Torresan Lorenzo e Padrin Davide, 4°C LSA Laboratorio fisica 2 LVT 17/10/2026

Misura dell'entropia

OBIETTIVO: Verificare che per quanto l'entropia di un sistema termodinamico possa diminuire, l'entropia complessiva nell'universo può solo aumentare; verificare che il valore sperimentale di variazione di entropia dell'acqua sia coerente con quello teorico.

PREMESSA TEORICA:

Il Secondo Principio della Termodinamica indica la direzione in cui avvengono spontaneamente tutti i fenomeni naturali. Questo principio introduce un concetto importante chiamato entropia (). L'entropia può essere vista come un modo per misurare il livello di disordine a livello microscopico, o in modo più preciso, come un indicatore di quanto sia incerto lo stato macroscopico di un sistema.

In una trasformazione che avviene in modo reversibile, quando un sistema scambia una piccola quantità di calore Q a una temperatura assoluta, la variazione di entropia si calcola con il rapporto tra il calore scambiato e la temperatura:

$$S = \frac{Q}{T}$$

Nella natura, però, i processi non sono mai veramente reversibili. Il principio di aumento dell'entropia dice che per un sistema isolato, come ad esempio l'acqua insieme all'ambiente che la circonda, la variazione totale di entropia deve aumentare. Ciò vuol dire che mentre l'entropia di una parte del sistema, come l'acqua che si raffredda, può diminuire, questa riduzione deve essere compensata da un aumento di entropia dell'ambiente circostante che è almeno uguale o maggiore.

Nella pratica, quando una massa d'acqua m si raffredda e cede calore all'ambiente, passando da una temperatura iniziale T_i a una finale T_f, il calore ceduto Q è collegato al cambiamento di temperatura ΔT attraverso la formula della calorimetria:

$$Q = mc_{H2O}\Delta T$$

dove c_{H2O} è il calore specifico dell'acqua, pari a $4186\,{}^{J}/_{Kg\ K}$.

Per calcolare la variazione teorica di entropia dell'acqua, bisogna tenere conto del fatto che la temperatura cambia continuamente durante il raffreddamento. Integrando la definizione di entropia, si ottiene una formula classica per liquidi e solidi:

$$\Delta S_{H2O} = mc_{H2O} ln\left(\frac{T_f}{T_i}\right).$$

In laboratorio, invece, il sistema viene osservato a intervalli regolari di tempo, ogni 60 secondi. Per ogni intervallo, si calcola la variazione di entropia dell'acqua come $\Delta S_{H2O} = \frac{Q}{T_{H2O}}$, assumendo la temperatura misurata alla fine dell'intervallo come riferimento. Sommando tutti i contributi parziali, si ottiene la variazione totale di entropia dell'acqua misurata sperimentalmente.

L'ambiente circostante, invece, si comporta come un serbatoio termico con capacità infinita, il cui valore di temperatura T_{amb} rimane costante durante tutto l'esperimento. Poiché l'ambiente assorbe il calore ceduto dall'acqua, la sua variazione di entropia è positiva e data da $\Delta S_{amb} = \frac{Q}{T_{amb}}$.

La variazione totale di entropia dell'universo termodinamico è data dalla somma delle due variazioni:

$$\Delta S_{tot} = \Delta S_{H2O} + \Delta S_{amb}$$

Poiché durante tutto il processo di raffreddamento la temperatura dell'acqua è sempre più alta di quella dell'ambiente ($T_{H2O} > T_{amb}$), il contributo positivo dell'ambiente è sempre più grande in valore assoluto rispetto a quello negativo dell'acqua. Questo assicura che la variazione totale di entropia rimane sempre positiva, confermando che il processo è irreversibile e avviene in modo spontaneo, nel pieno rispetto delle leggi della termodinamica.

MATERIALE:

-Piastra radiante (1)

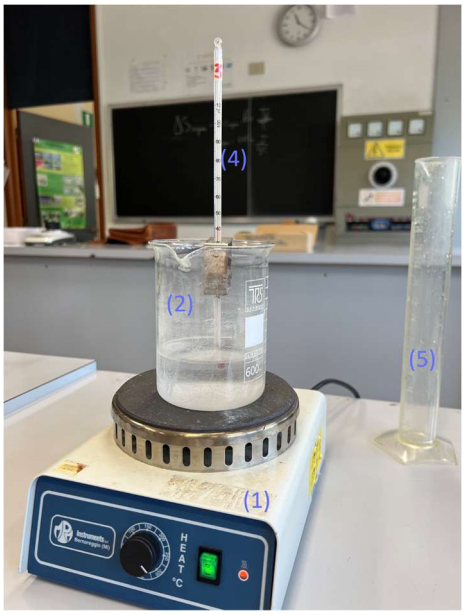
-Becker (2)

