

MANUALI HOEPLI

R. MARCOLONGO

Professore ordinario nella R. Università di Napoli

MECCANICA RAZIONALE

VOLUME I.

CINEMATICA - STATICA

SECONDA EDIZIONE RIVEDUTA ED AMPLIATA
CON 32 INCISIONI



ULRICO HOEPLI

EDITORE-LIBRAIO DELLA REAL CASA
MILANO

1917

PROPRIETÀ LETTERARIA

PREFAZIONE
ALLA PRIMA EDIZIONE

La collezione dei Manuali Hoepli, che comprende già eccellenti trattati di Calcolo, di Matematiche superiori, di Fisica, ecc., mancava di un trattatello di Meccanica, che potesse servir di guida ai giovani delle nostre Università e delle Scuole di Applicazione. Con questi due volumetti di « Elementi di Meccanica Razionale » io ho fatto del mio meglio per colmare tale lacuna.

Questi elementi, che in grandissima parte riassumono le lezioni svolte, da vari anni, nell'Università di Messina, sono scritti per gli studenti; non offrono quindi nessuna novità di metodo e non hanno alcuna pretesa; si propongono di presentare un quadro sintetico delle più importanti teorie della Meccanica classica e di dare anche un cenno delle più recenti, con una esposizione che mi sono sforzato di render chiara, senza esser prolissa, e con numerose applicazioni.

Comprendono tre parti, nelle quali seguo la classica divisione della Meccanica; la prima e la seconda trattano la Cinematica e la Statica (primo volume); la terza parte (secondo volume) comprende la Dina-

mica e i primi elementi della Idromeccanica (Idrostatica ed Idrodinamica).

Oltre le applicazioni che a mano a mano si troveranno nel testo, alla fine di ogni capitolo sono proposti alcuni esercizi (oltre duecento in tutto), di cui, in breve, accenno la soluzione. Non è necessario insistere sulla utilità di questi esercizi, il cui scopo è di ben fissare nella mente le teorie ed anche di completarle. In molte Scuole d'Applicazione vi ha, è vero, un corso di esercizi di Meccanica; ma, forse, la mancanza di esami scritti, obbligatori in Francia (Licence), Inghilterra (College Exam.; Mathem. Tripos, St.-John's College, ecc.), ha fatto sì che noi non abbiamo nessuna di quelle eccellenti raccolte di esercizi che posseggono la Francia e la Germania, e sono la caratteristica dei libri inglesi. La raccolta molto modesta di questi volumetti, compilata in parte su memorie originali, ripara molto limitatamente alla deplorata mancanza.

In tutto il trattatello io adopero i metodi del Calcolo vettoriale, di cui il Cap. 1° del 1° volume riassume i punti più essenziali. Sarebbe invero desiderabile che tali metodi fossero più diffusi ed applicati con maggior larghezza (come si fa in qualche Università) nel corso di Geometria analitica e in quello di Calcolo infinitesimale; ma anche coi semplici elementi esposti, specialmente in vista delle applicazioni alla Meccanica ed alla Fisica, si ha mezzo di poterne apprezzare tutti i vantaggi. Se lo studente vorrà maggiormente approfondire l'argomento, legga e studi le pubblicazioni così chiare e suggestive del Prof. PEANO, citate nel testo e quelle del Prof. BURALI-FORTI, tra cui le recentissime Lezioni di Geometria Metrico-Proiettiva, Torino 1904.

Fra i trattati di Meccanica in cui è fatta sistematicamente l'applicazione di questi metodi dobbiamo ricordare le Lezioni di Meccanica Razionale del Prof. CASTELLANO, Torino 1894.; e le Vorlesungen über technische Mechanik del FOPPL.

Ho largamente approfittato di molti trattati che, nei luoghi opportuni, ho sempre citati. Tra questi debbo porre in prima linea il classico: Treatise on Natural Philosophy, Cambridge 1895-1896, di THOMSON e TAIT.

Possano i semplici accenni del testo invogliare gli studiosi a meditare e rendere tra noi più nota e popolare l'opera poderosa del grande fisico-matematico inglese!

Inoltre ho consultato:

ROUTH J. E. 1) A Treatise on Dynamics of a Particle, Cambridge 1898. — 2) A Treatise on Analytical Statics, 1892-1896. — 3) Die Dynamik d. Systeme starrer Körper.

APPELL, Traité de Mécanique rationnelle, 3 vol. 1893-1903.

SOMOFF, Theoretische Mechanik - Kinematik, Leipzig, 1878; Einleitung in die Statik u. Dynamik, 1879.

SHELL, Theorie der Bewegung u. der Kräfte, 2. vol. 1879-1880.

MAGGI, Teoria matematica del movimento dei corpi. