

# ECHOS

20 marzo 2024

03:06 UTC

Il notiziario della SISFA

N.15

Equinozio di primavera

## FOCUS - Ma che gelida manina, se la lasci riscaldar...

a cura della Redazione

**Che gelida manina, se la lasci riscaldar...** Il più famoso verso de *La Bohème* (1896) di Giacomo Puccini (1858-1924) è chiaramente un pezzo di termodinamica! Chi conosce questa aria per tenore sotto questo aspetto? L'opera in sé desta grande curiosità per molteplici questioni, tra le quali la più eclatante è forse il fatto che essa nasce dalla sfida in cui si cimentarono Puccini e Ruggero Leoncavallo (1857-1919), ossia mettere in musica il medesimo testo, *Scènes de la vie de Bohème*, pubblicato nel 1851 dallo scrittore francese Henry Murger (1822-1861). Questo stesso testo era stato ripreso qualche anno prima anche da Arthur Conan Doyle (1859-1930) nel suo primo libro giallo, *A Study in Scarlet* (1887), con il quale gettò le basi del genere giallo, creando l'incredibile figura del detective Sherlock Holmes, accompagnato dall'immane lente d'ingrandimento.

Fortuna postuma, quella del testo di Murger, visto che egli finì la sua vita in un ospizio... Ma quanta intuizione ebbe, pur senza volerlo, nel concepire "nel caldo e nel freddo" un motivo di riflessione sociale, culturale e pure scientifico! Nello stesso momento in cui Puccini dibatteva a suon di arie contro Leoncavallo, gli ingegneri, gli inventori, i fisici e i chimici entravano nel mondo della Termodinamica a suon di interpretazioni che, piano piano, portarono il mondo dal 'sostanzialismo' del calorico alle teorie energetiche di Joule.

A inventare il nome dell'esperienza 'emotiva' (e scientifica) con cui la "gelida manina" di Mimì si "lascia riscaldar" da Rodolfo fu William Thomson (1824-1907) - Lord Kelvin - nel 1854, ben 170 anni fa, che la indicò con il nome di **Thermo-dyanimics**. Sarà questione di cabala, ma non possiamo non notare che Thomson nacque proprio nell'anno in cui un giovane ingegnere francese pubblicò il testo fondamentale che permise a Lord Kelvin di diventare un novello inventore di parole - anche se in campo fisico e non letterario - al pari di Dante, Petrarca e infine D'Annunzio. Il giovane ingegnere era il ventottenne parigino, capitano del genio, Nicolas Léonard Sadi Carnot (1796-1832), il quale, 200 anni fa, nel 1824, pubblicò la **Réflexions sur la puissance motrice du feu et sur les machines propres à développer cette puissance**, l'opera che lega le scienze ottocentesche,



Manifesto de *La Bohème* di G. Puccini, su libretto di G. Giacosa e L. Illica, 1896

