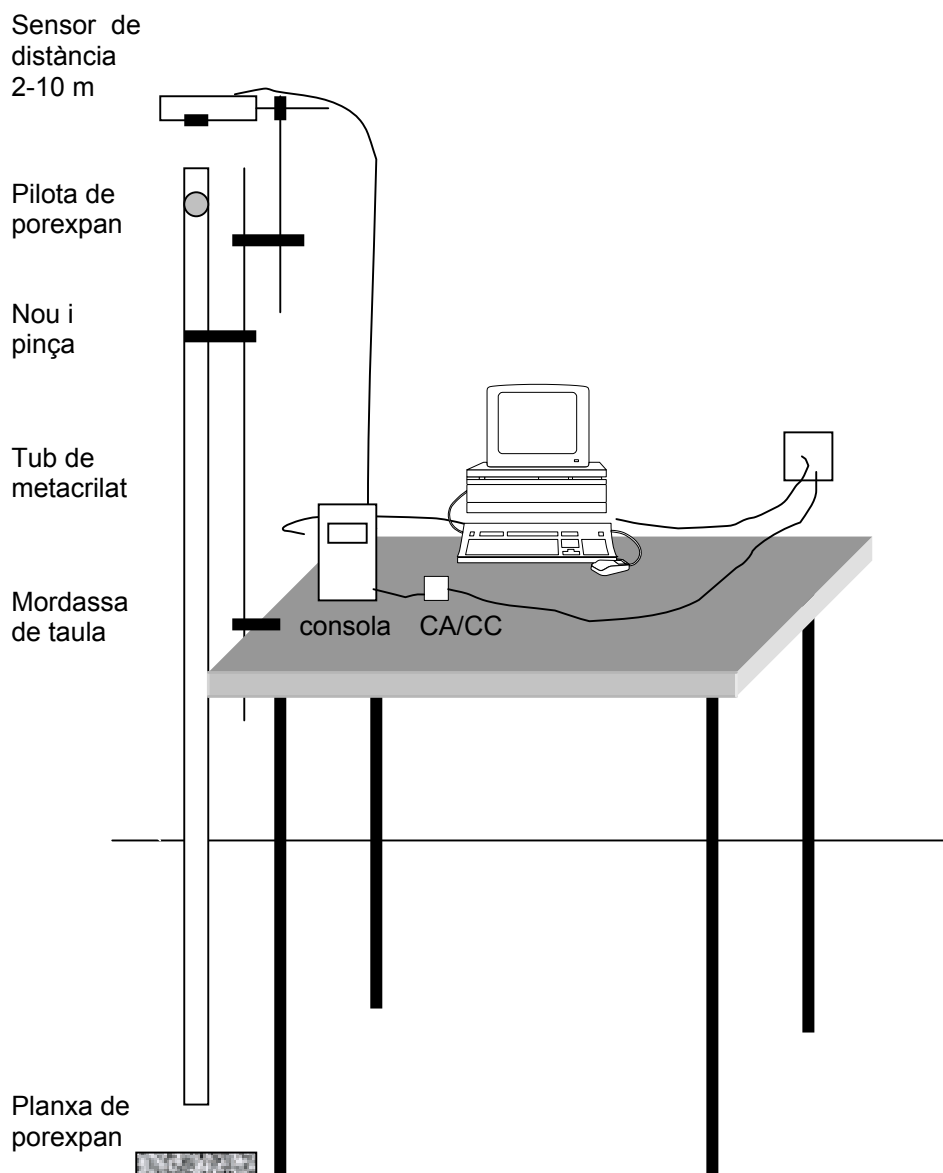


Caiguda lliure i velocitat límit

Objectius

- Realitzar un estudi del moviment de caiguda d'una bola de porexpan i d'una d'acer a través de l'aire.
- Determinar els paràmetres característics d'aquests moviments i donar una equació que ens permeti descriure'ls.
- Estudiar i comparar els moviments rectilini uniforme i uniformement accelerat.

Introducció



Us heu fixat mai com cau una pedra dins l'aigua? I com cau a l'aire?

