



Equivalent mecànic de la calor.

1 Objectiu

Mesura de l'equivalent mecànic de la calor, és a dir, de la relació quantitativa entre Joules i Calories.

2 Material

Dispositiu per mesurar l'equivalent mecànic de la calor, ohmímetre digital, congelador, massa de 5,3 kg, balança, peu de rei, comptador òptic.

3 Fonament teòric

El **treball** i la **calor** són dos conceptes bàsics en termodinàmica que permeten descriure la transferència d'energia entre un sistema i el seu entorn. Tots dos tipus de transferència d'energia es produeixen en un gran número de sistemes que intercanvien energia amb el seu entorn. Per exemple, en un motor de combustió interna, durant el procés de la reacció química l'energia és transferida en forma de calor a un gas que augmenta la seva temperatura. D'aquesta manera, s'incrementa la capacitat del gas per poder realitzar un treball mecànic sobre el pistó. Encara que antigament es creia que la calor estava constituïda per una substància que es conservava, avui se sap que la calor és només una forma de transferir l'energia, i que si el treball realitzat sobre un sistema es transforma totalment en calor, l'energia tèrmica resultant és equivalent al treball realitzat. Fou James P. Gala el primer en demostrar el 1850 que es podia convertir una determinada quantitat de treball en una quantitat igual de calor. Un dels experiments realitzats per Gala consistia en mesurar l'augment de temperatura de l'aigua continguda en un recipient aïllat, produït per una turbina que es movia a partir d'unes peses que deixava caure d'una alçada coneguda, això li permetia mesurar de forma exacta el treball realitzat. El resultat d'aquest experiment i d'altres és que per elevar un grau Celsius la temperatura d'un gram d'aigua, és a dir, augmentar la seva energia tèrmica en una **caloria**, calen 4,18 **Joules** de treball mecànic. Aquest resultat es pot expressar com $1 \text{ caloria} = 4,186 \text{ Joules}$, que es coneix com l'equivalent mecànic de la calor.

4 Mètode experimental

La Figura 1 mostra el dispositiu per mesurar l'equivalent mecànic de la calor. Tot fent girar el cigonyal, que fa girar el cilindre d'alumini, es realitza una quantitat mesurable de treball. Un corda de niló s'enrotlla varies vegades al voltant del cilindre de forma que, en fer girar el cigonyal, el fregament és suficient per aguantar la massa que penja de l'altre extrem de la corda. Un comptador permet mesurar el número de voltes i així calcular el treball total realitzat. Quan el cilindre gira, el fregament entre la corda i el cilindre converteix el treball en calor, fent augmentar la temperatura del cilindre. Tot mesurant la resistència elèctrica del termistor que es troba dins el cilindre, és possible determinar la temperatura del cilindre i calcular l'energia tèrmica que li ha estat transferida. Finalment, amb el quocient entre el treball realitzat i la calor transferida s'obté l'equivalent mecànic de la calor.

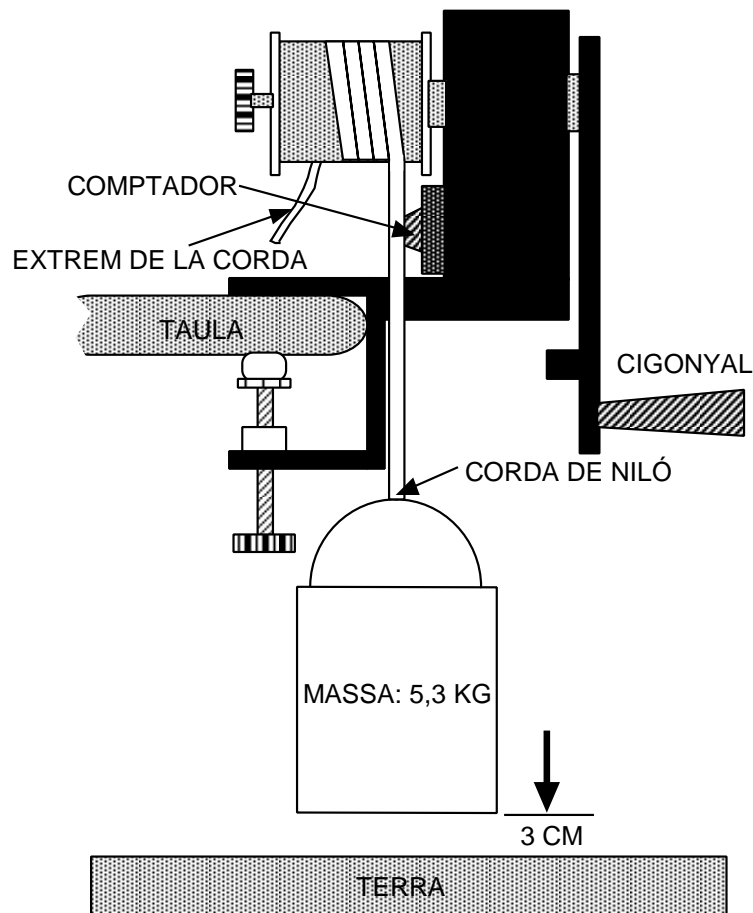


Figura 1: Dispositiu per mesurar l'equivalent mecànic de la calor.

