

ENTROPIA & VITA 2

1. Il punto di vista clausiano

Ad uso di coloro che si reputano ignoranti (...ovvero pari grado di chi scrive) redigiamo alcune riflessioni di Termodinamica classica per chiarire su quali pilastri si basano certi nostri asseriti, in particolare quelli contenuti nella Teoria Termodinamica della Creazione (TTC) che ha sollevato più di una obiezione.

La presente esposizione parte ab ovo avvalendosi di modelli utili alla comprensione del punto di vista di Clausius che è il padre conclamato del concetto entropico in termini termodinamici.

Premesso che ci riferiremo sempre a trasformazioni irreversibili, assumiamo il dispositivo sperimentale illustrato nella *Figura 1* consistente in un calorimetro perfettamente adiabatico (che chiameremo Calorimetro di Clausius) e due sostanze che interagiscono tra loro per realizzare la più semplice *trasformazione* termodinamica immaginabile¹: il passaggio *spontaneo* di calore tra due corpi a diversa temperatura.

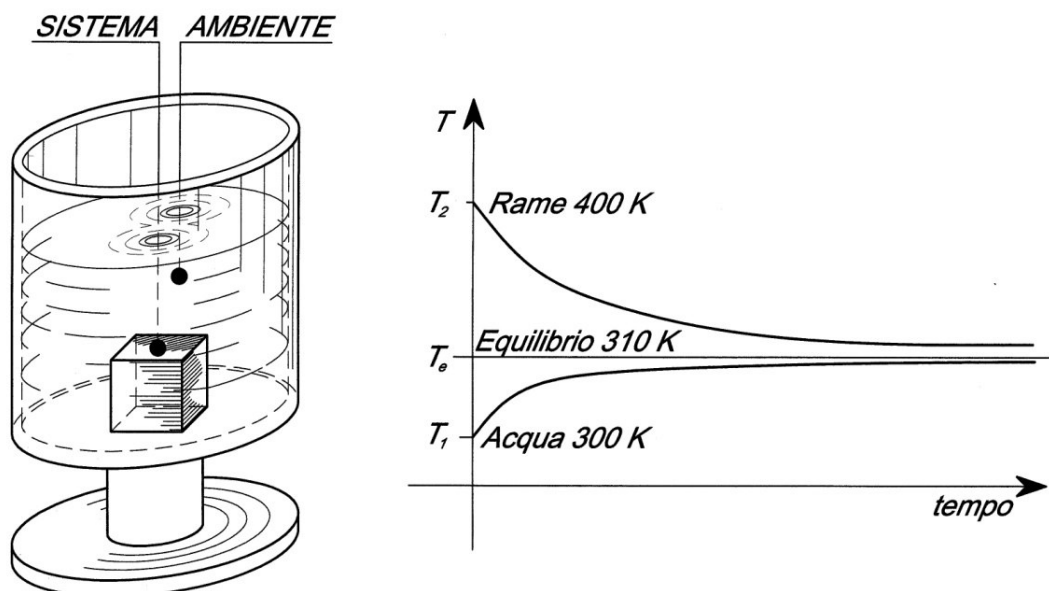


Figura 1 – Il calorimetro clausiano: l'acqua costituisce l'ambiente di prova ed il cubetto (per esempio di rame) il sistema in osservazione

¹ Il modello assunto è adottato ed adattato dalle lezioni di Termodinamica che il prof. Frigerio teneva (in illo tempore!) all'Università Statale di Milano. Il modello ci sembra assai brillante perché, per la sua semplicità, consente notevole economia di pensiero

Il sistema sotto osservazione è costituito dal cubetto solido, l'ambiente di prova è costituito dall'acqua e si può pertanto dire che l'universo relativo al nostro esperimento è l'insieme cubetto+acqua.

Poiché ci proponiamo di sviluppare un esempio pratico, corredato di calcolo numerico, fissiamo le condizioni sperimentali arbitrarie che sono necessarie allo scopo.

