

A02

Luigi Capuozzo
Adele Cimmino
Vincenzo D'Armiento

Carnot e le sue *Réflexions*

Prefazione di
Vincenzo Cioci





Aracne editrice

www.aracneeditrice.it

info@aracneeditrice.it

Copyright © MMXIX

Gioacchino Onorati editore S.r.l. – unipersonale

www.gioacchinoonoratieditore.it

info@gioacchinoonoratieditore.it

via Vittorio Veneto, 20

00020 Canterano (RM)

(06) 45551463

ISBN 978-88-255-2937-1

*I diritti di traduzione, di memorizzazione elettronica,
di riproduzione e di adattamento anche parziale,
con qualsiasi mezzo, sono riservati per tutti i Paesi.*

*Non sono assolutamente consentite le fotocopie
senza il permesso scritto dell'Editore.*

I edizione: dicembre 2019

Ad Adele Cimmino

L'alba ha una sua misteriosa
grandezza che si compone
d'un residuo di sogno e d'un
principio di pensiero.

Victor Hugo, *I lavoratori
del mare*

Indice

- 11 *Prefazione*
di Vincenzo Cioci
- 15 *Introduzione*

Parte I

Carnot e le sue *Réflexions*

- 21 **Capitolo I**
Note storiche
1.1. La scienza del calore a cavallo dei secoli XVIII e XIX, 21 – 1.2. La macchina a vapore all'epoca di Carnot, 27 – 1.3. La teoria del calorico, 33
- 39 **Capitolo II**
Caratteri generali del lavoro di Carnot
2.1. Origini del lavoro di S. Carnot, 39 – 2.2. La matematica delle *Réflexions*, 43
- 51 **Capitolo III**
Il ciclo di Carnot
3.1. Il ciclo in 3 fasi, 51 – 3.2. Il ciclo di Carnot in 4 fasi, 53 – 3.3. Rappresentazione grafica del ciclo di Carnot, 55 – 3.4. La trasformazione isoterma, 57
- 61 **Capitolo IV**
Calori specifici dei gas
4.1. La differenza tra calori specifici a pressione e volume costante, 61 – 4.2. Calore specifico e densità dei gas, 63 – 4.3. Le trasformazioni adiabatiche, 68

- 73 **Capitolo V**
Prestazioni delle macchine termiche
5.1. Il rendimento di una macchina termica, 73 – 5.2. Ottimizzazione della macchina termica, 76 – 5.3. Conclusioni, 77

Parte II

Riflessioni sulla potenza motrice del fuoco

- 81 **Capitolo I**
Studio di una macchina termica
1.1. Premessa, 81 – 1.2. Necessità di una teoria del calore, 84 – 1.3. Condizione per produrre lavoro dal calore, 85 – 1.4. Ciclo in tre fasi, 88 – 1.5. Considerazioni sul rendimento del ciclo a tre fasi, 93 – 1.6. Ciclo completo in quattro fasi, 96
- 103 **Capitolo II**
Ricerche sui fluidi aeriformi
2.1. Semplificazione del ciclo, 103 – 2.2. Indipendenza dalla natura del gas della quantità di calore trasferita in una trasformazione isoterma, 105 – 2.3. Calori specifici a volume e pressione costanti, 106 – 2.4. Determinazione delle quantità di calore trasferite nelle trasformazioni isoterme, 110 – 2.5. Calore specifico e densità dei fluidi, 113 – 2.6. Trasformazioni adiabatiche, 117
- 121 **Capitolo III**
Massimo rendimento delle macchine termiche
3.1. Relazione tra temperatura e lavoro prodotto, 121 – 3.2. Esempi di calcolo, 127 – 3.3. Impiego di sostanze allo stato solido, liquido ed aeriforme, 134 – 3.4. Condizioni per realizzare le macchine termiche, 136
- 139 **Capitolo IV**
Macchine termiche ad alta pressione
4.1. Vantaggi delle macchine termiche ad alta pressione, 139 – 4.2. Macchine termiche a doppio cilindro, 142 – 4.3. Macchine termiche raffreddate ad aria, 144 – 4.4. Confronto tra il rendimento teorico e quello reale, 148
- 155 *Note degli autori al testo di Carnot*
- 159 *Bibliografia*
- 163 *Ringraziamenti*

Prefazione

di Vincenzo Cioci¹

Il lettore di questo libro troverà molto interessante la nuova traduzione in Italiano (parte II del presente volume) del testo originale in Francese di Nicolas Léonard Sadi Carnot (1796 - 1832) *Réflexions sur la puissance motrice du feu* (Parigi, 1824), pietra miliare della storia della fisica perché fondativo della moderna teoria della termodinamica (Gillespie e Pisano, 2016).

Il volume colma un vuoto nell'odierno panorama editoriale in quanto le due traduzioni esistenti in Italiano – *La potenza motrice del fuoco*, a cura di Bruno Iannamorelli, edito dall'ENEA nel 1988 e riproposto con piccole variazioni dalla CUEN nel 1996 e *La potenza del fuoco* a cura di Robert Fox, Bollati Boringhieri, 1992 – non sono attualmente disponibili per la vendita.

Da un punto di vista epistemologico, a differenza di altri trattati, come i *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* (1687) di Isaac Newton o gli *Elementi* di geometria (circa 300 a.C.) di Euclide, organizzati in modo deduttivo a partire da alcuni principi fondamentali, le *Réflexions* di Carnot sono impostate intorno alla risoluzione di un problema fondamentale: stabilire una teoria generale delle macchine termiche al fine di ottenere il loro massimo rendimento. A tal fine, avvalendosi delle

1. Docente di Matematica e Fisica presso il Liceo Scientifico “F. Sbordone” di Napoli, Segretario della Sezione Napoli 2 dell'Associazione per l'Insegnamento della Fisica (AIF) e studente di dottorato in Scienze dell'Educazione presso l' *École doctorale "Sciences de l'Homme et de la Société" de l' Université Lille Nord de France* con una tesi intitolata “Insegnamento e didattica della fisica al liceo: il ruolo della storia della fisica. Presupposti e prospettive di sviluppo” sotto il professore Raffaele Pisano. È membro della Società Italiana degli Storici della Fisica e dell'Astronomia (SISFA).

idee di ciclo e di reversibilità e pur partendo da una concezione non corretta di calore (come fluido imponderabile – il calorico – e non ancora come forma di energia), Carnot individua una macchina termica ideale (costituita da due trasformazioni adiabatiche e due isoterme) la cui efficienza è la più grande possibile e non dipende dalla natura della sostanza utilizzata che si espande per ottenere lavoro ma soltanto dalla temperatura della sorgente calda e di quella fredda.

La portata dello scritto di Carnot non fu immediatamente compresa dai suoi contemporanei ma ottenne il giusto riconoscimento dopo che Lord Kelvin (1824 – 1907) e Rudolf Julius Emanuel Clausius (1822 – 1888) posero le sue conclusioni alla base della formulazione del secondo principio della termodinamica che è ancora oggi di primaria importanza per chiunque voglia progettare impianti di trasformazione di calore in lavoro o viceversa nella rigorosa ottica del risparmio energetico.

I curatori della presente opera, i professori Luigi Capuozzo, Adele Cimmino e Vincenzo D'Armiento, hanno analizzato in dettaglio il contenuto delle *Réflexions* (capitolo II, III, IV, V della parte I) ed hanno anche introdotto storicamente il contesto in cui sono state pubblicate (capitolo I della parte I).

Il resoconto degli esperimenti che hanno determinato lo sviluppo della termodinamica, il confronto dell'opera di Sadi Carnot con quella del padre Lazare (1753 – 1823), le figure e le note esplicative dei termini desueti che arricchiscono lo scritto aiutano il lettore a superare diverse concezioni errate sulla natura del calore e a comprendere meglio il funzionamento delle macchine termiche.

La valenza primaria di questo scritto è però nel voler esprimere una memoria della professoressa Adele Cimmino, recentemente scomparsa. Adele con la sua professionalità, il suo impegno e la sua cortesia, è stata riferimento per generazioni di studenti prima all'ITIS "Alessandro Volta" e all'ITIS "Galileo Ferraris" di Napoli e poi al Liceo Scientifico Statale "Renato Caccioppoli". La professoressa Cimmino insieme con i professori D' Armiento (di cui era la moglie) e Capuozzo hanno avuto modo di analizzare le tematiche trattate nel testo sin dall'anno

accademico 1997/98 per la stesura del lavoro di approfondimento conclusivo previsto nell'ambito del Corso annuale di perfezionamento in "Didattica della Fisica" presso l'Università degli Studi di Napoli "Federico II" svolto sotto la guida del professor Antonino Drago.

La comune passione per la fisica e per la didattica li ha spinti, quello stesso anno, insieme ai colleghi Remo Guglielmo e Ciro Bonetti, a fondare la Sezione Napoli 2 dell'Associazione per l'Insegnamento della Fisica (AIF), l'associazione nazionale professionale degli insegnanti di fisica, ente qualificato per la formazione docente. È grazie al loro esempio e al loro entusiasmo che sono stato catturato da questo gruppo e dalle loro pregevoli attività volte alla formazione di docenti e studenti tanto da avere l'onore di essere stato eletto segretario della sezione dall'assemblea dei soci nel dicembre 2009.

In questo clima di impegno, di studio e partecipazione è maturata l'idea della redazione di questo volume su Sadi Carnot e le sue riflessioni.

Introduzione

Questo lavoro ha un'origine lontana nel tempo: esso fu presentato come elaborato, sotto la guida del prof. Antonino Drago, allora docente di Storia della Fisica presso l'Università degli Studi di Napoli "Federico II", per l'esame conclusivo del *Corso annuale di perfezionamento in didattica della Fisica*, a.a. 1997 – 1998.

Perché a distanza di vent'anni riprendere quell'elaborato e riproporlo?

Il motivo è unico e triste: ricordare la prof.ssa Adele Cimmino, nostra amica e collega (nonché moglie di D'Armiento) che di quel lavoro fu coautrice, scomparsa, ancora nel pieno della sua attività professionale, alla fine del 2017.

La prof.ssa Cimmino dimostrò in quel lavoro, prodotto nel corso di svariati incontri dedicati alla lettura ed alla interpretazione del testo di Carnot, la sua alta professionalità di fisico nonché le sue doti umane in cui spiccavano particolarmente pazienza, perseveranza e modestia.

Doti del resto emerse anche nei lunghi anni dedicati all'insegnamento ed all'attività di divulgazione scientifica svolta come socio dell'Associazione per l'Insegnamento della Fisica, aderente alla Seconda Sezione di Napoli, di cui fu anche cofondatrice.

Il lavoro che qui presentiamo non vuole solo ricordare la prof.ssa Adele Cimmino a quanti la conobbero ma anche portarla come esempio per asserire che la Scuola ha certamente bisogno di valide strutture, di ambienti favorevoli all'apprendimento e di un'organizzazione complessivamente stimolante ma non può prescindere da docenti professionalmente preparati ed orientati a trasmettere il proprio sapere, come fu lei. Il lavoro che qui riproponiamo presenta i contenuti e le conclusioni di quello

originario, solamente con una documentazione più ampia e con una nostra traduzione dell'opera di S. Carnot, laddove nell'elaborato originario le nostre considerazioni furono svolte in base alla traduzione del prof. B. Jannamorelli (v. bibliografia), traduzione che comunque è stata un riferimento per la nostra. Per questo motivo la prof.ssa Cimmino compare a buon diritto tra gli autori di questo lavoro.

Il testo è suddiviso in due parti: nella parte I, dopo una introduzione storica intesa ad illustrare il particolare periodo culturale nel quale il lavoro di Carnot ha visto la luce, si è proceduto ad un esame del testo delle *Réflexions* per evidenziare i risultati ottenuti dallo scienziato che rappresentano tuttora i fondamenti della Termodinamica e per comprendere le ragioni di quelli errati, pochi per la verità, o non conseguiti.

Nella parte II è presentata la nostra traduzione dell'opera di Carnot condotta sul testo originale del 1824, edito a Parigi dall'editore Bachelier (v. bibliografia).

Per la traduzione si sono applicati i seguenti criteri:

- a) i termini o le espressioni del linguaggio scientifico utilizzati da Carnot sono stati tradotti letteralmente anche quando essi risultavano desueti o inadeguati; tali termini ed espressioni sono stati evidenziati nelle nostre note esplicative, numerate con numeri romani, poste in chiusura della traduzione. Carnot, ad esempio, usa indifferentemente i termini *chaleur* e *calorique* per indicare il calore; si è scelto di conservare nella traduzione il secondo termine, quando utilizzato, sebbene oggi sia errato. In questo modo si è più fedeli al testo originale e si mantengono in evidenza le parti del discorso in cui Carnot sta ragionando, prevalentemente, in termini di modello materiale del calore;
- b) il testo pubblicato nel 1824 da Bachelier ed anche quello riedito nel 1878 da Gauthier – Villars, editore succeduto a Bachelier (v. bibliografia) non risultano articolati in capitoli e paragrafi. Per rendere più fruibile il testo al lettore moderno, seguendo l'esempio della traduzione di B. Jan-

namorelli, si è preferito introdurre nello scritto capitoli e paragrafi;

- c) nel testo originale di Carnot, le note sono inserite a piè di pagina, con numerazione in cifre arabe; esse risultano numerate iniziando dall'unità per ogni pagina. Nella nostra traduzione le note sono ancora riportate a piè di pagina e con numerazione in cifre arabe ma, per agevolare eventuali riferimenti ad esse, si è adottata una numerazione continua per ciascun capitolo;
- d) nel testo di Carnot edito nel 1824 le figure sono raccolte tutte alla fine dello scritto (pensiamo per esigenze tipografiche, dal momento che lo stesso accade per molti dei testi pubblicati in quegli anni). Nella nostra traduzione le immagini sono state inserite laddove si fa riferimento ad esse e ciò per renderne più agevole la consultazione; cosa del resto già attuata nell'edizione dell'opera del 1878.

Le immagini sono state riprodotte *ex novo* ma in modo conforme all'originale.

Al termine del lavoro svolto non possiamo che riaffermare le conclusioni già tratte all'epoca dell'elaborato presentato per il Corso di perfezionamento; l'opera di Sadi Carnot ha veramente i caratteri della genialità non solo perché egli, pur in assenza di una adeguata teoria del calore, ha fondato correttamente i principi di una nuova scienza: la Termodinamica ma anche, e forse soprattutto, per aver promosso una nuova metodologia di ricerca scientifica e aver delineato una nuova figura di scienziato, partecipe dei problemi e delle aspirazioni della società in cui vive.

PARTE I

CARNOT E LE SUE *RÉFLEXIONS*

