

ESO

*Exemples
d'investigacions experimentals de*
FÍSICA

EL MOVIMENT DE CAIGUDA



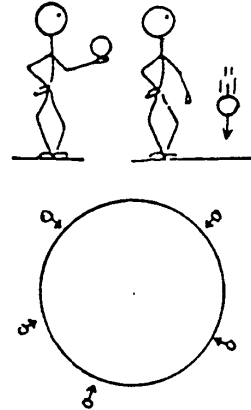
Joan Serrat i Montfort

EL MOVIMENT DE CAIGUDA

1. LA CAUSA DE LA CAIGUDA

A) Discussió de conceptes previs

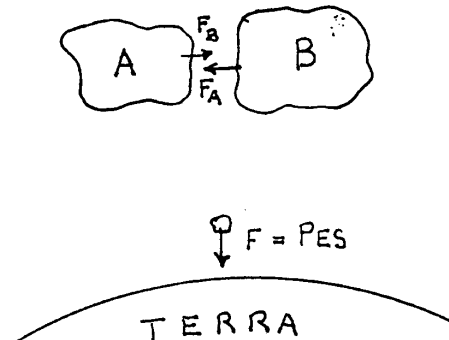
- ♦ Si amb la mà aguantem un cos, notem que el cos fa força sobre la mà. Aquesta força que fa el cos sobre la mà s'anomena del cos.
- ♦ Si el deixem anar, el cos cau. Quina és la força que el fa caure?
- ♦ A l'Argentina o a Austràlia, també cauen els cossos?
.....
En quina direcció cauen?



B) Una teoria per explicar el pes dels cossos

El savi anglès **Isaac Newton**, a finals del segle XVII, va suggerir aquesta explicació:

Tot el que és matèria s'atrau. Per tant entre dos cossos hi ha sempre atracció. Però aquesta atracció en general és molt petita i, a no ser que els cossos siguin molt grans, no la notem. Per exemple, no notem l'atracció entre dues pedres. Però l'atracció entre un cos i tota la Terra sí que es nota i en diem el **pes del cos**. Per tant: **el pes d'un cos és l'atracció entre aquest cos i la Terra**



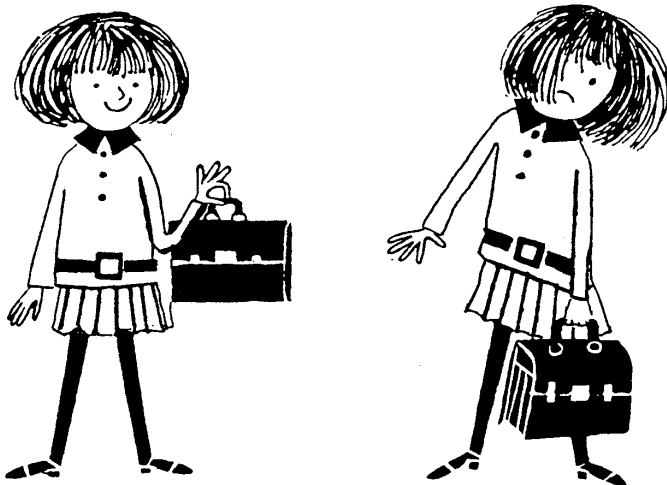
C) De què depèn el pes d'un cos?

Hem vist que l'atracció de la Terra sobre un cos, o sigui, el **pes del cos**, depèn de la quantitat de matèria del cos, o sigui, de la **seva massa**.

Així, si dos cossos pesen igual és que tenen la mateixa massa, encara que tinguin diferent forma o volum.

Exercici:

Explica aquests dibuixos:



2. LA CAIGUDA A TRAVÉS DE L'AIRE

A) La resistència de l'aire

Quan un cos cau s'ha d'obrir pas a través de l'aire que ofereix una **resistència**, o sigui, una força que s'oposa al moviment.

La resistència de l'aire depèn:

- ♦ **De la superfície que e presenti el cos en la direcció en la direcció del moviment:** quant més gran sigui la superfície on xoqui l'aire, més resistència.

Experiments:

1. Agafa un full de paper, col·loca'l horitzontal i deixa'l caure a terra.

Es manté horitzontal mentre cau?