-Termometro digitale (3)

-Termometro analogico (4)

-Cilindro graduato (5)

-Cronometro (Cellulare)





PROCEDIMENTO:

- È stata misurata la temperatura dell'ambiente (T_{amb} =293,25K) con il termometro digitale.
- Sono stati misurati 200mL di acqua nel cilindro graduato.
- L'acqua è stata inserita nel becker ed è stata riscaldata su una piastra a induzione fino a 76°C (349,15K).
- L'acqua è stata lasciata raffreddare liberamente.

- Con un termometro analogico è stata misurata la temperatura dell'acqua ogni minuto per 15 volte.
- È stata calcolata la quantità di calore scambiata ogni minuto tramite la legge della calorimetria:
  $Q = mc_{H2O}\Delta T$
- È stata calcolata la variazione di entropia dell'acqua e dell'ambiente secondo la definizione di entropia:

$$\Delta S_{H2O} = \frac{-Q}{T_{H2O}} \quad ; \quad \Delta S_{amb} = \frac{+Q}{T_{amb}}$$

- È stata calcolata la variazione totale di entropia: $\Delta S_{tot} = \Delta S_{H2O} + \Delta S_{amb}$
- I dati calcolati sono stati raccolti nella seguente tabella:

T[s]	$t°_{H2O}$ [°C]	T_{H2O}[K]	ΔT[K]	Q = m c Δt° [J]	$\Delta S_{H2O} = -\Delta Q/T_{H2O}$ [J/K]	$\Delta S_{amb} = +\Delta Q/T_{amb}$ [J/K]	ΔS_{tot} [J/K]
0	76	349,15	0	0	0	0	0
60	73	346,15	3	2511,6	-7,22	+8,57	+1,34
120	70	343,15	3	2511,6	-7,29	+8,57	+1,28
180	67	340,15	3	2511,6	-7,35	+8,57	+1,22
240	65	338,15	2	1674,4	-4,94	+5,71	+0,77
300	63	336,15	2	1674,4	-4,97	+5,71	+0,75
360	62	335,15	1	837,2	-2,49	+2,86	+0,36
420	60	333,15	2	1674,4	-5,01	+5,71	+0,70
480	59	332,15	1	837,2	-2,52	+2,86	+0,34
540	57	330,15	2	1674,4	-5,06	+5,71	+0,66
600	56	329,15	1	837,2	-2,54	+2,86	+0,32
660	55	328,15	1	837,2	-2,55	+2,86	+0,31
720	54	327,15	1	837,2	-2,56	+2,86	+0,30
780	53	326,15	1	837,2	-2,56	+2,86	+0,29
840	52	325,15	1	837,2	-2,57	+2,86	+0,29
900	51	324,15	1	837,2	-2,58	+2,86	+0,28

- È stata calcolata la variazione totale di entropia dell'acqua, sommando i diversi valori calcolati: $\Delta S_{H2O} = -61{,}65\,{}^{J}/_{K}$

- È stata calcolata la variazione di entropia dell'acqua teorica, secondo la formula della variazione di entropia in solidi e liquidi:
  $\Delta S_{H2O} = mc_{H2O} ln\left(\frac{T_f}{T_i}\right) = 0{,}200Kg \times 4186\,{}^{J}/_{Kg\ K} \times \ln\left(\frac{324{,}15K}{349{,}15}\right) = -62{,}20\,{}^{J}/_{K}$
- Sono stati comparati i due valori e ne è stato calcolato lo scarto percentuale:
  $$\frac{62{,}20\,{}^{J}/_{K} - 61{,}65\,{}^{J}/_{K}}{62{,}20\,{}^{J}/_{K}} \times 100 = 0{,}89\%$$

CONCLUSIONI:

L'esperimento è riuscito, in quanto l'errore tra il valore teorico e sperimentale è minimo. Inoltre è possibile osservare come il raffreddamento dell'acqua sia considerabile un fenomeno spontaneo, in quanto, nonostante l'entropia dell'acqua diminuisca, quella totale aumenta, poiché l'entropia dell'ambiente è positiva e ha sempre valore assoluto maggiore di quella dell'acqua. Ciò perché, a pari quantità di calore, la temperatura dell'ambiente è sempre minore di quella dell'acqua, e quindi l'entropia maggiore. Quindi si può concludere che, anche se l'entropia di un corpo (l'acqua) diminuisce, l'entropia totale dell'universo è sempre in aumento.