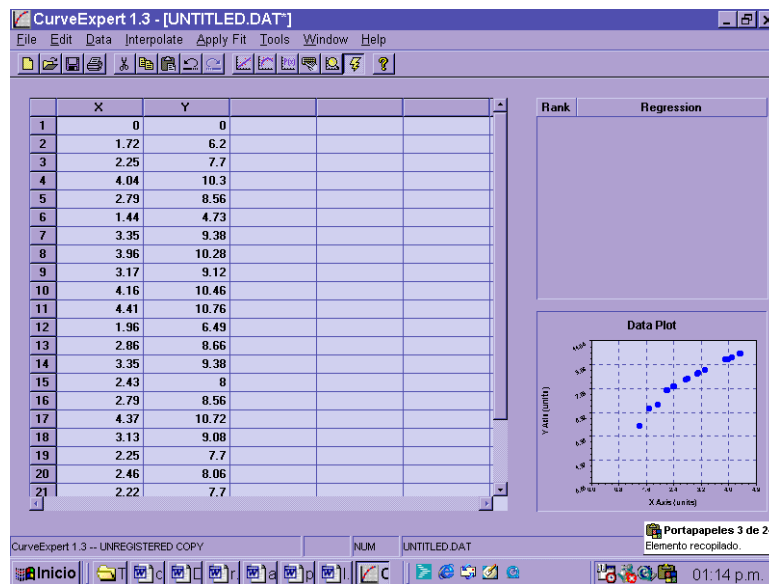
x (m)	t (s)	2x (m)	t <sup>2</sup> (s <sup>2</sup> )
0	0	0	0
3.1	1.31	6.2	1.72
3.85	1.5	7.7	2.25
5.15	2.01	10.3	4.04
4.28	1.67	8.56	2.79
2.37	1.2	4.73	1.44
4.69	1.83	9.38	3.35
5.14	1.99	10.28	3.96
4.56	1.78	9.12	3.17
5.23	2.04	10.46	4.16
5.38	2.1	10.76	4.41
3.25	1.4	6.49	1.96
4.33	1.69	8.66	2.86
4.69	1.83	9.38	3.35
4	1.56	8	2.43
4.28	1.67	8.56	2.79
5.36	2.09	10.72	4.37
4.54	1.77	9.08	3.13
3.85	1.5	7.7	2.25
4.03	1.57	8.06	2.46
3.85	1.49	7.7	2.22

Nosaltres vam calcular l'espai i el temps, i quan teníem les dades, vam multiplicar l'espai per 2 i vam elevar el temps al quadrat.


Cal recordar que aquestes dades no van sortir de l'escola, que vam efectuar els llançaments en un terra diferent. Vam calcular el temps amb el cronòmetre i l'espai el vam mesurar amb una cinta mètrica.

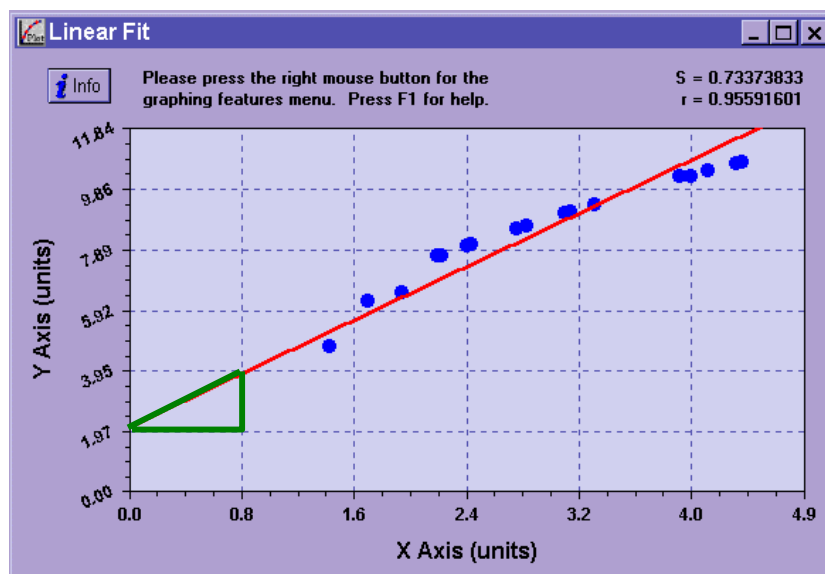
Una vegada vam tenir la taula definitiva, vam passar les dades al Curve Expert per a poder realitzar la gràfica corresponent al moviment. Hem de

col·locar el temps a l'eix de les X i l'espai a l'eix de les Y. Llavors, a la pantalla de l'ordinador podem veure la següent imatge:

