

Fisica

Generale I

II semestre

2026

Termodinamica



Piano dell'opera

SISTEMA TERMODINAMICO

COORDINATE e
TRASFORMAZIONI

EQUILIBRIO TERMICO

TEMPERATURA

TERMOMETRIA

GAS IDEALE

FUNZIONE
di STATO

LAVORO

ENERGIA
INTERNA

CALORE

CALORE SPECIFICO

TERMOSTATO

TRASFORMAZIONE
QUASI-STATICA

TRASFORMAZIONE
CICLICA

MACCHINA

EFFICIENZA

TRASFORMAZIONE
REVERSIBILE
E IRREVERSIBILE

CARNOT e
TEMPERATURA
ASSOLUTA

ENTROPIA

ENERGIA
DEGRADATA

ENERGIA
LIBERA

POTENZIALE
TERMODINAMICO

ENTALPIA

ENERGIA
LATENTE

TEORIA
CINETICA

GAS REALE

ORDINE e
DISORDINE

MICROSTATO e
MACROSTATO

MECCANISMI
di TRASPORTO

I 4 principi

- Il secondo viene riconosciuto per primo [~1824]
- Il primo viene riconosciuto per secondo [~1840]
- C'è un principio "zero" riconosciuto per ultimo [~1930]
- C'è un "terzo principio" che molti non considerano come principio.

Principio Zero

cos'è la temperatura

I principio

l'energia si conserva

II principio

spontaneità dei processi

III principio

la temperatura ha
uno « zero »

QUINDI

La termodinamica in breve.

il calore può essere
convertito in lavoro ... (I p.)

... ma completamente (II p.)
solo a temperatura zero...

... e la temperatura zero (III p.)
non si può raggiungere.

I protagonisti

N. S. Carnot	1796-1832
J. Watt	1736-1819
E. Clapeyron	1799-1864
J. P. Joule	1818-1899
W. Thomson (Kelvin)	1824-1907
R. Clausius (Gottlieb)	1822-1888
L. Boltzmann	1844-1906



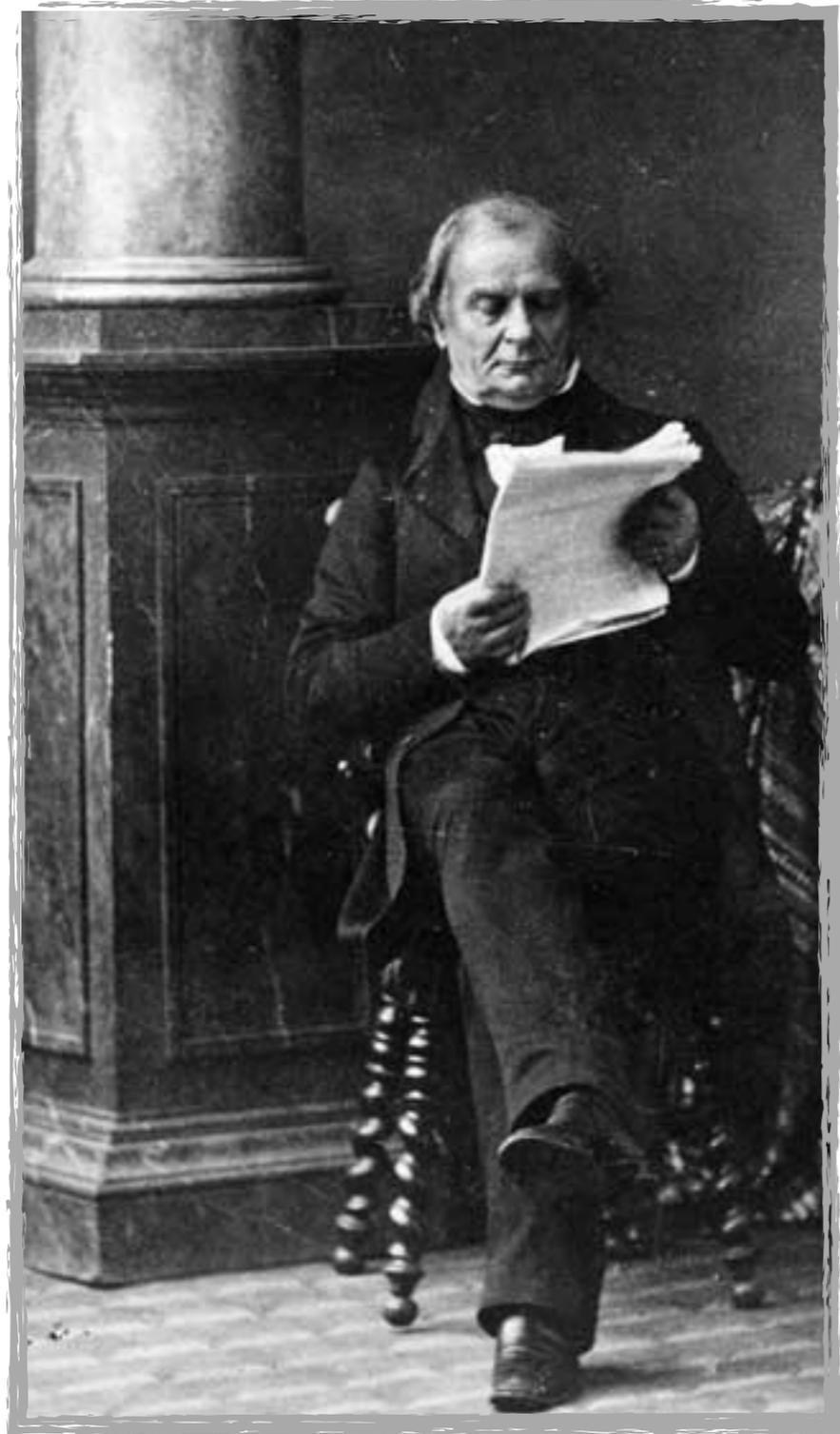
Nicolas Sadi
CARNOT
(1796-1832)

la potenza
motrice
del fuoco



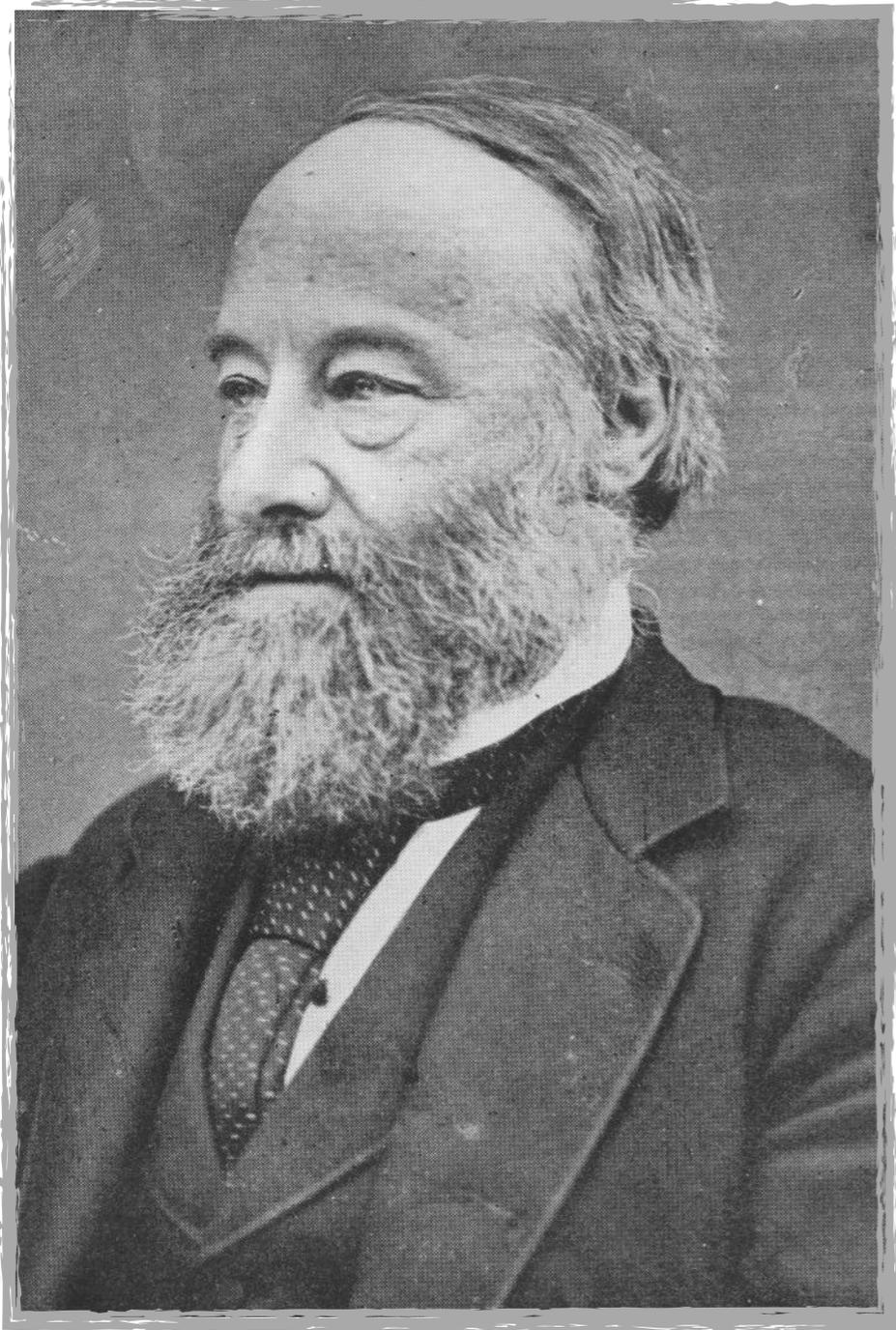
James Watt
(1736-1819)

la potenza
delle
macchine
a vapore



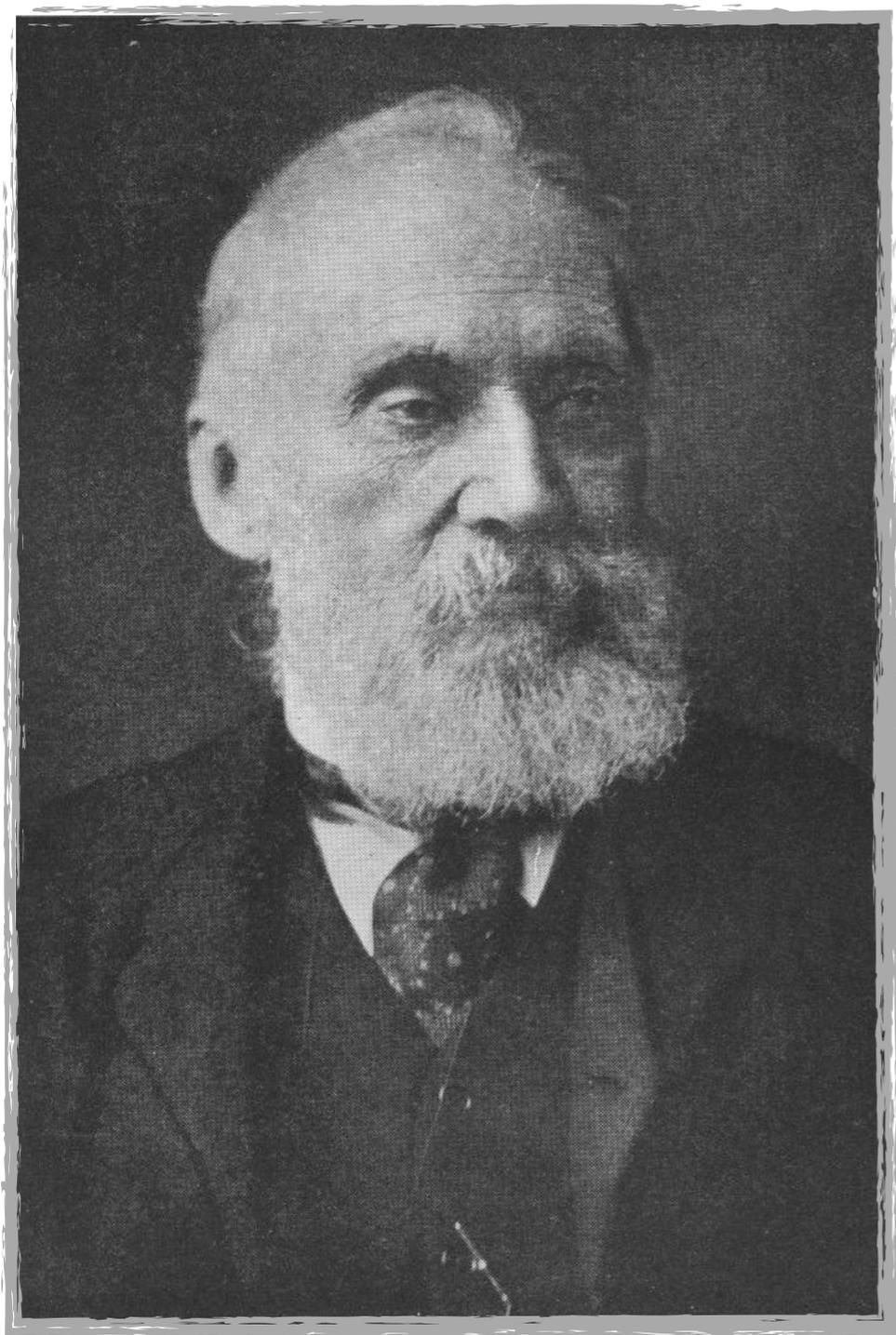
Émile
CLAPEYRON
(1799-1864)