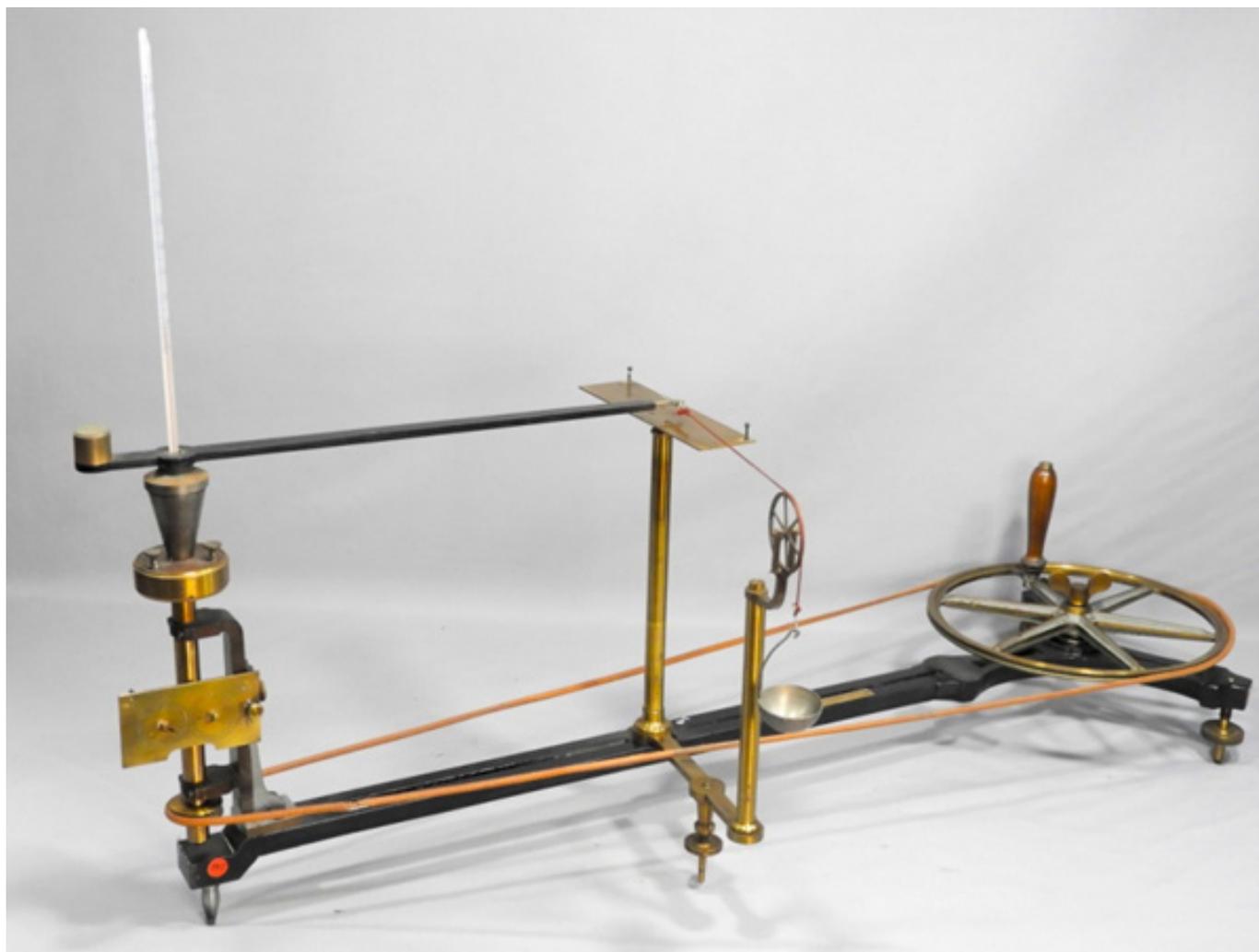
soprattutto la meccanica, a quella che sarà la termodinamica di Kelvin. Lo si riconosce sin dalle righe d'esordio: "Personne n'ignore que la chaleur peut être la cause du mouvement, quelle possède même une grande puissance motrice: les machines à vapeur, aujourd'hui si répandues, en sont une preuve parlant à tous les yeux. C'est à la chaleur que doivent être attribués les grands mouvements qui frappent nos regards sur la terre; c'est à elle que sont dues les agitations de l'atmosphère, l'ascension des nuages, la chute des pluies et des autres météores, les courants d'eau qui sillonnent la surface

du globe et dont l'homme est parvenu à employer pour son usage une faible partie; enfin les tremblements de terre, les éruptions volcaniques reconnaissent aussi pour cause la chaleur" [Nessuno ignora che il calore può essere causa di movimento, e che possiede addirittura una grande forza motrice: le macchine a vapore, oggi così diffuse, ne sono la prova sotto gli occhi di tutti. È al calore che si devono attribuire i grandi movimenti che colpiscono il nostro sguardo sulla terra; è ad esso che sono dovute le agitazioni dell'atmosfera, il sorgere delle nubi, la caduta della pioggia e di altre meteore,

le correnti d'acqua che attraversano la superficie del globo, che l'uomo è riuscito a impiegare per proprio uso solo in piccola parte; infine, anche nei terremoti e nelle eruzioni vulcaniche si riconosce come causa il calore]. Abbiamo in qualche modo indicato due anni-chiave: il 1824 e il 1854. Potremmo chiamarla la "guerra dei 30 anni della fisica del calore", trent'anni nei quali la Termodinamica germogliò e maturò considerevolmente, grazie a cinque figure-chiave, i cinque fisici citati in questo numero di Echos, elencati nella rubrica *Key-people*.