Creieu que el seu moviment seria diferent si caigués en el buit?

Si deixem caure un cos a l'aire normalment accelera i augmenta la seva velocitat. Fins quan augmentarà aquesta velocitat?

De fet, la interacció d'un medi amb els cossos que es mouen en ell determina el tipus de moviment que seguiran.

La figura ens mostra els aparells necessaris per observar al laboratori "El descens d'una pilota de porexpan i d'una bola d'acer a través d'un tub de metacrilat ple d'aire".

Material i Equipament

Material de laboratori	Elements de l'equip Multilog
<ul style="list-style-type: none"> • Tub de metacrilat o de PVC transparent de 2 m de llargada i 3,6 cm de diàmetre interior • Pilota de porexpan de 2,5 cm de diàmetre • Bola d'acer de 3 cm de diàmetre • Suports, pinces, nous, mordassa i barretes metàl·liques, nivell • Tros de planxa de porexpan 	<ul style="list-style-type: none"> • Consola amb cable USB i adaptador AC-DC (el sensor de distància no funciona amb la pila de la consola) • Sensor de distància 2m-10m ATENCIÓ: Aquest sensor no mesura distàncies inferiors a 40 cm

Heu de preparar el muntatge de la figura. Per fer-ho:

- Uniu la barreta llarga a la taula mitjançant una mordassa.
- Col·loqueu a terra la planxa de porexpan.
- Munteu el tub a la barreta, mitjançant una nou i una pinça, deixant-lo a tres dits de la planxa de porexpan, perquè puguin sortir per sota la pilota i la bola.
- Comproveu amb el nivell que el tub està col·locat perpendicularment al terra.

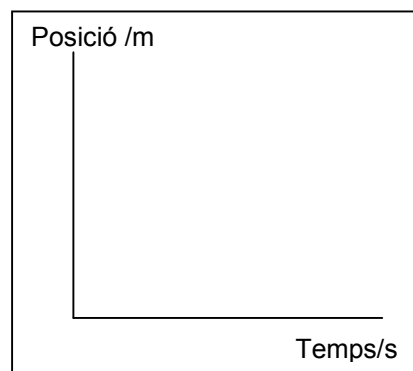
Plantejament d'hipòtesis i disseny de l'experiment

1. Com creieu que serà el moviment de caiguda de la pilota de porexpan?
2. Deixeu caure la pilota de porexpan, i expliqueu, amb dues frases, com a mínim, i amb paraules vostres, com creieu que és aquest moviment.
3. Escolliu de cada grup de paraules següent, la que més s'ajusta al concepte de moviment que heu explicat en les frases anteriors:

Accelerat Periòdic Uniforme Variat Circular Rectilini El·líptic Oscil·latori

4. Com creieu que serà el moviment de caiguda de la bola d'acer?
5. Deixeu caure la bola d'acer, i responeu, amb dues frases, com a mínim, i amb paraules vostres, la pregunta següent:
Com creieu que és aquest moviment?
6. Dibuixeu com creieu que seran els gràfics posició-temps que obtindreu en la caiguda de la pilota de porexpan i en la de la bola d'acer.

La vostra resposta és una hipòtesi sobre el tipus de moviment que segueix la pilota de porexpan i la bola d'acer en el seu descens a través del tub i per comprovar-ho hem dissenyat aquesta experiència.




Procediment

Muntatge de l'experiència

Col·loqueu el sensor de posició damunt del tub, de manera que hi hagi lloc per passar la pilota. Comproveu amb el nivell que el sensor queda totalment perpendicular a la direcció del tub.

Configuració de l'equip

1. Obriu el consola. 
2. Connecteu-la al port USB de l'ordinador i a la font d'alimentació.
3. Connecteu el sensor de distància al port I/O 1 de la consola.
4. Obriu el programa Multilab

5. Aneu a configuració

Tanqueu totes les finestres menys la de gràfic.

Distància 2m/10m

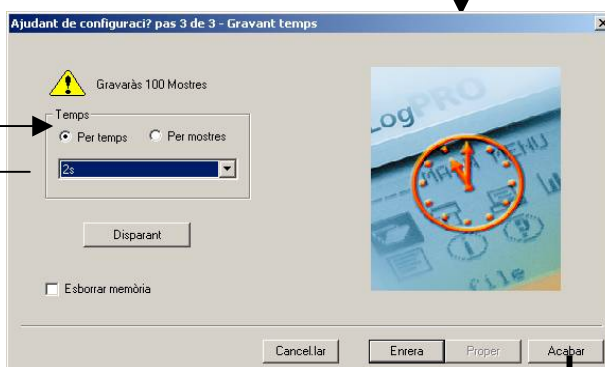


50 mostres per segon




Substituir




2 segons



Enregistrament i transformació de dades

1. Poseu en marxa la recollida  i quan comenci a sortir per pantalla el senyal del sensor de posició (notareu també que aquest emet un so) deixeu caure la pilota de porexpan.
2. Cliqueu el botó **Editar gràfic**  de la barra d'eines de gràfic i doneu el nom *Posició-temps (porexpan)* al gràfic obtingut. A continuació cliqueu el botó **Afegiu el gràfic al projecte** .

Aneu al menú **Arxiu/Guardar com...**, doneu el nom *Caiguda porexpan-número de grup de treball* a l'arxiu, per exemple *Caiguda porexpan-3*, i guardeu-lo a la vostra carpeta.








3. Obriu un nou projecte  i repetiu-ho tot amb la bola d'acer.



Assegureu-vos que el tros de planxa de porexpan està sota del tub de metracrilat i no poseu mai el peu a sota per aturar la bola d'acer.

4. Doneu el nom *Posició-temps (acer)* a la gràfica obtinguda, afegiu-la al projecte i guardeu l'arxiu amb el nom *Caiguda acer-n*. Per exemple *Caiguda acer-3*.

Modificació dels gràfics inicials.

- Obriu el vostre projecte  *Caiguda porexpan-n*.
 - Obriu la finestra **Mapa de dades**  i recupereu el gràfic *Posició-temps (porexpan)*.
 - Amb **Selecciona el Zoom** , trieu una part del gràfic que comenci a 0,40 m.
 - Cliqueu el botó **Commutar primer cursor**  i el botó **Commutar segon cursor** , i us apareixeran dos cursors en forma de fletxa damunt el gràfic.
- Arrossegueu-los amb el ratolí i porteu-los als extrems
- Aneu al menú **Gràfic/retalla** i feu intro.
 - Aneu a **Editar gràfic** , doneu al gràfic obtingut el nom *Retall posició-temps (porexpan)*
 - i cliqueu **Afegiu-lo al projecte** .
 - Finalment guardeu de nou l'arxiu *Caiguda porexpan-n*.
 - Feu el mateix però amb el gràfic *Posició-temps (acer)* del vostre projecte *Caiguda acer-n*. Doneu-li el nom *Retall Posició-temps (acer)* i afegiu-lo al projecte.
 - Guardeu de nou l'arxiu *Caiguda acer-n*.

Anàlisi matemàtic de les dades

- Obriu el mapa de dades i seleccioneu el gràfic *Retall posició-temps (porexpan)*.
- Aneu a **Ajudant d'anàlisi**

Ajustament lineal posició-temps (porexpan)

Us apareixerà el gràfic corresponent a l'ajustament lineal i l'equació corresponent a més del valor de R^2 de l'ajustament de les dades.

Tingueu en compte que el millor ajustament és aquell en què $R^2 \approx 1$

- Afegiu-ho al projecte
- Per tal de guardar el dibuix del gràfic que més endavant podeu utilitzar en l'informe podeu prémer la tecla *Imprimir Pantalla* i tindreu el dibuix de la pantalla en el portapapers de l'escriptori. Obriu un arxiu de *Word* i enganxeu-hi el dibuix de la pantalla, que després podreu retallar. Guardeu l'arxiu amb el nom de *Caiguda lliure-n*. Per exemple: *Caiguda lliure-3*.

Aquesta operació també es pot fer amb el menú **Gràfic/copiar gràfic**.

