



LA FÍSICA DE LES JOGUINES

ABSTRACT:

This research essay consists on trying to explain wich physics phenomens are present in the movement of some toys. So, in fact, this essay pretends to be a diferent tool of learning physics by a diferend way as we're used to learn.

ÍNDIX

1.-INTRODUCCIÓ.....	5
2.- OBJECTIUS	7
3.-L'ÚS DE LES JOGUINES AL LLARG DE LA HISTÓRIA	8
4.-CLASSIFICACIÓ DE LES JOGUINES	10
5.- EXPLICACIÓ DEL FUNCIONAMENT I DELS PRINCIPIS BÀSICS QUE REGEIXEN CADA JOGUINA	11
5.1.-El camellet intel·ligent	11
5.1.1 Descripció de l'experiment.	11
5.1.2 Dibuix de l'experiment.....	12
5.1.3 Explicació del seu moviment.....	13
5.1.4 Estudi del moviment del camellet amb el MultiLab.	14
5.1.4.1 Prediccions i càlculs previs.....	14
5.1.4.2 Anàlisi del moviment amb MultiLab.	15
5.1.4.4 Anàlisi i discussió dels resultats.	21
5.2.-El radiòmetre, un molinet solar	23
5.2.1 Descripció de l'experiment	23
5.2.2 Dibuix de l'experiment.....	23
5.2.3 Explicació del seu funcionament.....	24
5.3.-La tassa indestructible	28
5.3.1 Descripció de l'experiment	28
5.3.2 Dibuix de l'experiment.....	28
5.4.-Cadiretes de fireta.....	31
5.4.1 Descripció de l'experiment.....	31
5.4.2 Dibuix de l'experiment.....	31
5.4.4 Anàlisi del moviment de les cadiretes.	35
5.4.4.1 Prediccions i càlculs previs.....	35
5.4.4.2 Estudi del moviment del cavallet amb el MultiLab.	36
5.4.5 Anàlisi i discussió dels resultats.....	41
5.5.-Les boles que reboten.	43
5.5.1 Descripció de l'experiment.	43

5.5.2 Dibuix de l'experiment.....	43
5.5.3 Explicació del seu funcionament.....	44
5.6.-El disc sense fregament.....	47
5.6.1 Descripció de l'experiment.....	47
5.6.2 Dibuix de l'experiment.....	47
5.6.3 Explicació del seu funcionament.....	48
5.6.4 Estudi del seu moviment amb MultiLab.	48
5.7.-La bola levitant.....	50
5.7.1 Descripció de l'experiment.....	50
5.7.2 Foto del joguet.....	50
5.7.3 Explicació del seu funcionament.....	51
5.8.-L'encenedor solar.	52
5.8.1 Descripció de l'experiment.....	52
5.8.2 Dibuix de l'experiment.....	52
5.8.3 Explicació del funcionament.....	53
5.9.-La paradoxa de Galileu.....	54
5.9.1 Descripció de l'experiment.....	54
5.9.2 Dibuix de l'experiment.....	54
5.9.3 Explicació del seu funcionament.....	55
5.10.-Com passar una pilota d'una copa a una altra sense agafar-la?	56
5.10.1 Descripció de l'experiment.....	56
5.10.2 Dibuix de l'experiment.....	56
5.10.3 Explicació del seu funcionament.....	57
5.11.-Detector d'enamorats.....	58
5.11.1 Descripció de l'experiment.....	58
5.11.2 Dibuix de l'experiment.....	58
5.11.3 Explicació del seu funcionament.....	59
5.12.-La llauna funambulista	60
5.12.1 Descripció de l'experiment.....	60
5.12.2 Dibuix de l'experiment.....	60
5.12.3 Explicació del seu funcionament.....	61
5.13.-"El pajarito bebedor"	62
5.13.1 Descripció de l'experiment.....	62

5.13.2 Foto del joguet	62
5.13.3 Explicació del seu funcionament.....	63
5.14.-El picot	65
5.14.1 Descripció de l'experiment.....	65
5.14.2 Dibuix de l'experiment.....	65
5.14.3 Explicació del seu funcionament.....	66
5.14.4 Anàlisi del moviment	66
6.-CONCLUSIONS.....	68
7.-BIBLIOGRAFIA	69
9.-ANNEXES	70
ANNEX 1	70

1.-INTRODUCCIÓ

La física no acostuma a ser una de les assignatures preferides entre els estudiants . Si bé, els que ens agrada aquest món no podem sentir més que passió i dedicació per aprendre i descobrir. La física és una ciència quotidiana, aplicable constantment a la nostra rutina i, baix el meu punt de vista, és això la que la fa una ciència preciosa. Aquesta ciència, com la majoria, té els seus pilars en l'observació i en l'experimentació per tal d'assolir nous coneixements. Aquest treball, presenta una part molt interessant d'aquesta observació: la física recreativa. Aquesta acostuma a agradar a joves i grans, científics i literaris etc. Ja que tal i com he explicat abans , és posen elements quotidians com a eina d'estudi. Per a ser més concrets, aquest treball tracta la física de les joguines, i pretén ser una guia on es mostrin algunes joguines i s'expliqui com funcionen a través de conceptes físics (mecànica, dinàmica, reflexió solar, màquines tèrmiques, lleis de Newton).

Per a realitzar el treball i poder explicar com funciona cada joguina correctament, no ha estat suficient la recerca d'informació: primer de tot s'ha buscat la informació, després he hagut d'entendre jo mateix com funcionava realment la joguina per a després poder realitzar l'explicació amb paraules pròpies ja que opino que d'aquesta forma és fa més entenedora l'explicació. És important veure aquest treball com una forma de catàleg, on consten diversos recursos per a l'ensenyament de la física a través de les joguines. Una altra part força important del treball resideix en el fet de classificar aquestes joguines en funció del aspecte físic que regeix el seu moviment.

Tot aquest treball crec que m'ha aportat a nivell acadèmic una gran quantitat de coneixements de física a part de la satisfacció de conèixer el veritable perquè del moviment de moltes joguines que havien i encara segueixen passant per les meves mans. Pel que fa a nivell personal, el treball m'ha ensenyat a esforçar-me i a ser constant, i crec que sobretot m'ha ensenyat a com s'ha d'organitzar un treball de caire científic.

Finalment recordar, simplement, que el treball té com a objectiu principal la divulgació d'una física divertida, quotidiana i molt interessant , la física recreativa, i que tot i no conèixer els mètodes per a realitzar aquesta divulgació, segueix sent tan l'objectiu principal del treball com el motiu principal pel qual jo em veig motivat a redactar-lo.

2.- OBJECTIUS

- Entendre els principis físics que estan implicats en el funcionament de les joguines
- Fer un catàleg de les joguines que tinguin conceptes físics en el seu funcionament classificant-les segons els diferents principis físics que les facin funcionar.
- Fer una divulgació (donar a conèixer) la física recreativa a través de les joguines.

3.-L'ÚS DE LES JOGUINES AL LLARG DE LA HISTÓRIA

Tal i com ho han fet les eines del camp, les edificacions o els mitjans de transport, les joguines han anat evolucionant al llarg del temps a mesura que ho feien també els coneixements de la humanitat. Les primeres joguines daten de fa més de 5 mil anys. Aquestes eren únicament ossos que els nens utilitzaven per jugar entre ells. Però la primera gran joguina que aparegué a l'edat mitja i que avui en dia (amb materials i processos de construcció totalment diferents) encara té un fort ressò fou la nina. Aquesta estava només a l'abast de les persones amb un alt nivell de renda degut al seu elevat cost de fabricació (un artesà les construïa a mà d'una en una).Poc a poc, la nina anà deixant de banda els teixits per a la seva fabricació i és començaren a utilitzar altres materials com el vidre o el ferro per a la seva construcció. Cap al segle XVI, les joguines és tornaren més complexes. UN exemple d'això fou la joguina creada per Da Vinci a

petició dels Medici com a regal per a Francesc primer de França, el qual havia de representar un símbol de la unió franco-italiana. Da Vinci creà un autòmat amb aspecte de lleó que al donar uns pocs passos

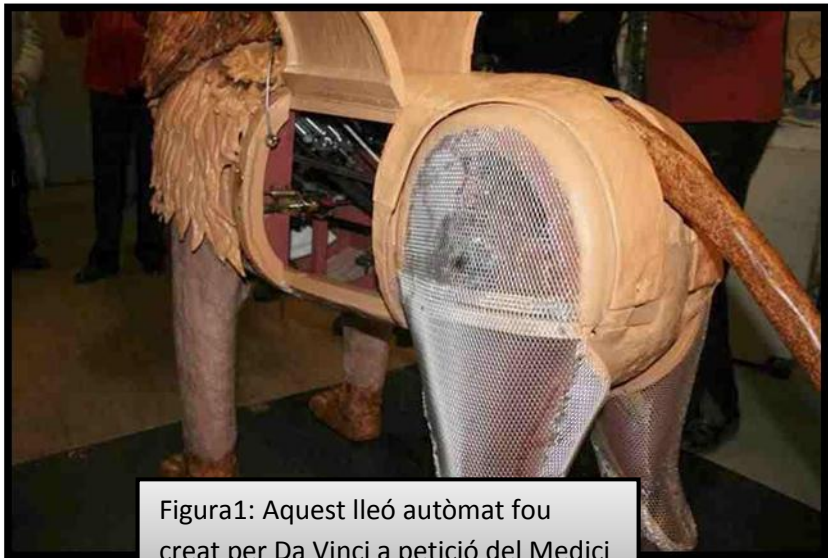


Figura1: Aquest lleó autòmat fou creat per Da Vinci a petició del Medici

se li obria la panxa i tirava flors.

Això,

per tant, suposava la implantació i l'aplicació dels coneixements tecnològics i científics de l'època en la construcció de les joguines, fet que provoca una enorme revolució a les joguines d'aquest tipus i a les que els donà un gran prestigi (molts nobles i reis presumien d'autòmats i tots volien tindre la joguina més sofisticada possible). També fou en el segle XVI quan és van popularitzar

els soldadets de plom, fabricats a Alemanya. A més, també en aquest període es va introduir la joguina com a model de dona, doncs fou en aquest període quan se la va començar a vestir de la mateixa manera que la seva propietària, a més de que es crearen les primeres cases de nines. D'aquesta manera la propietària podia crear una vida paral·lela a la seva amb la nina, cosa que suposà una forta revolució per aquesta. Així, podem dir que el segle XVI fou una autèntica revolució per a les joguines, i fou el "pare" de les joguines basades en la ciència i la tecnologia. De la mateixa manera que el segle XVI va ser un dels segles més importats per a les joguines, ho va ser també els segles XIX i XX. Durant aquests segles, amb l'aparició de les indústries, la màquina de vapor, l'electricitat, el plàstic..., les joguines van patir una enorme revolució al igual que la resta de la humanitat. Amb aquesta revolució, les joguines deixaven de ser només per a i esdevenien al mateix temps que més sofisticades, més accessibles per a la gent del poble que no disposava de grans recursos econòmics. Però en les últimes dècades gràcies als grans avenços de la tecnologia i la ciència, les joguines han arribat a un punt de sofisticació tal que no som conscients de la gran dificultat de disseny que comporta la utilització de la tecnologia dins del funcionament de les joguines.

En aquest treball ens concentrarem únicament en les joguines que basen el seu funcionament en principis físics variats. Aquest principis, de la mateixa manera que les joguines, van des de la simple aplicació directa de les lleis de Newton fins a la utilització de conceptes energètics.

4.-CLASSIFICACIÓ DE LES JOGUINES

NOM DE LA JOGUINA	PRINCPI QUE REGEIX EL SEU FUNCIONAMENT	NÚMERO DE JOGUINA
La llauna equilibrista	Centre de gravetat	13
Paradoxa de Galileu	Centre de gravetat	10
La tassa indestructible	Llei del pèndol.	3
Cadiretes de fireta	Lleis de Newton	4
Camellet	Lleis de Newton	1
Disc sense fregament	Lleis de Newton	7
Com passar una pilota d'una copa a una altra sense agafar-la?	Lleis de Newton	11
Detector d'enamorats	Màquina tèrmica	12
L'ocellet bevedor	Màquina tèrmica	14
La bola levitant	Principi de Bernoulli	8
Boles que reboten	Principi de conservació de l'energia	5
En picot	Principi de conservació de l'energia	15
Radiòmetre	Principi de conservació de la quantitat de moviment	2
Encenedor solar	Reflexió de la llum	9

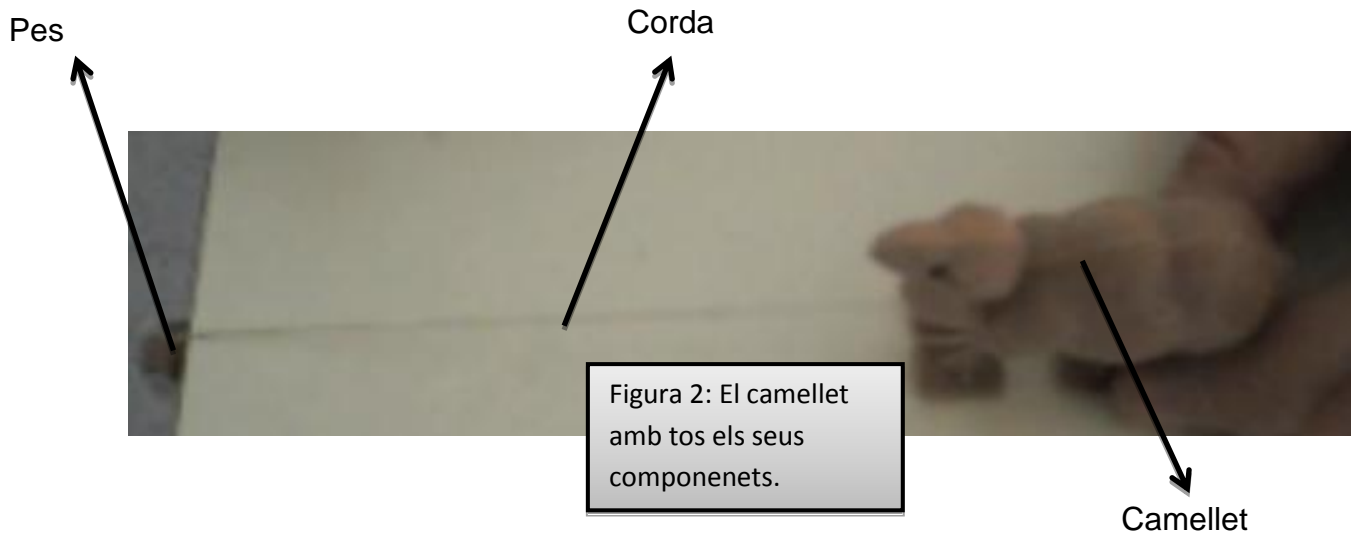
5.- EXPLICACIÓ DEL FUNCIONAMENT I DELS PRINCIPIS BÀSICS QUE REGEIXEN CADA JOGUINA

5.1.-El camellet intel·ligent

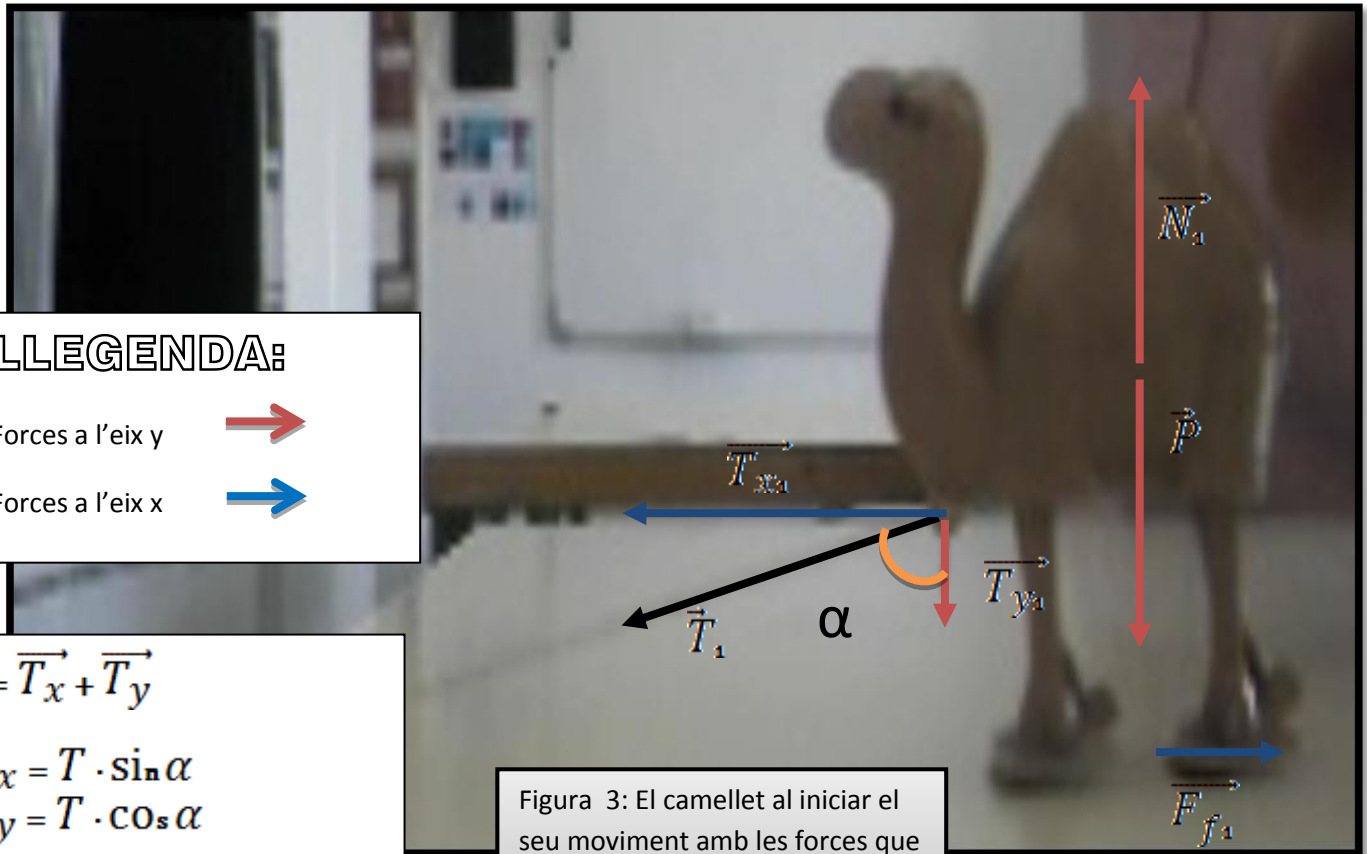
5.1.1 Descripció de l'experiment.

Aquesta primera joguina consisteix en un camellet de joguina que pot caminar. A aquest camellet li lliguem una corda just davall del seu cap, i al final d'aquesta li lliguem un pes. Llavors col·loquem el camellet a prop d'un extrem de la taula, de manera que el pes que em lligat a la corda sobresurti una mica per l'extrem de la taula (vegeu figura 2). Quan deixem anar el camellet, aquest és mourà i anirà directe cap a l'extrem de la taula, però com si és tractes d'un animal Intel·ligent, el camellet és para just a l'extrem de la taula i no cau (vegeu figura 4). És realment aquesta joguina una joguina Intel·ligent? Com ho fa el camellet per veure l'extrem de la taula?


5.1.2 Dibuix de l'experiment




SITUACIÓ INICIAL



LLEGENDA:

Forces a l'eix y 

Forces a l'eix x 

$$\vec{T} = \vec{T}_x + \vec{T}_y$$

$$\begin{cases} T_x = T \cdot \sin \alpha \\ T_y = T \cdot \cos \alpha \end{cases}$$

Figura 3: El camellet al iniciar el seu moviment amb les forces que actuen sobre aquest.

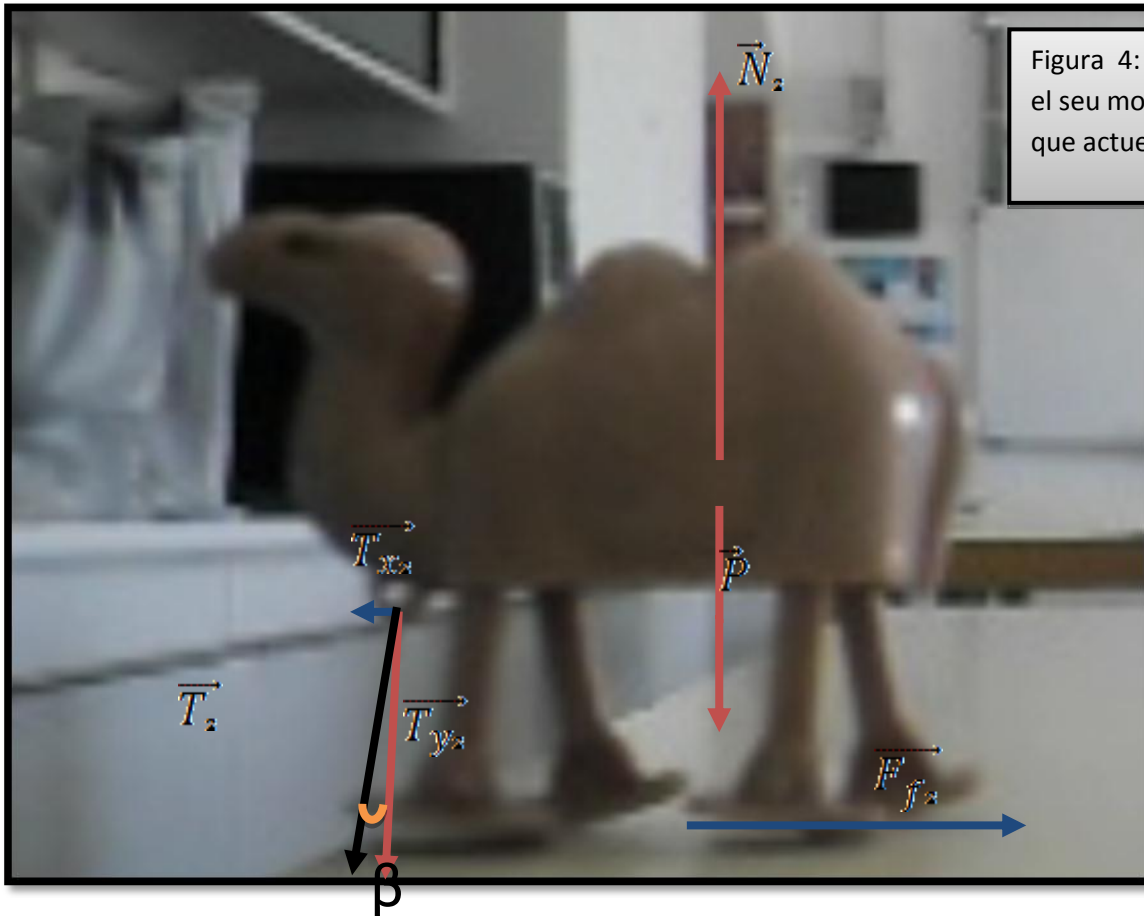
SITUACIÓ FINAL

Figura 4: El camellet al finalitzar el seu moviment amb les forces que actuen sobre aquest.

5.1.3 Explicació del seu moviment

Per entendre bé com funciona el camellet i perquè s'atura ens hem de fixar molt bé en els dibuixos i comparar les diferències que hi ha entre la situació inicial quan el camellet encara no ha començat el seu moviment i al final quan s'atura. Però a mesura que el cavallet avança, és produeix un doble efecte que fa que aquest s'aturi (cal tindre en compte la descomposició de forces i la llegenda mostrades en les figures 3 i 3):

-Primer de tot al augmentar l'angle (β), el cosinus de l'angle és redueix, i com a conseqüència també la tensió $x(T_{x2})$, per la qual cosa la força de fregament (F_{f2}) que és necessita per a vèncer la T_{x2} , és molt més petita. D'aquí podem extreure, en general que: $T_{x2} < T_{x1}$

-Per una altra part, el sinus augmenta al augmentar l'angle, el qual fa augmentar la tensió a l'eix y (\vec{T}_{yz}). Al augmentar la tensió a les y, la força normal (\vec{N}_z) és molt més gran, i com a conseqüència també la força de fregament (\vec{F}_{fz}). D'aquí podem extreure, en general que: $\vec{F}_{f1} < \vec{F}_{f2}$.

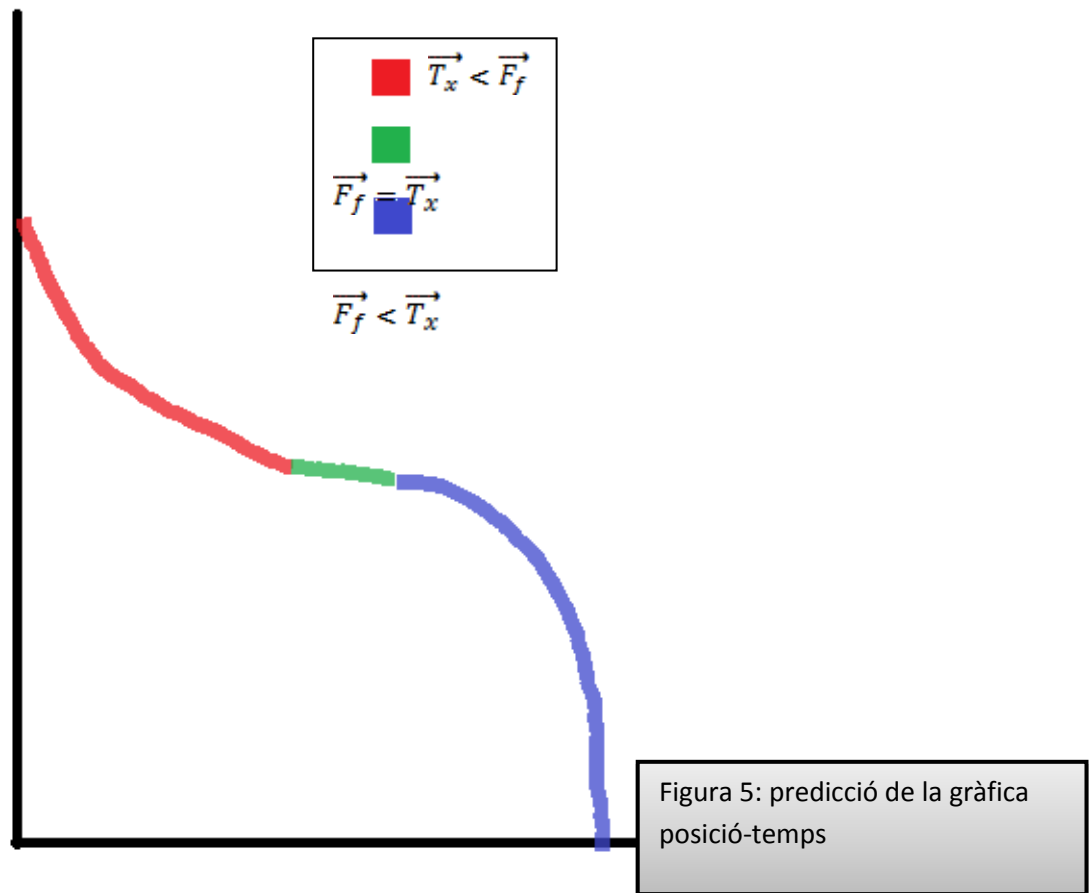
Per tant, gràcies a aquest doble efecte, tenim que: $\vec{T}_{xz} < \vec{F}_{fz}$, de manera que el cavallet comença a perdre velocitat fins que frena.

5.1.4 Estudi del moviment del camellet amb el MultiLab.

A partir del video que hem gravat mostrant el moviment del camellet, intentarem descobrir si està sotmès o no a una acceleració, i si aquesta varia al llarg de la trajectòria.




5.1.4.1 Prediccions i càlculs previs.


Tal i com sabem, la segona llei de Newton ens diu que una força provoca una acceleració, i lògicament, si sobre un cos actua una força resultant nul·la, aquest cos no patirà cap acceleració, o el que és el mateix, mantindrà el seu estat de moviment. Per tant, si un cos va a una velocitat \vec{v} i sobre aquest no actua cap força o la suma de les forces que actuen és zero, el cos seguirà movent-se a una velocitat v de forma constant. Sabent això i que al principi el camellet té una força resultant cap a la dreta i al final cap a l'esquerra, podem afirmar que hi haurà en algun moment una força resultant 0, i per tant la seva velocitat serà constant. Així i sense utilitzar encara el programa MultiLab, podem fer la següent predicció sobre la gràfica x-t que se'ns mostrarà al MultiLab (vegeu figura 5).



5.1.4.2 Anàlisi del moviment amb MultiLab.


En aquest apartat del treball no pretenem explicar el funcionament de



- 1- Obrim el programa MultiLab,
- 2- Fem clic sobre el botó  a Anàlisi de video, obrir arxiu de video (vegeu figura 6) i seleccionem l'arxiu de video "Camellet" . Després anem passant fotograma per fotograma amb el botó  fins que comenci el moviment.
- 3.- Fem clic sobre el botó  i cliquem a l'extrem de la taula cap on va el camellet. D'aquesta manera el que hem fet és situar l'origen a partir d'on pren les dades MultiLab a l'extrem de la taula (vegeu imatge7).

4.- Fem clic sobre el botó  i marquem els dos extrems de la franja fosca del regle i li donem el valor de 5 cm a la finestreta de dalt (vegeu figura 8)


5.- Un cop ja tenim l'origen situat i la escala definida, em de clicar al mateix lloc del camellet (per exemple on s'enganxa el fil), durant tots els fotogrames fins que el camellet estigui aturat.

Les dades preses amb el MultiLab és recullen en una taula, la qual adjunto a continuació:

6.- Un cop acabat el video , fem clic sobre el botó  i seleccionem temps a l'eix de les x i posició x de l'objecte a l'eix de les y (vegeu figura 9).

7. Seleccionem la franja des de l'inici fins que la línia ja s'aplana clicant als botons   i seleccionant respectivament els dos punts esmentats anteriorment (vegeu figura 10)

8.-Després de seleccionar el tros de gràfica que ens interessa ens n'anem a dalt a la barra d'eines i fem clic sobre Gràfic-retalla (vegeu figura 11)

9.- Un cop tenim seleccionada la franja que volem estudiar ens fixem amb la seva forma. Com que a simple vista sembla una línia recta, això significa que el camellet ha realitzat un M.R.U. Per tant, fem clic sobre el botó  i seleccionem tipus lineal i fem clic a d'acord. A baix de la gràfica ens apareixerà una fórmula.(vegeu figura 12)

Tenint en compte que al ajustar-ho a una gràfica lineal estem dient que el camellet ha descrit un MRU, sabem que:

$$x = x_0 + v_{mitjana} \cdot t$$

Si fem un canvi de variables:

$$\begin{cases} x = f(x) \\ x_0 = b \\ v_{mitjana} = a \\ t = x \end{cases} \rightarrow f(x) = ax + b$$

D'aquesta manera, fixant-nos amb la figura 13, podem veure com la velocitat mitjana del camellet ha estat de 0.051m/s , $=5,1\text{ cm/s}$

Figura 6: Per a obrir l'arxiu de video fem clic sobre video i seguidament obrir arxiu de video.

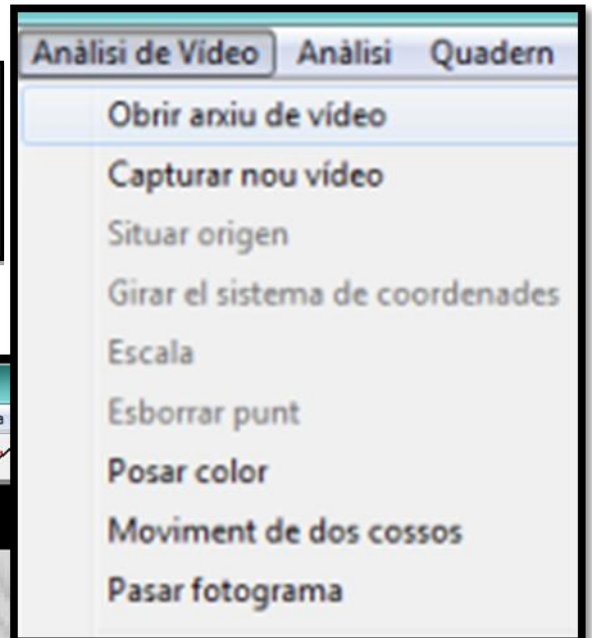
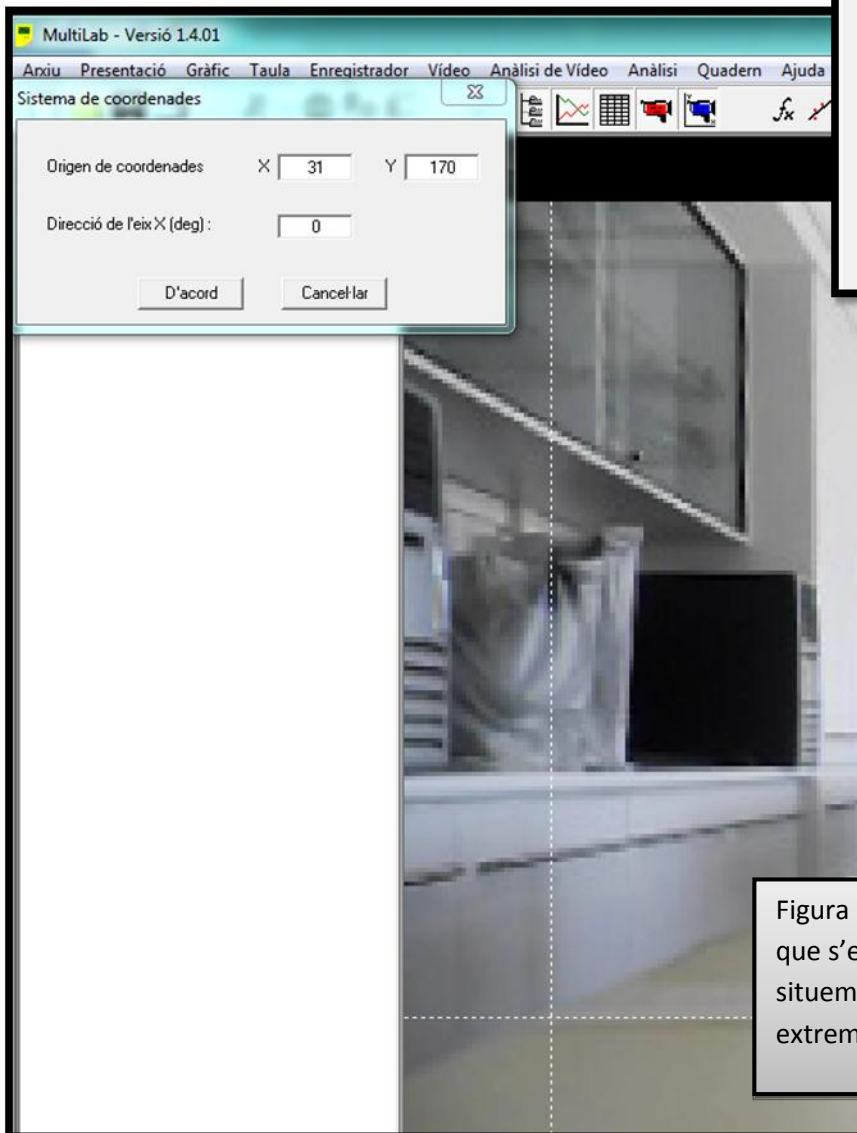


Figura 7: Un cop cliquem al botó que s'ens mostra al pas tres, situem l'origen de coordenades al extrem de la taula.

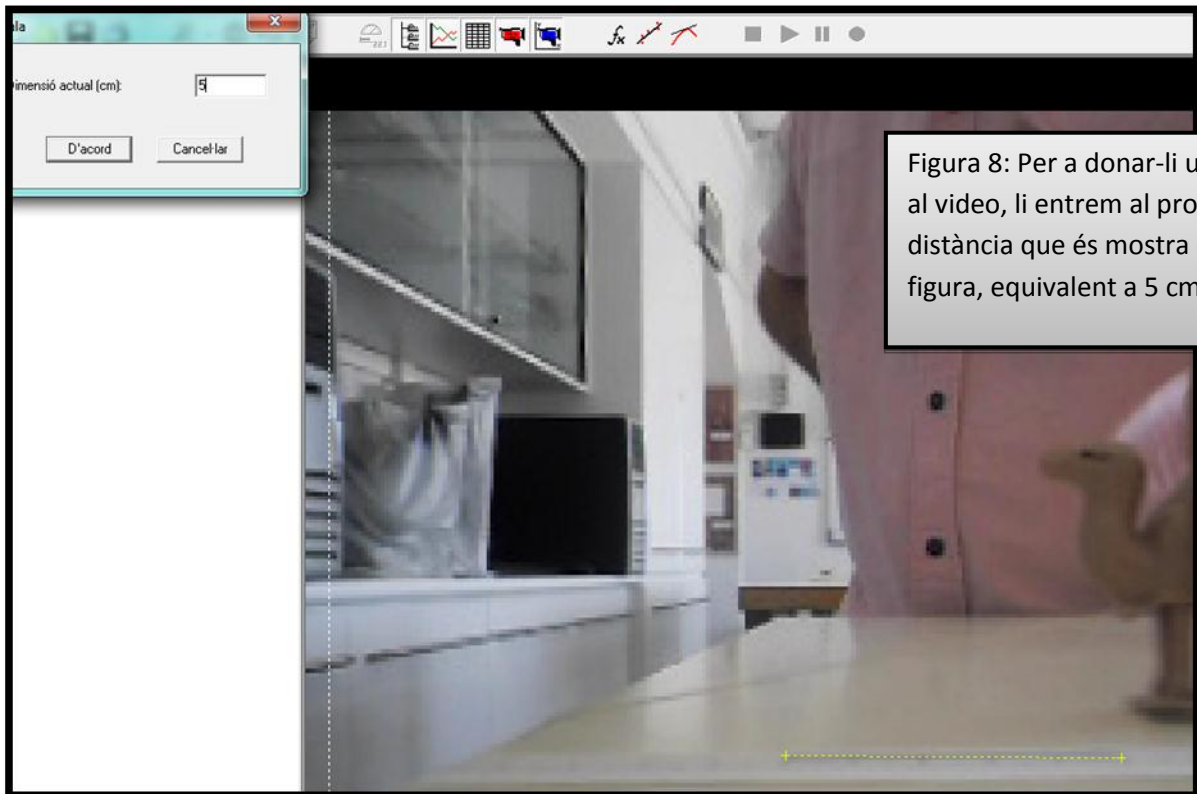


Figura 8: Per a donar-li una escala al video, li entrem al programa la distància que és mostra en la figura, equivalent a 5 cm.

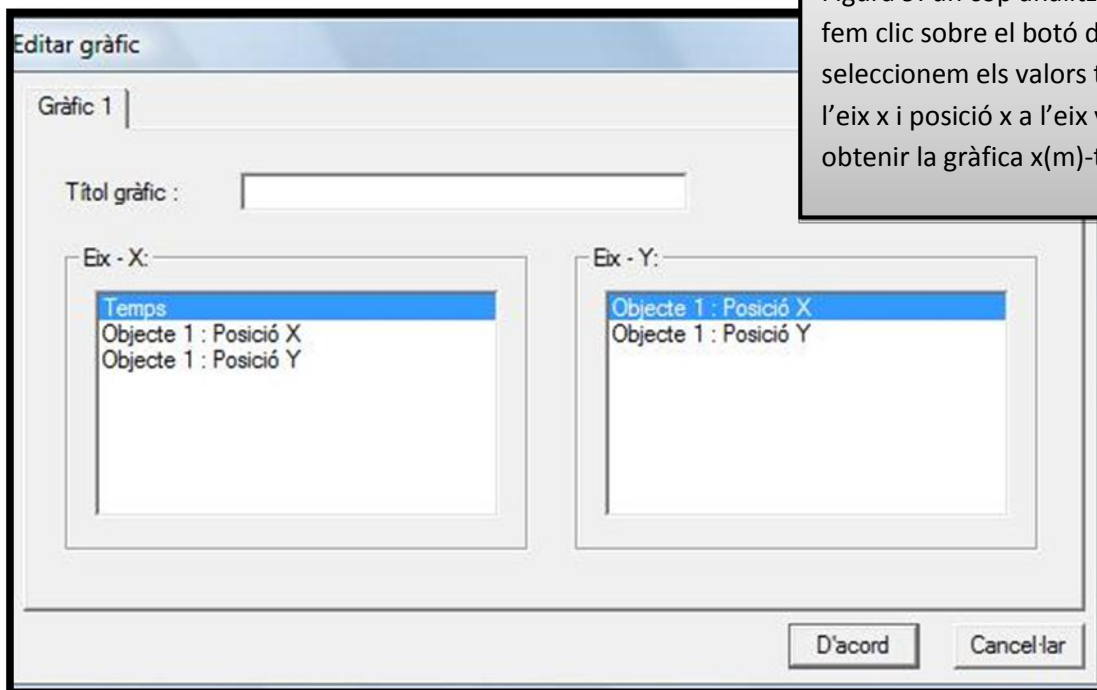


Figura 9: un cop analitzat el video fem clic sobre el botó del pas 6 i seleccionem els valors temps a l'eix x i posició x a l'eix y per a obtenir la gràfica x(m)-t(s)

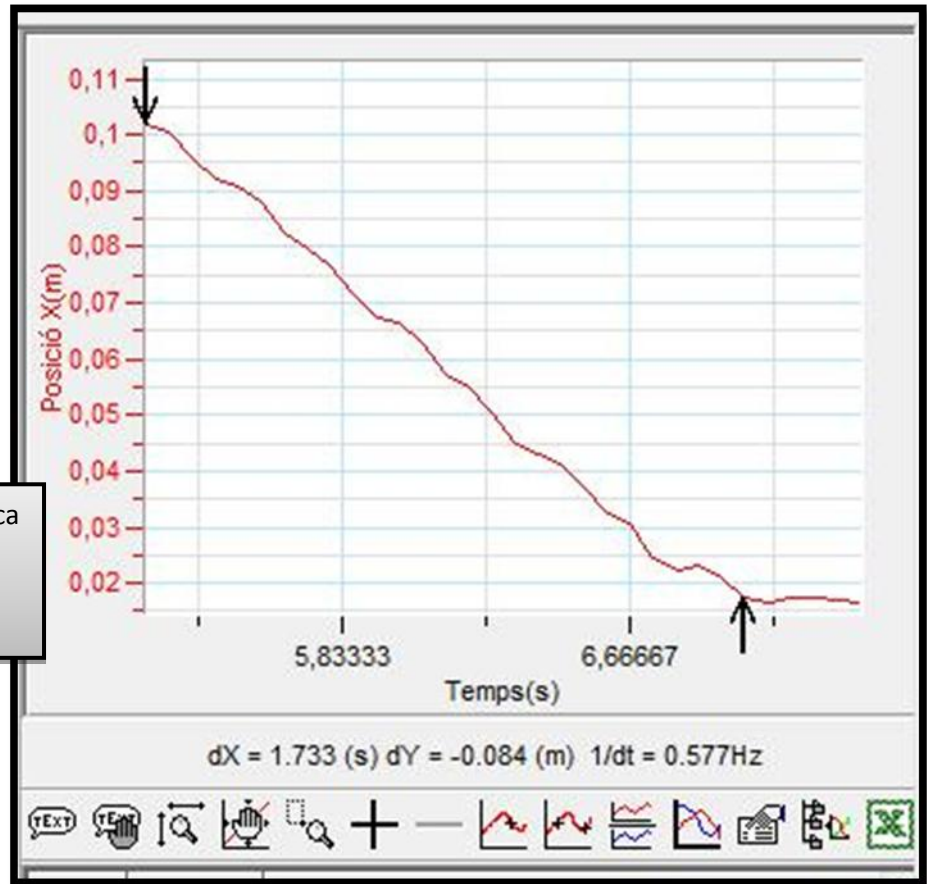


Figura 10: UN cop tenim la gràfica seleccionem el tram que volem estudiar.

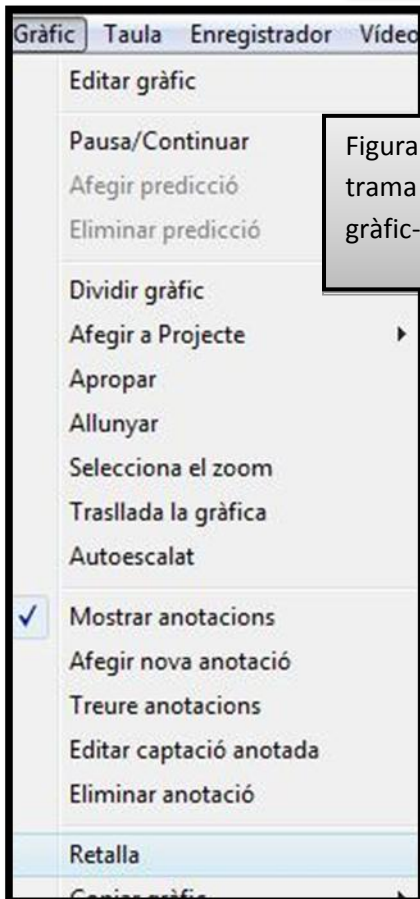


Figura 11: Un cop seleccionat el trama estudiar cliquem sobre gràfic-retalla

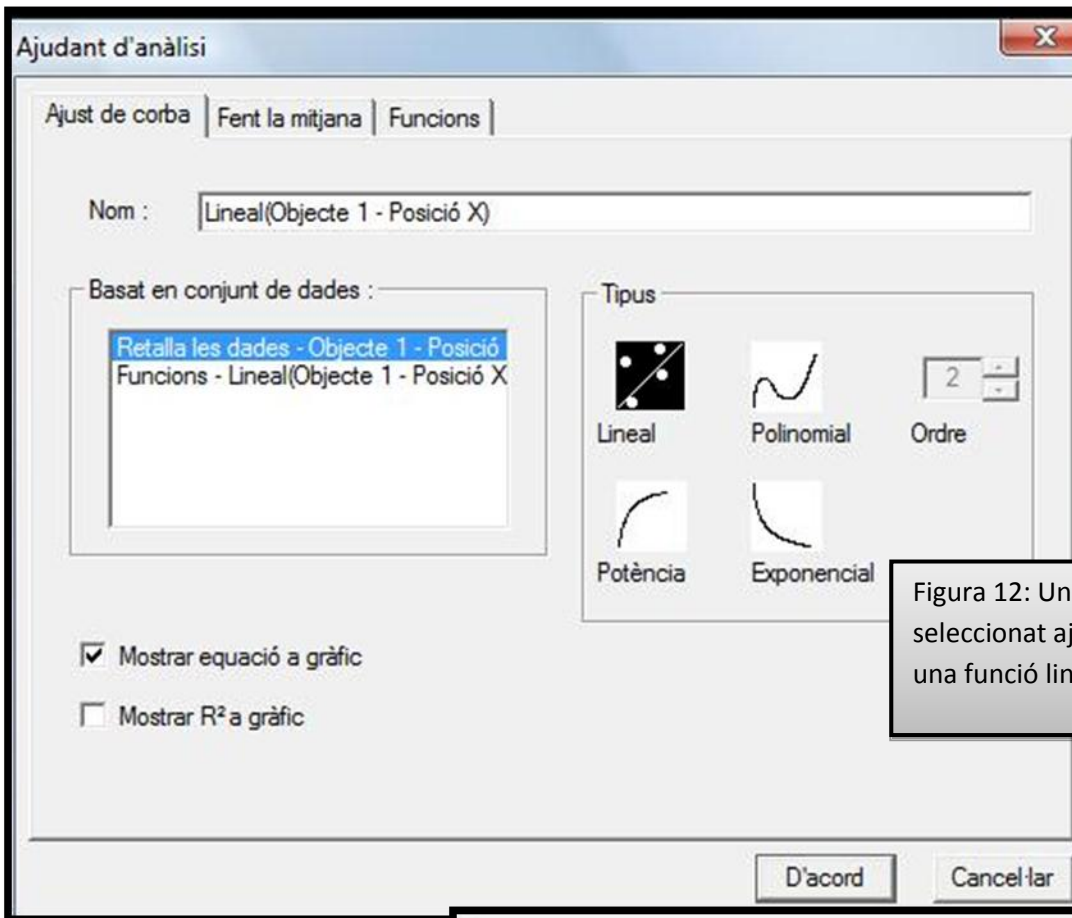


Figura 12: Un cop retallat el tram seleccionat ajustem la gràfica a a una funció lineal

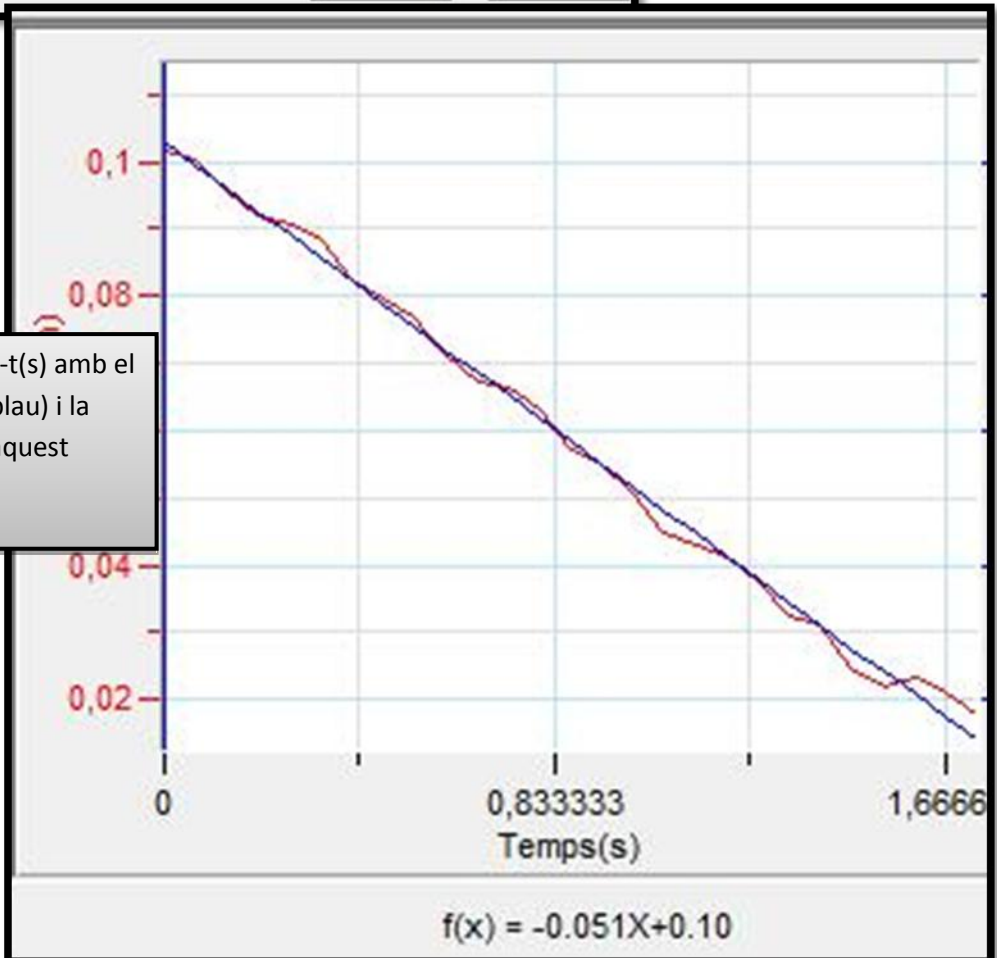


Figura 13: Gràfica x(m)-t(s) amb el seu ajust lineal (color blau) i la funció corresponen a aquest ajust.

5.1.4.4 Anàlisi i discussió dels resultats.

Si ens fixem amb la gràfica obtinguda i la gràfica obtinguda i la relacionem amb la gràfica que havíem previst podem observar una diferència molt clara. LA previsió que havíem fet nosaltres és basava en 3 fases: una primera amb una força resultant positiva que provocava una acceleració sobre el camellet. En la segona fase el que succeïa era que sobre el camellet la força resultant era zero i per tant el camellet mantenia la seva velocitat constant. Finalment el camellet patia una acceleració negativa que provocava que el camellet anés perdent velocitat fins que s'aturava. Però nosaltres havíem suposat que el moment en que és mantindria a velocitat constant (forces igualades) seria durant un període de temps molt petit mentre que l'acceleració i la desacceleració és produïrien en intervals de temps molt més grans.

A l'hora d'analitzar els resultats, s'observa com en la gràfica hi ha un moment d'acceleració inicial pràcticament imperceptible, una zona on és defineix clarament una recta (les forces estan igualades i la velocitat és manté constant) i una zona de desacceleració final que és produeix també d'una manera pràcticament imperceptible. Era realment incorrecta la nostra predicció?

El que ha passat és que en el camellet ha realitzat un recorregut molt curt, i la velocitat que ha assolit per tant ha estat molt petita. Això significa que l'acceleració ha estat mínima (motiu pel qual no s'observa d'una manera clara en la gràfica) i a l'hora de frenar no li ha fet falta una desacceleració molt gran (la qual tampoc no s'observa ala gràfica). Això ha donat com ha resultat la gràfica que és mostra en la figura 14.

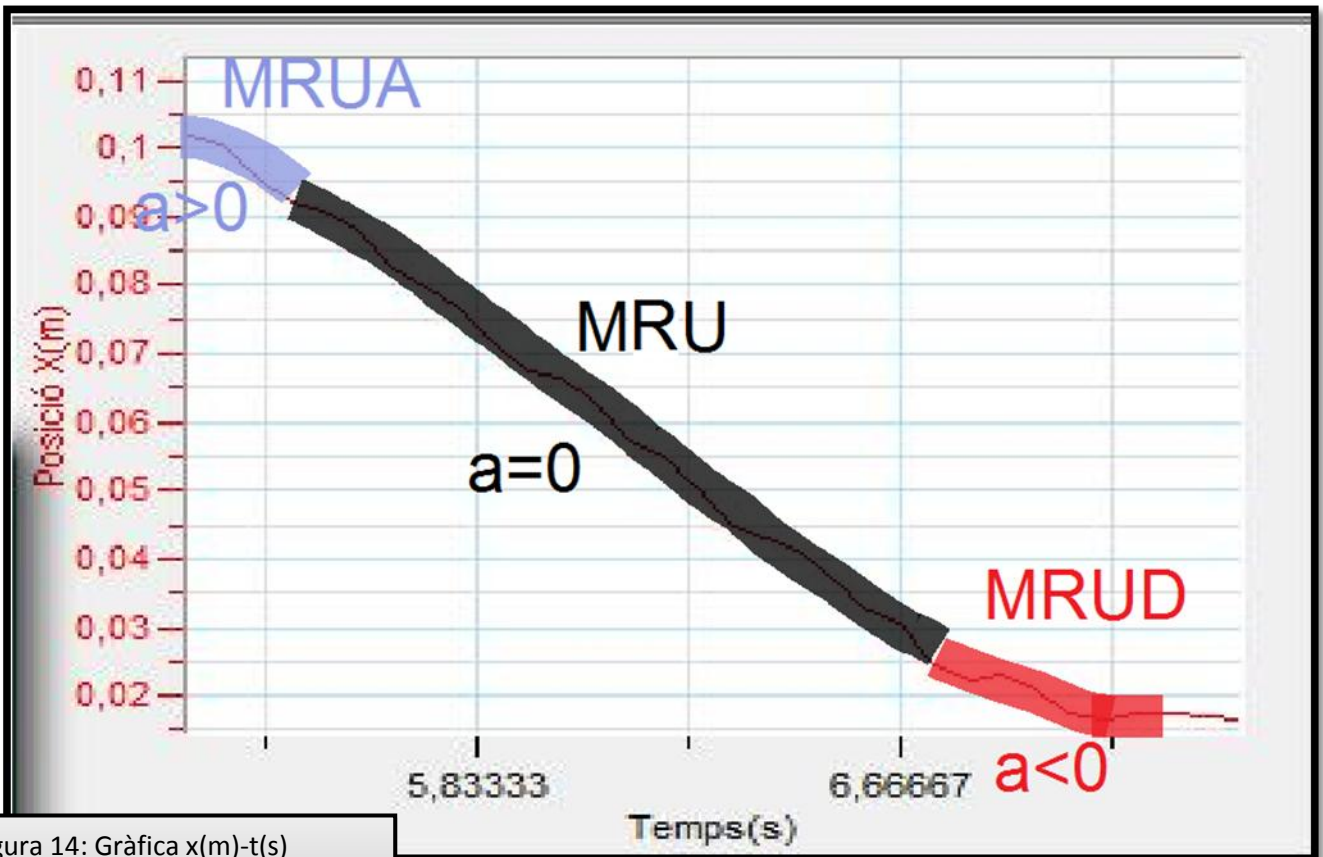


Figura 14: Gràfica $x(m)-t(s)$ resultant de l'anàlisi del moviment amb Multilab.

5.2.-El radiòmetre, un molinet solar

5.2.1 Descripció de l'experiment

EL radiòmetre consisteix en una bola de vidre dintre la qual s'hi ha creat un buit parcial. Dins d'aquest buit parcial hi han 4 pales enganxades al centre de la bola i les quals poden girar sobre el punt de contacte entre bola i el conjunt de les pales. Cada pala està formada per una cara de color blanc i una altra de color negre (vegeu imatge 13).Quan la llum solar o qualsevol altra incideix sobre el radiòmetre, aquest comença a girar, i quan hi eixa d'incidir es va frenant fins que s'atura totalment. Que passa aquí? Màgia? Algun interruptor amagat? NO, només física

5.2.2 Dibuix de l'experiment

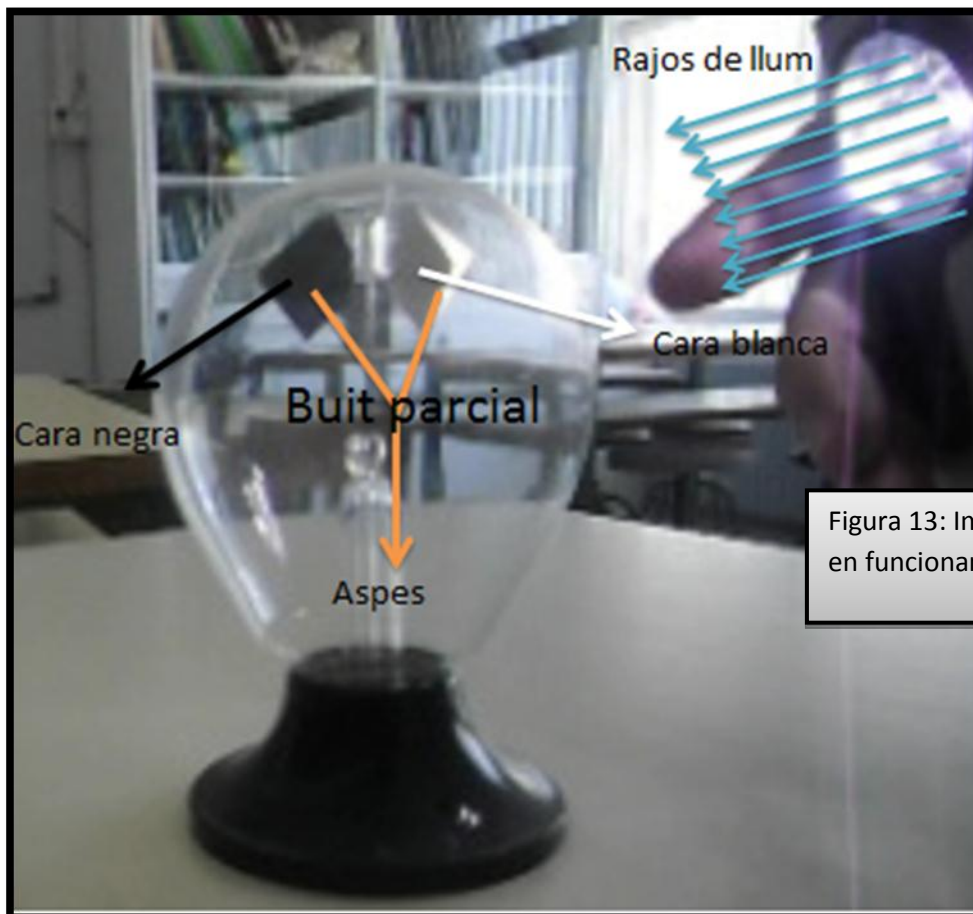


Figura 13: Imatge del Radiòmetre en funcionament.

5.2.3 Explicació del seu funcionament.

L'origen del moviment del radiòmetre és basa en el diferent color de cada cara de les aspes .Per a entendre bé aquest fenomen, hem de conèixer primer que succeeix quan la llum blanca (llum del Sol), xoca contra un cos que nosaltres veiem de color blanc, negre, vermell verd...

El fet que fan que nosaltres vegem els colors d'una manera o d'una altra és degut a la capacitat d'absorció dels diferents components de la llum blanca del Sol per part de cada color. El color vermell, per exemple, quan li arriba la llum del Sol, és capaç d'absorbir només una part de la radiació de la llum, de manera que la resta de radiació no absorbida és reflecteix. Aquesta radiació reflectida és la del color vermell (en el cas del color vermell), de manera que quan ens arriba als nostres ulls nosaltres només veiem un color (el vermell) i associem. Per tant, el color negre els absorbeix tots els colors, de manera que absorbeix així una gran quantitat d'energia, de fet, és el color que més energia és capaç d'absorbir, ja que el color negre significa absència de color i per tant tota la llum blanca i la seva respectiva energia és reflectida.. El color blanc, en canvi, reflecteix absolutament tota la llum que li arriba, de manera que no absorbeix cap tipus de radiació i com a conseqüència no absorbeix energia. energia provinent de la llum. Aquesta diferència tan gran d'absorció d'energia (un l'absorbeix tota i l'altre res), dóna lloc a la primera teoria que justifica el moviment del radiòmetre. Un gas a major temperatura està sotmès a més pressió i per tant tendeix a expandir-se, cosa que provoca una força sobre les pales que és comencen a moure. HI ha una altra teoria sobre el perquè del moviment del radiòmetre, la qual és basa en el principi de conservació de la quantitat de moviment i la capacitat de reflexió dels fotons per part d'ambdós colors. Primer de tot vegem la figura.

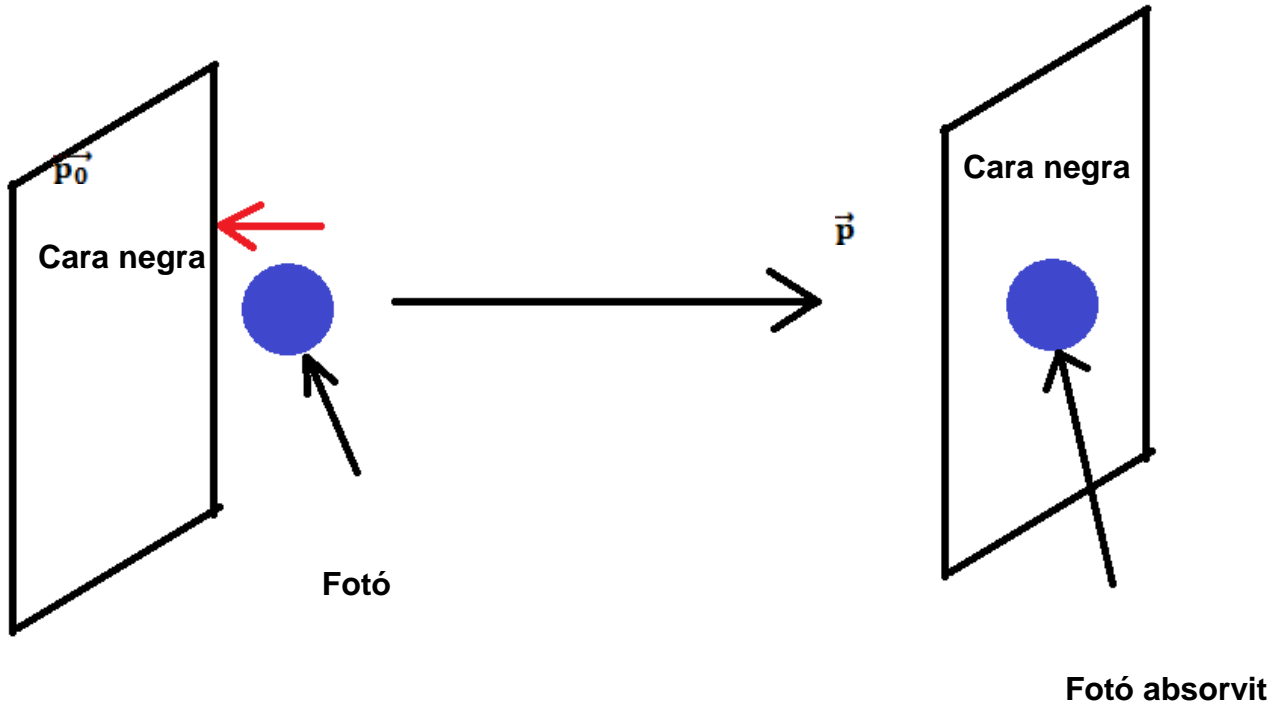
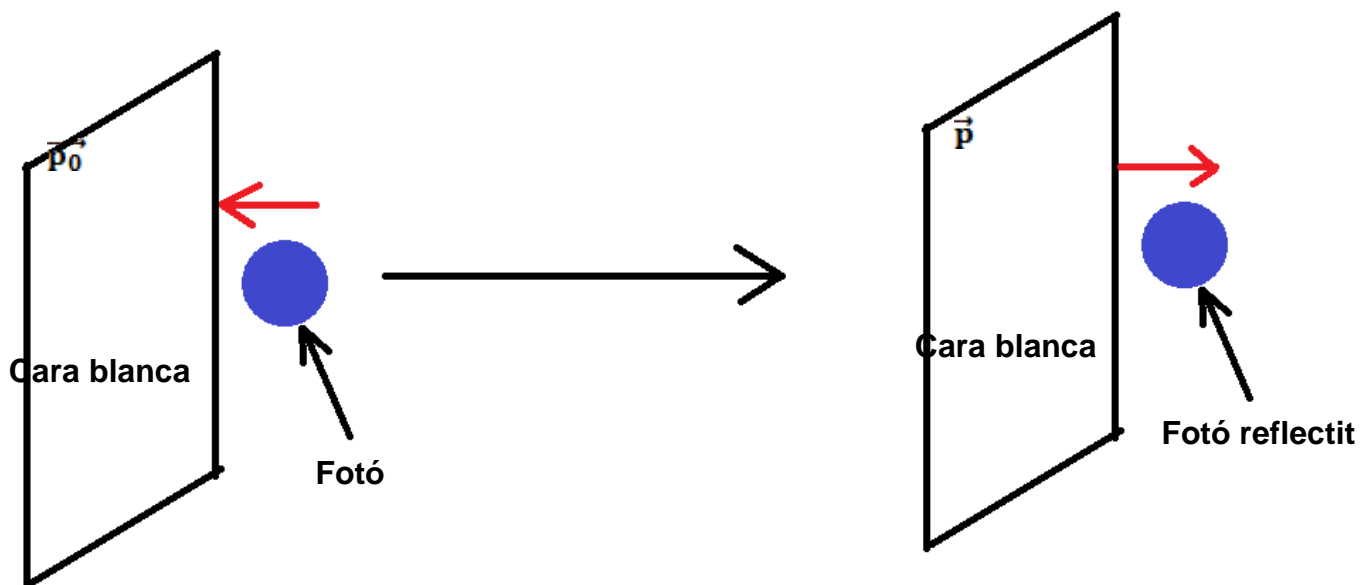


Figura 14: Fotó abans i després d'impactar sobre la cara negra i sobre la cara blanca.



S'anomena quantitat de moviment (\vec{p}) al producte del vector velocitat per l'escalar massa:

$$\vec{p} = \vec{v} \cdot m$$

Tal i com sabem, el principi de conservació de la quantitat de moviment, ens diu que la força que si un cos xoca contra un altre cos, la força externa que fa el cos que ha xocat és igual a la l'increment de la quantitat de moviment del cos en la unitat de temps:

$$\vec{F} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}$$

Així, anem analitzar els dos casos:

Cara negra (vegeu figura 14):

En aquest cas, el fotó és absorbit per la cara negra, de manera que la quantitat de moviment final de la partícula (\vec{p}) és igual a 0. D'aquesta manera tenim que la força a la cara negra és de :

$$\vec{F} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t} = \frac{\vec{p} - \vec{p}_0}{\Delta t} = \frac{-\vec{p}_0}{\Delta t}$$

Cara blanca (vegeu figura 14):

En aquesta cara, el fotó surt reflectit amb la mateixa velocitat però amb sentits oposats. Per tant, tindrem que la quantitat de moviment final serà igual amb mòdul que la quantitat de moviment inicial però amb diferent signe, degut als sentits oposats ($\vec{p} = -\vec{p}_0$):

$$\vec{F} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t} = \frac{\vec{p} - \vec{p}_0}{\Delta t} = \frac{-\vec{p}_0 - \vec{p}_0}{\Delta t} = \frac{-2\vec{p}_0}{\Delta t}$$

Així doncs si la força aplicada sobre la cara blanca és més gran que la aplicada sobre la cara negra, i hauria de girar en sentit contrari al de l'explicació donada anteriorment sobre les temperatures. Experimentalment, s'observa com el radiòmetre no gira d'acord amb el raonament anterior.

5.3.-La tassa indestructible

5.3.1 Descripció de l'experiment

En el següent experiment deixem caure una tassa lligada a un pes a través d'una corda contra el terra, tal i com és mostra a la figura 16. Aquesta corda reposa sobre un suport (en el nostre cas un bolígraf). Quan deixem anar la corda el pes és comença a enrotllar al voltant del suport i la copa és queda a uns centímetres de terra quan la corda s'ha acabat d'enrotllar al bolígraf. La copa ha aconseguit salvar-se del seu fatídic final, però ha estat pura sort o bé ja sabia el que es feia?

5.3.2 Dibuix de l'experiment

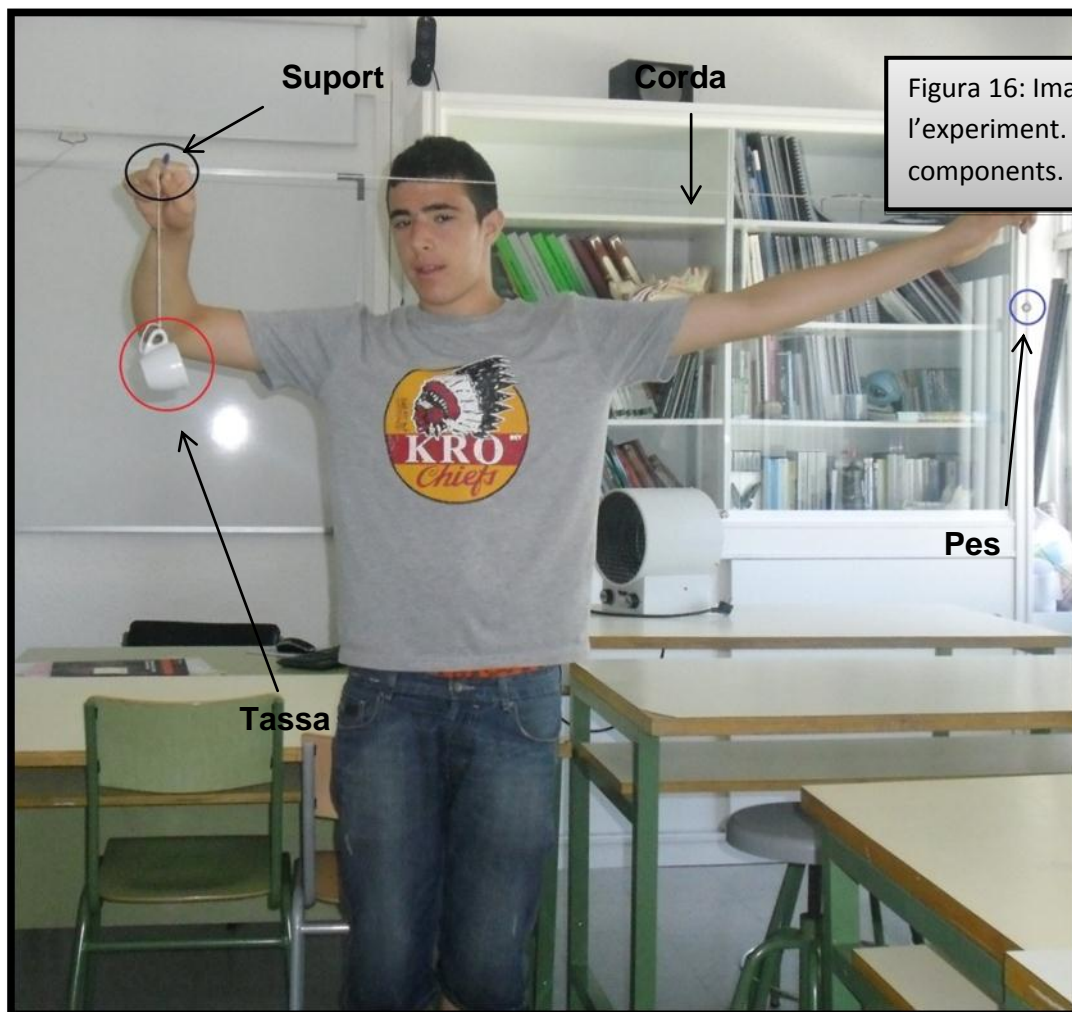


Figura 16: Imatge de l'experiment. amb tots els seus components.

En aquest experiment el pes lligat a la corda és comporta com un pèndol. Això sempre, si el bolígraf o punt de suport està paral·lel respecte al terra. Tenint en compte això, anem a veure la fórmula trobada de forma empírica que determina el període d'oscil·lació d'un pèndol:

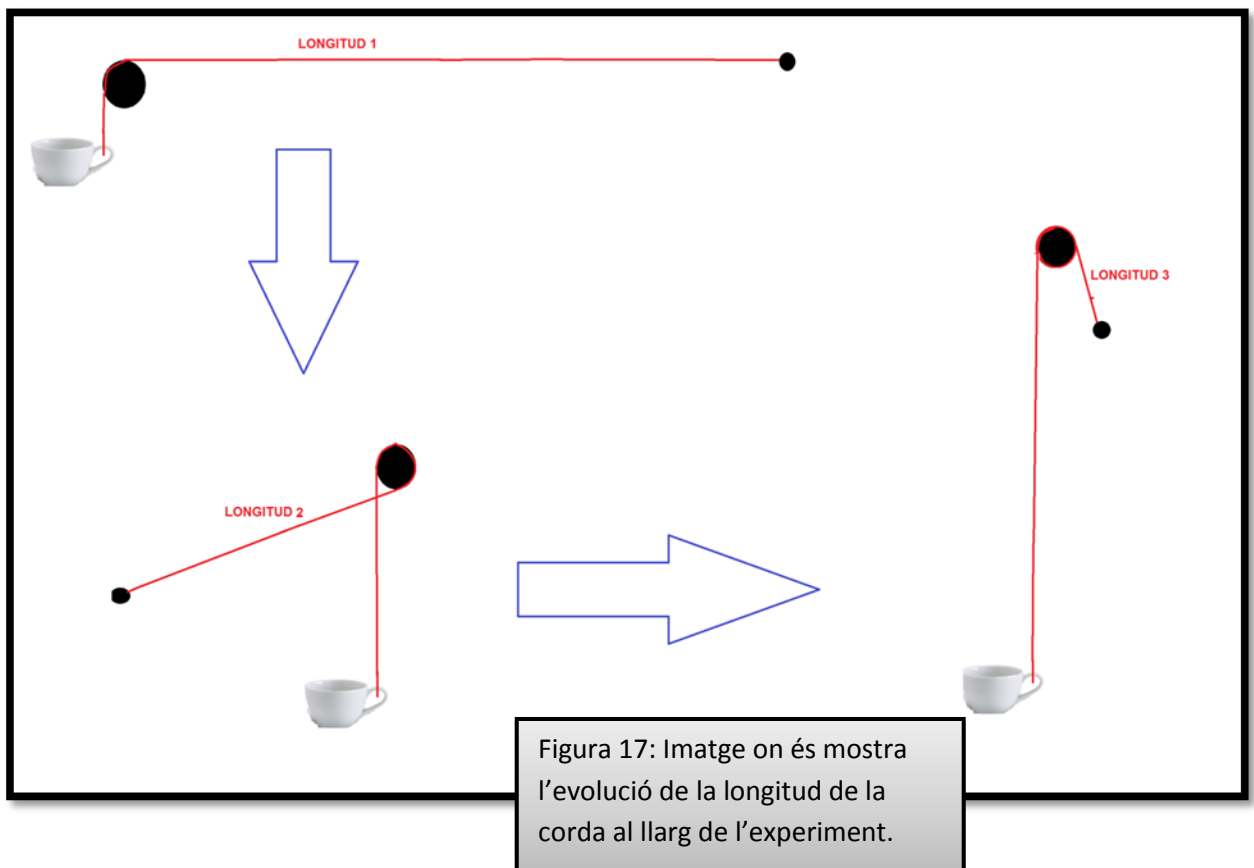
$$T \approx 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}$$

On $g = 9.81\text{m/s}^2$; ℓ = longitud de la corda (m) ; T = període d'oscil·lació del pèndol (s)

Per tant, sent g constant, el període d'oscil·lació del pèndol només pot variar a mesura que varia també la longitud de la corda. A més, també coneixem que :

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

Sent ω = velocitat angular de la massa que oscil·la (rad/s) ; T = període d'oscil·lació del pèndol (s)



Per tant, veiem que a mesura que la longitud disminueix, el període també disminueix i com a conseqüència la velocitat angular augmenta, el qual significa que el cos girarà més ràpid. I això és el que passa amb la tassa. A mesura que la tassa va caient, la longitud del pèndol va disminuint (vegeu figura 17) (longitud 1 > longitud 2 > longitud 3). Quan fa la primera oscil·lació, el pèndol té una longitud tal que la velocitat angular és suficient per a que el pèndol doni una volta per dalt i és comenci a enrotllar al voltant del punt de suport.

5.4.-Cadiretes de fireta

5.4.1 Descripció de l'experiment

Qui no ha pujat mai a les cadires que s'inclinen a les firetes? Està clar que les cadires s'inclinen degut a que el conjunt descriu un moviment circular amb una determinada velocitat, ja que quan està en repòs la corda que sustenta a la cadira no està inclinada respecte del pla vertical. Però quina és aquesta relació entre la velocitat que porta el cavallet i l'angle que fa la corda respecte de la seva posició en estat de repòs (pla vertical) i perquè s'inclina?

5.4.2 Dibuix de l'experiment



Figura 18: Imatge d'un cavallet de fireta

Primer de tot cal suposar que el cos descriu un M.C.U., és a dir, a partir de que agafa una determinada velocitat angular aquesta és manté durant tot el

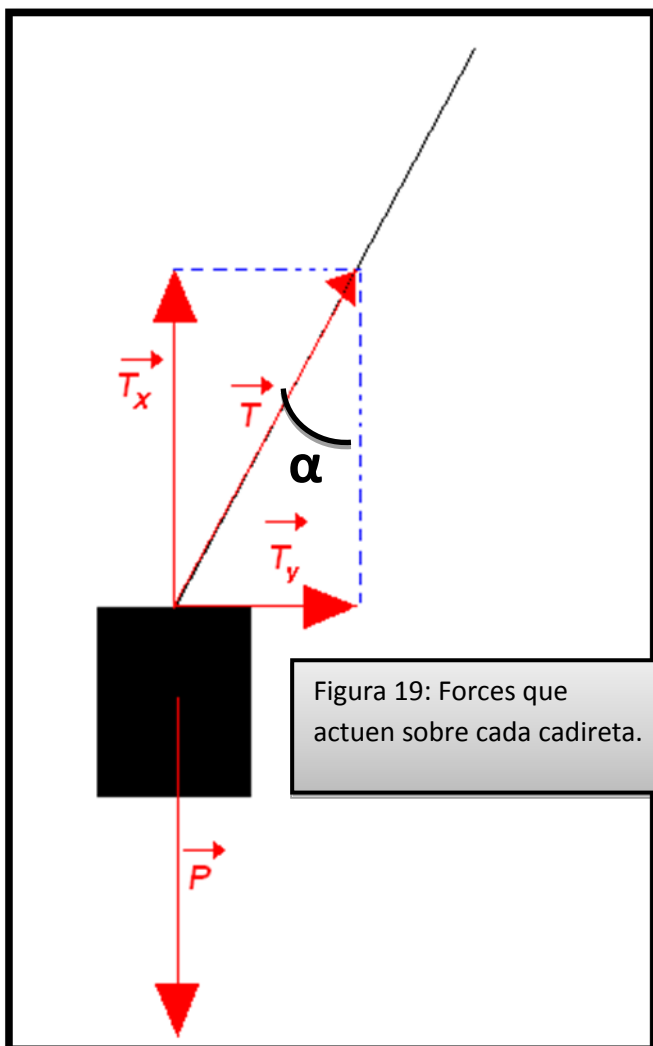
moviment. Per a que és produeix aquest moviment , cal que: $\sum \vec{F} = m \cdot \vec{a}_N$, on:

m = massa de la cadira més la de la persona.

\vec{a}_N =Acceleració normal

$\sum \vec{F}$ = sumatori de forces que actuen sobre la cadira i que apunten cap al centre.

Anem a veure les forces que actuen sobre el conjunt (vegeu figura 19) :



Primer de tot farem la descomposició de la tensió en tensió a l'eix x i a l'eix y:

$$\vec{T} = \vec{T}_x + \vec{T}_y \rightarrow$$

$$\rightarrow \begin{cases} T_x = T \cdot \sin \alpha \\ T_y = T \cdot \cos \alpha \end{cases}$$

Ara farem el sumatori de forces als dos eixos i obtenim els següents equacions tenint en compte que a l'eix de les y no

és produeix moviment i que per tant $\sum \vec{F}_y = 0$ i que en l'eix de les x és produeix, tal i com hem esmentat abans, un M.C.U. Cal tenir en compte que la fórmula de l'acceleració normal és : $a_N = m \frac{v^2}{r}$, i que el pes : $P = m \cdot g$

$$\begin{cases} (x) T \cdot \sin \alpha = m \frac{v^2}{r} \\ (y) T \cdot \cos \alpha = m \cdot g \end{cases}$$

Ara, si dividim les dos equacions $\left(\frac{x}{y}\right)$, tenim que:

$$\frac{T \cdot \sin \alpha}{T \cdot \cos \alpha} = \frac{m \frac{v^2}{r}}{m \cdot g}$$

Sabent que $\frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \tan \alpha$, i eliminant els factors comuns al denominador i numerador (T i m) ens queda que:

$$\tan \alpha = \frac{v^2}{r \cdot g}$$

Per tant:

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{v^2}{r \cdot g}$$

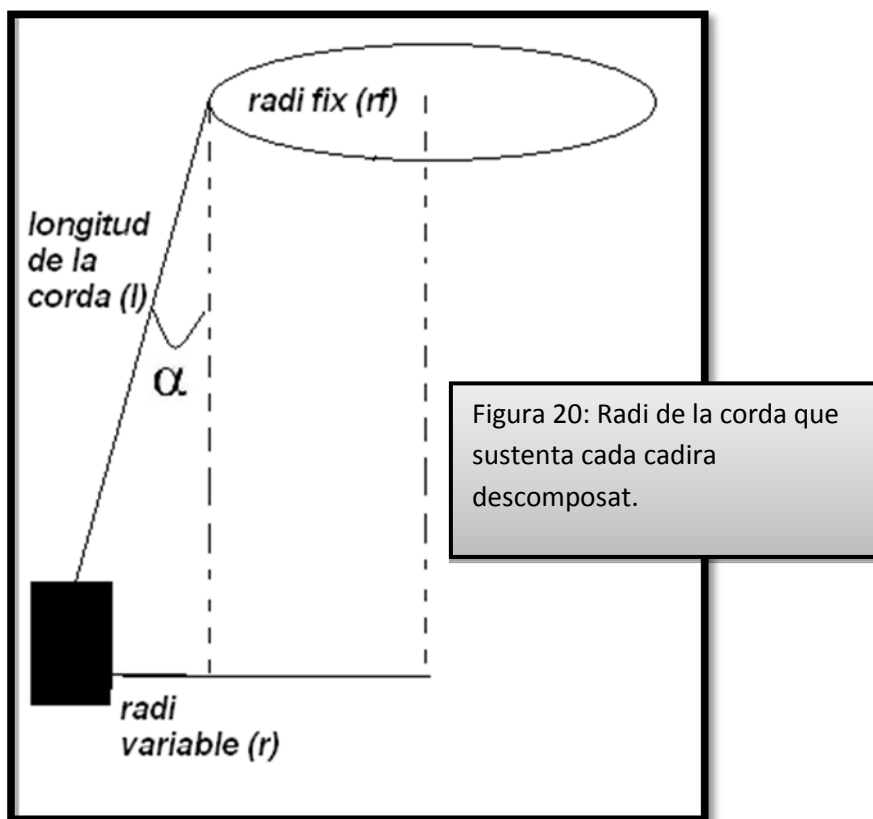
Si en canvi volem expressar la velocitat en funció de l'angle, tenim que:

$$\tan \alpha = \frac{v^2}{r \cdot g} \rightarrow \tan \alpha \cdot g = \frac{v^2}{r} \rightarrow v^2 = \tan \alpha \cdot g \cdot r \rightarrow v = \sqrt{\tan \alpha \cdot g \cdot r}$$

A partir d'aquí podem deduir perquè s'inclina el cos: si augmenta la seva velocitat, sent g constant, ha d'augmentar el radi i també l'angle (aquests dos augmenten simultàniament, és més, tenen una relació matemàtica que veurem després). Per tant, com és gran sigui la velocitat que agafi el cos, més gran serà l'angle que forma la corda amb la vertical.

Ara, el que farem serà posar l'angle en funció del radi del cercle superior del cavallet per a conèixer la relació matemàtica entre ells.

Primer de tot, el que hem de fer és observar bé la figura 20. Si ens hi fixem bé el radi total està format per dos radis, un que és el que és manté constant al llarg de tot el moviment i que és el del cercle que sustentà els cavallets, i l'altre que és el que varia a mesura que varia la velocitat i com a conseqüència l'angle.



Com veiem en el dibuix, $\sin \alpha = \frac{r}{l}$, per tant: $r = l \cdot \sin \alpha$. D'aquesta manera: com que el radi total era la suma dels dos radis, i hem trobat l'equivalència del radi variable en funció de l i α , podem dir que:

$$r_{TOTAL} = r_{fix} + l \cdot \sin \alpha$$

Per tant, l'angle que girà en funció del radi que descriu el cos és:

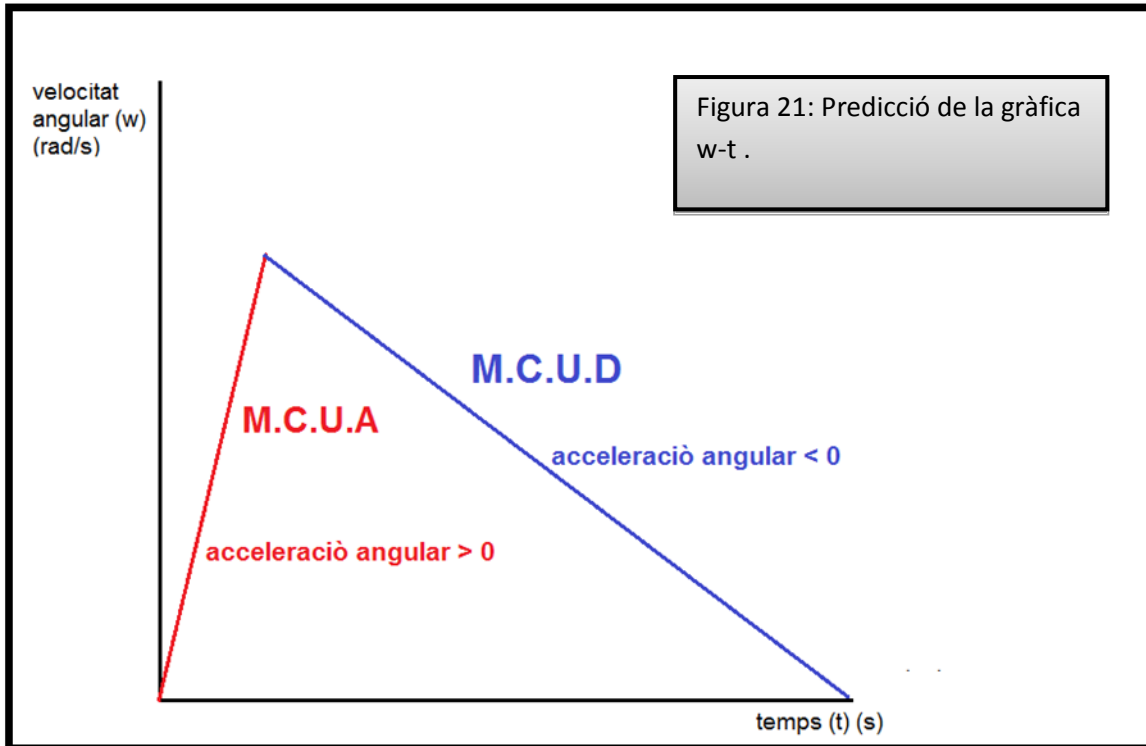
$$\frac{r_{TOTAL} - r_{fix}}{l} = \sin \alpha \rightarrow \alpha = \sin^{-1} \left(\frac{r_{TOTAL} - r_{fix}}{l} \right)$$

Així, com a conclusió podem treure que a mesura que la cadireta augmenta la seva velocitat, ha d'augmentar l'angle, i per tant, com hem vist ara ha d'augmentar també el radi de gir. És per això que les cadiretes pugen quan agafen velocitat.

5.4.4 Anàlisi del moviment de les cadiretes.

5.4.4.1 Prediccions i càlculs previs.

En el següent apartat del treball intentarem calcular quina és l'acceleració angular a la que estan sotmeses les cadiretes i la seva desacceleració. Primer de tot, ens hem de fixar amb les forces que actuen a la joguina. Al moment de donar-li l'impuls inicial hi actua una força durant aproximadament una mica menys d'un segon que li dona una acceleració angular positiva que fa que el cavallet augmenti la seva velocitat angular(la força que fa la joguina quan nosaltres li donem corda). A partir d'allí, la força de fregament de l'aire farà que el cavallet comenci a desaccelerar, i per tant estarà sotmès a un M.C.U.D. Per tant, tenint en compte que el que buscarem amb el MultiLab és la gràfica w-t, a continuació és mostra la gràfica que és creu que apareixerà amb MultiLab d'una manera aproximada, tenint en compte el que hem dit anteriorment (vegeu figura 21).



Pel que fa a la gràfica w-t, sabem que $\omega = \omega_0 + \alpha \cdot t$, sent ω la velocitat angular i α l'acceleració angular. Per tant, sabem que és tractarà d'una funció lineal, tal i com és mostra a la figura 21.

5.4.4.2 Estudi del moviment del cavallet amb el MultiLab.

En aquest apartat del treball estudiarem el moviment del cavallet per a trobar la seva gràfica w-t. Per a fer-ho buscarem el període analitzant el vídeo "cavallet" amb el MultiLab, i el substituïrem posteriorment en la següent fórmula:

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

D'aquesta manera obtindrem els valors instantanis de la velocitat angular en cada instant, i partir d'aquí construïrem la gràfica. A continuació s'adjunten les taules amb les dades del període i de la velocitat angular en cada instant:

Temps (s) ARREGLAR	T (s)
2	0,8
2.73	0,733
3.267	0,677
3.733	0,4
4.2	0,467
4.677	0,533
5.2	0,467
5.667	0,467
6.267	0,6
6.867	0,6
7.4	0,57
8.067	0,6
8.733	0,733
9.467	0,733
10.2	0,8
10.933	0,8
11.867	0,867
12.733	0,933
13.733	1

14.733	1,067
15.8	1,2
16.933	1,2
18.267	1,467

Temps (s)	Velocitat angular(rad/s)
2	7.85398162
2.73	8.57187626
3.267	9.28092363
3.733	15.7079632
4.2	13.4543582
4.677	11.7883401
5.2	13.4543582
5.667	13.4543582
6.267	10.4719755
6.867	10.4719755
7.4	11.0231321
8.067	10.4719755
8.733	8.57187626
9.467	8.57187626
10.2	7.85398162

10.933	7.85398162
11.867	7.24704186
12.733	6.73438938
13.733	6.2831853
14.733	5.88864601
15.8	5.23598775
16.933	5.23598775
18.267	4.28301656

En ambdues taules s'hi diferencien dues zones: una de vermella i una de blava.

La vermella correspon al interval de temps en que el cavallet accelera mentre que la franja blava correspon al interval de temps en que el cavallet és frena.

Per a calcular tant l'acceleració angular en ambdós trams, passarem aquestes dades al programa Curve expert. Aquest programa ena ha donat unes gràfiques a partir de les dades introduïdes. Si aquesta gràfica l'ajustem a una funció lineal, obtindrem com a resultat les figures 22 i 23.

A més, si tenim en compte que:

$$w = w_0 + \alpha t, \text{ sent } w = \text{velocitat angular i } \alpha = \text{acceleració angular}$$

I li fem un canvi de variable ($w = f(x); w_1 = a; \alpha = b$), tenim que:

$$f(x) = a + bx$$

Aquesta és l'expressió que ens dóna Curve Expert, i ens fixarem amb el valor de b en ambdós casos, ja que tenint en compte el canvi de variable que hem fet $\alpha = b = \text{velocitat angular}$.

Figura 22: Gràfica w-t quan el cos frena

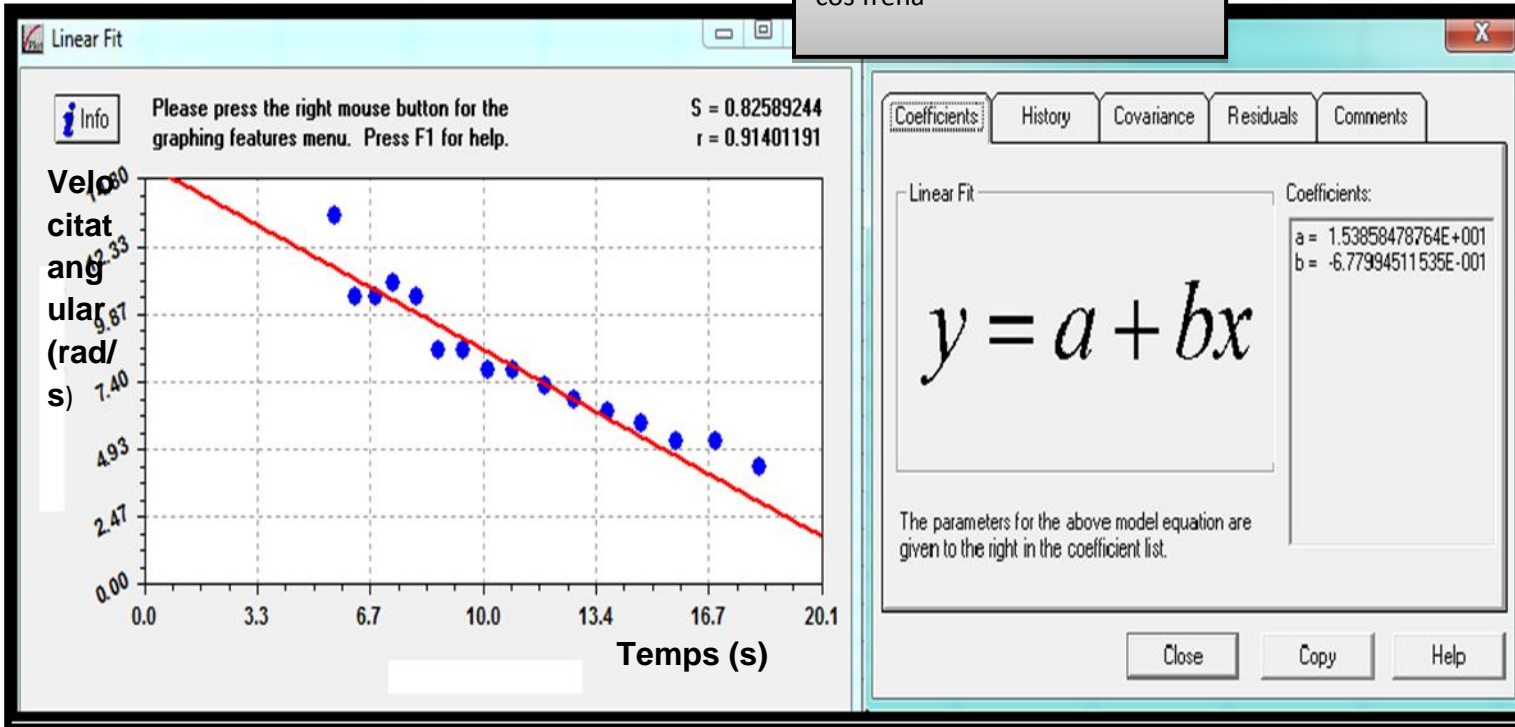
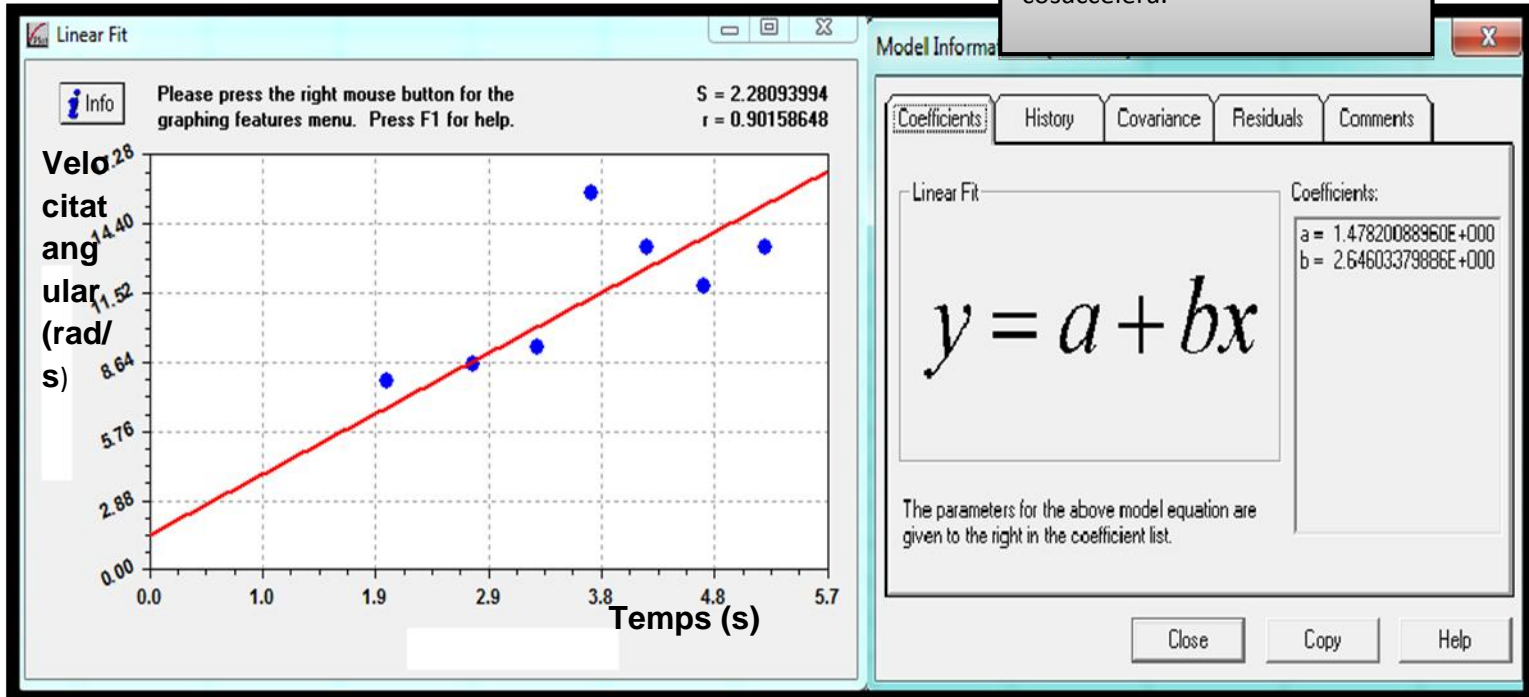


Figura 23: Gràfica w-t quan el cos accelera.



5.4.5 Anàlisi i discussió dels resultats.

Les gràfiques obtingudes en ambdós casos (tant la gràfica w-t com la gràfica R-t) són pràcticament iguals a les gràfiques que s'havien plantejat a l'inici com a predicció (vegeu figura 25). Així, podem treure les següents conclusions :

- L'acceleració angular en el primer tram és de 2.65 rad/s^2 i al segon tram és de -0.68 rad/s^2
- En el primer tram el cos accelera amb un valor absolut més gran que no pas l'acceleració del segon tram, quan frena.
- Les gràfica resultant és la següent :

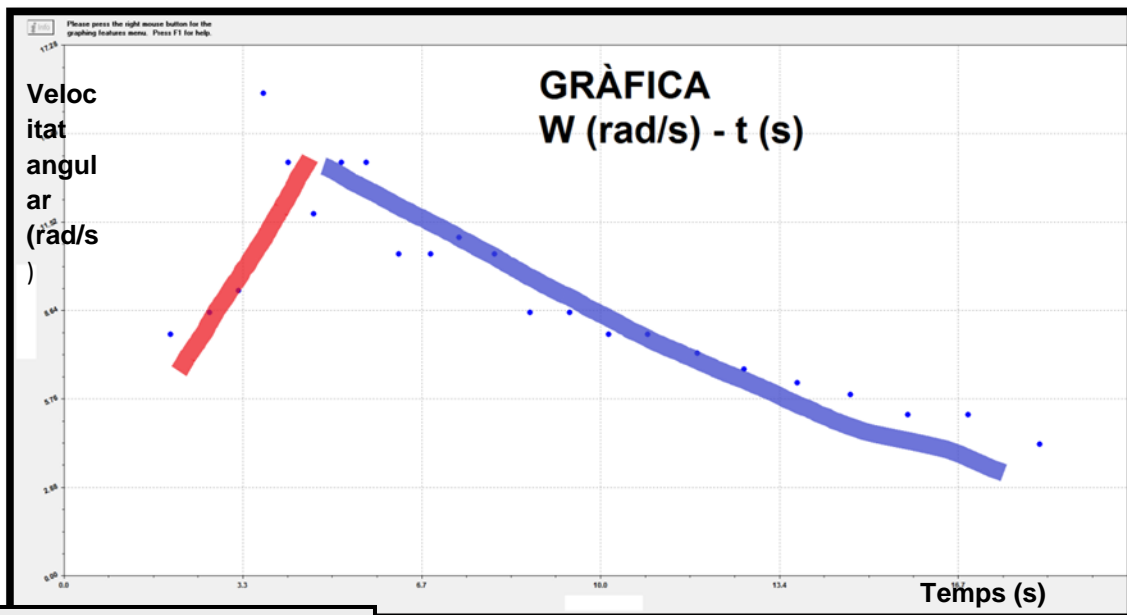


Figura24: Gràfica w-t amb la franja roja com a fase d'acceleració i la franja vermella com a franja de frenada.

- La nostra predicció era correcta i tant la gràfica prevista i la que ens ha sortit han estat molt semblants.

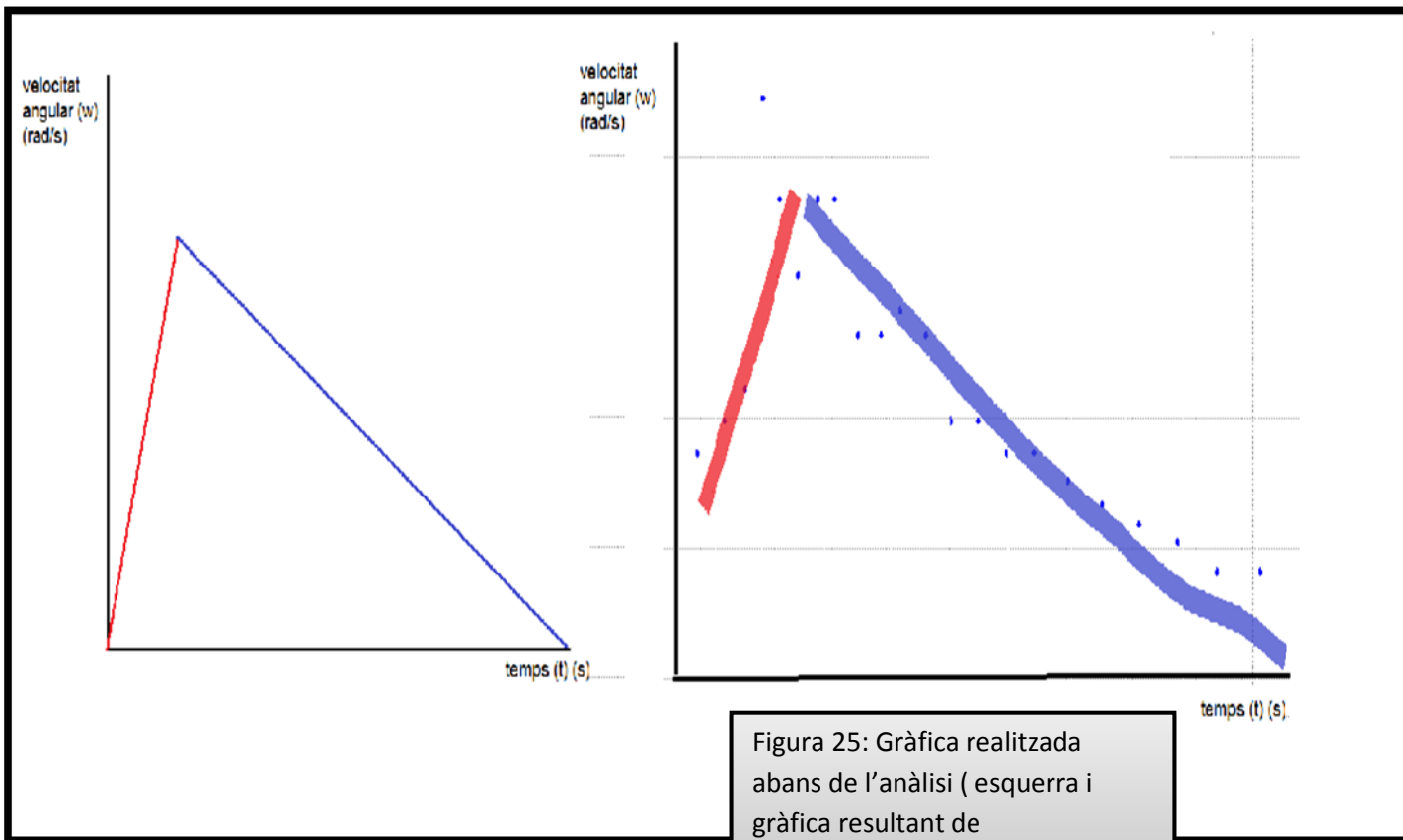


Figura 25: Gràfica realitzada abans de l'anàlisi (esquerra) i gràfica resultant de l'anàlisi (dreta)

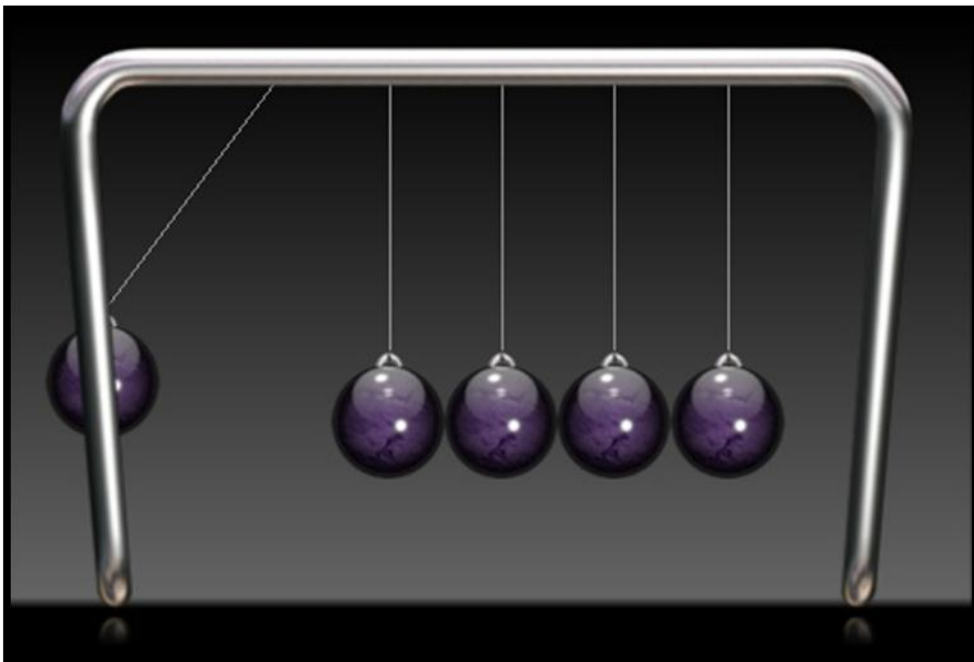
5.5.-Les boles que reboten.

5.5.1 Descripció de l'experiment.

Aquesta joguina està formada per 4 o 5 pilotes (depenent del model , lligades a una estructura metàl·lica mitjançant fils (vegeu imatge 26). Quan nosaltres deixem anar una pilota des d'una altura determinada, la bola xoca contra la resta, i surt de l'altre cantó una pilota que puja fins a dalt i torna a fer el mateix que havia fet anteriorment l'altra pilota. Però que succeeix si tirem 2, 3 o 4 boles?

5.5.2 Dibuix de l'experiment

Figura 26:Imatge de la joguina.



5.5.3 Explicació del seu funcionament.

Aquestes boles, utilitzades en la seva gran majoria com a decoració és el exemple per excel·lència del principi de conservació de la quantitat de moviment en un xoc elàstic.

En física a l'hora d'estudiar els xocs és divideixen en tres tipus, els quals podem veure en la següent taula amb les seves propietats:

Tipus de xoc	És conserva la quantitat de moviment	És conserva l'energia cinètica	Situació dels cossos entre si després del xoc
Elàstic*	SI	SI	Separats
Inelàstic	SI	NO	Separats
Perfectament inelàstic	SI	NO	Junts

En el cas de les pilotes que reboten, , és tracta d'un xoc elàstic. Per tant, a part de la quantitat de moviment és conservarà també l'energia cinètica.

A partir d'aquí, i sabent que

$$\vec{p} = m \cdot \vec{v}$$

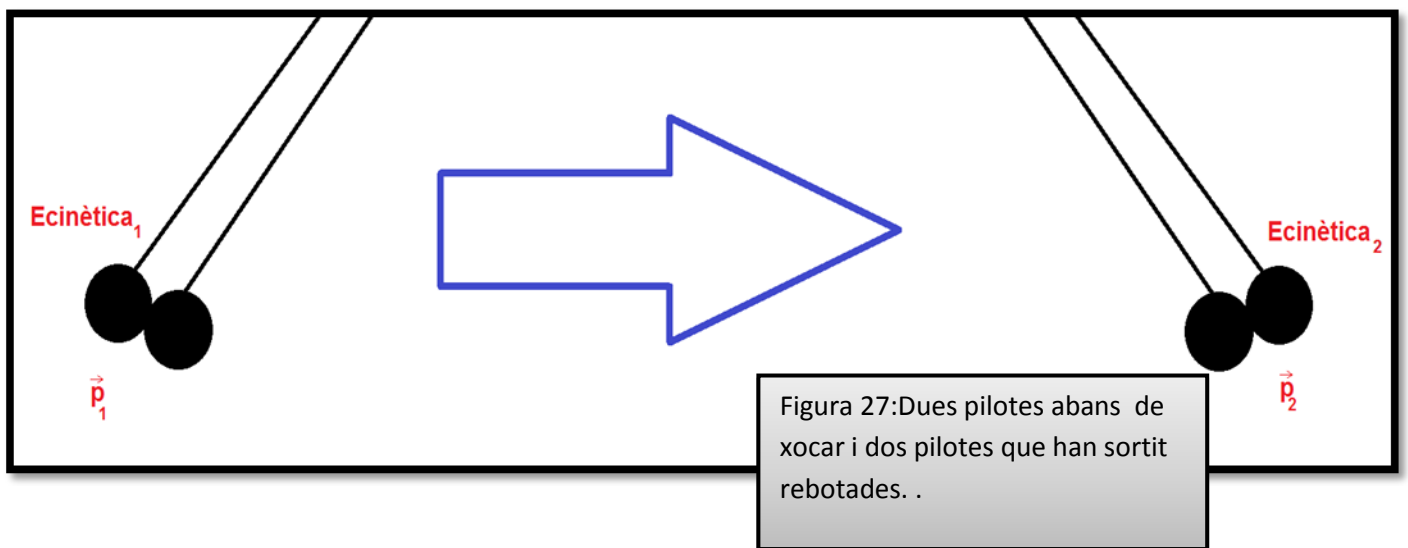
$$\text{on: } \begin{cases} \vec{p} = \text{quantitat de moviment } \left(\frac{kgm}{s}\right) \\ m = \text{massa (kg)} \\ \vec{v} = \text{velocitat del cos } \left(\frac{m}{s}\right) \end{cases}$$

i que ,

$$E_{\text{cinètica}} = \frac{1}{2}mv^2$$

$$n : \begin{cases} m = \text{massa (kg)} \\ v = \text{velocitat del cos } \left(\frac{m}{s}\right) \end{cases}$$

podem deduir el que passarà quan llancem un nombre determinat de boles i xoca contra la resta que estan quietes.



Al inici deixem anar un nombre n de boles a xocar (en el cas de la figura 27 se'n mostren 2 com a exemple). Si cadascuna d'aquestes boles té una massa m , el conjunt tindrà una massa $n \cdot m$. Quan aquest conjunt xoca contra la resta de pilotes, xoca amb una quantitat de moviment:

$$\vec{p}_1 = n_1 \cdot m \cdot \vec{v}_1$$

Al xocar, sabem que el la quantitat de moviment de les pilotes o la pilota que surti ha de ser igual a la que havien xocat ($\vec{p}_1 = \vec{p}_2$). Per tant, en principi podem pensar que si fem xocar dos pilotes contra la resta, tan podrien sortir dos pilotes a la mateixa velocitat com podrien sortir també una pilota amb el doble de velocitat. Però tal i com hem dit abans, aquest xoc és tracta d'un xoc elàstic, ja que al xocar un número n de boles contra la resta, surten cap a l'altre cantó el mateix nombre n de pilotes rebotades de manera que així és conserva tan la quantitat de moviment com l'energia cinètica ($\llbracket \text{Ecinètica} \rrbracket_{1,1} = \llbracket \text{Ecinètica} \rrbracket_{1,2}$). Per tant, hi ha d'haver una força responsable que les boles s'aturin. Aquesta força és la força de fregament, la

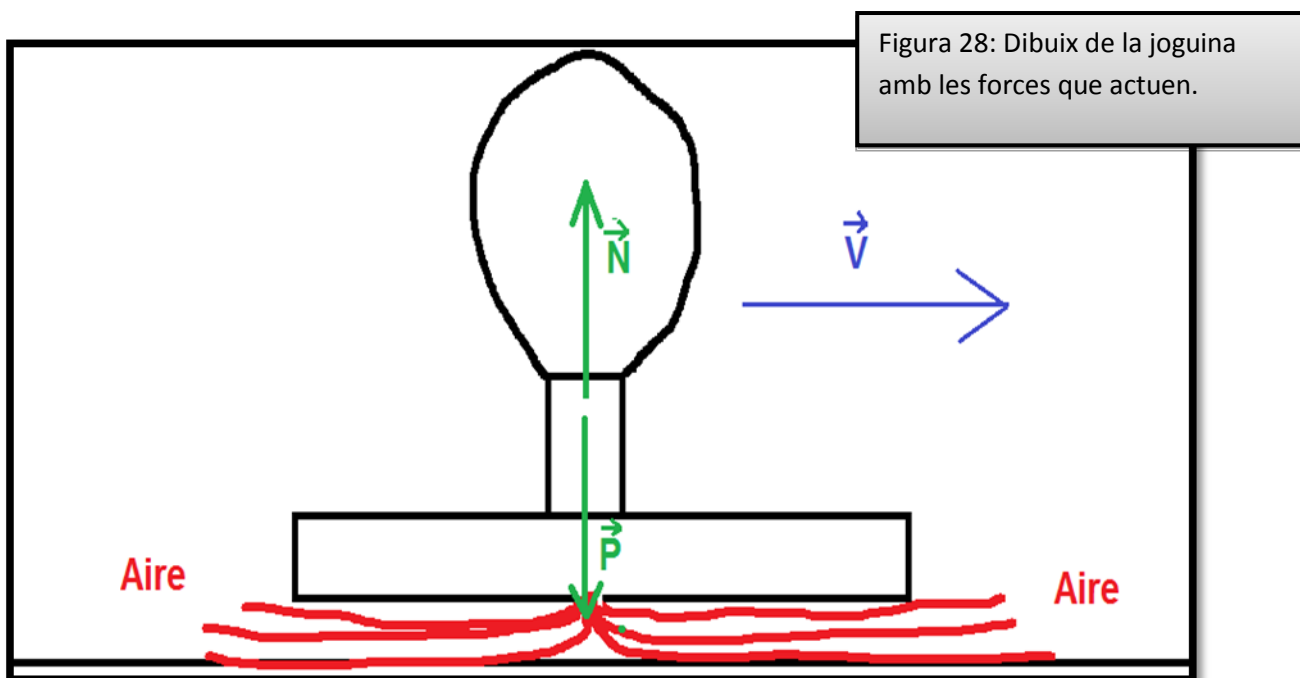
qual actua quan les boles pugen i baixen de manera que els va reduint l'energia cinètica (i com a conseqüència la velocitat) fins que al final s'acaben aturant.

5.6.-El disc sense fregament.

5.6.1 Descripció de l'experiment

Qui no ha anat mai a una sala de màquines recreatives i ha jugat al hockey amb un disc que adquireix velocitats frenètiques? El que em fet nosaltres ha estat construir-ne un de propi basant-nos el mateix principi que permet al disc assolir aquelles altes velocitats.

5.6.2 Dibuix de l'experiment



5.6.3 Explicació del seu funcionament.

Tal i com s'observa en el dibuix, el disc té un forat a dalt i un altre a baix. Això permet que quan li col·loquem un globus inflat a la part de dalt del sura, aquest aire vagi directament cap a la plataforma, de manera que és crea una capa d'aire entre la taula i el "disc". Al joc que trobem a les sales recreatives és produeix el mateix fenomen però de diferent manera: el aire surt de la taula i crea una capa d'aire entre aquesta mateixa i el disc. AL crear aquesta capa d'aire, l'aire és converteix en la superfície de recolzament del disc, per la qual cosa em de tenir en compte que no hi ha fregament entre el disc i la seva nova superfície de contacte (l'aire).

Segons la primera llei de Newton, si sobre un cos no actua cap força resultant aquest tendirà a mantenir el meu estat de moviment. A més sabem també per

la segona llei de Newton que $\sum \vec{F} = m \cdot \vec{a}$ Per tant, anem a veure les forces que actuen sobre la joguina en cada eix:

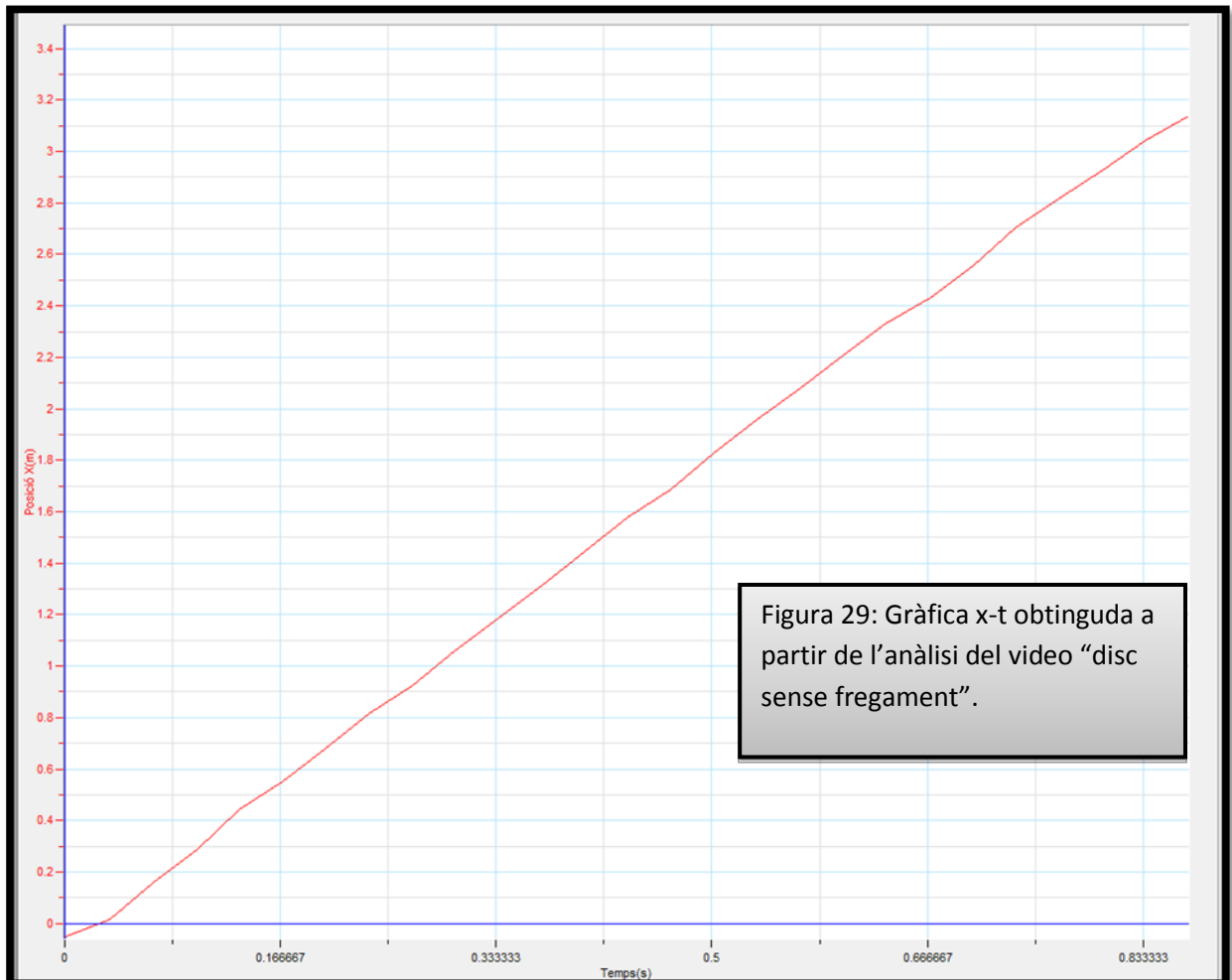
$$(y) \rightarrow \sum \vec{F} = m \cdot \vec{a} \rightarrow \vec{P} + \vec{N} = \mathbf{0}$$

En l'eix de les x, tal i com és veu en el dibuix no actua cap força, ja que la força de fregament amb la superfície de contacte desapareix quan aquesta esdevé el terra. Per tant, al aplicar-li una petita força al disc nosaltres i donar-li una velocitat determinada, aquesta segueix fins que el globus és desinfla i la capa d'aire desapareix.

5.6.4 Estudi del seu moviment amb MultiLab.

Si les deduccions han estat les correctes, al analitzar un video d'un disc sense fregament (extret d'internet) amb el programari d'anàlisi MultiLab, ens hauria de sortir en la gràfica x-t una funció lineal, ja que si manté el seu estat de moviment hauria d'anar a velocitat constant.

Un cop analitzat el video (vegeu al CD l'arxiu "disc sense fregament"), hem obtingut una sèrie de dades (vegeu annex 1) representades en el següent gràfic:



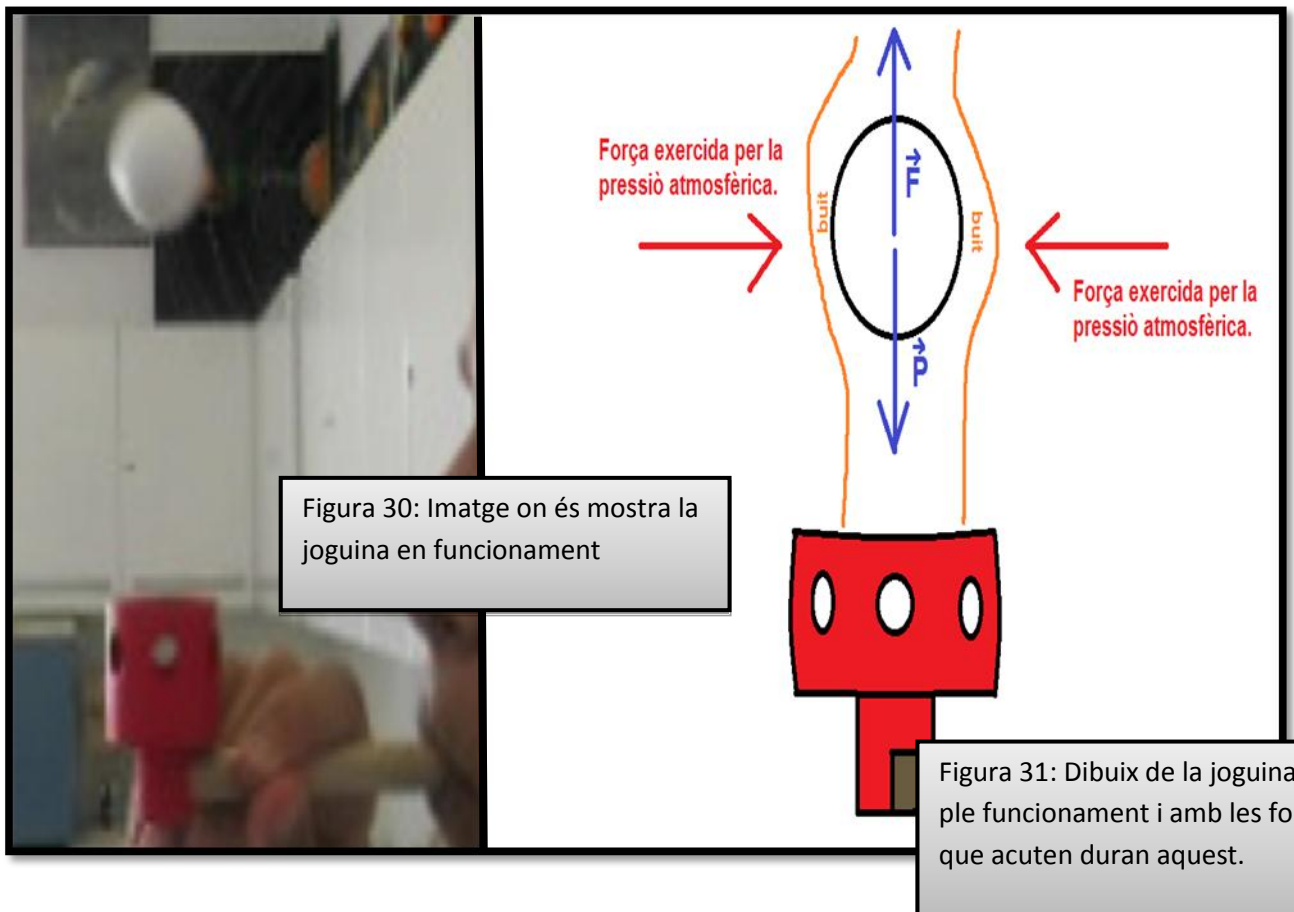
Tal i com observem, la gràfica x-t és tracta d'una gràfica lineal, per la qual cosa podem deduir que el cos ha descrit un moviment rectilini uniforme, i per tant, el nostre raonament sobre com funciona el disc ha estat correcte.

5.7.-La bola levitant.

5.7.1 Descripció de l'experiment

Aquesta és una de les joguines que requereix una major perícia i alhora la que és probablement més simple. Consisteix en una pipa sobre la qual li col·loquem una bola de suro amb una massa molt petita. Quan bufem per la pipa, la bola és sustentada a l'aire (vegeu figura 30), però si no ho fem correctament, o bé la bola no és mou o bé la bola surt disparada.

5.7.2 Foto del joguet



5.7.3 Explicació del seu funcionament

Aquesta joguina basa el seu funcionament amb el mateix principi que segueixen els avions per a sustentat-se a l'aire. Aquest principi, anomenat principi de Bernoulli, ens diu que si un fluid o un gas augmenta la seva velocitat, aquest disminueix la seva pressió. D'aquesta manera, quan nosaltres bufem amb la nostra joguina, l'aire que rodeja la bola augmenta la seva velocitat degut a que la pilota és esfèrica. Aquest augment de la velocitat provoca que al voltant de la pilota és produeixi un buit parcial (aire a menys pressió que l'aire de l'atmosfera), de manera que la pressió atmosfèrica exerceix una força sobre les parets de la pilota degut a aquest canvi de pressió (vegeu figura 31). Aquesta força exercida per la pressió atmosfèrica dona estabilitat a la pilota i permet que és mantengui en equilibri, i la força del aire que bufem (\vec{F}) que contrarresta la força del pes ((P)), provoca que sobre la pilota no actua cap força resultant i per tant és sustentada a l'aire (vegeu figura 31).

5.8.-L'encenedor solar.

5.8.1 Descripció de l'experiment

La següent joguina, o més ben dit aparell, consisteix en una capseta ovalada que s'obra i conté dos miralls a la seva base i una forquilla metàl·lica amb diverses bifurcacions (vegeu figura 32). Si punxem una cigarreta a la forquilla, al cap d'uns instant la cigarreta s'encén. Com sempre, no ha estat la màgia, sinó la ciència la que ens ha permès crear un aparell tan útil.

5.8.2 Dibuix de l'experiment

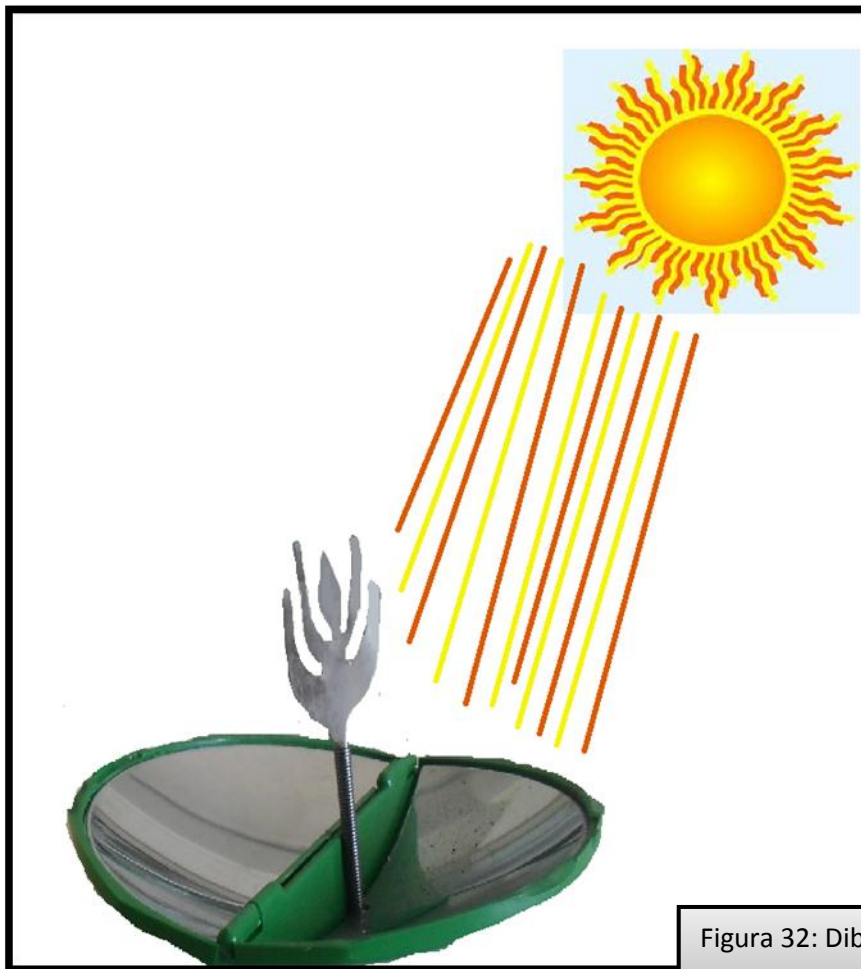


Figura 32: Dibuix de la joguina.

5.8.3 Explicació del funcionament

Per a conèixer i entendre el funcionament de l'encenedor primer de tot em de conèixer el tipus de mirall del que és tracta i les seves propietats.

El mirall és tracta d'un mirall còncau, i la propietat més interessant del mirall i amb la que basa el seu funcionament l'encenedor és la següent:

Tots els rajos de llums paral·lels al eix òptic del mirall i que xoquin pel mirall aniran a parar en un mateix punt d'aquest eix anomenat focus (vegeu imatge 33).

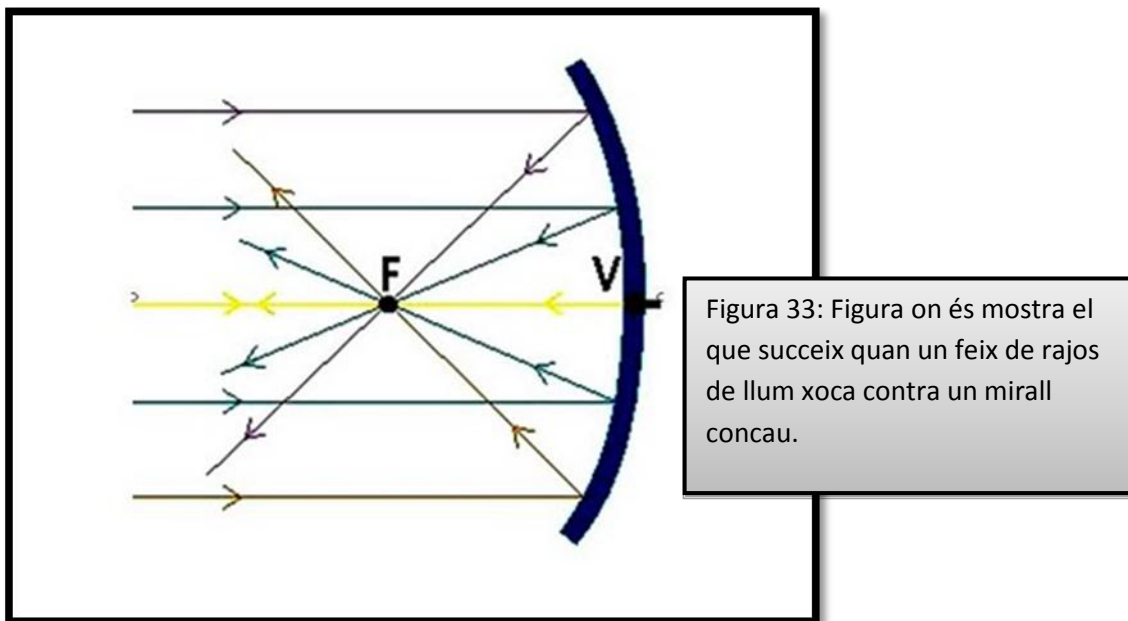


Figura 33: Figura on és mostra el que succeix quan un feix de rajos de llum xoca contra un mirall còncau.

Tenint en compte això a l'hora de dissenyar l'encenedor, el que fem és situar la punta de la barra metàl·lica (que és on volem que s'encengui la cigarreta) al focus del mirall. D'aquesta manera, quan clavem la cigarreta a l'extrem de la punta metàl·lica, és convergeixen tots els rajos de llum cap aquesta, i amb uns pocs segons agafa una temperatura tal que comença a cremar.

Un punt molt important que em de tindre en compte és que sempre la punta apunti cap al Sol ja que els rajos només és convergeixen si arriben paral·lels a l'eix òptic, dons de qualsevol altra manera no ho fan.

5.9.-La paradoxa de Galileu.

5.9.1 Descripció de l'experiment

En el següent experiment s'observa com al deixar la figura de la imatge () al damunt de la part més baixa d'una rampa que és va fent ampla a mesura que augmenta d'altura (vegeu figura 34), aquest en comptes de quedar-se en la part més baixa de la rampa el que fa és pujar. És aquest objecte un desafiador de la llei de la gravetat?

5.9.2 Dibuix de l'experiment.

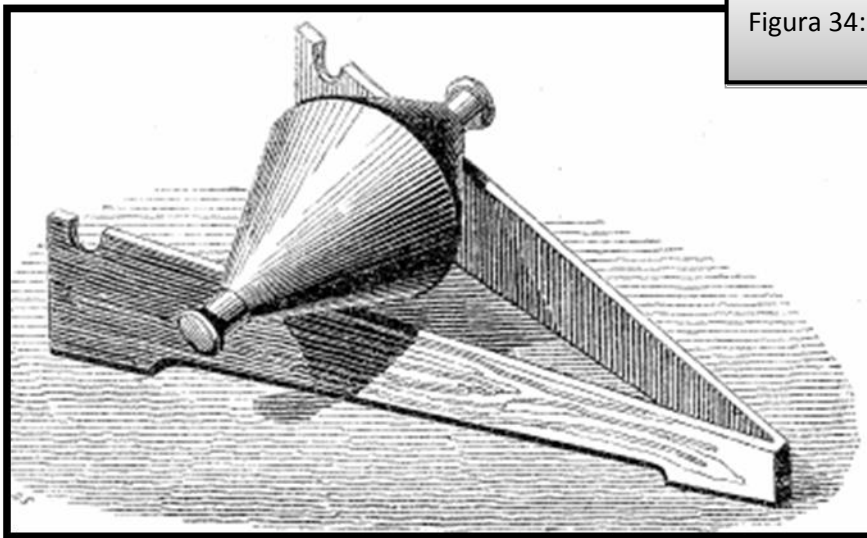


Figura 34:Dibuix de la juguina.

5.9.3 Explicació del seu funcionament

Per a explicar com funciona aquest objecte em d'entendre primer el que és el centre de gravetat.

El centre de gravetat es un punt del objecte sobre el qual és considera que s'apliquen les forces que actuen sobre aquest. És a dir que quan una força actua sobre un cos, és l'equivalent que si aquesta mateixa actues sobre un punt situat al centre de gravetat de l'objecte primer i de la mateixa massa que aquest.

Un cop tenim clar el concepte de centre de gravetat, anem a veure com evoluciona aquest centre de gravetat al llarg del moviment. La clau de tot el

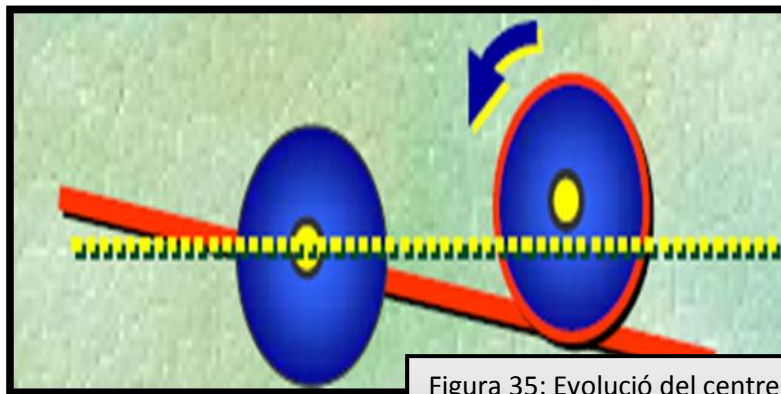


Figura 35: Evolució del centre de gravetat (cercle groc) al llarg del seu moviment.

funcionament és veu clar en la figura . Tal i com és veu en la figura 35, l'objecte a baix de la rampa té el seu centre de gravetat alt. A mesura que puja la rampa, gràcies a la forma de l'objecte i que la rampa és va

fent ampla, el centre de gravetat baixa. Per tant, mentre nosaltres visualment veiem que l'objecte puja la rampa, el que realment està fent és baixar el seu centre de gravetat.

5.10.-Com passar una pilota d'una copa a una altra sense agafar-la?

5.10.1 Descripció de l'experiment

El següent experiment consisteix en un repte.: intentar passar una bola de ping-pong d'una copa a una altra de manera que la que té la pilota estigui cap per avall i l'altra copa estigui quieta sobre la taula (vegeu figura 36).Com és possible que la pilota no caigui de la botella si està cap per avall?

5.10.2 Dibuix de l'experiment

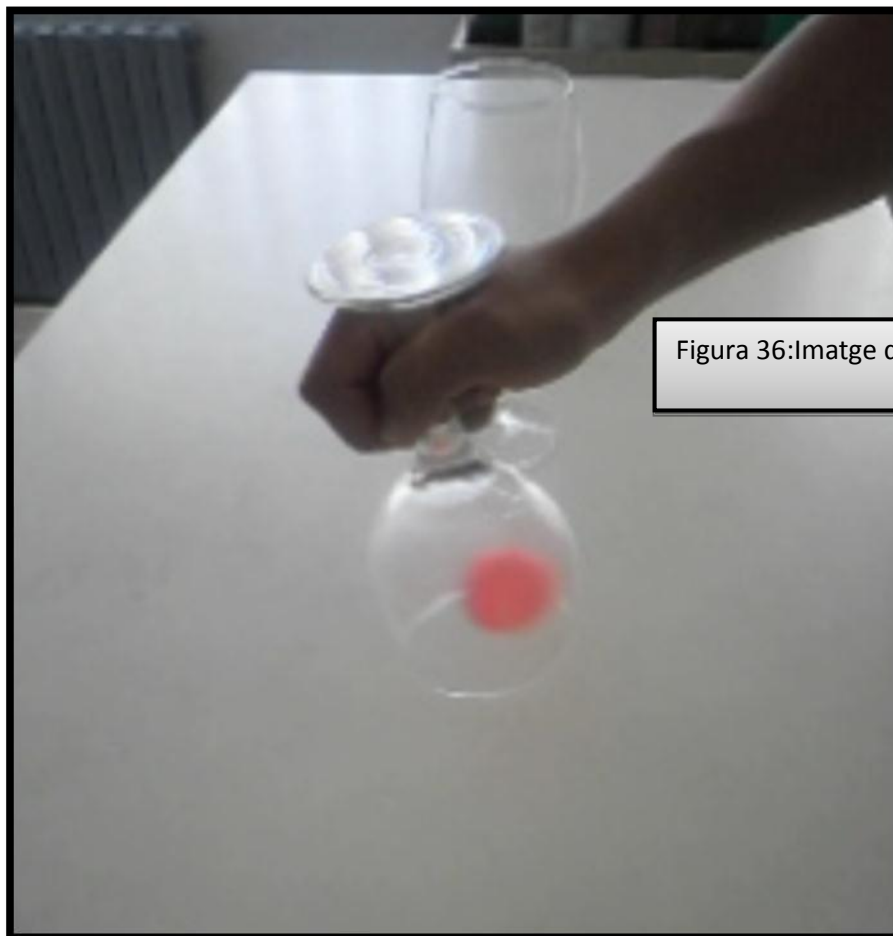
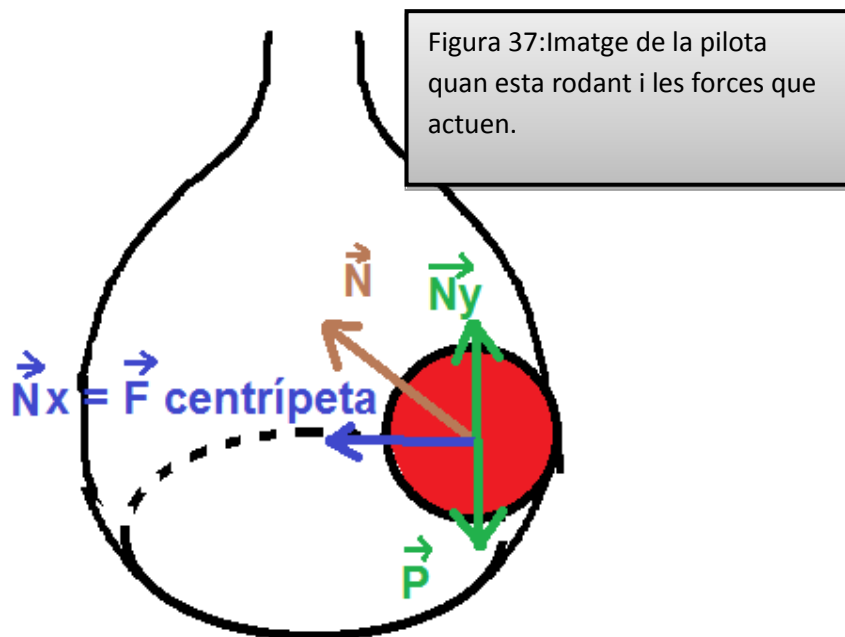


Figura 36:Imatge de l'experiment

5.10.3 Explicació del seu funcionament

Per aconseguir passar la pilota d'una copa a una altra el que hem de fer és fer que aquesta comenci a girar a molta velocitat per els parets de la copa col·locada cap per vall. D'aquesta manera si la copa descriu un moviment curvilini uniforme sabem que ha d'aparèixer una força en direcció i sentit cap al centre, anomenada força centrípeta (\vec{F}_c), que permeti a la bola realitzar el moviment. Però a més fa falta també una força que contraresti el pes (\vec{P}) ja que si no la bola s'arniaria caient. El que passa, tal i com veiem a la figura 37, és que la normal està inclinada ja que al superfície de contacte no és recta. Per tant, aquesta normal és pot descompondre en dos components : la component x (\vec{N}_x), la qual fa la funció de força centrípeta i la component y (\vec{N}_y), que contraresta la força del pes (\vec{P}).

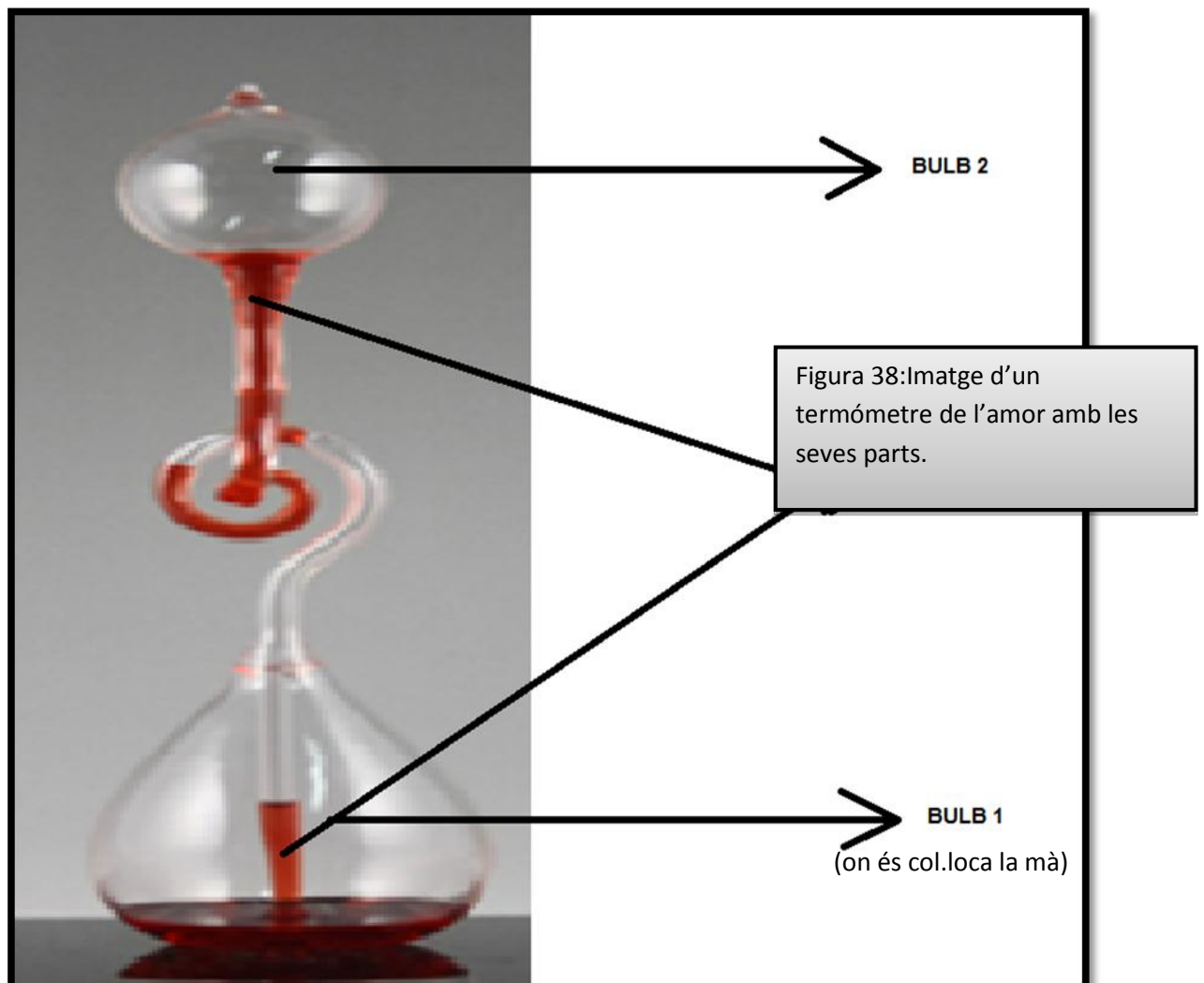


5.11.-Detector d' enamorats

5.11.1 Descripció de l'experiment

Aquest aparell que ben segur que heu vist tots en la seva versió electrònica és capaç de mesurar com d'enamorat estàs si col·loques la mà a la posició on s'indica a la figura 38.ÉS també aquest aparell una joguina basada en la física? Mesura realment com d'enamorats estem?

5.11.2 Dibuix de l'experiment



5.11.3 Explicació del seu funcionament

El termòmetre del amor basa el seu funcionament en el líquid volàtil. Aquest, no és un líquid concret sinó una barreja de diversos líquids volàtils que tenen unes temperatures d'ebullició molt baixes. D'aquesta manera, quan nosaltres contactem amb la mà al vidre del bulb 1, li transmetem una calor al bulb. Aquest bulb està hermèticament tancat i connecta amb bulb dos per un tub que té la punta enfonsada en líquid volàtil. Així que quan nosaltres transmetem la calor al bulb 1, aquesta calor és transmet posteriorment al líquid volàtil que augmenta la seva temperatura i degut al seu baix punt d'ebullició és comença a evaporar. Això provoca que la pressió dins del bulb augmenti, exercint una pressió també sobre el líquid volàtil que encara no s'ha evaporat, el qual és veu "obligat" a pujar pel conducte que connecta els dos bulbs degut a la pressió (vegeu figura 38) . D'aquesta manera, el líquid del bulb 1 passa al bulb 2 amb tan sols uns pocs segons. Per tant, podem dir que aquest termòmetre del amor realment el que ens mesura es com de calent tenim el palmell de la mà, ja que a més temperatura, més pressió i per tant més líquid és transmet del bulb 1 al bulb 2.

5.12.-La llauna funambulista

5.12.1 Descripció de l'experiment.

En aquest experiment em omplint amb aigua una llauna de refresc de 333cl amb aproximadament un terç de la seva capacitat. El que em fet un cop omplert amb aquesta quantitat la llauna l'hem inclinat i en comptes de caure o de tornar a la seva posició original, la llauna s'ha quedat amb equilibri, tal i com es mostra a la figura 39.

5.12.2 Dibuix de l'experiment.

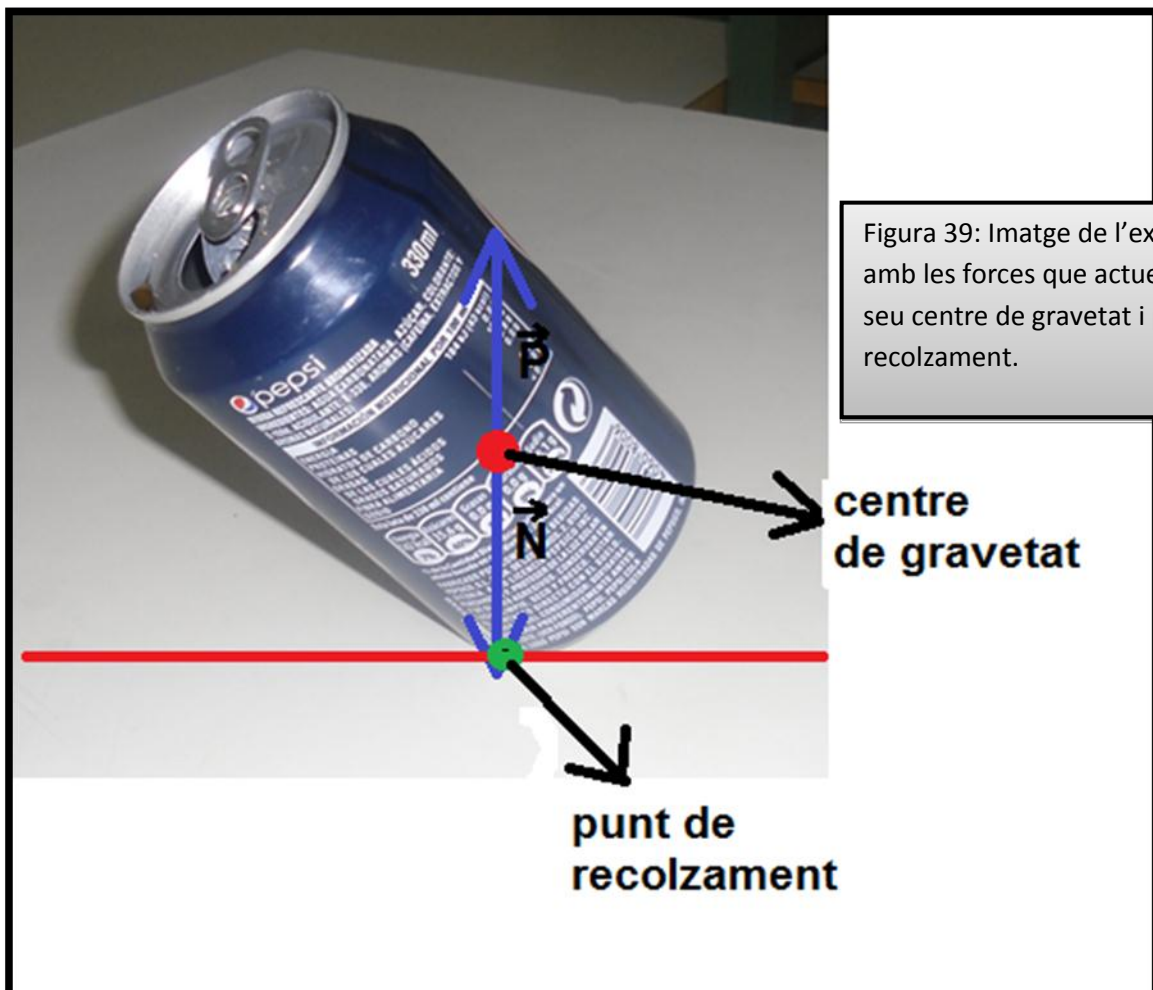


Figura 39: Imatge de l'experiment amb les forces que actuen amb el seu centre de gravetat i punt de recolzament.

5.12.3 Explicació del seu funcionament

Per a entendre perquè la llauna és capaç de no caure , hem de fer referència un altre cop al centre de gravetat, aquest cop en relació amb el punt de recolzament.. Per a que un cos sigui capaç de subjectar-se a sobre d'una superfície el seu centre de gravetat ha d'estar dins de la vertical o el pla format pel o pels punts de recolzament. En aquest cas, al omplir la llauna amb un terç de la seva capacitat i inclinar-la, és dona que l'aigua del seu interior té el seu centre de gravetat situat sobre de la vertical que passa també pel punt de recolzament. A més , un altre fenomen que afavoreix a la sustentació és el fet que el centre de gravetat està molt baixa que com més baix és el punt d'equilibri d'un cos , més estabilitat té aquest. Així que si mai voleu deixar bocabadats al cambrer del restaurant on aneu a menjar, només cal omplir la llauna amb 1/3 del seu contingut amb aigua i deixar que la física faci la resta.

5.13.-“El pajarito bebedor”

5.13.1 Descripció de l'experiment

L'ocellet bevedor és un joguet força conegut arreu del món. Aquest curiós joguet el que fa és veure d'un got tota l'estona, és a dir, que va inclinant el cap i apujant-lo constantment (vegeu figura 40). Però el que fa curiosa aquesta joguina és el fet que no tingui cap tipus de motor que faci que aquest ocelllet oscil·li.

5.13.2 Foto del joguet

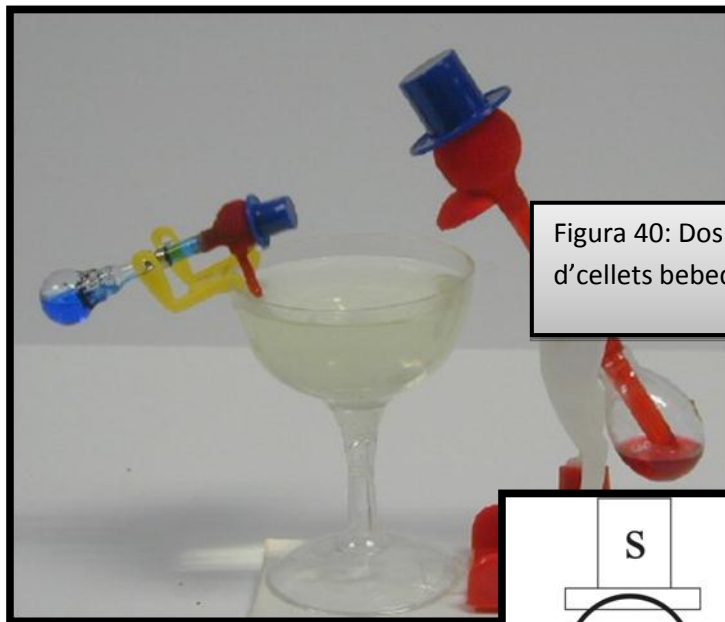


Figura 40: Dos tipus diferents d'ocellets bebedors.

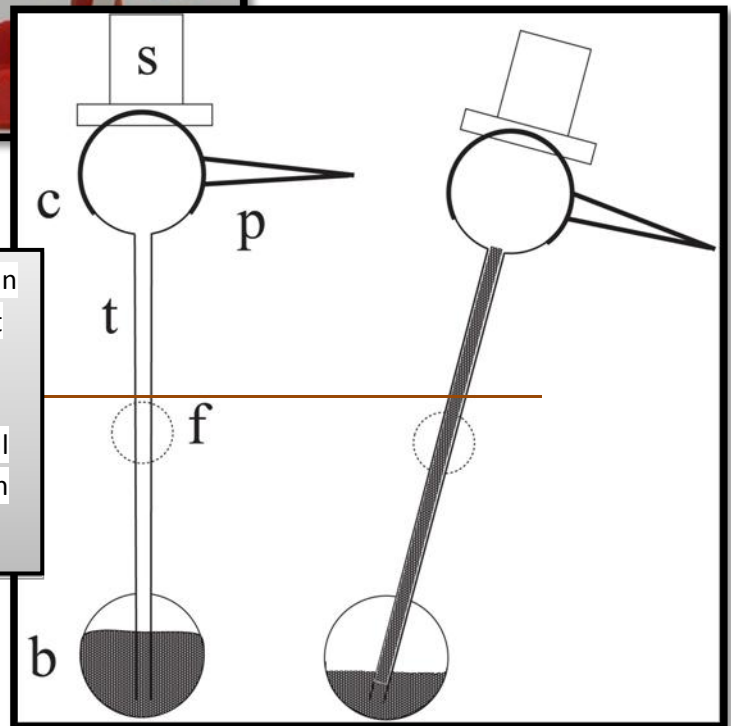


Figura 41: Esquema de l'ocell bevedor. (c) Cap, buit, amb un feltre al seu al voltant, barret (s) i un bec (p), també cobert de feltre. El cos (b) està inicialment mitjà ple de líquid i un tub buit (t), que li connecta amb el cap, arriba gairebé fins al seu fons. A mesura que el líquid ascendeix pel tub, l'ocell gira al voltant del fulcre (f) i descendeix el seu cap sobre un recipient amb aigua.

5.13.3 Explicació del seu funcionament.

Les claus del funcionament de l'ocell bevedor són les següents (vegeu abans figura 41):

1. El cap s'humiteja una mica amb l'ajuda d'un comptagotes. Si l'aire no es troba saturat d'humitat, i, si la humitat de l'aire a aquesta temperatura és menor del 100 %, una mica d'aigua líquida del cap tendeix a evaporar-se. Quan el filtre del cap s'humiteja, si l'aire no es troba saturat d'humitat, part de l'aigua s'evapora. Per aconseguir l'energia necessària, l'aigua pren energia del cap, donant lloc a un descens (0,5 °C) en la temperatura del cap de l'ocell respecte de la temperatura ambient.

2. La pressió del vapor del líquid volàtil decreix ràpidament en disminuir la temperatura. Encara que la variació de temperatura és petita, a causa que la pressió de vapor creix exponencialment amb la temperatura i al fet que el líquid està proper a la seva temperatura d'ebullició, s'estableix una important diferència de pressió entre el cap i el cos de l'ocell.

3. La major pressió de vapor sobre el líquid en el cos respecte del cap fa ascendir el líquid pel tub fins que la diferència de pressions cos-cap de l'ocell equilibra una columna de líquid de l'altura de l'ocell. Per tant, es necessita que el tub arribi gairebé al fons del líquid contingut en el bulb inferior (doncs d'una altra manera la diferència de pressions no obligaria al líquid a pujar -en cas que el tub no anés gairebé fins al fons caldria esperar al fet que el líquid inferior es condensés en el cap, la qual cosa és un procés molt lent-) i que el líquid tingui un punt d'ebullició proper a la temperatura ambient, doncs si la temperatura d'ebullició del líquid està molt allunyada de l'ambient la diferència de pressions no és suficient com per aconseguir elevar el líquid fins al cap.

4. Quan el líquid ascendeix prou pel tub com perquè el centre de gravetat de l'ocell es trobi per sobre del fulcre, apareix un torsió que amplifica la pertorbació, l'equilibri es fa inestable i el centre de gravetat tendeix a descendir. L'ocell oscil·la, i amb el centre de gravetat, lleugerament avançat a causa del pes del bec, cau sobre el got i mulla el filtre del bec en l'aigua.5. Amb l'ocell gairebé en horitzontal, el seu cap i cos es posen en contacte directe, les

pressions del vapor s'equilibren, el líquid del cap flueix i es torna a la situació inicial, punt 1. Així, encara que no hi hagi aigua en el got, amb el cap mullat l'ocell bevedor pot funcionar durant bastant temps, depenent de la humitat, però pot ser més d'una hora en condicions de baixa humitat, fins que l'aigua en el seu cap s'hagi evaporat.

5.14.-El picot

5.14.1 Descripció de l'experiment

Aquesta joguina consisteix en un ocellet de fusta el qual l'elevem fins al punt més alt del pal. Un cop està allí, li donem un cop i l'ocell, seguint la seva naturalesa, comença a picar la barra mentre va baixant (vegeu figura 43). Realment l'ocell segueix la seva naturalesa o hi ha algun principi físic amagat?

5.14.2 Dibuix de l'experiment

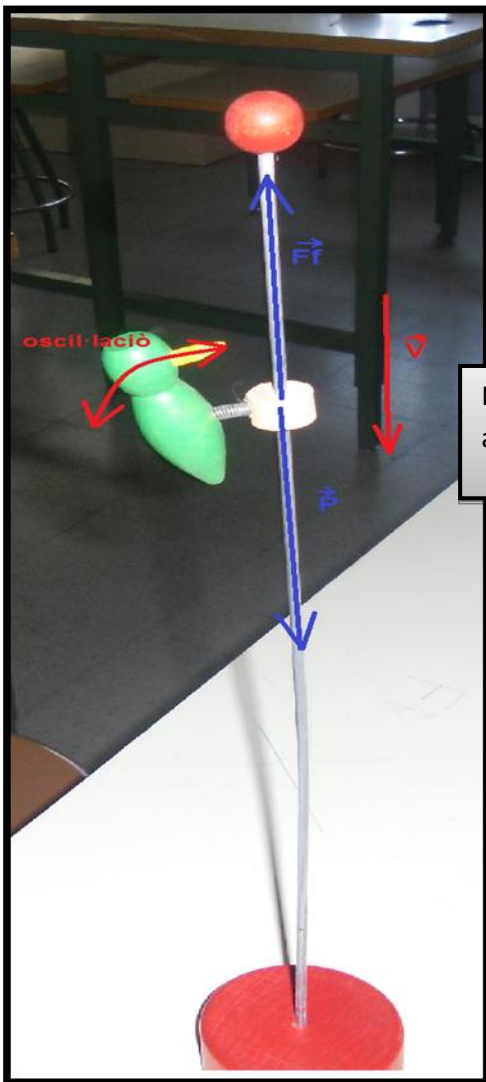


Figura 43:Fotografia del picot amb les forces que actuen.

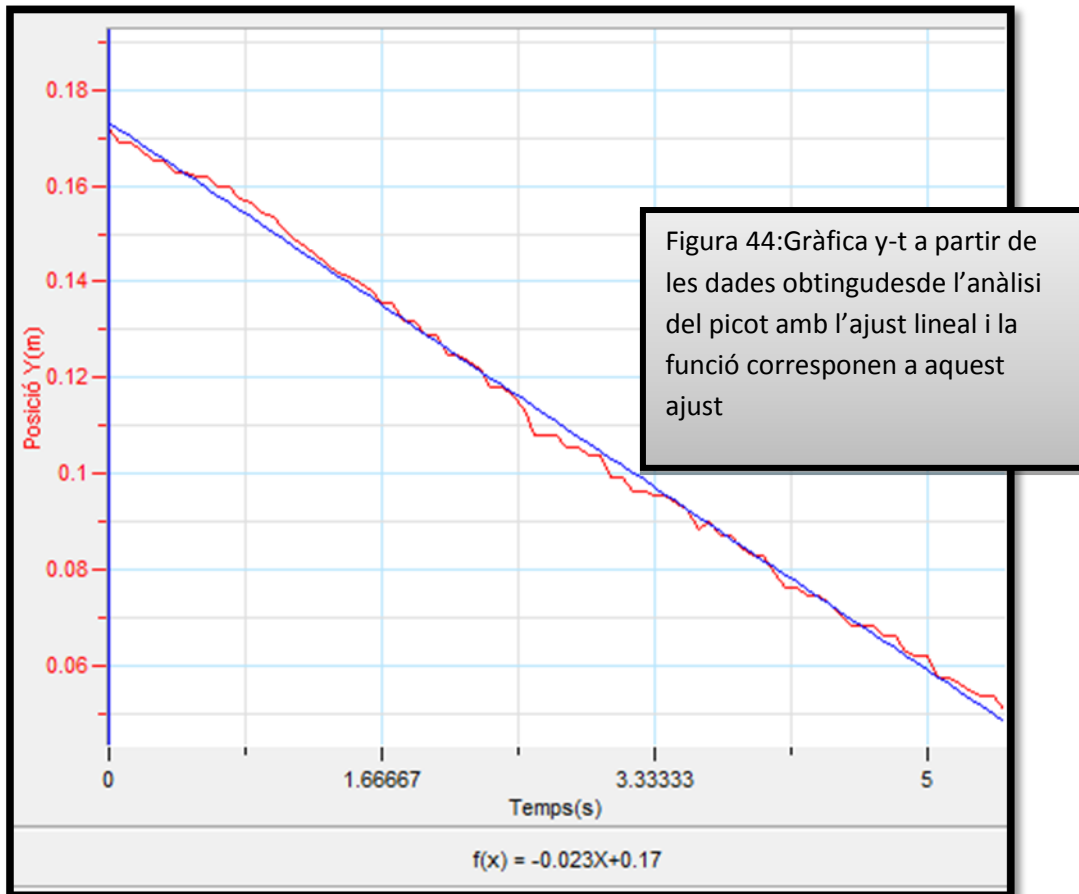
5.14.3 Explicació del seu funcionament

Aquest ocell ens serveix per a explicar el principi de la conservació de l'energia. Aquest principi ens diu que l'energia ni és creada ni és destruïda, sinó que és transformada. Per tant, quan tenim l'ocell a dalt de tot aquest té energia potencial (E_p) i energia potencial elàstica i no té velocitat. Quan li donem un copet el picot comença a oscil·lar i a guanyar energia, de manera que mentre va perdent energia potencial va guanyant velocitat i energia cinètica. Però el picot no transforma tota l'energia potencial en cinètica, sinó que hi ha una important pèrdua d'energia en forma de calor deguda al treball realitzat per la força de fregament \vec{F}_f (vegeu figura 43).

5.14.4 Anàlisi del moviment

Un cop hem vist que el picot guanya velocitat a mesura que cau, ens interessa saber si cau o no a velocitat constant i si ho fa quina velocitat porta. Per a fer-ho, hem analitzat el vídeo amb el nom de "picot" amb el programa MultiLab i hem obtingut les següents dades:

Totes aquestes dades es recullen també en el següent gràfic $y(m)-t(s)$ annex 1.



Tal i com observem a la imatge anterior, la gràfica $y(m)-t(s)$ correspon a una gràfica lineal, pel que podem deduir que és tracta d'un moviment rectilini uniforme. Així, sabem que l'equació del seu moviment és:

$$x = vt + x_0$$

Fent un canvi de variable : $v = a, x_0 = b, x = f(x)$ i $t = x$, tenim que:

$$f(x) = ax + b$$

Aquesta és la funció corresponen a una funció lineal, i quan ajustem el gràfic amb MultiLab tal i com veiem el la figura ens apareix la següent equació:

$$f(x) = -0,023x + 0,17$$

Per tant, tenint en compte el canvi de variables fet anteriorment, deduïm

que $v = -\frac{0,023m}{s}$ i que a més és manté constant.

6.-CONCLUSIONS

Tal i com s'ha vist al llarg del treball , totes les joguines presentades base el seu funcionament en principis físics. Però hem vist alhora que no totes basen el seu funcionament en principis iguals: El camellet, per exemple, basa el seu funcionament en les lleis de Newton. Quan el camellet arriava l'extrem de la taula, la tensió ha canviat de manera que la seva component x és pràcticament inexistent i la seva component y és pràcticament igual a la tensió. Això fa que el camellet acabi aturant-se just al davant de la taula.

També hem vist joguines com el termòmetre de l'amor , el qual basa el seu funcionament amb el mateix que és basen les màquines tèrmiques. Aquest termòmetre al igual que l'ocellet bevedor , basen el seu funcionament amb un líquid volàtil que, al mínim canvi de temperatura s'evapora. Aquest vapor canvia la pressió i provoca que ambdues joguines puguin realitzar els seus moviments, cadascuna a la seva manera.

Una altra família de joguines molt interessant que hem vist ha estat les que basaven el seu funcionament amb el principi de conservació de la quantitat de moviment i de l'energia. Aquestes, com les boles que xoquen o el radiòmetre, tenen en comú que apareix un xoc (exceptuant el picot que només intervé el principi de conservació de l'energia). És en aquest xoc on la física entra en joc i mitjançant el principi de conservació de l'energia explicat a la pàgina 44 , cada joguina aconsegueix sorprendre'ns.

Finalment ,i probablement com a grup més impactant visualment tenim als que basen el seu funcionament en el desplaçament del seu centre de gravetat. Aquests, com acabo de dir, són els més impactants visualment ja que tan aconsegueixen quedar-se en equilibri en posicions inversemblants (com la llauna funambulista) com realitzar moviment que a simple vista són impensables i totalment il·lògics (com la paradoxa de Galileu).

7.-BIBLIOGRAFIA

Archius PDF:

-Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias 8 (Núm. Extraordinario), , 2011 M *Ciencia recreativa: un recurso didáctico para enseñar deleitando*

Rafael García-Molina

-Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias 8 (Núm. Extraordinario), , 2011 *La física del pájaro bebedor*

Julio Güémez

-30 usos científicos para una (...bueno, varias) botella(s) de gaseosa

Rafael Garcia Molina

- Experiències senzilles i barates de física recreativa

Rafael Garcia Molina

-Juguetes en clases y demostraciones de Física

Julio Güémez¹, Carlos Fiolhais² y Manuel Fiolhais²

Pàgines web:

-Wikipedia, la enciclopedia libre

<http://es.wikipedia.org/wiki/>

- Juguetes científicos. Artilugios y juguetes científicos

http://www.jpimentel.com/ciencias_experimentales/pagwebciencias/pagweb/juguetes_terminologica.htm

- principio de bernoulli

<http://bernoullifisicatec.blogspot.com.es/2010/01/bernoulli.html>

INFORMACIÒ PROPORCIONADA PEL MEU TUTOR, ANICET COSIALLS

9.-ANNEXES

ANNEX 1

A continuació es mostren les taules de dades recollides en l'anàlisi del moviment d'algunes joguines:

Anàlisi del moviment del picot.

Temps (s)	Objecte 1 - Posició Y (m)
0	0.172
0.067	0.169
0.133	0.169
0.2	0.167
0.267	0.165
0.333	0.165
0.4	0.163
0.467	0.163
0.533	0.162
0.6	0.162
0.667	0.16
0.733	0.16
0.8	0.157
0.867	0.156
0.933	0.155
1	0.154
1.067	0.151
1.133	0.149
1.2	0.147

1.267	0.145
1.333	0.144
1.4	0.142
1.467	0.141
1.533	0.14
1.6	0.138
1.667	0.135
1.733	0.135
1.8	0.132
1.867	0.132
1.933	0.129
2	0.129
2.067	0.125
2.133	0.125
2.2	0.124
2.267	0.122
2.333	0.118
2.4	0.118
2.467	0.116
2.533	0.114
2.6	0.108
2.667	0.108
2.733	0.108
2.8	0.105
2.867	0.105
2.933	0.104

3	0.104
3.067	0.099
3.133	0.099
3.2	0.096
3.267	0.096
3.333	0.095
3.4	0.095
3.467	0.094
3.533	0.093
3.6	0.088
3.667	0.09
3.733	0.087
3.8	0.087

Anàlisi del moviment del camellet

Temps (s)	Posició X (m)
5.267	0.102
5.333	0.1
5.4	0.096
5.467	0.092
5.533	0.091
5.6	0.088
5.667	0.082
5.733	0.08
5.8	0.077
5.867	0.072

5.933	0.067
6	0.066
6.067	0.063
6.133	0.057
6.2	0.055
6.267	0.051
6.333	0.045
6.4	0.043
6.467	0.041
6.533	0.037
6.6	0.032
6.667	0.031
6.733	0.024
6.8	0.022
6.867	0.023
6.933	0.021
7	0.018
7.067	0.017
7.133	0.017
7.2	0.018
7.267	0.017
7.333	0.017

Anàlisi del moviment del cavallet

Temps(s)	Posició X(m)	Posició Y(m)
1.8670	-0.0650	0.0640

1.9335	0.0090	0.0730
2.0000	0.0090	0.0730
2.0665	0.0690	0.0270
2.1330	0.0690	0.0270
2.1995	0.0820	-0.0560
2.2660	0.0180	-0.1240
2.3325	0.0170	-0.1220
2.3990	-0.0860	-0.1080
2.4655	-0.0870	-0.1070
2.5320	-0.1220	-0.0010
2.5985	-0.0470	0.0820
2.6650	-0.0460	0.0820
2.7315	0.0610	0.0640
2.7980	0.0610	0.0640
2.8645	0.1020	-0.0460
2.9310	-0.0140	-0.1320
2.9975	-0.0140	-0.1320
3.0640	-0.1200	-0.0560
3.1305	-0.1200	-0.0560
3.1970	-0.0760	0.0760
3.2635	-0.0760	0.0760
3.3300	0.0620	0.0800
3.3965	0.1080	-0.0630
3.4630	0.1080	-0.0640
3.5295	-0.0380	-0.1320
3.5960	-0.1220	0.0070

3.6625	-0.1220	0.0070
3.7290	-0.0020	0.1050
3.7955	-0.0020	0.1050
3.8620	0.1170	0.0120
3.9285	0.0130	-0.1310
3.9950	0.0140	-0.1310
4.0615	-0.1220	-0.0330
4.1280	-0.1260	-0.0320
4.1945	-0.0380	0.1020
4.2610	0.1070	0.0310
4.3275	0.1070	0.0310
4.3940	0.0460	-0.1240
4.4605	0.0460	-0.1240
4.5270	-0.1160	-0.0650
4.5935	-0.0670	0.0820
4.6600	-0.0640	0.0890
4.7265	0.0850	0.0630
4.7930	0.0860	0.0600
4.8595	0.0890	-0.0890
4.9260	-0.0840	-0.1140
4.9925	-0.0860	-0.1080
5.0590	-0.1110	0.0500
5.1255	-0.1130	0.0510
5.1920	0.0220	0.1000
5.2585	0.1150	-0.0180
5.3250	0.1120	-0.0210

5.3915	0.0100	-0.1310
5.4580	0.0100	-0.1310
5.5245	-0.1220	-0.0450
5.5910	-0.0690	0.0790
5.6575	-0.0690	0.0790
5.7240	0.0670	0.0720
5.7905	0.0700	0.0670
5.8570	0.1040	-0.0590
5.9235	-0.0340	-0.1310
5.9900	-0.0340	-0.1310
6.0565	-0.1270	-0.0210
6.1230	-0.1270	-0.0210
6.1895	-0.0590	0.0890
6.2560	0.0740	0.0640
6.3225	0.0740	0.0640
6.3890	0.0990	-0.0700
6.4555	0.0990	-0.0700
6.5220	-0.0310	-0.1280
6.5885	-0.1240	-0.0340
6.6550	-0.1230	-0.0340
6.7215	-0.0650	0.0820
6.7880	-0.0650	0.0820
6.8545	0.0520	0.0840
6.9210	0.1090	-0.0260
6.9875	0.1090	-0.0260
7.0540	0.0140	-0.1290

7.1205	0.0150	-0.1290
7.1870	-0.1060	-0.0770
7.2535	-0.1040	0.0420
7.3200	-0.1040	0.0420
7.3865	-0.0030	0.0940
7.4530	-0.0030	0.0940
7.5195	0.0920	0.0340
7.5860	0.0890	-0.0810
7.6525	0.0860	-0.0810
7.7190	-0.0310	-0.1260
7.7855	-0.0300	-0.1260
7.8520	-0.1140	-0.0390
7.9185	-0.0800	0.0660
7.9850	-0.0800	0.0660
8.0515	0.0240	0.0910
8.1180	0.0240	0.0910
8.1845	0.0980	0.0170
8.2510	0.0790	-0.0890
8.3175	0.0790	-0.0890
8.3840	-0.0400	-0.1190
8.4505	-0.0400	-0.1190
8.5170	-0.1160	-0.0360
8.5835	-0.0820	0.0630
8.6500	-0.0820	0.0630
8.7165	0.0120	0.0960
8.7830	0.0120	0.0960

8.8495	0.0890	0.0360
8.9160	0.0830	-0.0690
8.9825	0.0830	-0.0690
9.0490	-0.0100	-0.1170
9.1155	-0.0100	-0.1170
9.1820	-0.1040	-0.0630
9.2485	-0.1060	0.0320
9.3150	-0.1060	0.0320
9.3815	-0.0310	0.0860
9.4480	-0.0310	0.0860
9.5145	0.0570	0.0660
9.5810	0.0960	-0.0120
9.6475	0.0960	-0.0160
9.7140	0.0570	-0.0990
9.7805	0.0570	-0.0990
9.8470	-0.0430	-0.1110
9.9135	-0.1040	-0.0390
9.9800	-0.1070	-0.0350
10.0465	-0.0870	0.0510
10.1130	-0.0870	0.0510
10.1795	-0.0140	0.0900
10.2460	0.0660	0.0590
10.3125	0.0630	0.0580
10.3790	0.0970	-0.0210
10.4455	0.0970	-0.0210
10.5120	0.0540	-0.0920

10.5785	-0.0370	-0.1070
10.6450	-0.0370	-0.1070
10.7115	-0.0980	-0.0450
10.7780	-0.0970	-0.0460
10.8445	-0.0900	0.0330
10.9110	-0.0320	0.0770
10.9775	-0.0320	0.0770
11.0440	0.0470	0.0620
11.1105	0.0470	0.0620
11.1770	0.0890	0.0060
11.2435	0.0750	-0.0700
11.3100	0.0750	-0.0700
11.3765	0.0010	-0.1090
11.4430	0.0010	-0.1090
11.5095	-0.0730	-0.0790
11.5760	-0.1010	-0.0070
11.6425	-0.1010	-0.0070
11.7090	-0.0680	0.0540
11.7755	-0.0680	0.0540
11.8420	0.0010	0.0760
11.9085	0.0610	0.0490
11.9750	0.0590	0.0500
12.0415	0.0840	-0.0110
12.1080	0.0840	-0.0110
12.1745	0.0590	-0.0760
12.2410	-0.0110	-0.1040

12.3075	-0.0110	-0.1060
12.3740	-0.0740	-0.0710
12.4405	-0.0770	-0.0710
12.5070	-0.1020	-0.0070
12.5735	-0.0740	0.0510
12.6400	-0.0740	0.0510
12.7065	-0.0090	0.0740
12.7730	-0.0090	0.0740
12.8395	0.0490	0.0540
12.9060	0.0770	0.0060
12.9725	0.0770	0.0060
13.0390	0.0710	-0.0570
13.1055	0.0710	-0.0570
13.1720	0.0190	-0.0870
13.2385	-0.0470	-0.0890
13.3050	-0.0470	-0.0890
13.3715	-0.0890	-0.0390
13.4380	-0.0890	-0.0390
13.5045	-0.0870	0.0220
13.5710	-0.0460	0.0630
13.6375	-0.0460	0.0630
13.7040	0.0110	0.0670
13.7705	0.0110	0.0670
13.8370	0.0590	0.0410
13.9035	0.0760	-0.0110
13.9700	0.0760	-0.0110

14.0365	0.0600	-0.0660
14.1030	0.0600	-0.0660
14.1695	0.0160	-0.0920
14.2360	-0.0410	-0.0850
14.3025	-0.0420	-0.0840
14.3690	-0.0760	-0.0450
14.4355	-0.0760	-0.0450
14.5020	-0.0790	0.0060
14.5685	-0.0490	0.0420
14.6350	-0.0490	0.0420
14.7015	-0.0020	0.0550
14.7680	-0.0020	0.0550
14.8345	0.0430	0.0440
14.9010	0.0710	0.0020
14.9675	0.0710	0.0020
15.0340	0.0680	-0.0430
15.1005	0.0680	-0.0430
15.1670	0.0380	-0.0780
15.2335	-0.0100	-0.0910
15.3000	-0.0100	-0.0910
15.3665	-0.0570	-0.0710
15.4330	-0.0570	-0.0710
15.4995	-0.0790	-0.0270
15.5660	-0.0790	-0.0270
15.6325	-0.0650	0.0160
15.6990	-0.0650	0.0160

15.7655	-0.0300	0.0460
15.8320	0.0090	0.0530
15.8985	0.0460	0.0370
15.9650	0.0460	0.0370
16.0315	0.0670	0.0020
16.0980	0.0670	0.0020
16.1645	0.0620	-0.0380
16.2310	0.0390	-0.0690
16.2975	0.0440	-0.0650
16.3640	0.0030	-0.0800
16.4305	0.0030	-0.0770
16.4970	-0.0390	-0.0670
16.5635	-0.0660	-0.0420
16.6300	-0.0660	-0.0420
16.6965	-0.0660	-0.0010
16.7630	-0.0660	-0.0010
16.8295	-0.0490	0.0290
16.8960	-0.0170	0.0440
16.9625	-0.0170	0.0440
17.0290	0.0140	0.0430
17.0955	0.0170	0.0420
17.1620	0.0420	0.0240
17.2285	0.0540	-0.0020
17.2950	0.0540	-0.0020
17.3615	0.0570	-0.0310
17.4280	0.0560	-0.0330

17.4945	0.0420	-0.0600
17.5610	0.0140	-0.0740
17.6275	0.0120	-0.0740
17.6940	-0.0220	-0.0720
17.7605	-0.0220	-0.0720
17.8270	-0.0510	-0.0530
17.8935	-0.0620	-0.0230
17.9600	-0.0620	-0.0230
18.0265	-0.0550	0.0060
18.0930	-0.0550	0.0060
18.1595	-0.0370	0.0270
18.2260	-0.0160	0.0370
18.2925	-0.0160	0.0370
18.3590	0.0110	0.0410
18.4255	0.0110	0.0410
18.4920	0.0290	0.0270
18.5585	0.0420	0.0090
18.6250	0.0420	0.0090
18.6915	0.0480	-0.0110
18.7580	0.0480	-0.0140
18.8245	0.0470	-0.0320
18.8910	0.0350	-0.0490
18.9575	0.0340	-0.0490
19.0240	0.0130	-0.0610
19.0905	0.0130	-0.0610
19.1570	-0.0110	-0.0660

19.2235	-0.0210	-0.0590
19.2900	-0.0270	-0.0540
19.3565	-0.0360	-0.0450
19.4230	-0.0390	-0.0440
19.4895	-0.0470	-0.0270
19.5560	-0.0440	-0.0080
19.6225	-0.0440	-0.0080
19.6890	-0.0420	0.0050
19.7555	-0.0420	0.0050
19.8220	-0.0310	0.0140
19.8885	-0.0220	0.0240
19.9550	-0.0220	0.0240
20.0215	-0.0060	0.0330
20.0880	-0.0060	0.0330
20.1545	0.0070	0.0340
20.2210	0.0180	0.0330
20.2875	0.0180	0.0330
20.3540	0.0300	0.0260
20.4205	0.0300	0.0260
20.4870	0.0360	0.0200
20.5535	0.0390	0.0120
20.6200	0.0390	0.0120

Disc sense fregament:

Temps(s)	Posició X(m)
0	-0.053

0.035	0.015
0.068	0.155
0.102	0.287
0.135	0.442
0.168	0.551
0.202	0.68
0.235	0.815
0.268	0.923
0.302	1.061
0.335	1.184
0.368	1.313
0.402	1.445
0.435	1.579
0.468	1.685
0.502	1.826
0.535	1.96
0.568	2.078
0.602	2.207
0.635	2.333
0.668	2.429
0.702	2.555
0.735	2.705
0.768	2.816
0.802	2.927
0.835	3.042
0.868	3.138