Explica com es mou el paper a través de l'aire i per què:

2. Repeteix l'experiment deixant caure alhora dos fulls iguals de paper, però un arrugat en forma de bola i l'altre sense arrugar. Explica la diferència del seu moviment:

- ♦ **De la forma del cos**

Qüestió:

Quina forma tenen: les bales, les bombes d'aviació, els projectils d'artilleria i els coets astronàutics? Explica-ho amb un dibuix

Aquesta forma s'anomena "**forma aerodinàmica**" i és la que va millor a un projectil per obrir-se pas a través de l'aire.

- ♦ **De la velocitat que porta el cos**

La resistència de l'aire **augmenta molt quan augmenta la velocitat** del cos, cosa fàcil de comprovar, per exemple anant en moto.

Experiment:

Agafa un full de paper per un costat, posa'l vertical i, mantenint-lo així, mou-lo molt lentament. Es doblega el full?

Repeteix l'experiment movent el full més ràpidament. Es doblega ara?

B) Com cau un cos a través de l'aire

Mentre un cos cau hi actuen dues forces de sentit contrari:

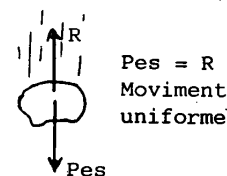
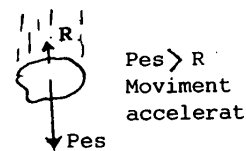
- l'atracció de la Terra, o sigui, el pes
- la resistència de l'aire.

Al principi el pes sol ser molt més gran que la resistència de l'aire i per això el cos va augmentant de velocitat (s'accelera).

Però a mesura que augmenta la velocitat, augmenta també la resistència de l'aire.

Quan arriba el moment en que la resistència de l'aire val igual que el pes, les dues forces s'equilibren i el cos ja no s'accelera més: continua caient a la velocitat que havia agafat fins aquell moment.

Per a un cos de poc pes (per exemple una pilota de ping-pong) això passa de seguida i no arriba a agafar gaire velocitat. En canvi una bola de ferro, com que pesa més, ha d'agafar molta més velocitat per a que passi això i cau durant molta estona amb moviment accelerat.



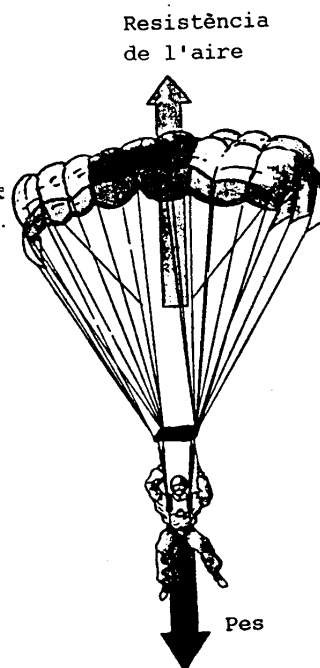
Qüestions:

1. Explica perquè les gotes d'aigua de la pluja, tot i que cauen de molta altura, no arriben a terra a velocitat molt gran.

2. La velocitat amb que arriba una pilota de ping-pong a terra és igual si cau d'un 2n pis que si cau d'un 6é pis. Explica-ho:

I si es tractés d'una bola de ferro? Explica-ho:

3. Explica el funcionament d'un paracaigudes. La velocitat amb que arriba el paracaigudista a terra depèn de quina altura s'ha tirat'. Explica-ho:



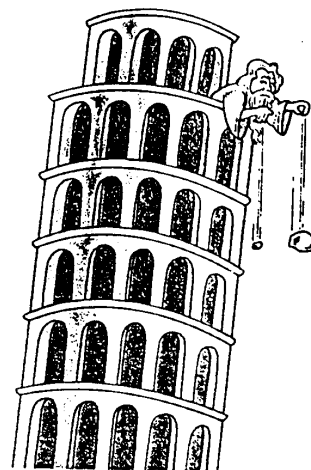
3. LA CAIGUDA QUAN LA RESISTÈNCIA DE L'AIRE ÉS NEGLIGIBLE

Hem vist que quan un cos cau a través de l'aire hi actuen dues forces: el pes, que l'accelera, i la resistència de l'aire, que el frena.

Però moltes vegades la resistència de l'aire és molt petita comparada amb el pes. Això passa quan cauen cossos pesats i de poca superfície (per exemple pedres o boles metàl·liques) durant els primers moments de la caiguda ens els que el cos encara no ha adquirit gaire velocitat i, per tant, la resistència de l'aire és encara petita.

En aquestes condicions es pot comprovar experimentalment que:

Quan la resistència de l'aire és negligible, els cossos cauen amb moviment accelerat i l'acceleració és la mateixa per a tots, independentment de que tinguin més o menys massa.



