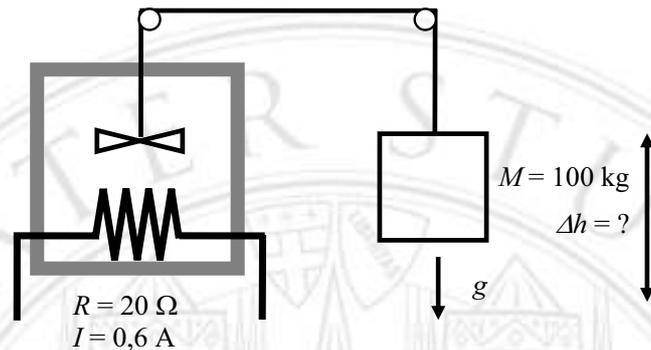


**Esercizio (1° principio della termodinamica)**

Per riscaldare una massa d'acqua contenuta in un recipiente termicamente isolato sono disponibili:

1. una resistenza elettrica  $R = 20 \Omega$  percorsa da una corrente continua  $I = 0,6 \text{ A}$ ;
2. un agitatore meccanico connesso ad un peso mobile di massa  $M = 100 \text{ kg}$ .

Se la resistenza viene fatta funzionare per un intervallo di tempo  $\Delta t = 5$  minuti, di quanto si deve abbassare il grave per produrre lo stesso effetto ?

**Soluzione**

Considerando come sistema la massa d'acqua nel recipiente termicamente isolato, il 1° principio della termodinamica (per sistemi chiusi) porge:

$$\Delta U = Q - L = -L \quad [J] \quad (1)$$

La quantità di calore scambiata è nulla per ipotesi; il lavoro scambiato, con segno negativo perché ricevuto dal sistema, produce un aumento di energia interna del sistema.

Nel caso che l'acqua liquida non subisca transizioni di fase, il lavoro ricevuto produce un aumento di temperatura dell'acqua; considerando le quantità di energia scambiate con l'esterno in valore assoluto, si può quindi scrivere:

$$M_{acqua} c_{v,acqua} \Delta T = |\Delta U| = |L| \quad [J] \quad (2)$$

Dove  $M_{acqua}$  è la massa dell'acqua,  $c_{v,acqua}$  è il calore specifico a volume costante dell'acqua e  $\Delta T$  è l'aumento di temperatura dell'acqua.

1. Nel caso della resistenza, l'energia elettrica viene convertita in energia termica per effetto Joule:

$$|\Delta U| = |L| = RI^2 \Delta t \quad [J] \quad (3)$$

2. Nel caso del grave, abbassando il peso di una quota  $\Delta h$ , parte della sua energia potenziale gravitazionale viene convertita in lavoro meccanico dell'agitatore e quindi convertita in energia termica per attrito nel fluido:

$$|\Delta U| = |L| = Mg \Delta h \quad [J] \quad (4)$$

Eguagliando le espressioni (3) e (4) per i due fenomeni, si trova:

$$|\Delta U| = |L| = RI^2 \Delta t = Mg \Delta h \quad [J] \quad (5)$$

Quindi la variazione di quota cercata è:

$$\Delta h = \frac{RI^2 \Delta t}{Mg} = \frac{20 \cdot 0,6^2 \cdot 5 \cdot 60}{100 \cdot 9,81} \approx 2,2 \quad [m] \quad (6)$$

L'esempio, seppur estremamente semplice, mostra l'utilità di un principio generale di conservazione dell'energia: il lavoro elettrico è stato considerato equivalente al lavoro meccanico ed entrambi sono stati considerati equivalenti all'aumento di energia interna dell'acqua; lo stesso aumento si poteva ottenere fornendo una opportuna quantità di calore all'acqua; in tutti i casi il risultato osservabile è un aumento di temperatura dell'acqua.