Diagrammi
di stato e
calore latente



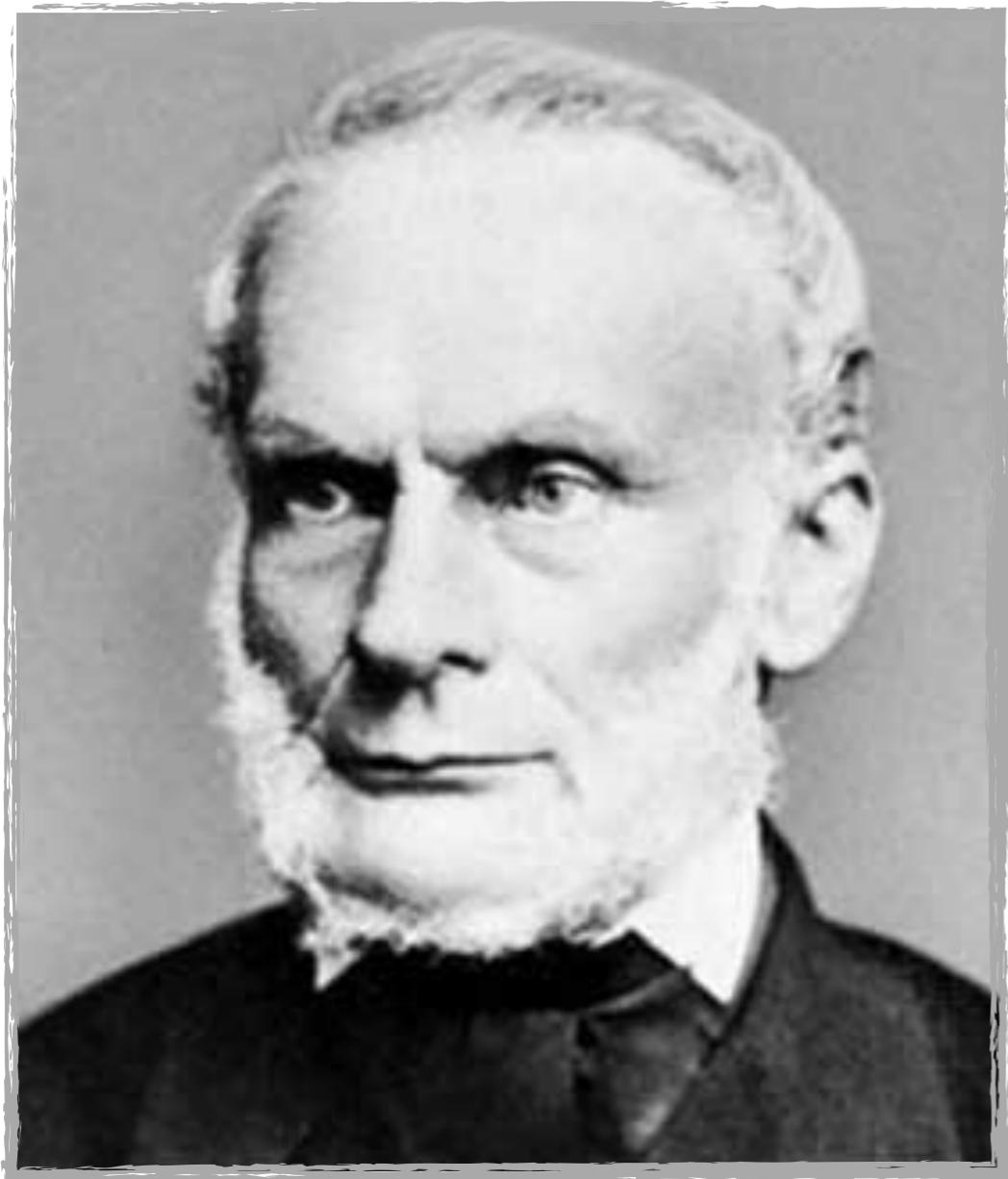
James Prescott
JOULE
(1818-1889)

Equivalente
meccanico
del
calore



William Thomson
Lord KELVIN
(1824 - 1907)

dal calore al lavoro
e la
scala di temperatura



Rudolf Gottlieb
CLAUSIUS
(1822-1888)

L'entropia e
il
secondo principio



Ludwig
BOLTZMANN
(1844-1906)

teoria cinetica
e
statistica
atomica

Cosa si studia nella termodinamica.

Il comportamento di sistemi « complessi », nel senso che rientrano nell'ambito dei modelli classici della meccanica: si tratta di fenomeni e processi nei quali la sola azione di forze non è sufficiente a dare una spiegazione esauritiva.

Ci si interessa a sistemi macroscopici (ma sarà necessaria più avanti una descrizione anche a livello più fondamentale, microscopica).

Un oggetto che inizia un moto di scivolamento con attrito e, per causa di questa forza, si arresta, è un tipico esempio di processo (fenomeno, trasformazione) che non trova una descrizione completa nell'ambito della meccanica. Qui ci si limita a considerare l'effetto dinamico della forza frenante ma non può dire molto (nulla) a livello macroscopico sul motivo di questo esito e, soprattutto, sul fatto che, in qualche "nuovo senso" l'oggetto si è scaldato: c'è un fenomeno termico, che non è meccanico in questo contesto.

Se qualcosa si « scalda » vuol dire che è cambiata una sua caratteristica, una sua proprietà che, al di là del nome, va misurata e definita. Avremo bisogno, come nella meccanica, di altre « coordinate » o grandezze proprie e tipiche del sistema che si sta studiando ora da un punto di vista anche termico.

Le coordinate che useremo in questo corso sono queste:

Volume, pressione, quantità di sostanza, temperatura.

Vanno definite e conosciute bene.

- **Volume [V]** segue l'idea geometrica di spazio occupato (a disposizione) e racchiuso da una data superficie. È essenziale in termodinamica perché il suo valore misurato può essere influenzato in modi non necessariamente meccanici ma anche puramente termici (esempi saranno la deformazione di solidi riscaldati / raffreddati o le espansioni / compressioni di fluidi gassosi nei vari tipi di motore "termico" - per l'appunto).

Il volume è una grandezza derivata nel SI, dimensioni $[L^3]$ e unità di misura m^3 . Anche $l = 10^{-3} m$ è accettato.

- **Quantità di sostanza [n]** Si può iniziare a definirla pensando a « quanta roba c'è », ovvero a una misura di ammontare di materia. Va subito detto che è essenziale non cedere alla tentazione di misurarla come la massa del sistema, perché quest'ultima è un'altra proprietà (legata all'inerzia / alla gravità come noto e che si misura in kg nel SI).

Fino al 2018 si è definita come unità di questa grandezza la mole, data dalla quantità di sostanza corrispondente a 12 g dell'isotopo ^{12}C (cioè, per avere $n=1$ moli di prendono 12 g di carbonio 12).

La mole è stata ridefinita dal 2019 come la quantità di sostanza corrispondente a N_A unità « elementari » (le più semplici, indivisibili entità di questa sostanza) dove N_A è una costante (fissata) detta di Avogadro :

$$N_A = 6.02214076 \times 10^{23} \quad (\text{ordine di grandezza: } 10^{24})$$

ed è una definizione che non dipende da un particolare oggetto "campione" ma solo da questa costante.

Si ricorda che gli atomi sono "fatti" di materia nucleare (per quello che riguarda la parte "pesante") e l'unità di massa atomica (protoni / neutroni) è pari

Circa a $1 \text{ u.m.a.} \cong 1.7 \times 10^{-27} \text{ kg}$

che quindi corrisponde a $1/12$ della massa di ^{12}C che possiede 6 protoni e 6 neutroni.

Allora per avere $n=1$ mole servono N_A atomi di ^{12}C con massa $N_A \times 1.7 \times 10^{-27} \text{ kg} \times 12 = 12 \times 10^{-3} \text{ kg}$.

Quindi si prendono atomi / molecole in quantità in grammi pari alla massa atomica / molecolare della sostanza:

$$2 \text{ g } \text{H}_2 = 1 \text{ mole di } \text{H}_2$$

$$18 \text{ g } \text{H}_2\text{O} = 1 \text{ mole di } \text{H}_2\text{O} = 1 \text{ mole O} + 2 \text{ moli H}$$



$$32 \text{ g } \text{O}_2 = 1 \text{ mole di } \text{O}_2$$