L'experiència de Galileu a Pisa.

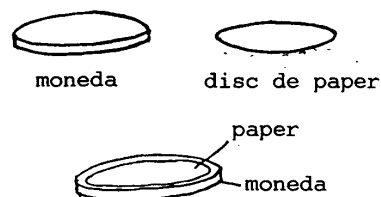
O sigui que si dos cossos de diferent massa cauen alhora sortint del mateix punt, arriben alhora a terra amb la mateixa velocitat.

Es diu que va ser Galileu (1564-1642) el primer que va comprovar això deixant caure boles de plom de diferent massa des de dalt de la torre inclinada de Pisa. Es considera que amb aquest experiment va néixer la Física Moderna, basada més en els fets experimentals que en els raonaments.

Experiments:

1. Enfila't sobre la taula i deixa caure alhora dues boles d'acer de diferent massa. Quina arriba abans a terra?
2. Repeteix l'experiment amb una bola d'acer i una de suro o de "porex". Quina arriba abans a terra?
Contradiu aquest experiment l'anterior que has fet? Explica-ho (recordant l'acció de l'aire):

3. Retalla un disc de paper o de cartolina una mica més petit que una moneda de 500 pts (o de 100 pts) i deixa caure alhora el disc i la moneda. Quina arriba abans a terra?



4. Col·loca ara el disc de paper sobre la moneda i, mantenint la moneda horitzontal, deixa'ls caure junts. Arriben a terra al mateix temps?

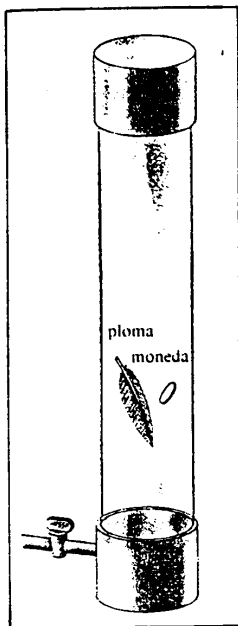
Com expliques aquest resultat?

4. LA CAIGUDA A TRAVÉS DEL BUIT. QUANT VAL L'ACCELERACIÓ?

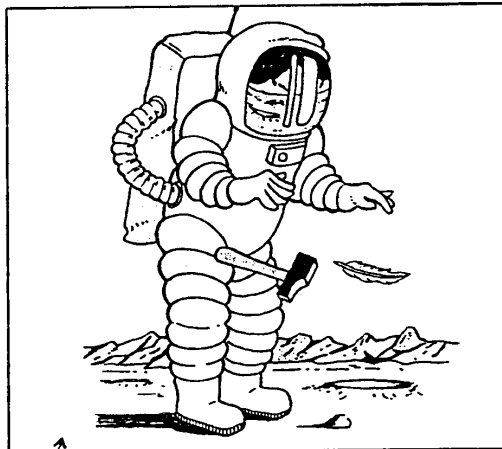
El que hem vist quan la resistència de l'aire és negligible és encara més cert quan no hi ha aire, o sigui, quan un cos cau a través del buit.

S'ha comprovat experimentalment que:

En el buit tots els cossos cauen amb moviment accelerat i amb la mateixa acceleració, independentment de la massa i forma del cos.



← En el buit,
una ploma i una
moneda cauen
simultàniament.

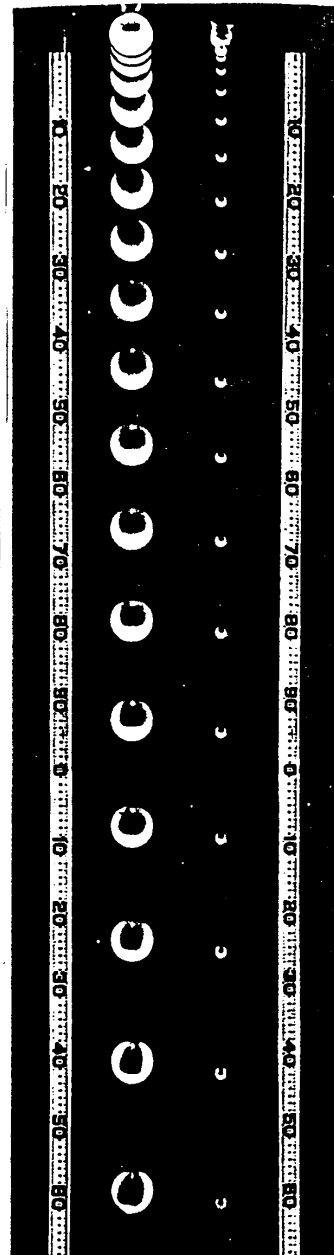


Una ploma i un martell cauen
simultàniament a la Lluna,
on no hi ha atmosfera.

El valor d'aquesta acceleració s'ha mesurat a partir de registres fotogràfics de cossos que cauen en el buit. S'ha comprovat que:

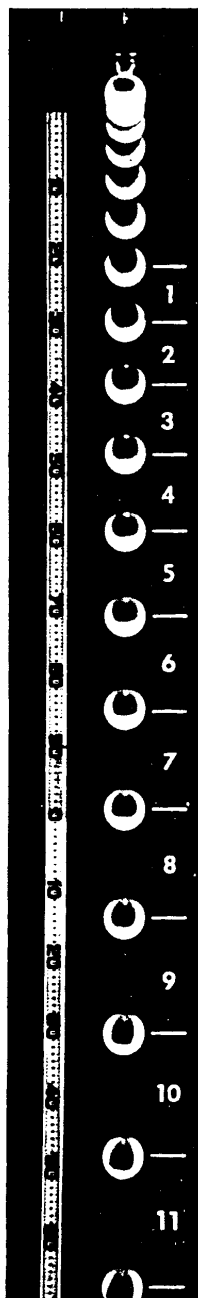
En les proximitats de la superfície de la Terra l'acceleració de caiguda en el buit equival a un augment de velocitat de $9,8 \frac{m}{s}$ cada segon que passa. Aquest valor s'anomena gravetat.

El valor de l'acceleració de la gravetat depèn de la força atractiva de la Terra i disminueix si ens allunyem de la seva superfície. En altres planetes el valor és diferent, depenent de la massa del planeta.



Per a saber-ne més:

ESTUDI DEL MOVIMENT DE CAIGUDA A PARTIR D'UN REGISTRE FOTOGRÀFIC



Tenim aquí el registre fotogràfic de la caiguda d'una bola de billar.

Les fotos successives estan fetes amb intervals de temps de $1/30$ s (o sigui, 0,033 s).

L'escala de la fotografia és de $1/8,6$, o sigui, que cada cm de la foto correspon a 8,6 cm del natural, tal com es pot comprovar a partir del regle graduat que surt a la foto.

Despreciant les primeres fotos que queden superposades, s'ha senyalat les posicions del punt mig de la bola per així poder mesurar millor els successius desplaçaments, que s'han numerat.

A) Mesurant amb un regle els desplaçaments sobre la fotografia, calcula:

Nº del desplaçament	Longitud del desplaçament sobre la foto (en cm)	Longitud real del desplaçament (en cm)	Idem expressat en m
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			

B) Recordant que l'interval de temps de cada desplaçament és $1/30 = 0,033$ s, calcula la velocitat mitjana corresponent a cada desplaçament:

$$v_m = \frac{\text{desplaçament}}{\text{interval de temps}}$$

Nº del desplaçament	Velocitat mitjana (m/s)	Nº del desplaçament	Velocitat mitjana (m/s)
1		7	
2		8	
3		9	
4		10	
5		11	
6			

c) En l'exercici anterior hem pogut comprovar com la velocitat va augmentant.

Calcula ara l'augment de velocitat, o sigui $\Delta v = v_2 - v_1$, al passar del 1r desplaçament al 2n, del 2n al 3r, etc.

Calcula també l'acceleració: $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ que correspon a cada Δv , recordant que Δt és sempre $1/30 = 0.033$ s

Pas de:	Δv (en m/s)	acceleració (en m/s^2)
1 a 2		
2 a 3		
3 a 4		
4 a 5		
5 a 6		
6 a 7		
7 a 8		
8 a 9		
9 a 10		
10 a 11		

Conclusions de l'experiment

Segurament hauràs obtingut un valor molt semblant de l'acceleració en tots els intervals. Tenint en compte els errors que inevitablement es produeixen al mesurar els desplaçaments sobre la fotografia, podem arribar a acceptar que el moviment de caiguda de la bola de billar és un moviment **uniformement accelerat**.

Calcula la mitjana de tots els valors d'acceleració que has obtingut:

$a = \dots\dots\dots$

Recordant que el valor de l'acceleració és $9,8 m/s^2$, calcula els errors absolut i relatiu del teu resultat:

Error absolut:

Error relatiu: