

ISTITUTO TECNICO STATALE PER GEOMETRI "A. VOLTA"

Località Cravino - 27100 PAVIA - tel. 0382 526353 - fax 0382 526596

Università degli Studi di Pavia
**CENTRO DI STUDI PER LA DIDATTICA
DELLA FACOLTA' DI SCIENZE**
via Bassi, 6 27100 PAVIA tel. 0382 507471

**A.I.F.
SEZIONE DI PAVIA**
via Bassi, 6 tel. 507471

**XXII CORSO DI AGGIORNAMENTO IN FISICA
ANNO 1998
"TERMOLOGIA E TERMODINAMICA"**

P. Mascheretti

Il primo principio della termodinamica

Pavia - Autunno 1998

Paolo Mascheretti
(Dipartimento di Fisica "A.Volta")

APPUNTI GRAFICI SUL TEMA
**IL PRIMO PRINCIPIO
DELLA
TERMODINAMICA**

Corso di aggiornamento AIF 1998

Il sistema TD ha un "dentro" separato dall'esterno da una superficie di "confine".

$$Q = \Delta U + \int p dV \quad \leftarrow \text{(adatta per le macchine term.: } \int p dV \rightarrow \int \vec{F} \cdot d\vec{\ell} \text{)}$$

$$\Delta U = Q - \int p dV \quad \leftarrow \text{(descrive ciò che accade "dentro" il sistema)}$$

... convenzioni sui segni: $Q > 0$ se il calore entra lavoro positivo quando è compiuto dal sistema contro l'esterno

BILANCIO (CONSERVAZIONE) DELL'ENERGIA:

$\Delta U \rightarrow$ $\begin{cases} \text{potenziale (interazione tra i costituenti micro)} \\ \text{cinetica (movimenti disordinati dei costit. micro)} \end{cases}$

$\int p dV \rightarrow \neq 0$ solo se la superficie di "confine" cambia configurazione con variazione di volume
(espansione alla Joule)

$Q \rightarrow$ energia (flusso di) in transito

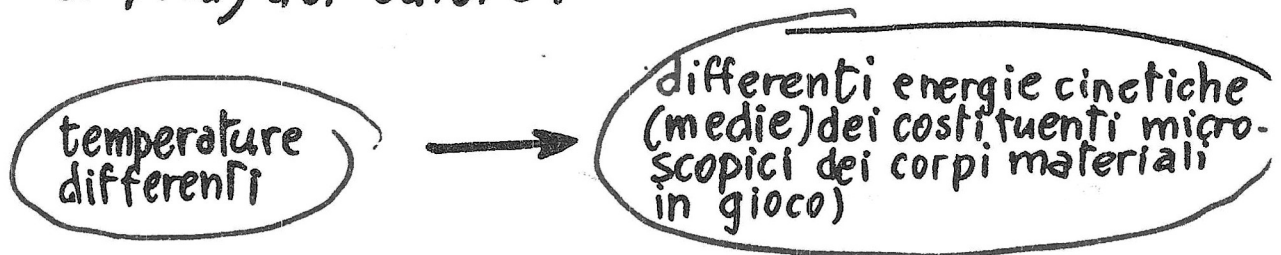
... ma di che tipo?

IL CALORE :

- passa sempre nel sistema provenendo da corpi materiali esterni (o viceversa);
- la materia esterna e quella interna (del sistema) devono avere differenti temperature;
- maggiore è la differenza di temperatura, più rapido è il passaggio di calore;
- si può pensare a un passaggio reversibile pur di ridurre a infinitesimi la differenza fra le temperature della materia dentro e fuori il sistema (e accettare che il trasferimento sia infinitamente lento) → (trasformazioni - processi come sequenza di stati di equilibrio)

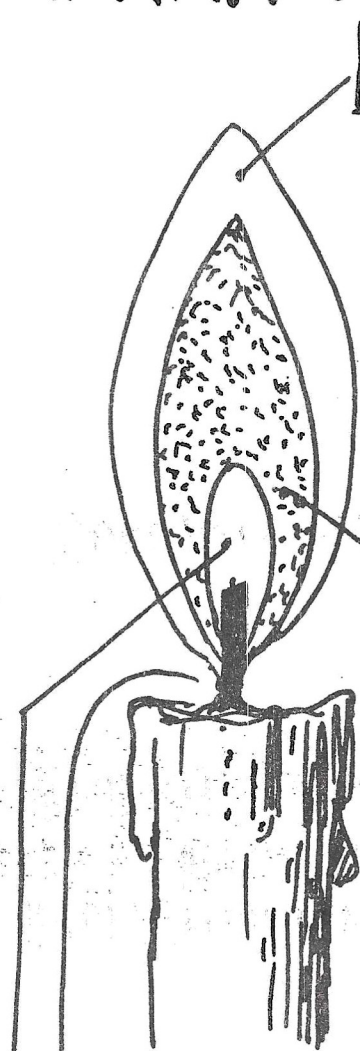


la dipendenza del flusso di calore dal salto termico fuori-dentro rivela la natura (microscopica) del calore:



IL CALORE È TRASFERIMENTO DI ENERGIA CINETICA (DISORDINATA)

LA FIAMMA (di una candela di paraffina)



Zona esterna: molto calda, azzurrognola, poco luminosa: bruciano le particelle di carbonio provenienti dalla zona media; rifornimento di ossigeno abbondante

Zona media: è molto luminosa, poco alimentata di ossigeno che brucia solo idrogeno e piccole quantità di carbonio; il resto del carbonio è presente in particelle finissime, incandescenti

zona (cono) oscura (o "fredda"):

di colore azzurro cupo o grigiastro. La paraffina evapora e inizia a decomorsi in IDROGENO e CARBONIO

lo stoppino trasporta paraffina liquida per capillarità, raccogliendola dalla pozza che si forma ($\sim 50^\circ\text{C}$) alla sommità della candela.

Rifornimento di ossigeno dall'esterno, rinnovato da aria sempre nuova per convezione.

Ma.....

E inoltre.... (fenomeno a soglia)

...ALTRE FORME DI ENERGIA ?

...da fenomeni di attrito

... anelasticità

... plasticità

.....

... da correnti elettriche

... da magnetizzazione

.. da radiazione elettromagnetica ("calore radiante")

.....

.....

nessuna di queste forme è associabile a differenze di temperatura tra interno ed esterno del sistema; esse, però, sono in grado di contribuire alla variazione di energia interna, quindi.....

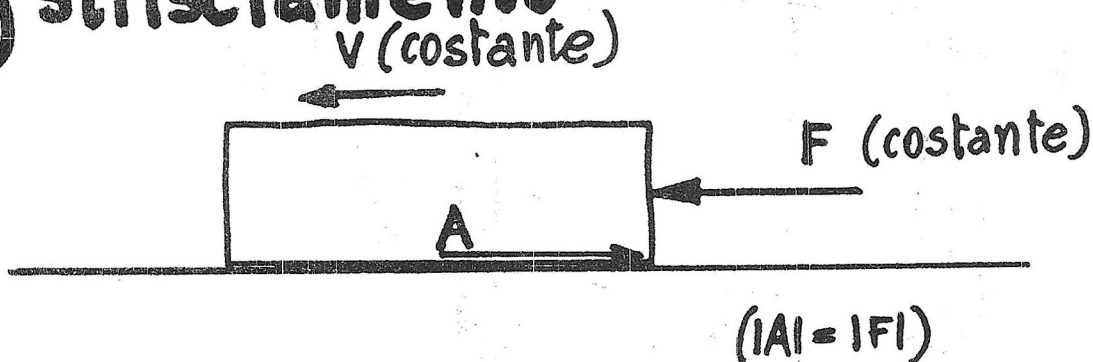
$$\Delta U = Q - \int p dV + E$$

È importante esprimerle separatamente da Q perché, a differenza del calore, **non consentono** di pensare il loro flusso verso o dal sistema secondo un modello di **reversibilità**.

[si può riconoscere un flusso anche per queste forme di energia perché risultano sempre esprimibili come prodotto del flusso di una grandezza estensiva per una grandezza intensiva corrispondente (affinità)]

DISSIPAZIONE DI ENERGIA MECCANICA PER ATTRITI

1) strisciamento



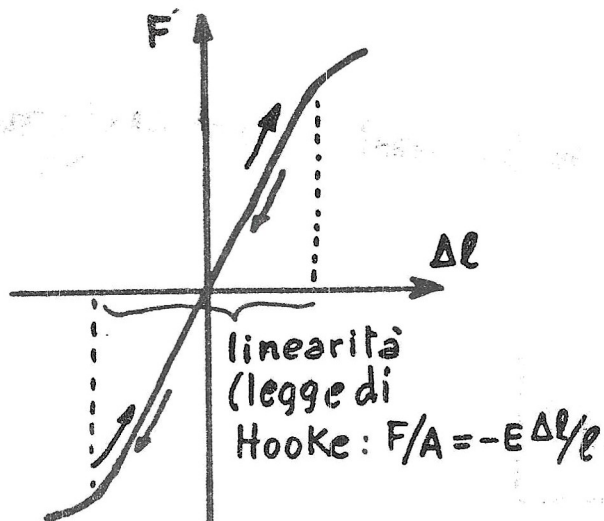
• il lavoro compiuto da F "contro" l'attrito "entra" nel sistema;

• $(Q=0)$

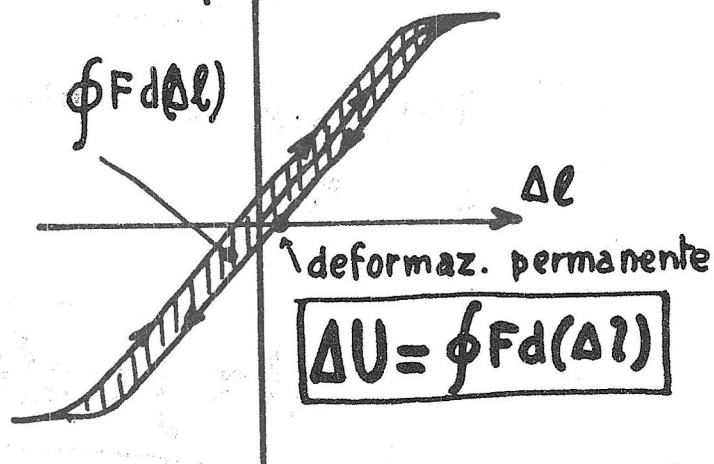
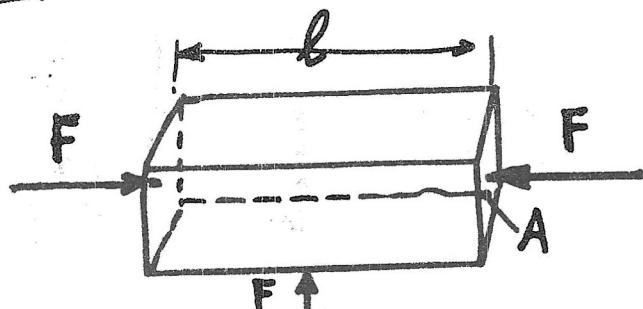
• $\int p dV = 0;$