- Obriu el projecte *Caiguda acer-n* i ajusteu el gràfic *Retall posició-temps (acer)* a una funció lineal, doneu-li nom, anoteu la seva equació i el valor de R^2 .
- Copieu el gràfic a l'arxiu de *Word* anterior *Caiguda lliure-n*.
- Ajusteu de nou el gràfic *Retall posició-temps (acer)*, però ara a una funció Polinomial d'ordre 2 (és a dir una paràbola). Doneu-li nom, anoteu la seva equació i el valor de R^2 .
- Copieu el gràfic a l'arxiu de *Word* anterior *Caiguda lliure-n*.

Decidiu quina és l'equació que millor representa el conjunt de punts per a la caiguda de la bola d'acer.

Conclusions experimentals

Amb els gràfics que heu obtingut i les corresponents equacions responeu i justifiqueu les preguntes següents.

1. Com és el moviment de la pilota de porexpan?
2. Quina és l'equació matemàtica que relaciona el desplaçament de la pilota de porexpan i el temps transcorregut?
3. Què significa cada terme de l'equació?
4. Quines diferències s'observen entre els gràfics de la pilota de porexpan i la bola d'acer?
5. Com és el moviment de la bola d'acer?
6. Quina és l'equació matemàtica que relaciona el desplaçament de la bola d'acer i el temps transcorregut?
7. Què significa cada terme de l'equació?
8. A partir de l'equació anterior digueu tot el que pugueu sobre el moviment de la bola d'acer.

Solució i interpretació teòrica

Defenseu o negueu la hipòtesi inicial sobre el moviment de la pilota de porexpan i de la bola d'acer a través del tub i responeu la pregunta

A què creieu què són degudes les diferències entre els dos moviments?

Comunicació

A partir del guió de la pràctica redacteu un informe de l'experiència, tot seguint les instruccions en cursiva, que consti de:

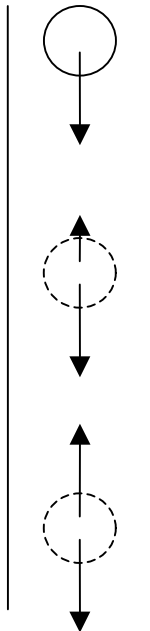
- Títol. *D'acord amb el fenomen que estudiieu.*
- Introducció. *De què parlarem i per què?*
 - Problema. *Preguntes que es volen respondre amb l'experiència*
 - Hipòtesis. *Resposta provisional a les preguntes-problema.*
- Disseny de l'experiència.
 - Muntatge de l'experiència. *Materials i aparelles que heu fet servir i com els heu disposat*
 - Configuració de l'equip. *Com heu de preparar l'equip de captació de dades.*
- Procediment. *Quins passos seguïu per arribar a captar les dades?*
- Registre i transformació de dades. *Quines dades enregistreu i com les transformeu ja sigui gràficament i /o analíticament?*
- Conclusions experimentals. *A partir de la transformació de dades responeu les preguntes plantejades i defenseu o negueu les hipòtesis inicials.*

Lliureu-ho el dia.....

Poseu-vos d'acord amb el professor/a per a resoldre a casa vostra l'apartat següent.

Aplicació dels resultats i ampliació de coneixements

Llegiu el text sobre les forces d'arrossegament que hi ha a continuació i responeu les preguntes que es plantegen al final.



Forces d'arrossegament

Quan un objecte es mou dins un fluid, com ara l'aigua o l'aire, el fluid fa una força de resistència o **força d'arrossegament** que tendeix a reduir la velocitat de l'objecte. Aquesta força depèn de la forma de l'objecte, de les propietats del fluid i de la velocitat de l'objecte respecte al fluid. Tal com les forces de fricció, la força d'arrossegament és molt complicada.

Al contrari que les forces de fricció ordinàries, la força d'arrossegament augmenta a mesura que ho fa la velocitat de l'objecte. Per a velocitats petites, la força d'arrossegament és aproximadament proporcional a la velocitat de l'objecte; per a grans velocitats, el seu comportament es gairebé proporcional al quadrat de la velocitat.

Considerem que la bola de porexpan que cau des del repòs com a conseqüència de la força de la gravetat, que suposarem constant, i una força d'arrossegament de mòdul bv^n , on b i n són constants. Llavors tenim una força constant que actua cap avall mg i una força, que actua cap amunt bv^n .

Si prenem com a positiu el sentit descendent, obtenim a partir de la segona llei de Newton que:

$$F_{\text{neta}} = mg - bv^n = ma$$

A $t_0 = 0$, quan la pilota comença a caure, la seva velocitat és zero, la força d'arrossegament és zero i l'acceleració és g cap avall. Si la velocitat de la pilota augmenta, la força d'arrossegament també ho fa i l'acceleració es fa més petita que g . Amb el temps, la velocitat és prou gran com perquè la força d'arrossegament bv^n s'iguali amb la força de la gravetat mg , i l'acceleració es fa zero.

Llavors l'objecte continua movent-se amb una velocitat constant v_l , anomenada **velocitat límit**.

Per tant, quan s'assoleix la velocitat límit les forces seran iguals i l'acceleració valdrà zero i en l'equació anterior tindrem

$$bv^n = mg$$

Aïllant la velocitat límit, tenim

$$v_l = \left(\frac{mg}{b} \right)^{\frac{1}{n}}$$

Com més gran és el valor de la constant b , més petit és el de la velocitat límit.

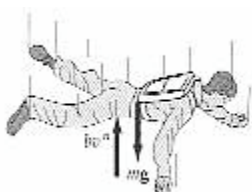


Diagrama de forces d'un cos que cau vencent la resistència de l'aire.

La força cap amunt és la d'arrossegament deguda a la resistència de l'aire bv^n la qual depèn de la velocitat v del cos. Si la velocitat augmenta, la força d'arrossegament també ho fa fins que en mòdul s'iguali amb el pes, moment a partir del qual el cos cau amb una velocitat constant, anomenada **velocitat límit**.

La constant b depèn de la forma de l'objecte. Un paracaigudes està dissenyat per fer b gran i tenir una velocitat límit petita. Per altra banda, els cotxes són dissenyats per tenir b petita, per tal de minimitzar l'efecte de la resistència de l'aire.

Per a un paracaigudista (amb el paracaigudes tancat), la velocitat límit és d'uns 60 m/s o 216 km/h.

Quan el paracaigudes s'obre, la força d'arrossegament és més gran que la força de la gravetat i el paracaigudista té una acceleració cap amunt mentre cau; és a dir, la seva velocitat cap avall disminueix.

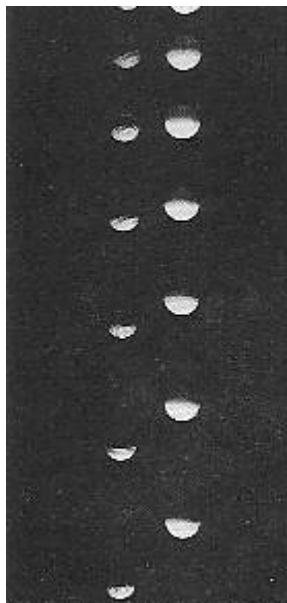
Llavors, la força d'arrossegament disminueix fins que assoleix la nova velocitat límit, d'uns 20 km/h.



L'ús d'un paracaigudes redueix enormement la velocitat límit

Preguntes:

1. Per què baixa a velocitat constant la pilota de porexpan?
2. Quina és la seva velocitat límit?
3. La bola d'acer arriba a assolir la seva velocitat límit?
4. A quin moviment dels estudiats s'assembla cadascuna de les fotografies?



Dues pilotes, una de golf i una altra de plàstic, cauen en l'aire. La resistència de l'aire és negligible per a la pilota de golf, que cau amb una acceleració bàsicament constant. La pilota de plàstic, més lleugera, assoleix ràpidament la seva velocitat límit, com es veu per l'espaiat gairebé idèntic al final.

Intenteu millorar la vostra resposta a la pregunta:

A què creieu que són degudes les diferències entre el moviment de la pilota de porexpan i el de la bola d'acer?