Tali condizioni arbitrarie (che, come noteremo, contengono informazioni preziose sulle capacità termiche dei corpi coinvolti nella trasformazione) sono le seguenti:

✓	Temperatura iniziale dell'acqua	300 K
✓	Temperatura iniziale del rame	400 K
✓	Temperatura di equilibrio	310 K
✓	Quantità Q di calore scambiato	50 J.

In questa trasformazione le temperature assumono il ruolo di variabili continue cosicché si deve scrivere che la variazione elementare di entropia dS , alla temperatura istantanea T , in virtù della definizione di S , è la seguente:

$$dS = \frac{dQ}{T} .$$

Per poter effettuare l'integrazione, che sarà a variabili separate, è necessario introdurre il legame funzionale tra Q e T , che, come si sa, è

$$dQ = c \cdot m \cdot dT ; \quad \text{ovvero} \quad dQ = C \cdot dT ,$$

avendo indicato con c il calore specifico della sostanza, con m la massa e con C la capacità termica del corpo. Adottando pedici dal significato ovvio, potremo scrivere:

$$\text{per il rame} \quad \Delta S_c = \int_{T_2}^{T_e} C_c \frac{dT_c}{T_c} = C_c \ln \frac{T_e}{T_2} = C_{Cu} \ln \frac{310}{400} = C_{Cu} \cdot (-0,255) ,$$

$$\text{per l'acqua} \quad \Delta S_a = \int_{T_1}^{T_e} C_a \frac{dT_a}{T_a} = C_a \ln \frac{T_e}{T_1} = C_a \ln \frac{310}{300} = C_a \cdot (0,033) .$$

Una volta note le capacità termiche di ciascuno dei due corpi si ottiene la rispettiva variazione entropica, infatti applicando la definizione di C otteniamo:

$$C_{Cu} = \frac{Q}{\Delta T_{Cu}} = \frac{50}{90} = 0,5\bar{5}, \quad \text{ed anche} \quad C_a = \frac{Q}{\Delta T_a} = \frac{50}{10} = 5 ,$$

per cui la variazione totale di entropia nell'universo di prova risulta essere:

$$\Delta S = \Delta S_{Cu} + \Delta S_a = -0,142 + 0,165 = +0,023 \left[\frac{J}{K} \right] > 0 , \quad 1)$$

come previsto dalla seconda legge della Termodinamica.

2. Le variazioni locali di entropia

Nella 1) compaiono due addendi (addendi a quei due...) di segno opposto e ciascuno di essi rappresenta una variazione che definiamo "locale". Si può, quindi, sostenere che l'entropia totale dell'universo di prova tende ad aumentare, mentre localmente, in generale, ci saranno variazioni di segno opposto².

Inoltre la segno della variazione locale dipende dal logaritmo naturale del rapporto tra la temperatura finale e quella iniziale della massa considerata.

Pertanto quando una certa quantità di calore si trasforma in modo da variare la propria entropia locale ΔS , se indichiamo con T_i la sua temperatura iniziale e con T_f quella finale, possiamo dire che

$$\Delta S > 0 \text{ quando } T_f > T_i; \quad \Delta S < 0 \text{ quando } T_f < T_i ,$$

ovvero il corpo che si raffredda vede diminuire la propria entropia ed il contrario quello che si riscalda.

Ci proponiamo ora di mostrare come negli organismi viventi esista una "vis vitalis" (concetto già illustrato in TTC) che consente di ribaltare il verso di queste trasformazioni come fanno le macchine frigorifere.

² Si vuol dire che l'entropia dell'universo astronomico tende ad aumentare indefinitamente: ci sembra ragionevole, ma bisogna stare sempre all'erta dato che quel che conosciamo dell'universo astronomico è assai poco! In ogni caso è necessario non confondere il significato della locuzione "universo di prova" con quella di universo in senso astronomico.

A tale scopo consideriamo lo schema di *Figura 2* dove sono rappresentati i flussi energetici in un frigorifero: le temperature contrassegnate con l'asterisco si riferiscono a fine trasformazione, cioè dopo che Q^* si è trasferita dal corpo più freddo a quello più caldo dove verrà accumulata anche l'energia Q_3 necessaria al funzionamento della macchina frigorifera stessa³.

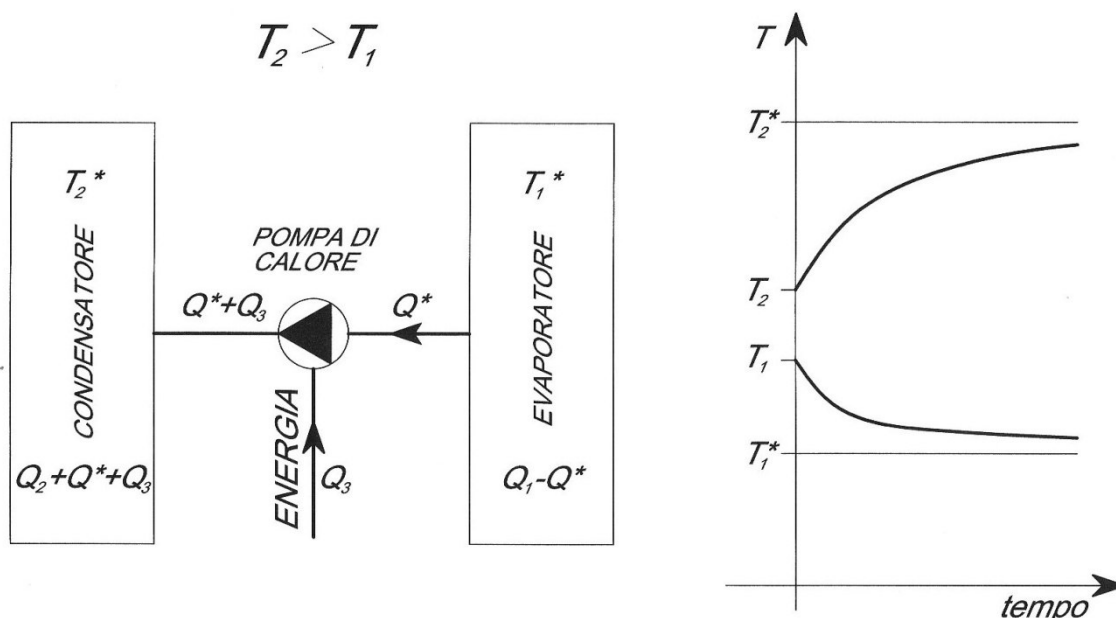


Figura 2 – Flussi energetici ed andamento delle temperature in caso di pompaggio di calore dal corpo più freddo a quello più caldo

La configurazione è apparentemente complicata a causa dell'apporto di energia esterna Q_3 ma, in realtà, la quantità di calore di cui seguiamo l'evoluzione è la quantità Q^* ben definita. Ed essa compie un salto positivo di entropia passando dalla temperatura T_1 , con cui viene prelevata all'evaporatore, alla temperatura T_2^* con cui viene consegnata al condensatore.

Il salto entropico risente anche, come c'era da aspettarsi, della maggiorazione dovuta al riscaldamento indotto da Q_3 , per cui il calcolo analitico della variazione di entropia della sola energia preesistente in forma termica (Q_1 e Q_2) ci fornirà un valore positivo ancor maggiore rispetto ad uno scambio "spontaneo" (ovvero senza l'effetto di Q^*).

³ Il rapporto $(Q_2 + Q^* + Q_3)/Q_3$ è il ben noto Coefficient Of Performance (COP) che caratterizza il funzionamento delle pompe di calore.

Infatti, per la quantità di calore Q^* trasferita, abbiamo $T_f > T_i$, dove T_f è maggiorata anche dall'influenza di Q_3 .

L'introduzione di energia dall'esterno nell'universo di prova suggerisce la locuzione "universo aperto" in contrapposizione ad "universo chiuso": locuzione da usarsi con prudenza, nel parlar di entropia, perché mutuata dal mondo dell'energia dove esiste un principio di conservazione che permette di effettuare i bilanci energetici nei sistemi chiusi, mentre non esiste alcun principio di conservazione per l'entropia.

Possiamo, a questo punto, concludere che *in qualunque universo chiuso, le variazioni entropiche locali possono essere di segno diverso ma la loro somma sarà sempre positiva.*

Ci sembra interessante notare che se l'entropia ha un valore massimo nullo (entropia di punto zero cui, con le dovute riserve già espresse nella nota 2, tende l'universo astronomico) i suoi valori hanno un campo di esistenza nei numeri negativi. Questo fatto non ci deve sorprendere molto perché è condiviso anche da altri enti: per esempio l'energia potenziale gravitazionale varia in un campo di numeri negativi dal momento che il suo valor massimo, riferito ad un qualunque peso p , si ha ad altezza infinita, ovvero quando esso valore è nullo perché la forza di attrazione è nulla (basterebbe, anche, osservare che la forza di gravità è negativa perché di tipo attrattivo).

3. Il pompaggio di calore e la vis vitalis

Nella TTC abbiamo osservato che Helmholtz, in un proprio ampliamento qualitativo del concetto di entropia, la definiva "sinonimo di disordine"; ad esempio l'universo di *Figura 1* è più disordinato dopo il raggiungimento dell'equilibrio termico; infatti maggior disordine vuol dire maggior omogeneità delle sostanze sotto osservazione; più le fasi presenti in un miscuglio sono indistinguibili e maggiore è il disordine dell'insieme: come dire che un frullatore è un creatore di entropia!

In TTC abbiamo anche visto che, grazie alla distribuzione di Boltzmann, Maxwell ha potuto proporre un pompaggio di calore, tra due gas, a consumo energetico apparentemente nullo, grazie al diavoleto in grado di azionare in modo selettivo un'apposita valvola.