$$\frac{dU}{dt} = Fv \quad (\text{watt})$$

2) imperfetta elasticità

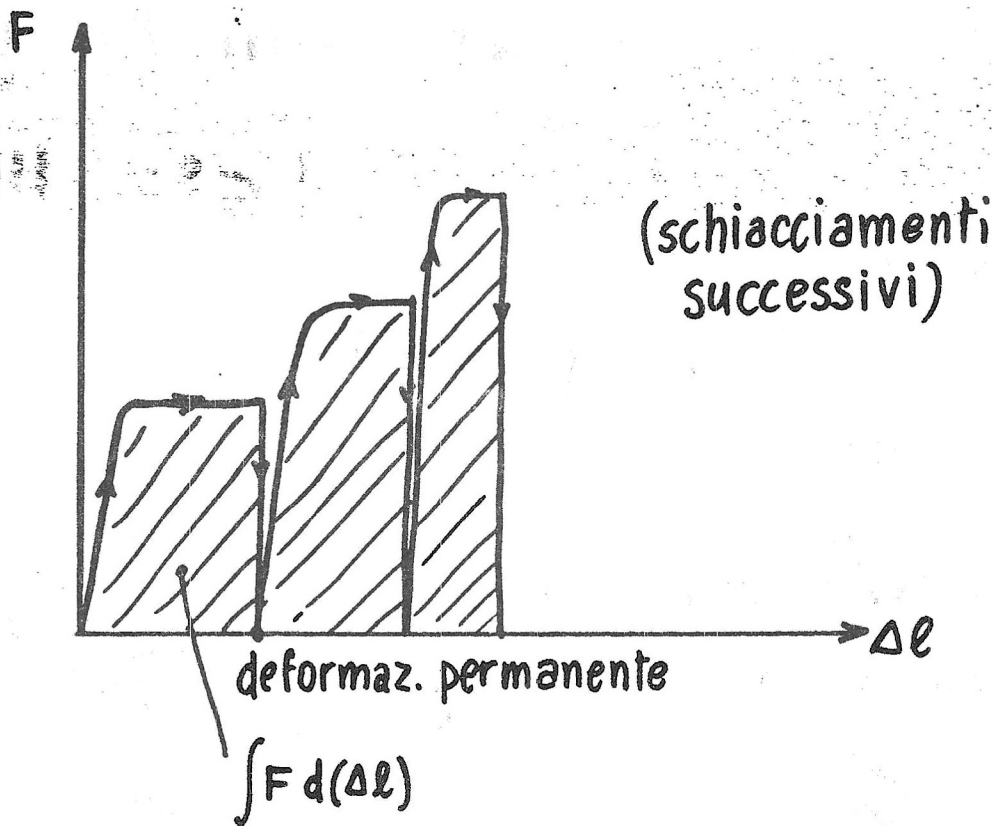
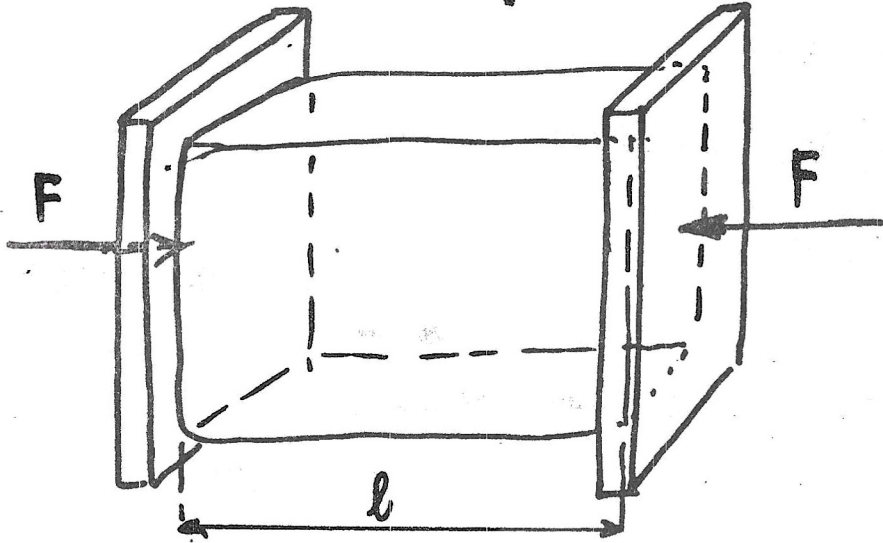


DEFORMAZIONE REVERSIBILE
(MATERIALE ELASTICO)



DEFORMAZIONE IRREVERSIBILE
(MATERIALE ANELASTICO: ISTERESI)

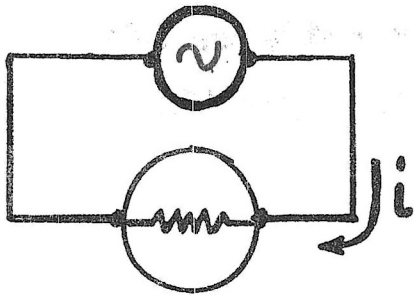
2') deformazioni plastiche



- il lavoro compiuto da F "entra" nel sistema;
- $(Q = 0)$;
- $\int p dV = 0$

$$\boxed{\Delta U = \int F d(\Delta l)}$$

EFFETTO JOULE IN UNA LAMPADINA



- energia elettrica "entra" nel sistema (flusso di carica elettrica \times diff. d. potenz.)
- $(Q=0)$
- $\int p dV = 0$

$$\hookrightarrow \boxed{\frac{dU}{dt} = i^2 R}$$

ma..... l'aumento di energia interna porta all'emissione di radiazione elettromagnetica:

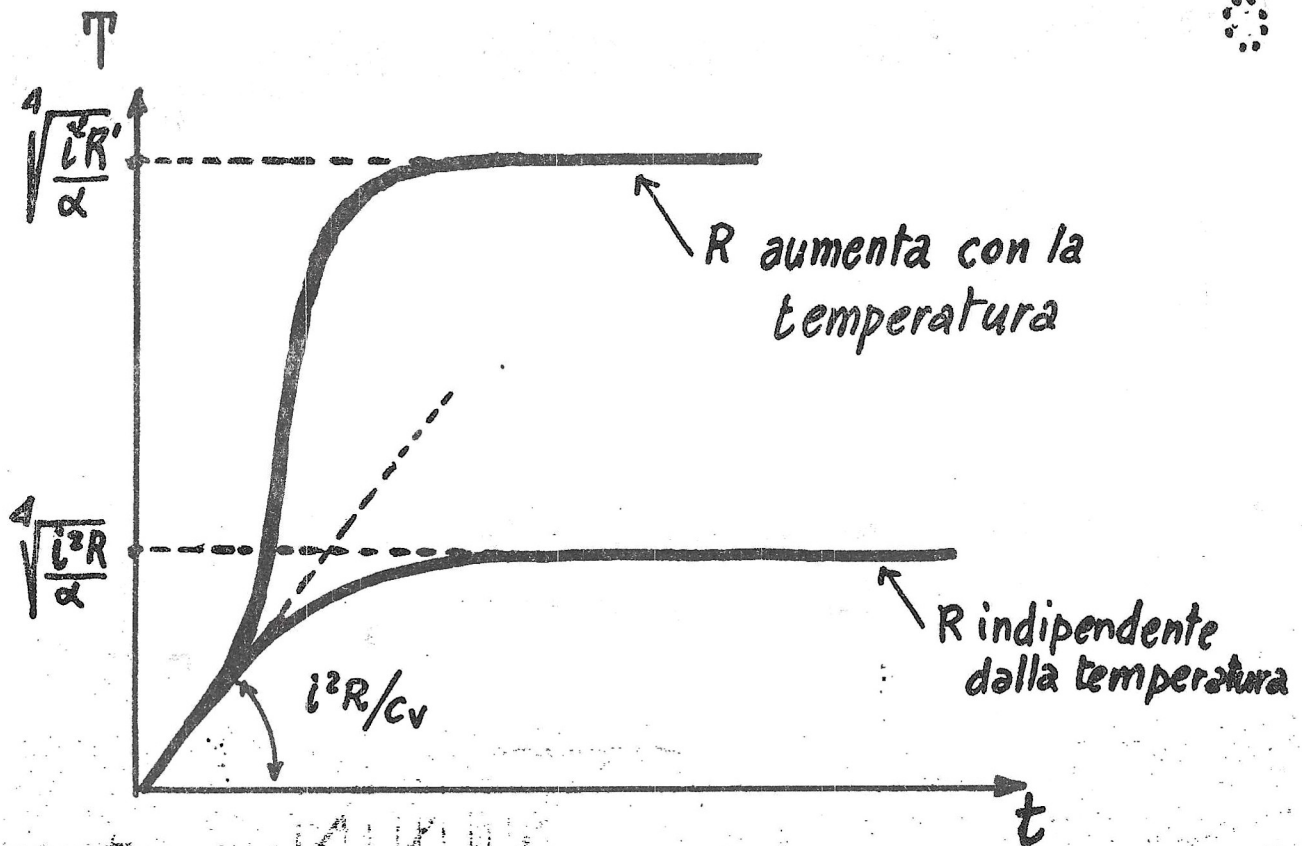
potenza emessa $w = \alpha T^4$. L'andamento del processo è descritto dall'equazione

$$dU = C_v dT - \alpha T^4 dt \rightarrow \frac{dU}{dt} = C_v \frac{dT}{dt} - \alpha T^4$$

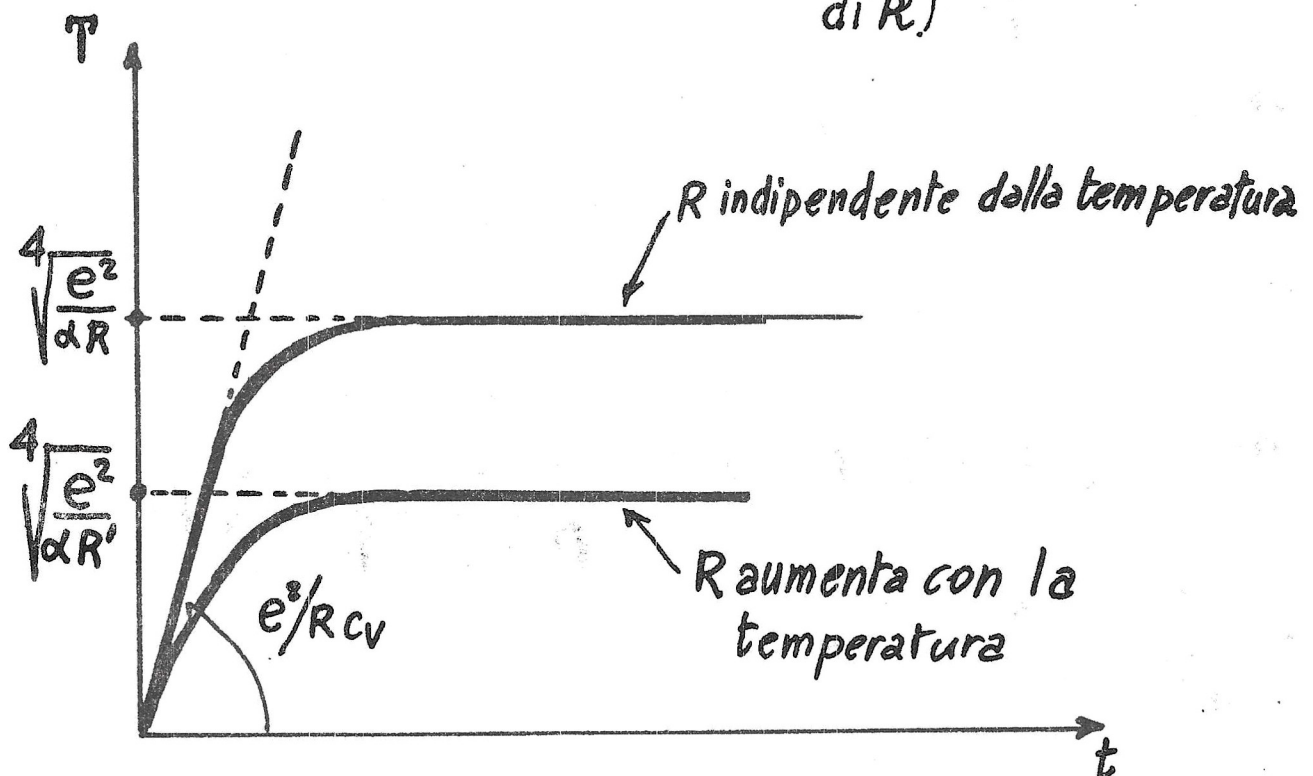
$$\boxed{C_v \frac{dT}{dt} - \alpha T^4 = i^2 R}$$

In condizione di regime stazionario $(\frac{dT}{dt} = 0)$

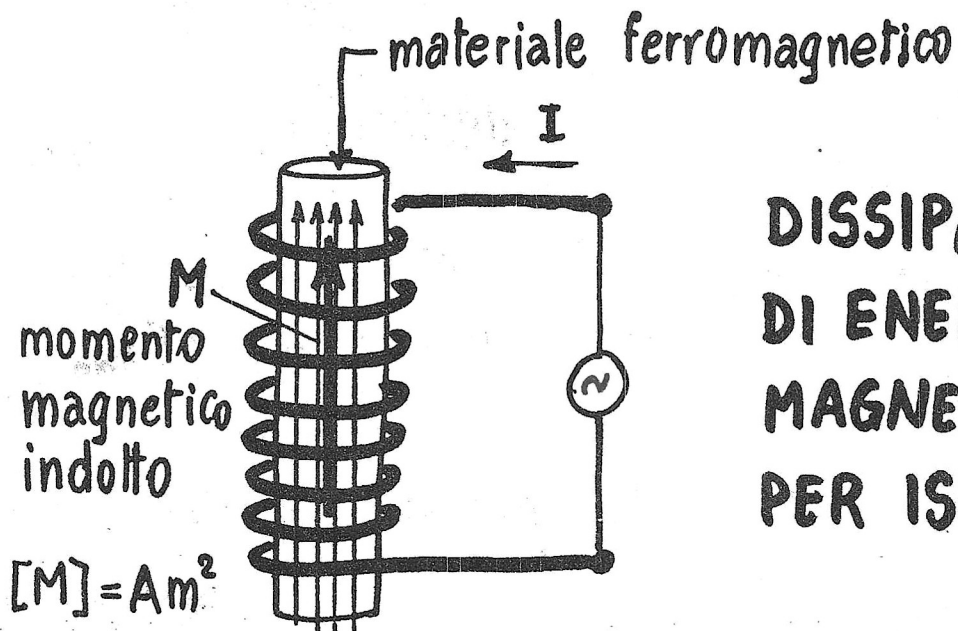
$$T = \sqrt[4]{\frac{i^2 R}{\alpha}}$$



alimentata in corrente (i costante al variare di R)

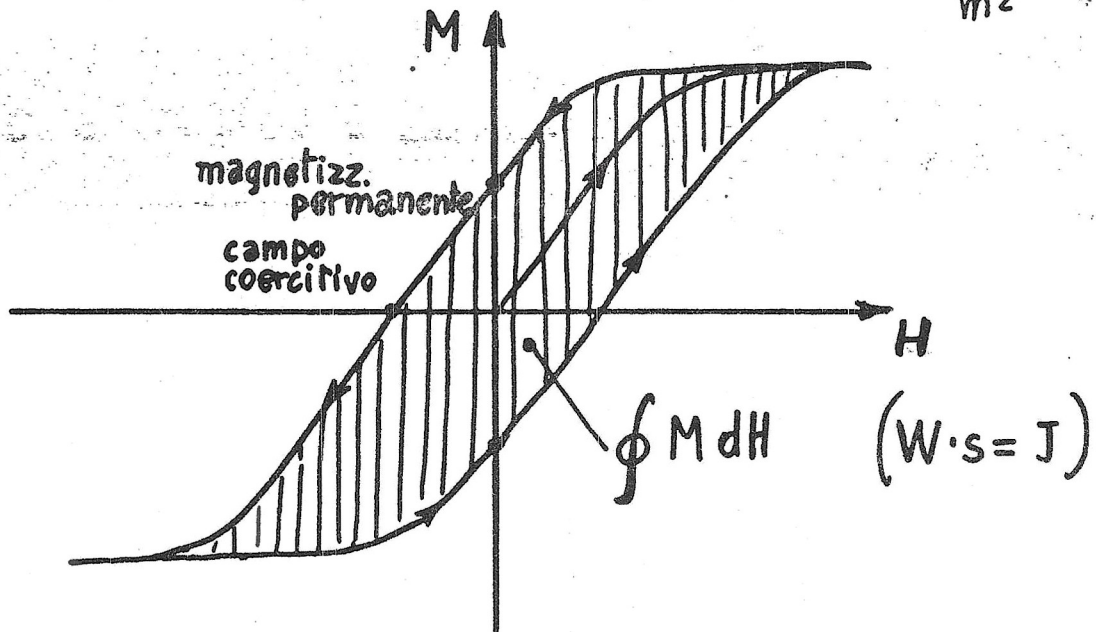


alimentata in tensione (e costante al variare di R)



DISSIPAZIONE DI ENERGIA MAGNETICA PER ISTERESI

H campo magnetico ($\equiv I$) $[H] = \frac{\text{Vs}}{\text{m}^2}$



- L'energia magnetica "entra" nel sistema;
- $(Q = 0)$;
- $\int p dV = 0$;

$\Delta U = \oint M dH$ (per ciclo)

(... L'aumento di temperatura produce poi un flusso di calore in uscita che...) 9

CONSIDERAZIONI ENTROPICHE

L'entropia (al contrario dell'energia) non si conserva:

- si trasferisce "insieme" al calore dall'esterno all'interno del sistema (o viceversa) → **flusso di entropia**
- è prodotta (o distrutta) nel sistema in relazione alle energie diverse dal calore → **produzione di entropia**

Il bilancio entropico è dunque:

$$\Delta S = \frac{Q}{T} + \Delta S_p$$

(2° principio d. TD)

entropia trasferita

entropia prodotta

$$\Delta S = \frac{Q}{T} + \frac{E}{T}$$

oppure

$$\Delta S > \frac{Q}{T}$$

da qui → $T\Delta S = Q + E$

riferendo tutto a ciò che avviene dentro il sistema

$$\Delta U = T\Delta S$$