



Scuole superiori

Fisica

OSB



Copyright © 2023 OSB

PUBLISHED BY OSB

Licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 License (the “License”). You may not use this file except in compliance with the License. You may obtain a copy of the License at <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0>. Unless required by applicable law or agreed to in writing, software distributed under the License is distributed on an “AS IS” BASIS, WITHOUT WARRANTIES OR CONDITIONS OF ANY KIND, either express or implied. See the License for the specific language governing permissions and limitations under the License.

Latest version 3 ottobre 2023

Indice

I	Storia	
0.1	Personaggi	7
1	Breve storia della fisica	9
1.1	La fisica prima di Galileo	9
1.1.1	9
1.1.2	Le leggi del moto dei pianeti: Copernico e Keplero	9
1.2	XVI e XVII secolo: la meccanica e l'ottica	9
1.2.1	Il metodo scientifico: Galileo	9
1.2.2	La meccanica classica e la legge di gravitazione universale: Newton	9
1.2.3	L'ottica	10
1.3	XVIII e XIX secolo: la termodinamica e l'elettromagnetismo	10
1.3.1	La meccanica analitica	10
1.3.2	La meccanica dei mezzi continui: solidi e fluidi	10
1.3.3	La termodinamica	10
1.3.4	La meccanica statistica	11
1.3.5	L'elettromagnetismo	11
1.4	XX secolo: la fisica moderna	11
1.4.1	La relatività di Einstein	11
1.4.2	La meccanica quantistica	11
II	Misure	
III	Meccanica	
2	Cinematica	17
3	Dinamica	19
3.1	Principi della dinamica di Newton	19

3.2	Equazioni cardinali della dinamica	19
3.3	Energia	19

IV**Termodinamica**

4	Principi della termodinamica	23
4.1	Primo principio	23
4.2	Secondo principio	23
4.3	Terzo principio	24
4.4	Principio zero - Equilibrio termico	24
5	Stati della materia e leggi costitutive	25
5.1	Gas	25
5.1.1	Legge dei gas perfetti	25
5.2	Solidi	25
6	Macchine termiche	27
6.1	Macchina ideale di Carnot	27
6.2	Postulati della termodinamica di Kelvin e Planck	27
6.3	Cicli termodinamici e macchine termiche	27
6.3.1	Cicli termodinamici diretti	27
6.3.2	Cicli termodinamici inversi	27
7	Trasmissione del calore	29

V**Elettromagnetismo**

8	Introduzione	33
----------	---------------------------	-----------

VI**Relatività di Einstein - cenni****VII****Meccanica quantistica - cenni**

	Bibilografia	39
	Indice	41
	Appendices	41
A	Prima appendice	41



Storia

0.1	Personaggi	7
1	Breve storia della fisica	9
1.1	La fisica prima di Galileo	9
1.2	XVI e XVII secolo: la meccanica e l'ottica	9
1.3	XVIII e XIX secolo: la termodinamica e l'elettromagnetismo	10
1.4	XX secolo: la fisica moderna	11

0.1 Personaggi

- Galileo
 -
 -
- Newton
 -
 -
- Snell
- Huygens
 -
 -
- Hooke
- Lagrange: meccanica analitica
- Laplace: meccanica analitica
- Bernoulli
- Cauchy
- Navier
- Stokes
- Young
- Fresnel
- Thompson
- Fourier
- Carnot
- Joule
- Kelvin
- Volta
- Faraday
- Maxwell
- Heaviside
- Boltzmann
- Marie Skłodowska e Pierre Curie
- Thomson
- Rutherford
- Einstein
- Planck
- Bohr
- Heisenberg
- Schrodinger
- Dirac
- Born
- ...

1. Breve storia della fisica

1.1 La fisica prima di Galileo

1.1.1 ...