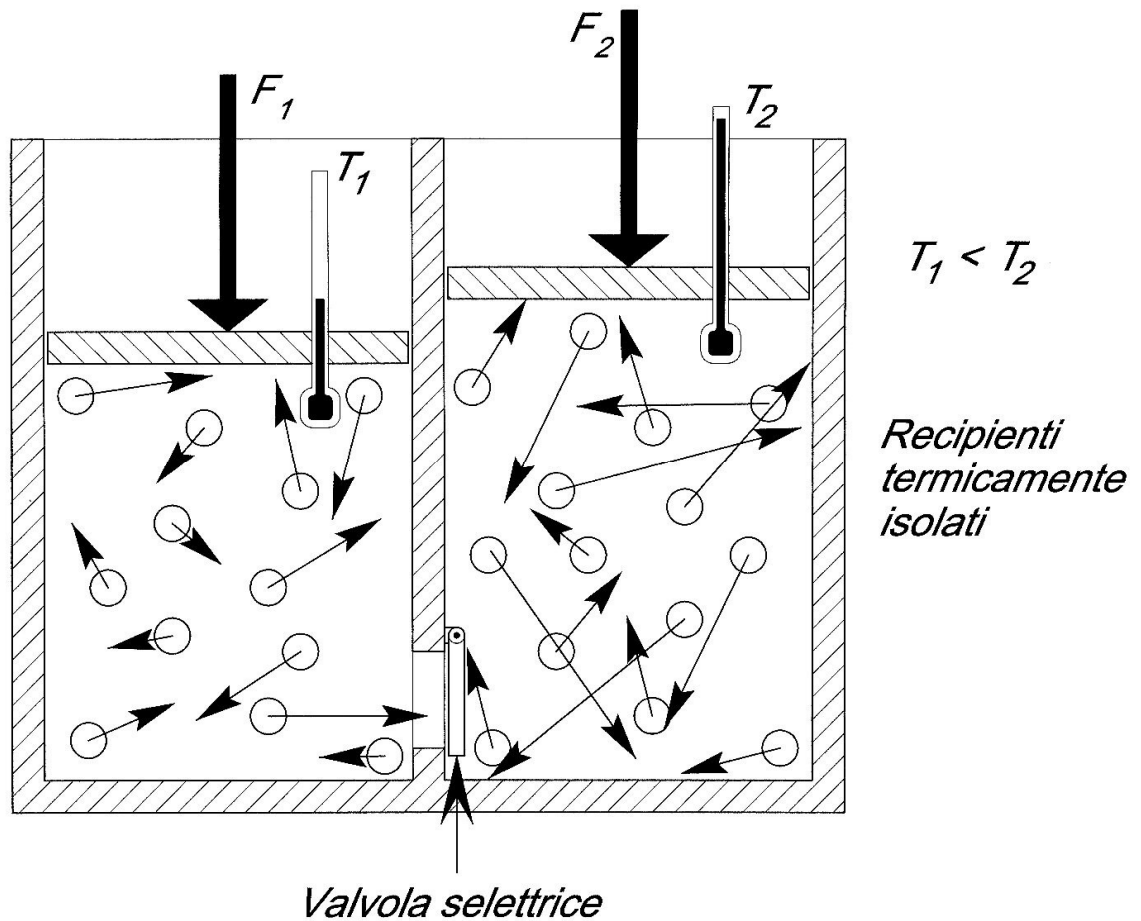


Figura 3 - Il dispositivo pensato da Maxwell è una pompa di calore sui generis

Come è noto l'apprezzamento dell'energia necessaria al diavoleto per poter selezionare le particelle del recipiente più freddo che hanno una velocità non inferiore a quella media ponderata di quelle del recipiente più caldo è stato riconosciuto non nullo, e calcolato introducendo il concetto di informazione (Szilard, Bennet, Brollouin).

La costruzione artificiale del dispositivo selezionatore è, ovviamente, impensabile con mezzi meccanici, tuttavia la trasmissione di calore in modo contrario al verso "naturale" e spontaneo, come previsto dal secondo principio, è realizzata dalla natura vivente che adibisce al ruolo di diavoleto gli enzimi.

Infatti secondo gli studi di Jacques Monod la Figura 2 può essere così adattata alla natura vivente:

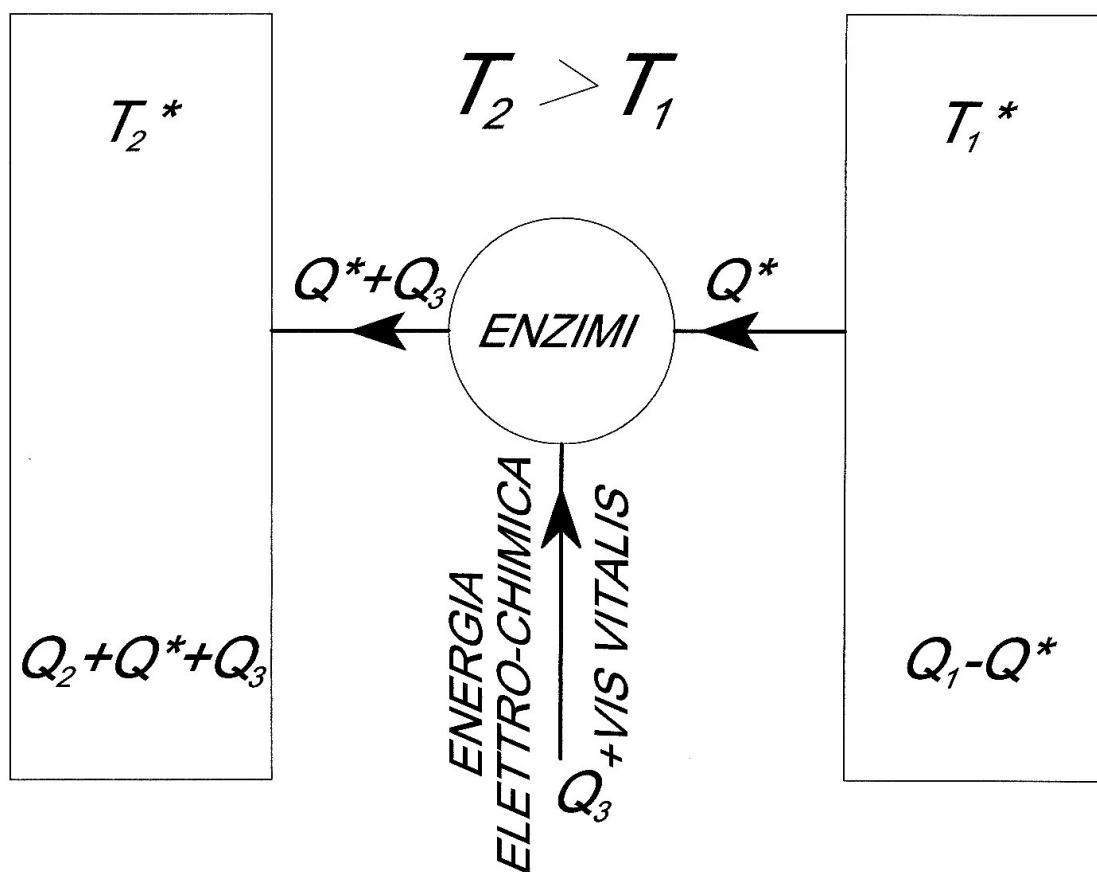


Figura 4 – Il pompaggio di calore da una fonte più fredda ad una più calda, in contraddizione con la tendenza “naturale” prevista dal secondo principio, caratterizza la vita.

Nel famoso lavoro di Monod, “Il caso e la necessità”, la questione è trattata con ampiezza e con eccelsa competenza dal punto di vista chimico-biologico. Il lavoro è destinato agli specialisti del ramo. Agli occhi di vili meccanici (come ad esempio dello scrivente) dà sfavorevolmente nell’occhio una frase cruciale che si può leggere a pagina 58⁴: “il diavoletto doveva necessariamente consumare una certa quantità di energia la quale, nel bilancio dell’operazione, compensava esattamente la diminuzione di entropia del sistema”.

Il vil meccanico de quo, che trova astrusa la trattazione chimico-biologica e cerca qua e là qualche fessura per entrare in una mentalità che non gli è propria, si chiede *come fa una quantità di energia a compensare una variazione di entropia?* Si tratta di due enti non omogenei che non si possono sommare e, quindi, bilanciare e compensare. Mistero misterioso...

⁴ Oscar Mondadori, ristampa dell’anno 2010

L'informazione interessante, però, è quella di avere individuato il diavoletto! E che egli assorba energia ci sta molto bene... (nella *Figura 4* l'aggiunta della vis-vitalis è farina del nostro sacco...).

A questo punto è essenziale aggiungere che gli enzimi, che di per se sono delle sostanze chimiche organiche che nulla vieta di sintetizzare in laboratorio, funzionano se c'è quello strano aggeggio che si chiama vita. Per questo motivo abbiamo riesumato, nella più volte citata TTC, il concetto di "vis vitalis" caduto in disuso (ed oggi rimirato con sospetto se non con disprezzo) quando Wohler sintetizzò l'urea. *E la vis vitalis è l'ingrediente essenziale che, aggiunto all'energia elettro-chimica, abbiamo introdotto in Figura 4.*

In altre parole sosteniamo che considerato l'istante di transizione tra la vita e la morte come un punto singolare, rispetto ad esso l'aspetto chimico-fisico di un corpo può essere identico prima e dopo, ma quel che viene a mancare, per la produzione locale di ordine, è la forza vitale. Mancando questa il sistema in osservazione è destinato a quel disfacimento naturale che rappresenta il trionfo foscoliano dell'entropia che si chiama "morte", antitesi della vita.

L'argomento viene trattato, traendone ulteriori conseguenze, nel "Lato B" del nostro libropanettone, double face, dal titolo **"Caro amico mio..., ovvero dialoghi minimi intorno ai sistemi"** (edizioni Pagine – Roma, si può trovare nelle peggiori librerie, anche).

Si ha un bel di che tentare, tra alambicchi e provette (celebri, su questo stile, le fotografie mefistofeliche di Stanley Miller, che tentava di realizzare a casaccio un qualcosa di vivo seguendo input più o meno cervellotici e che ha realizzato un fiasco solenne col proprio "brodo primordiale"!), di ricreare la vita in laboratorio: la vis-vitalis è appannaggio esclusivo di Colui che la possiede ab aeterno.

www.piermariaboria.it