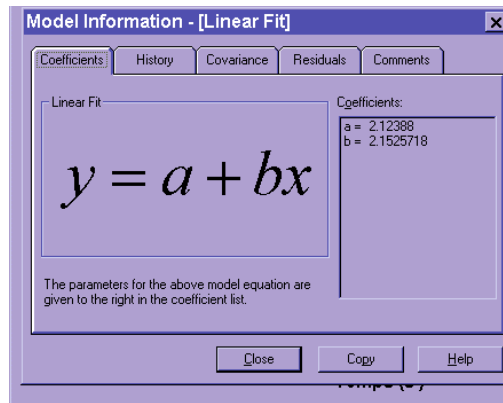


Aquests punts que apareixen a la part inferior dreta de la pantalla són els que s'han d'ajustar a una recta.

Si pitgem la icona  ens apareixerà la gràfica, que tal i com podem comprovar, és perfectament vàlida.



Al ser una línia recta, evidentment la seva equació serà la següent:



Amb tota aquesta informació, podem començar a resoldre els problemes.

☞ Com podem calcular el coeficient de fregament mitjançant procediments i càlculs cinemàtics?

Ja hem vist en l'apartat de "Procediment" que la fórmula que en resulta de les tres bàsiques és  $\mu = \frac{a}{g}$ . El primer que hem de fer és calcular

l'acceleració de la sabatilla per saber el coeficient.

Hem vist també que  $2x = at^2$ . Per a calcular l'acceleració és la que hem de fer servir.

Què cal fer:

☞ Fer la mitjana aritmètica de  $2x$  i de  $t^2$ . Per això, sumem totes les dades de la columna de  $2x$  i les dividim entre 21, que és el nombre total de dades. Amb  $t^2$  fem exactament el mateix.

☞ Sumant les dades de l'espai surt **171.84m**. Ho dividim entre 21 i ens surt l'espai: **8.18m**. aprox. Sumant les dades del temps surt: **59.11s**. Ho dividim entre 21 i dona el temps: **2.81s**. aprox.

☞ Aquestes dues dades les passem a l'equació anterior:

$$2x = at^2 \quad \curvearrowright \quad 8.18 = a \cdot 2.81 \quad \curvearrowright \quad a = \frac{8.18}{2.81} \quad \curvearrowright \quad \boxed{a = 2.92 \text{ m/s}^2}$$

Amb el triangle dibuixat (pag 20) podem calcular l'acceleració a través del gràfic, amb la pendent (que més o menys donarà el mateix):

$$a = \frac{3.95 - 1.97}{0.8 - 0} = \boxed{a = 2.5 \text{ m/s}^2}$$

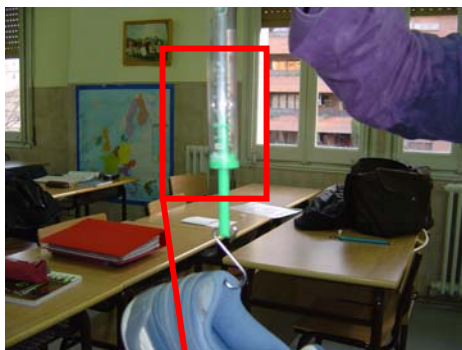
Com que ja tenim l'acceleració podem passar a la fórmula per calcular  $\mu$ .

$$\mu = \frac{a}{g} \quad \mu = \frac{2.92}{9.8} \quad \boxed{\mu = 0.3}$$

🔗 Com podem calcular el coeficient de fregament mitjançant procediments dinàmics?

Per calcular  $\mu$  amb procediments dinàmics només cal col·locar la sabatilla esportiva enganxada al dinamòmetre i arrossegar-la per terra. Si ho fem, podem comprovar que el dinamòmetre marcarà la força. Aquesta és **1.35 N**.

La fórmula que hem d'utilitzar és la següent:  $\mu = \frac{F}{mg}$ . Sabem que  $mg$  és el pes, i aquest el podem calcular també amb el dinamòmetre, com hem dit abans, col·locant-lo de forma vertical, com en la fotografia.



Encara que en la imatge no es vegi massa bé, vam comprovar que el pes de la sabatilla és **4 N**.

Ara, a partir de la fórmula  $\mu = \frac{F}{mg}$  i les dades que tenim, podem substituir:

$$\mu = \frac{1.35}{4} \quad \curvearrowright \quad \boxed{\mu = 0.3}$$

❧ Com podem calcular la força de fregament mitjançant procediments i càlculs cinemàtics?

Per a fer-ho, només cal aplicar la fórmula que ja sabem:  $F_f = \mu \cdot N = \mu \cdot P$   $\curvearrowright$

$$F_f = 0.3 \cdot 4 \quad \curvearrowright \quad \boxed{F_f = 1.2 \text{ N}}$$

❧ Com podem calcular la força de fregament mitjançant procediments dinàmics?

Com ja hem dit, només cal enganxar la sabatilla esportiva al dinamòmetre i anar-lo arrossegant per terra.

$$\boxed{F_f = 1.35 \text{ N}}$$



D'aquesta manera podem calcular la força mitjançant el procediment dinàmic.

**Q** Coincideixen els resultats del coeficient de fregament tan si es fa amb càlculs cinemàtics com dinàmics?

Hem pogut comprovar que sí, ja que hem vist que tan si ho fem amb les dades obtingudes amb els xuts com amb la fórmula i el dinamòmetre.

**Q** Coincideixen els resultats de la força de fregament tan si es fa amb càlculs cinemàtics com dinàmics?

Hem pogut veure que aproximadament també, tan si es fa amb la fórmula que conté la  $\mu$  i la  $N$  com si es fa amb el dinamòmetre.

Si els càlculs que hem fet són correctes, ha de coincidir sempre, independentment de la manera que es faci.



## 5- CONCLUSIONS

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

- ☞ El coeficient de fregament mesurat amb procediments cinemàtics és **0.3**.
- ☞ El coeficient de fregament mesurat amb procediments dinàmics és **0.3**.
- ☞ La força de fregament mesurada amb procediments cinemàtics és aprox. d'**1.2 N**.
- ☞ La força de fregament mesurada amb procediments dinàmics és aprox. d'**1.2 N**.
- ☞ De qualsevol de les dues maneres realitzades, el coeficient de fricció coincideix.
- ☞ De qualsevol de les dues maneres realitzades, la força de fregament coincideix.

### ↯ Dificultats en el treball

No obstant, hi ha hagut una sèrie d'imprevistos que han fet que el treball s'alentís més del compte.

En primer lloc, i la causa més important de l'endarreriment ha estat que les dades que vam prendre a l'escola no ens van ser vàlides, i per tan, vam haver de repetir l'experiment a casa d'una altra persona, fet que ha provocat que els resultats variessin una mica respecte els altres companys.

En segon lloc i sense tanta importància perquè això passa en tots els treballs és que costa saber per on començar. Però una vegada està decidit, la marxa del treball continua en teoria sense obstacles.

Tot i aquestes dificultats, crec que hi ha hagut un avantatge molt important, ja que en aquest treball no ha calgut familiaritzar-se amb cap programa. En el treball anterior, el que va costar més, francament, va ser entendre bé del tot com funcionava el Vidshell. Ara en canvi, només calia utilitzar el Curve Expert, que no té, en principi, cap mena de dificultat.

## 6- BIBLIOGRAFIA

Per a dur a terme aquest treball hem utilitzat diferents programes. Són els següents:

- ✓ Microsoft Word
- ✓ Microsoft Excel
- ✓ Microsoft XP
- ✓ Microsoft Encarta 98
- ✓ Curve Expert
- ✓ Internet Explorer ([www.google.es](http://www.google.es))
- ✓ Llibres de física de 1r i 2n de Batxillerat
- ✓ Apunts personals de la matèria.