## **INSTRUMENTA** - Calore o Energia? Questo è il problema

di Diego Urbani



Apparecchio di Puluj per determinare l'equivalente meccanico del calore (Autore: E. Leybold's Nachfolger, prima decade del XX sec., Collezione D. Urbani)

Questo apparecchio, ideato dal fisico ucraino Ivan Puluj (1845-1918), rappresenta un buon miglioramento di quello che mise a punto James Prescott Joule (1818-1889), nel quale l'energia meccanica, sviluppata dalla

caduta di un peso, veniva convertita in energia termica per innalzare la temperatura di una determinata quantità di acqua. L'apparecchio di Puluj è stato molto utilizzato nella didattica in quanto è più semplice e meno

macchinoso nell'uso di quello di Joule ed è dotato anche di una buona precisione. L'esemplare qui raffigurato è stato realizzato dalla ditta "E. Leybold's Nachfolger" di Colonia nella prima decade del XX secolo.

Per sommi capi, la misura si ottiene dal calore sviluppato per attrito dalla rotazione di due coni concentrici di ottone in cui quello esterno è collegato a una puleggia e a un contagiri a lancette. Il cono interno contiene un volume di mercurio accuratamente pesato nel quale è immerso un termometro di precisione. Il cono interno è collegato ad un indice graduato (di lunghezza  $l$ ), opportunamente contrappesato da una vaschetta metallica, così da non ruotare per l'attrito con il cono esterno e non essere trascinato nel moto di rotazione, in modo simile a quello che avviene con un **freno Prony**. Si sceglie un regime di rotazione tale che, grazie all'aggiunta di pesi nella vaschetta,

l'indice rimanga stazionario in una certa posizione. Si misura con accuratezza la temperatura segnata dal termometro e poi si mette in rotazione la macchina annotando il numero di giri ( $n$ ) effettuati. Quindi si misura la temperatura finale. Il lavoro compiuto dalla forza peso  $P$  della vaschetta con la zavorra è:  $2n\pi \cdot l \cdot P$ . D'altro canto, calcolato l'equivalente  $C$  in acqua del mercurio, dei coni in ottone e del termometro, si ha che la quantità di calore sviluppata è:  $Q = C \cdot (t_2 - t_1)$ .

Da qui si può ricavare l'equivalente meccanico della caloria,  $2n\pi \cdot l \cdot P / Q$ . Ricordiamo che si definisce 'caloria' il lavoro necessario per innalzare di un grado, da 14.5 a 15.5 °C, la temperatura di un grammo di acqua distillata. Ovviamente, non ci si può aspettare una grande accuratezza da un apparecchio così semplice, ma i risultati che si ottengono hanno una precisione dell'ordine del 5% circa.