1. Determineu la temperatura inicial del cilindre (que és igual a la del laboratori) tot mesurant la seva resistència elèctrica amb l'ohmímetre i mirant a la taula (taula de resistències en funció de la temperatura del termistor) a quina temperatura correspon.
2. Desenrosqueu la manovella negra per extreure el cilindre i poseu-lo al congelador fins que la temperatura disminueixi uns 10 °C per sota la temperatura del laboratori.
3. Mentre el cilindre es refreda, planifiqueu el rang de temperatures de l'experiment. De forma ideal la temperatura inicial hauria d'estar 7-9 °C per sota de la temperatura del laboratori, i la temperatura final hauria d'estar a la mateixa quantitat de graus per damunt. Anota les tres temperatures (la inicial, la final i la del laboratori)
4. Utilitzant la taula de temperatures i resistències del termistor, determineu i anoteu la resistència corresponent a cadascuna de las temperatures.
5. Quan el cilindre estigui suficientment fred, acoblu-lo a l'eix tot assegurant-vos que la peça de coure estigui de cara al cigonyal, i que l'anella de plàstic del cilindre quedi ben encaixada a l'eix. Enrosqueu la manovella negra de forma que el cilindre quedi ben fixat, **sense collar massa!**
6. Connecteu els terminals de l'ohmímetre en els corresponents connectores i assegureu-vos que l'escala de l'ohmímetre és l'apropiada per al rang de temperatures escollit.
7. Enrotlleu la corda de niló sobre la superfície del cilindre (3-4 voltes) de forma que quedi ben plana.

ALERTA: El número de voltes ha de fer que el fregament mantingui la massa aproximadament a 3 cm de terra.

Par aconseguir-ho, comenceu enrotllant només tres vegades la corda i, tot aguantant l'extrem, SENSE fer cap tensió, gireu el cigonyal i comproveu si la massa s'aixeca més de tres centímetres de terra. Si la massa s'aixeca més de 3 cm de terra en fer girar la maneta, treu una de les voltes; si, al contrari, la massa no s'aixeca de terra o bé baixa, afegiu una volta a l'extrem lliure de la corda.

8. Endolleu el comptador òptic i poseu-lo a zero.
9. Observeu l'ohmímetre atentament i en el moment que marqui el valor corresponent a la temperatura inicial, comenceu a fer girar el cigonyal en el sentit de les agulles del rellotge ràpidament, fins que l'ohmímetre marqui la resistència corresponent a la temperatura final.

ALERTA: Durant TOT l'experiment cal aguantar l'extrem lliure de la corda sense realitzar CAP tensió.

10. Anoteu el número de voltes.
11. Mesureu i anoteu la massa del cilindre.
12. Amb el peu de rei mesureu el diàmetre del cilindre i anoteu-lo.

5 Resultats

5.1 Dades experimentals

Massa que penja de la corda: $M = \dots\dots\dots$

Massa del cilindre d'alumini: $m = \dots\dots\dots$

Radi del cilindre: $R = D/2 = \dots\dots\dots$

Número de voltes: $N = \dots\dots\dots$

Cal que repeteixis tot l'experiment com a mínim dues vegades.

	Resistència (Ω)	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)
Condicions del Laboratori		
Inici de l'experiment		
Fi de l'experiment		

5.2 Càlculs

El treball realitzat sobre el cilindre en fer girar el cigonyal és igual moment del parell de forces, τ , realitzat, per l'angle girat pel cilindre, θ , (mentre actua el parell de forces). Com que el moviment del cilindre es manté aproximadament constant, el parell de forces és igual al parell de les forces de fregament entre el cilindre i la corda (així $\tau = MgR$, on M és la massa que penja, g és l'acceleració de la gravetat i R el radi del cilindre). Cada cop que el cilindre fa una volta el parell actua per un angle de $\theta = 2\pi$; si el cilindre gira N voltes, aleshores l'angle és $\theta = 2\pi N$ i el treball total realitzat és:

$$W = \tau\theta = MgR 2\pi N \tag{1}$$

D'altra banda, la calor, Q , produïda per fregament es pot determinar a partir de la mesura del canvi de temperatura del cilindre. Sabent que la calor específica de l'alumini és $c = 0.220 \text{ cal/g } ^\circ\text{C}$:

$$Q = m c (T_f - T_i) \quad (2)$$

on m és la massa del cilindre, T_f i T_i les temperatures final i inicial, respectivament.

Per calcular l'equivalent mecànic de la calor, J , només cal fer el quocient entre el treball realitzat i la calor absorbida:

$$J = \frac{W}{Q} \quad (3)$$

Finalment:

- Calculeu la mitjana dels valor obtinguts per l'equivalent mecànic de la calor i obteniu el corresponent error.
- Calculeu l'error relatiu del valor obtingut respecte al valor real.
- Compareu aquest resultat amb el valor teòric i comenteu l'adequació del resultat obtingut per l'equivalent mecànic de la calor.
- Discutiú quines podrien ser les possibles causes de l'error comès i aproximeu, si és possible, la seva magnitud.
- Indiqueu un procediment para evitar aquest tipus d'errors.

6 Qüestions

1. Per què és important que la massa de 5,3 kg no pugi ni baixi durant l'experiència?
2. Seria possible mesurar l'equivalent mecànic de la calor a la inversa, és a dir, mesurar el treball produït a partir de la quantitat de calor absorbida?
3. Quin avantatge té realitzar l'experiment en un rang de temperatures pel qual la temperatura mitjana correspon a la temperatura del laboratori?