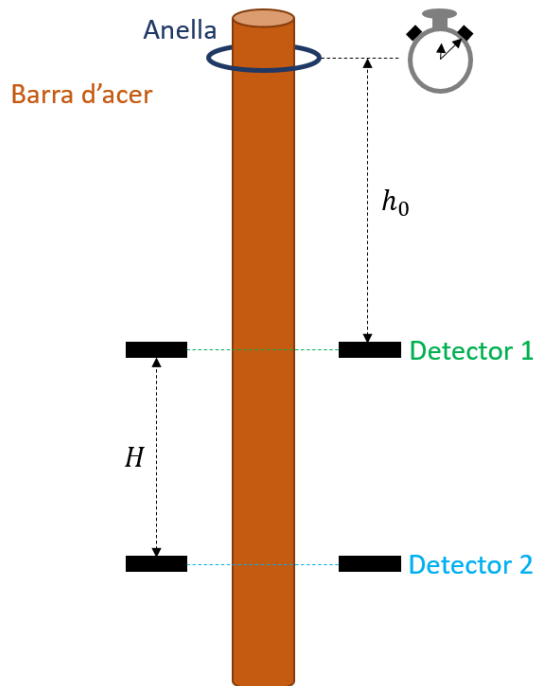


1. **Problema experimental.**

Quan un cos es mou immers dins d'un fluid (com per exemple, l'aire), hi ha una força de fregament que, es pot comprovar, és proporcional a la seva velocitat relativa. Per a un cos que cau sota l'acció de la gravetat en el si d'un fluid, l'equació de la posició  $h$  en funció del temps  $t$  és:

$$h(t) = \frac{m^2 g}{b^2} \left[ \frac{b}{m} t + e^{-\frac{b}{m} t} - 1 \right]$$

On  $b$  el coeficient de fregament,  $m$  la massa de l'objecte i  $g$  l'acceleració de la gravetat.



En un laboratori de docència del Grau de Física volen emular aquest comportament.

Es fa passar una barra d'acer inoxidable pel forat d'un imant potent amb forma d'anella i de massa  $m = 20$  g. Quan la barra es posa vertical i es deixa anar l'imant (tal i com s'il·lustra a la figura), d'una manera sorprenent, aquest cau molt més lentament que si es deixes caure sense la barra.

La força que frena l'imant, similar al fregament que experimentaria un paracaigudista, és deguda a que el moviment de l'imant produeix corrents induïdes en la barra i, d'acord amb la Llei de Lenz, el sentit dels corrents és

tal que frenen la caiguda de l'imant. La força que l'imant i la barra s'exerceixen mútuament és proporcional a la velocitat relativa entre l'imant i la barra.

Per a la realització de l'experiment, els alumnes fan servir un cronòmetre convencional per a mesurar el temps de caiguda de l'anella des d'una certa alçada variable  $h_0$ , que anomenarem  $t_{crono}$ . Al final de la barra es col·loquen dos detectors (Detector 1 i Detector 2, com es pot veure en la figura) que es troben separats entre si una distància fixe  $H = 10$  cm. Quan l'anella passa a través del primer detector, bloqueja el pas de la llum d'un làser i aleshores s'activa un cronòmetre que comença a mesurar el temps des del mateix instant en que s'ha bloquejat la llum. Quan l'imant arriba al segon detector, bloqueja el pas del seu làser i el cronòmetre es para, donant una lectura que s'anomena  $t_{detec}$ . És a dir, els detectors mesuren el temps,  $t_{detect}$ , que l'imant triga a recórrer la distància  $H$  que els separa i, per tant, és important que tingueu en compte que el temps  $t_{crono}$  correspon a la distància  $h_0$  i el  $t_{detec}$  a la distància  $H$ . Preneu com a valor de la acceleració de la gravetat  $g = 9.8$  m/s<sup>2</sup>.

Els estudiants del Grau de Física han deixat caure l'anella des de diferents alçades  $h_0$ , i han recollit els temps mesurats a la taula següent:

$h_0$ (cm)	$t_{crono}$ (s)	$t_{det}$ (s)
5	0.152	0.122
10	0.213	0.101
20	0.322	0.094
30	0.381	0.084
40	0.468	0.076
50	0.582	0.068
60	0.637	0.069
70	0.817	0.071
80	0.870	0.068
90	0.929	0.072
100	1.026	0.071

A partir d'aquestes dades, es demana:

- Trobeu l'equació de la velocitat de caiguda de l'imant (derivant l'equació de la posició respecte el temps).
- Completeu la Taula adjunta amb una columna de la velocitat mitjana de l'imant en el seu trajecte entre els dos detectors.
- Representeu gràficament la velocitat mitjana que heu calculat en l'apartat anterior en funció de l'altura  $h_0$  des de la que s'ha deixat caure l'imant.
- Tal com succeeix amb un paracaigudista que, si es deixa caure des d'una altura prou gran, assoleix una velocitat constant de caiguda (anomenada velocitat límit,  $v_l$ ), l'imant també pot assolir una velocitat límit en el seu descens a través de la barra. Quin és el valor d'aquesta velocitat límit?  
Quina és l'altura mínima des d'on ha de caure l'anella per a poder assolir aquesta velocitat?
- Considereu l'equació de la velocitat de caiguda que heu trobat en l'apartat a). Quina ha de ser l'expressió de la velocitat límit, en funció de  $m$ ,  $g$ , i  $b$ ?
- Calculeu el valor del coeficient de fregament  $b$ .
- Representeu gràficament l'altura des d'on cau l'imant  $h_0$  en funció del temps que triga a recórrer aquesta distància.
- Compareu la representació gràfica de l'apartat anterior amb la que correspon a l'equació  $h_0(t)$ . A partir del pendent de la gràfica deduiu el valor de  $b$  i compareu-lo amb l'obtingut en l'apartat f). Doneu una estimació de la incertesa d'aquest valor  $b$ .

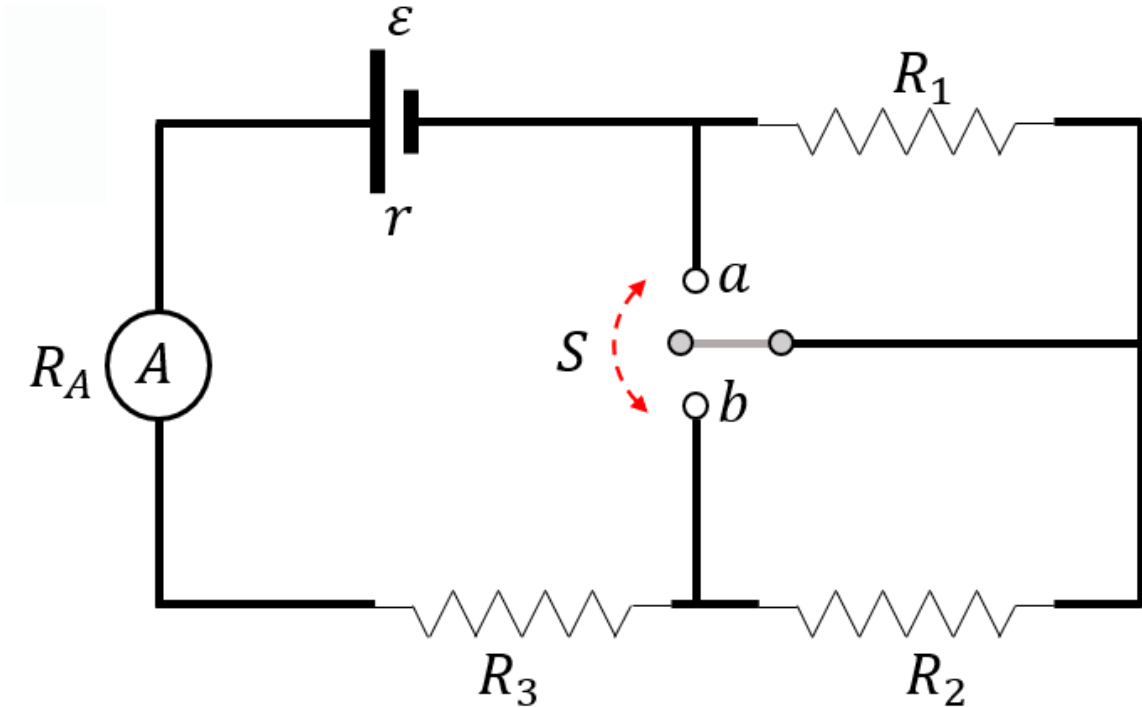
**NOTES:**

- Feu servir els fulls mil·limetrats que teniu disponibles al Moodle per a fer les representacions gràfiques.
- Quan presenteu els resultats de l'apartat b), heu de presentar una taula amb quatre columnes:  $h_0$ ,  $t_{crono}$ ,  $t_{detect}$ , i la velocitat que hagueu calculat.
- Expresseu els resultats en les unitats de la taula de l'enunciat.

2. Un equip d'enginyers ha desenvolupat un satèl·lit artificial que permet estudiar la superfície marciana a partir del processat d'imatges capturades des de la seva òrbita. El satèl·lit descriu una òrbita circular al voltant de Mart de període  $T = 61$  h i a una distància  $H$  de la superfície del planeta igual a 10 vegades el seu radi. Sabent aquesta informació:
- Deduïu l'expressió de la gravetat a la superfície del planeta en funció dels paràmetres anteriors (període i distància), que són els que ha tingut en compte l'equip d'enginyeria a l'hora de dissenyar el satèl·lit. Calculeu el valor de la gravetat a la superfície de Mart, si a la base de dades del satèl·lit s'ha programat un valor de  $R_{Mart} = 3.4 \cdot 10^3$  km.
  - Amb aquesta informació, és possible trobar la massa de Mart? Raoneu la resposta i descriuiu en detall un hipotètic experiment complementari que permeti determinar  $M_{Mart}$ .
  - Calculeu  $M_{Mart}$  a partir de les dades anteriors i sabent que, per a la Terra, tenim:  $M_{Terra} = 59.7 \cdot 10^{23}$  kg,  $R_{Terra} = 6.4 \cdot 10^3$  km i  $g_{Terra} = 9.8$  m/s<sup>2</sup>.
3. Pel que fa al "món olímpic", en la vida no tot és Física. Això queda perfectament encarnat en una estudiant del Grau de Física. Aquesta noia, que va participar a la darrera edició de l'Olimpiada de Física, a les seves estones lliures es dedica a desconnectar de la Física tot practicant una altra afició olímpica: el tir amb arc. En un dels seus entrenaments, la noia se situa dempeus dalt d'una plataforma que es troba en repòs sobre una superfície llisa, sense fregaments que dificultin el moviment de la plataforma. La nostra arquera, correctament plantada i amb els seus peus fermes a la superfície d'un dels extrems de la plataforma, es disposa a disparar una fletxa de 100 g amb una velocitat de 60 m/s cap a la diana, que es troba situada a l'altre extrem de la plataforma. Sabem que la massa total de la plataforma, amb la noia a sobre, es de 120 kg. A partir d'aquesta informació, i tenint en compte que l'arquera sempre es manté quieta, fixada i en correcta posició per a disparar:
- Feu un diagrama indicant les forces que actuen sobre la plataforma en tres moments: en l'instant en que es dispara la fletxa, mentre viatja la fletxa i en l'instant en que es clava a la diana.
  - Determineu la velocitat de la plataforma i la noia mentre la fletxa es troba a l'aire. Quina és l'energia cinètica total del sistema en aquest instant?
  - Trobeu la velocitat de la plataforma i la noia després que la fletxa quedi clavada al centre de la diana. Quant valdrà llavors l'energia cinètica total del sistema?
  - Finalment, raoneu quines han estat les variacions d'energia del sistema, tot indicant-ne el seu origen.

**Nota:** Considereu negligibles els efectes del fregament amb l'aire.

4. Un noi aficionat a l'electricitat ha muntat al seu taller de casa un circuit seguint el següent esquema:



On  $S$  és un interruptor que pot estar o bé desconectat, o connectat en la posició  $a$  o en la posició  $b$ .

En aquest circuit hi ha una pila  $\varepsilon = 6 \text{ V}$  amb una resistència interna  $r = 0.2 \Omega$ . Els valors de les tres resistències del circuit són:  $R_1 = 2 \Omega$ ,  $R_2 = 1 \Omega$ ,  $R_3 = 2.79 \Omega$ .

Sabent que l'amperímetre té una resistència interna  $R_A = 0.01 \Omega$ , determineu la intensitat que mesurarem en les següents posicions de l'interruptor  $S$ :

- Interruptor  $S$  desconectat.
- Interruptor  $S$  connectat al punt  $a$ .
- Interruptor  $S$  connectat al punt  $b$ .
- Per quina de les tres posicions de l'interruptor  $S$ , la potència no aprofitable és més petita?
- Per quina de les tres posicions de l'interruptor  $S$ , el circuit proporciona l'energia és gran al llarg de tota la vida útil de la pila?

## Soluciones

### 1. (Experimental)

a)  $v(t) = \frac{mg}{b} \left(1 - e^{-\frac{b}{m}t}\right)$

b) –

c) –

d)  $v_l \approx 143 \text{ cm/s}$ ;  $h_{\min} \approx 50 \text{ cm}$

e)  $v_l = \frac{mg}{b}$

f)  $b \approx 0.11 \text{ kg/s}$

g) –

h)  $b \approx 0.113 \pm 0.002 \text{ kg/s}$

### 2.

a)  $g_M = 3.7 \text{ m/s}^2$

b) No, caldria conèixer  $G$ . Per tant, caldria fer un experiment addicional que permetés trobar  $G$ .

c)  $M_M = 6.4 \cdot 10^{23} \text{ kg}$

### 3.

a) –

b)  $v_{\text{plataforma}} = 0.05 \text{ m/s}$

c)  $E_c = 180.15 \text{ J}$

d) –

### 4.

a)  $I = 1 \text{ A}$

b)  $I' = 1.5 \text{ A}$

c)  $I'' = 1.2 \text{ A}$

d) Per a la situació de l'apartat a), ja que és la que té la intensitat més petita.

e) Per a totes per igual.