## **PREZIOSI TIPI** - La potenza di Carnot: 600 copie, 118 pagine, 5 figure

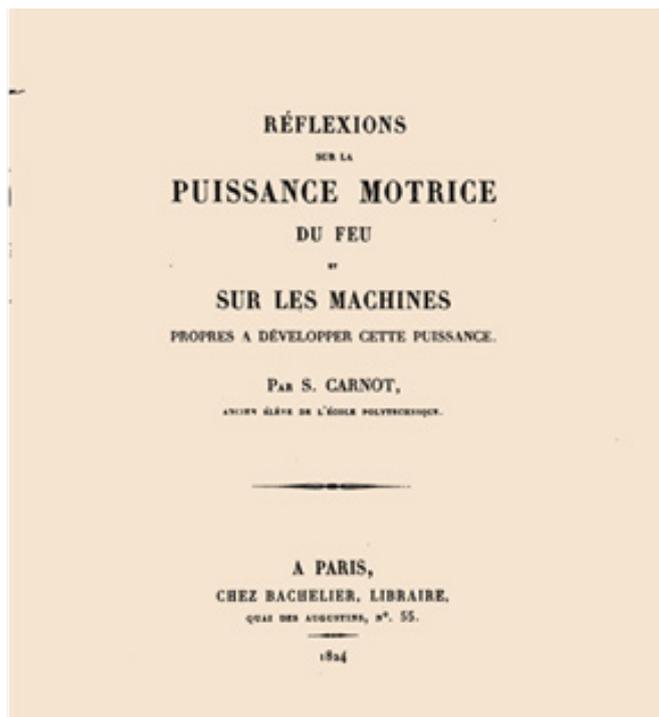
a cura della Redazione

Esattamente 200 anni fa Sadi Carnot (1796-1832) pubblicò a sue spese la **Réflexions sur la puissance motrice du feu et sur les machines propres à développer cette puissance**. L'opera, edita in 600 esemplari, fu stampata per conto dell'autore da A.J.E. Guiraudet Saint-Amé dalla casa editrice 'Bachelier Libraire', ed è composta di 118 pagine e 5 figure. Come fu anche per il *De Revolutionibus* di Mikołaj Kopernik (1473-1543), si tratta dell'unica opera a stampa di Carnot, ma queste 118 pagine fanno del loro autore, meno che trentenne, il fondatore della Termodinamica. Orgogliosamente, nel titolo dell'opera l'autore si definisce "ancien élève de l'école polytechnique", mettendo così in luce il grande riconoscimento che tributava alla formazione scientifica ricevuta tra il 1813 ed il 1815 presso l'*École polytechnique* (tra i cui fondatori, nel 1795, è annoverato anche il padre di Sadi) e presso l'*École d'application de l'artillerie et du génie de Metz*. Sadi Carnot, dunque, non è certo un 'figlio' di nessuno; anzi! Il padre, Lazare Nicolas Marguérite Carnot (1753-1823), oltre a essere uno dei "les cinq directeurs" del potere esecutivo ordinato dal **Direttorio** tra il 1794 e il 1798, è autore dell'*Essai sur les machines en général* (1783) e dei *Principes fondamentaux de l'équilibre et du mouvement* (1803), titoli assai pertinenti con le tecnologie e il fermento scientifico del tempo, viste le sempre più incalzanti esperienze che gli empiristi inglesi stavano compiendo in merito alle macchine a vapore.

Il ruolo del padre, matematico, fisico e ingegnere (e pure generale!), fu cruciale per Sadi Carnot, perché proprio in occasione di una visita che gli fece nel 1821, quando era esiliato a Magdeburgo in quanto filonapoleonico, concepì con il suo aiuto l'idea di scrivere un trattato sulla relazione tra calore e macchine, vista l'importanza che gl'impieghi pratici delle macchine a vapore stavano assumendo. Lazare Nicolas morì però nel 1823 e Sadi, impaurito che il testo potesse risultare di difficile comprensione e non potendo più contare sul padre e maestro, si affidò per le revisioni al fratello, Lazare Hippolyte Carnot (1801-1888).

L'opera venne data alle stampe nel 1824, senza darne comunicazione né all'Académie des Sciences, né agli Annales de Chimie et Physique, o agli Annales des Mines, alle biblioteche de l'École des Mines e de l'École des ponts et Chaussées. Per questo essa rimase di fatto sconosciuta alla comunità scientifica fino a quando Benoît Paul Émile Clapeyron (1799-1864) la ristampò in una edizione commentata e arricchita da una rigorosa trattazione matematica che il testo originale di Sadi Carnot aveva affrontato solo in parte nelle note. Questa seconda edizione uscì nel 1832, anno della morte del suo autore.

Vista la poca considerazione che l'opera aveva ricevuto nella sua prima edizione, Sadi Carnot fu sul punto di ricredersi circa la validità delle sue teorie; forse proprio per questo non fu molto attivo nel diffondere



A sinistra: 'Nicolas Leonard Sadi Carnot in uniforme da politecnico' (1813) di Louis Leopold Boilly (1761-1845); Collezione privata. A destra: Sadi Carnot, *Réflexions sur la puissance motrice du feu et sur les machines propres à développer cette puissance*, 1824

i suoi risultati di ricerca. Colto da uno stato di disagio psichiatrico ossessivo, probabilmente alimentato dall'insuccesso scientifico oltre che da alterne vicende di salute, Carnot morì di colera il 24 agosto 1832 presso il ricovero di Ivry-sur-Seine. Per ragioni sanitarie, tutti gli appunti che aveva con sé al ricovero furono bruciati, mentre il fratello Hippolyte riuscì solo nel 1878 a pubblicare quelli scampati alla distruzione. Particolare attenzione merita la teorizzazione di Sadi Carnot, sin dagli anni '20-'30 del XIX secolo, dell'equivalente meccanico del calore, concetto che

fu invece presentato in un'opera a stampa da James Prescott Joule (1818-1889) solo nel 1849, nel suo *On the Mechanical Equivalent of Heat*.

Con la sua opera, Sadi Carnot impostò le basi della termodinamica, mettendo insieme, pur con una narrazione tipica del tempo, fatta di un lessico sottile e raffinato, discipline fino ad allora completamente distinte. La sua lapide nel cimitero di Ivry-sur-Seine lo ricorda come "ELÈVE DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE, CAPITAINE DU GÉNIE, PHYSICIEN, FONDATEUR DE LA THERMO DINAMIQUE".

## ABC - Termodinamica nel titolo

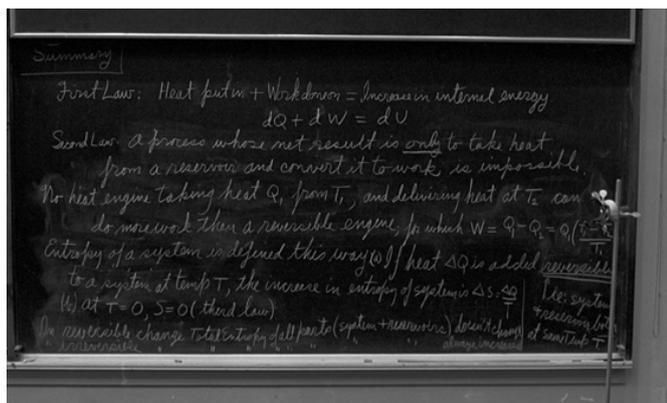
di Oronzo Mauro

Le difficoltà nell'apprendimento della Termodinamica sono molto legate alla sua natura di essere una 'scienza di sintesi' di diverse discipline quali: fisica, chimica, biologia, ingegneria, meccanica, etc. Anche le dimensioni in gioco, tra macro e micro, costituiscono un gustoso ingrediente fondamentale del calderone culturale e metodologico della Termodinamica, chiamando così in causa anche la statistica, la probabilità e la meccanica quantistica. Proprio per la natura poliedrica dell'argomento, ogni docente e, in definitiva ogni testo di studio, affronta la Termodinamica da punti di vista diversi e certe volte anche distanti.

**Jules-Henri Poincaré** (1854-1912), nella sua vasta

produzione di testi per l'insegnamento, ne contempla anche uno specifico per la termodinamica, la *Thermo dynamique*, relativo alle lezioni tenute nel primo semestre del 1888-1889 presso la facoltà di scienze dell'Università di Parigi. Il testo dell'insigne fisico francese molto risente dell'impostazione matematica e del substrato imprenditoriale della florida industria francese di fine secolo.

**Max Planck** (1858-1947), il fondatore della fisica quantistica, si era interessato di problemi di entropia sin dagli anni della formazione accademica, e proseguì le sue ricerche, applicandole alla fisica chimica, quando divenne professore associato all'Università di Kiel. Nel



La lavagna di Richard Feynmann durante la lezione sulla Termodinamica (CAL, 6 maggio 1962)

1897 pubblicò il *Vorlesungen über Thermodynamik*, la cui versione inglese, ***Treatise on Thermodynamics***, vide la luce nel 1903.

**Enrico Fermi** (1901-1954) si cimenta nella didattica della termodinamica con una serie di lezioni tenute nel 1936 presso la Columbia University, poi raccolte nell'opera *Thermodynamics*, tradotta in italiano solo nel 1958 con la prima edizione della Boringhieri.

**Mark Zemansky** (1900-1981), docente al City College di New York, si presenta con una ricca produzione di testi e studi sulla temperatura anche in ambienti metrologici

e con esperimenti dal gusto esotico come il WU Experiment. Il suo testo, *Heat and Thermodynamics: an Intermediate Textbook for Students of Physics, Chemistry, and Engineering* del 1937, abbraccia le esigenze di diverse discipline, candidandosi così per una larga diffusione in tutto il mondo. Gli studenti italiani lo conoscono dal 1970 con il titolo *Calore e Termodinamica* per l'editore Nicola Zanichelli.

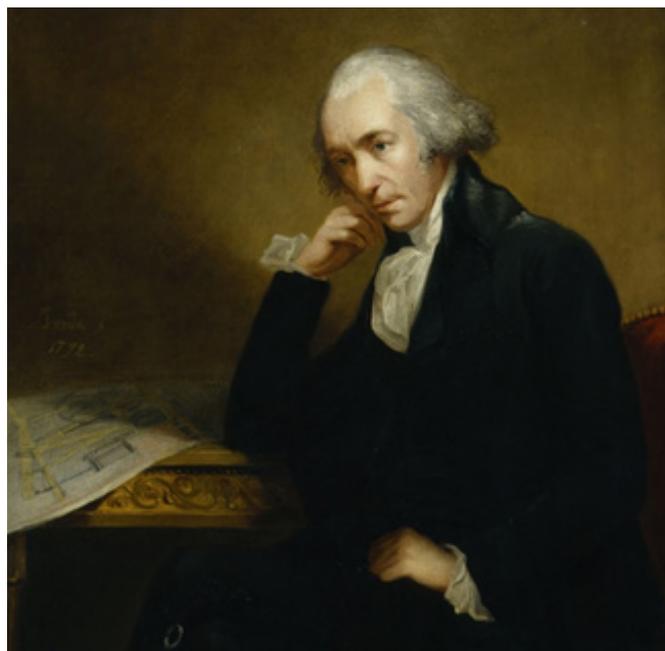
Lo stesso **Lev Davidovič Landau** (1908-1968) nella sua monumentale opera *Курс теоретической физики* (*Corso di fisica teorica*), realizzata tra il 1940 e il 1979 in dieci volumi (per l'edizione inglese), grazie a diverse collaborazioni, pur non menzionando esplicitamente il termine termodinamica nel titolo, tratta comunque ripetutamente il tema in diversi tomi, in particolare quelli di "Meccanica" e "Statistica".

**Richard Feynmann** (1918-1988) non scrive un testo specifico sulla termodinamica, ma la relega a un capitolo della sua opera monumentale *The Feynman Lectures on Physics* (1961-1964). Si consiglia di non perdere la sua famosa **Lecture 44** tenuta il 6 maggio 1962 presso il California Institute of Technology, nella quale, in modo scherzoso, rivolgendosi agli studenti di fisica, dichiara: "Vi ho parlato della Termodinamica, ma in ogni caso si tratta di qualcosa per ingegneri e chimici, quindi non vi preoccupate più di tanto".

## SCIENZ'ARTE - Watt, un vero 'power man'

di Oronzo Mauro

Carl Frederik von Breda (1759-1818) è un pittore svedese di formazione inglese. Appena ebbe l'opportunità, si trasferì da Stoccolma a Londra per intraprendere un'intensa carriera come ritrattista. È questo un periodo storico (e una geografia) nel quale le forze economiche e gli impulsi illuministi e post-illuministi concentrano l'attenzione sul ritratto per esaltare i grandi uomini nelle imprese del secolo, come l'avvio delle prime industrie, i grandi commerci con i paesi esotici e le scoperte scientifiche. Queste necessità ritrattistiche presenti non solo a Londra, ma in tutta Europa, con un focus particolare in ambito economico, finanziario e mercantile, pongono l'arena competitiva degli artisti sotto pressione. In queste circostanze, von Breda, estremamente capace, primeggia così tanto da ricevere l'appellativo di 'van Dyck di Svezia'. Nonostante la fortuna in suolo inglese, nel 1796 il pittore svedese decise di tornare in patria, attratto da una cattedra presso la Reale Accademia delle belle Arti di Svezia, rinforzata dal titolo di pittore di corte.



James Watt, Olio su tela di Carl Frederik von Breda, 1792



In linea con la moda del tempo, il personaggio raffigurato nel quadro è uno scienziato che contribuì grandemente al progresso industriale inglese, ossia il costruttore scozzese James Watt (1736-1819) ritratto all'età di 56 anni, nel 1792. Sul tavolo si può vedere, anche con un certo dettaglio, il disegno tecnico del brevetto n. 913 del gennaio 1769, con il quale egli proponeva la separazione della camera di condensazione dalla camera di espansione, per

ottenere una maggiore efficienza rispetto alle macchine a vapore del tempo, basate su quella di Thomas Newcomen (1663-1729), risalente al 1705. James Watt fu il soggetto di opere artistiche anche in epoche successive a quella di von Breda; ricordiamo la scultura di Francis Chantrey (1782-1841) conservata presso l'Hunterian Museum di Glasgow o il ritratto a firma di John Partridge, del 1806, custodito alla National Gallery of Scotland.

## **KEY-PEOPLE** - I Principi della termodinamica, nella “guerra” dei 30 anni

a cura della Redazione



In alto, da sinistra: Clapeyron e Carnot; in basso, da sinistra: Thomson, Clausius e Joule

Nell'ambito della nostra ricerca a cavallo tra il 1824 e il 1854, tra i 200 e 170 anni fa, le figure-chiave della Termodinamica si contano - letteralmente - sulle dita di una mano. In quei 30 anni di “guerra” con cui si passò dal calorico al calore come forma d'energia, agirono fondamentalmente solo cinque uomini di scienza che si passarono il testimone della conoscenza, integrando e arricchendo le esperienze. Non esiste una foto, come nel caso dei famosi “[Congressi Solvay](#)” nei quali vedere comodamente gli scienziati tutti insieme in posa per la foto di gruppo o radunati attorno a un tavolo, intenti a commentare un testo o un grafico. Di loro abbiamo solo ritratti e foto sparse che solamente la grafica di oggi ci permette di fondere in un'unica foto. Vediamo chi sono, e qual è stato il loro contributo fondamentale.

**Sadi Carnot** (1796-1832): pubblica nel 1824 la *Réflexions sur la puissance motrice du feu et sur les machines propres à développer cette puissance*;  
**Émile Clapeyron** (1799-1864): pubblica nel 1834 la riedizione dell'opera di Carnot, presentata in modo analitico;  
**James Prescott Joule** (1818-1898): pubblica nel 1849 il trattato *On the Mechanical Equivalent of Heat*;  
**Rudolf Clausius** (1822-1888): pubblica nel 1850 il lavoro *Ueber die bewegende Kraft der Wärme und die Gesetze, welche sich daraus für die Wärmelehre selbst ableiten lassen* (*On the Moving Force of Heat and the Laws of Heat which may be Deduced Therefrom*);  
**William Thomson** (1824-1907), Lord Kelvin: nel 1854 conia il termine *Termodinamica*.

# Vita della Società - Una evoluzione ben ordinata

di Salvatore Esposito



## Premio di Laurea SISFA 2024

Premio finanziato dal Socio Leonardo Gariboldi in memoria dei genitori

Con l'inizio di un nuovo ciclo annuale di attività, ci si lascia abitualmente alle spalle la "agitazione" degli impegni sempre un po' frenetici degli ultimi mesi dell'anno precedente, ma noi della SISFA abbiamo ormai imparato a procedere in modo tale da ridurre al minimo gli aumenti di entropia... A parte le facili battute che il tema di questo numero chiama, in realtà la situazione della nostra Società evolve proprio in quella direzione, come testimoniato anche dalle ultime cose portate avanti o messe in cantiere.

Innanzitutto, come non sarà sfuggito al socio attento, da quest'anno la SISFA ha cambiato casa editrice, sia per superare vecchi problemi e inconvenienti che per favorire nuove prospettive. Gli scritti celebrativi dei **primi quarant'anni di vita della nostra Società**, infatti, sono stati raccolti nel primo volume di una nuova collana editoriale – i *SISFA Studies in the History of Physics and Astronomy* – che la SISFA ha lanciato con l'editore FedOA Press. In tale collana (completamente Open Access e gestita dalla nostra Società) confluiranno innanzitutto gli Atti dei nostri congressi annuali, ma in essa potranno trovare spazio anche altre pubblicazioni che in futuro arricchiranno la nostra esperienza.

Le due attività usuali che più ci caratterizzano, poi, sono anch'esse già state varate. Il bando per il **Premio di Laurea SISFA 2024** è stato da poco pubblicato, e tutti siamo invitati a diffonderlo ovunque per incentivare tra i giovani gli studi storici che tanto ci stanno a cuore. La preparazione del nostro **congresso annuale**, che quest'anno si terrà a Firenze nella splendida cornice della collina di Arcetri, è anch'essa entrata nel vivo, e già dalla prima circolare è possibile cogliere la ricchezza di contenuti che ci aspetterà a settembre.

Tuttavia, la SISFA è sempre più aperta a tante altre iniziative, sia direttamente che indirettamente, che possono essere seguite nelle nostre puntuali news. Mi piace segnalarne in questa sede solo due diverse. A cavallo tra novembre e dicembre scorsi si è tenuto a Napoli la seconda riunione annuale del CooFIS08, il coordinamento nazionale dei docenti

e ricercatori universitari di Didattica e Storia della Fisica. Gli storici presenti erano tutti soci della SISFA, e la stretta collaborazione con i colleghi didattici è ormai una realtà di fatto che, stimolata proprio nei nostri passati congressi annuali e/o workshops, potrà favorire la crescita culturale di tutti gli attori, e che ben presto produrrà certamente dei primi ottimi frutti. Nell'altra iniziativa che voglio ricordare, invece, non è coinvolta direttamente la SISFA, ma sarebbe erroneo non riconoscere l'importante ruolo che essa ha avuto (e ha) nella sua realizzazione. Mi riferisco al corso di aggiornamento professionale messo in campo dall'Università di Napoli Federico II sulla cura, conservazione e catalogazione delle strumentazioni scientifiche antiche che si svolgerà nei prossimi mesi. A fronte di un patrimonio storico-scientifico incommensurabile che il nostro Paese può ben vantare, come ben si apprezza nei nostri congressi annuali e nei workshops organizzati recentemente, un tale corso mancava da tanti anni in Italia. Se esso ha finalmente potuto vedere la luce, sotto la spinta iniziale del Museo di Fisica dell'Ateneo fridericiano, lo si deve proprio al ruolo di coordinamento che la nostra Società sta esprimendo da anni anche in questo ambito, nonché alle competenze che essa sa esprimere e che possono garantire la realizzazione di un tale corso, portato avanti quasi totalmente da soci SISFA.

Proprio questi ultimi esempi fanno comprendere il ruolo principalmente culturale che la nostra Società sta effettivamente svolgendo, e che auspicabilmente potrà estendersi nel futuro ad altri ambiti, uscendo sempre più da angusti confini strettamente formali. Come è ben evidente, tuttavia, la funzione dei soci SISFA è fondamentale, ed è per questo motivo che mi permetto ancora una volta di ricordare – a chi non l'avesse già fatto – di sostenere anche materialmente la nostra Società, rinnovando la propria iscrizione (magari scegliendo di diventare socio sostenitore!) e anche operando in prima persona per il suo allargamento. Tante belle cose ci attendono in questo 2024!