1.1.2 Le leggi del moto dei pianeti: Copernico e Keplero

1.2 XVI e XVII secolo: la meccanica e l'ottica

- studio della dinamica dei corpi: reso difficile sulla Terra dalla presenza dell'aria e dalla resistenza dei corpi in moto
 - Galileo ricava il suo principio di inerzia paragonando la condizione di quiete con la condizione nella stiva di una nave in moto non accelerato (nella stiva non si percepisce la resistenza dell'aria)
 - ci si dedica allo studio dei corpi celesti, che Newton suppone si muovano nel vuoto
- per svolgere lo studio dei corpi celesti servono strumenti ottici, come il cannocchiale
 - nel procedimento di perfezionamento del cannocchiale, gli scienziati si trovano a studiare diversi fenomeni ottici
 - i risultati degli studi che permettono di perfezionare il cannocchiale trovano applicazione anche nel miglioramento dei microscopi

1.2.1 Il metodo scientifico: Galileo

- Il metodo scientifico
- Osservazioni astronomiche
- Il principio di inerzia

1.2.2 La meccanica classica e la legge di gravitazione universale: Newton

Isaac Newton (1642-1727) era studente al Trinity College di Cambridge, quando nel 1665 l'istituto venne chiuso per il diffondersi della peste, costringendo Newton a proseguire in autonomia i propri studi. Il 1666 viene considerato il suo *annus mirabilis* nel quale approfondì i suoi studi, sviluppando il calcolo infinitesimale – sviluppato in maniera indipendente dal tedesco Gottfried Wilhelm von Leibniz (1646-1716) –, formulando i tre principi della dinamica classica e la legge di gravitazione universale.

Al ritorno in università a Cambridge nel 1667, Newton venne nominato membro del Trinity College e professore di matematica nel 1669.

Nel 1679, dopo essersi dedicato agli studi sull'ottica, Newton ritornò agli studi sulla gravità per la determinazione delle orbite dei pianeti e la derivazione rigorosa delle leggi di Keplero. Proprio quest'ultima derivazione forniva la risposta al dubbio che si sarebbero posti nel 1684 tre membri della Royal Society: il matematico e architetto Christopher Wren (1632-1723) – celebre per il suo ruolo nella ricostruzione di Londra dopo il grande incendio del 1666 –, il fisico Robert Hooke (1635-1703) – curatore degli esperimenti presso la Royal Society, da considerarsi il primo sperimentatore professionista retribuito della storia, celebre per i suoi esperimenti di ottica, il perfezionamento di microscopi e telescopi e la formulazione della legge elastica –, ed Edmond Halley (1656-1742) – professore a Oxford, famoso astronomo, matematico e scienziato della Terra, al quale fu intitolata la cometa della quale prevedette correttamente il ritorno dopo le osservazioni del 1532, del 1607 di Keplero, e del 1682.

Nel 1687 vennero dati alla stampa i *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, testo nel quale Newton pubblicava molti dei suoi risultati tenuti fino ad allora inediti, tra i quali i principi della dinamica e la legge di gravitazione universale, usati per svolgere alcuni problemi sul moto dei corpi celesti, spiegare le maree come effetto dell'attrazione gravitazionale della Luna e presentare una prima stima della velocità del suono nell'aria: quest'ultima stima era sbagliata, a causa dell'ipotesi sbagliata da parte di Newton sulla propagazione del suono a temperatura costante.

1.2.3 L'ottica

- Newton: prisma e lenti; cannocchiale a riflessione
- Huygens
- Snell e Fresnel?

1.3 XVIII e XIX secolo: la termodinamica e l'elettromagnetismo

1.3.1 La meccanica analitica

- Leonhard Euler ()
- Lagrange ()
- Laplace ()

1.3.2 La meccanica dei mezzi continui: solidi e fluidi

Solidi:

- Hooke: legge costitutiva di solidi elastici
- Euler ()–Bernoulli (): modello di trave elastica
- Navier (): equazioni di governo del comportamento elastico delle strutture

Fluidi:

- Torricelli e Pascal: studi sulla statica dei fluidi
- Newton: studi sulla viscosità
- Bernoulli, D'Alembert, Lagrange, Laplace, Poisson: studio dei fluidi non viscosi
- Hagen, Poiseuille: studio di alcune correnti di fluidi viscosi: correnti in tubi
- Navier, Stokes: equazioni di governo dei fluidi
- Prandtl, von Karman: studio dello strato limite
- Reynolds, Kolmogorov: studio della turbolenza

1.3.3 La termodinamica

- Hooke () e Boyle () compiono studi sui gas, con l'impiego di pompe ad aria
- Black () e Watt () sviluppano i concetti di capacità termica e calore latente all'Università di Glasgow

- Sadi Carnot (1796-1832), abbandonata la carriera militare nell'esercito francese, si dedicò agli studi sull'efficienza delle macchine termiche, i cui risultati vengono pubblicati nelle *Riflessioni sulla potenza motrice del fuoco*
- I primi due principi della termodinamica vengono formulati nei lavori del 1850 di William Rankine (1820-1872) tra le università di Glasgow ed Edinburgo, Rudolf Clausius (1822-1888) tra Berlino e Zurigo, e William Thompson (Lord Kelvin, 1824-1907) a Glasgow.
- Clausius introduce il concetto di entropia nel 1865.
- Josiah Willam Gibbs (1839-1903), professore di matematica fisica a Yale, pubblica tre articoli sull'equilibrio e l'evoluzione spontanea dei processi termodinamici, incluse le reazioni chimiche

1.3.4 La meccanica statistica

- Gli studi di Daniel Bernoulli () pubblicati nel 1738 nel volume *Hydrodynamica* fondano le basi della teoria cinetica dei gas: viene data una descrizione molecolare dei gas; la pressione viene messa in relazione con il numero di urti delle molecole, la temperatura con l'energia cinetica media.
- Studi embrionali di termodinamica statistica vengono presentati da Rudolf Clausius e James Clerk Maxwell, che propone la distribuzione delle velocità molecolari
- Ludwig Boltzmann () sviluppa la meccanica statistica, riuscendo a spiegare come le leggi della termodinamica classica (descrizione macroscopica del fenomeno) siano un'evidenza del comportamento microscopico di un sistema costituito da un gran numero di particelle: fornisce una definizione statistica dell'entropia, legandola al numero di microstati di un sistema, che può essere interpretata come una misura del disordine del sistema stesso. Nel 1902 J. Willard Gibbs formalizza la meccanica statistica come approccio generale a ogni sistema – macroscopici o microscopici, gassosi o non gassosi.

1.3.5 L'elettromagnetismo

1.4 XX secolo: la fisica moderna

1.4.1 La relatività di Einstein

La relatività speciale o ristretta.

La relatività generale: una nuova teoria della gravitazione.

1.4.2 La meccanica quantistica



Misure

Misure



Meccanica

2	Cinematica	17
3	Dinamica	19
3.1	Principi della dinamica di Newton	19
3.2	Equazioni cardinali della dinamica	19
3.3	Energia	19

2. Cinematica

3. Dinamica

- 3.1** Principi della dinamica di Newton
- 3.2** Equazioni cardinali della dinamica
- 3.3** Energia

IN Termodinamica

4	Principi della termodinamica	23
4.1	Primo principio	23
4.2	Secondo principio	23
4.3	Terzo principio	24
4.4	Principio zero - Equilibrio termico	24
5	Stati della materia e leggi costitutive	25
5.1	Gas	25
5.2	Solidi	25
6	Macchine termiche	27
6.1	Macchina ideale di Carnot	27
6.2	Postulati della termodinamica di Kelvin e Planck	27
6.3	Cicli termodinamici e macchine termiche	27
7	Trasmissione del calore	29

4. Principi della termodinamica

4.1 Primo principio

Il primo principio della termodinamica è il bilancio di energia totale del sistema: la variazione di energia totale di un sistema è uguale alla somma del calore entrante nel sistema dall'ambiente e del lavoro delle forze esterne agenti sul sistema. In forma incrementale

$$\Delta E^{tot} = Q^{ext} + L^{ext} , \quad (4.1)$$

$$\dot{E}^{tot} = \dot{Q}^{ext} + P^{ext} . \quad (4.2)$$

Usando il teorema dell'energia cinetica della meccanica,

$$\dot{K} = P^{tot} = P^{ext} + P^{int} , \quad (4.3)$$

e definendo l'energia interna U del sistema come differenza tra l'energia totale e l'energia cinetica,

$$U := E^{tot} - K , \quad (4.4)$$

si può ricavare un'equazione per il bilancio dell'energia interna

$$\dot{U} = \dot{Q}^{ext} - P^{int} . \quad (4.5)$$

4.2 Secondo principio

Il secondo principio della termodinamica introduce Il secondo principio della termodinamica ha diversi enunciati equivalenti, formulati da Clausius, Kelvin e Planck. L'enunciato più generale è quello di Clausius, mentre gli enunciati di Kelvin e Planck coinvolgono macchine termiche e quindi, per questi due enunciati, si rimanda al capitolo 6 sulle macchine termiche.

Si assume di poter separare il contributo della potenza delle forze interne P^{int} nella somma della potenza delle forze reversibili e in quella delle forze irreversibili, definita dissipazione, $P^{int} = P^{int,rev} + D$

$$\begin{aligned} dU &= \left(\frac{\partial U}{\partial x} \right)_S dx + \left(\frac{\partial U}{\partial S} \right)_x dS \\ dU &= \delta Q^{ext} - \delta L^{int} = \\ &= \delta Q^{ext} - \delta^r L^{int,r} + \underbrace{\delta^+ D}_{\geq 0} = \\ &= -\delta^r L^{int,r} + \delta Q^{ext} + \delta^+ D \end{aligned} \quad (4.6)$$

$$-\delta^r L^{int,r} = \left(\frac{\partial U}{\partial x} \right)_s dx \quad , \quad \delta Q^{ext} + \delta^+ D = \left(\frac{\partial U}{\partial S} \right)_x dS . \quad (4.7)$$

Definendo la temperatura $T := \left(\frac{\partial U}{\partial S} \right)_x > 0$, per il terzo principio, si può riscrivere

$$TdS = \delta Q^{ext} + \delta^+ D \geq \delta Q^{ext} \quad \rightarrow \quad dS \geq \frac{\delta Q^{ext}}{T} . \quad (4.8)$$

4.3 Terzo principio

Il terzo principio della termodinamica postula la positività della temperatura

$$T := \left(\frac{\partial U}{\partial S} \right)_x > 0 \quad (4.9)$$

4.4 Principio zero - Equilibrio termico

5. Stati della materia e leggi costitutive

5.1 Gas

5.1.1 Legge dei gas perfetti

5.2 Solidi

6. Macchine termiche

6.1 Macchina ideale di Carnot

6.2 Postulati della termodinamica di Kelvin e Planck

6.3 Cicli termodinamici e macchine termiche

6.3.1 Cicli termodinamici diretti

6.3.1.1 Ciclo Otto

6.3.1.2 Ciclo Diesel

6.3.1.3 Ciclo Joule-Brayton

6.3.1.4 Ciclo Rankine

6.3.2 Cicli termodinamici inversi

7. Trasmissione del calore

V Elettromagnetismo

8	Introduzione	33
---	--------------------	----

8. Introduzione

- carica e corrente elettrica, magneti:
 - esperimenti fondamentali
 - definizioni operative di campi elettrico e magnetico con cariche e bussole di prova
- definizioni di flusso e circuitazione
- principi
 - Equazioni di Maxwell:

$$\left\{ \begin{array}{l} \Phi_{\partial V^*}(\mathbf{d}^*) = Q_{V^*}^{int} \\ \Gamma_{\partial S^*}(\mathbf{e}^*) + \frac{d}{dt} \Phi_{S^*}(\mathbf{b}^*) = 0 \\ \Phi_{\partial V^*}(\mathbf{b}^*) = 0 \\ \Gamma_{\partial S^*}(\mathbf{h}^*) - \frac{d}{dt} \Phi_{S^*}(\mathbf{d}^*) = \Phi_{S^*}(\mathbf{j}) \end{array} \right. \quad (8.1)$$

- continuità della carica elettrica

$$\frac{d}{dt} Q_{V^*}^{int} + \Phi_{\partial V^*}(\mathbf{j}^*) = 0 \quad (8.2)$$

- approssimazione circuitale

Relatività di Einstein - cenni

Meccanica quantistica - cenni



	Bibilografia	39
	Indice	41
	Appendices	41
A	Prima appendice	41

Bibiliografia

A. Prima appendice

...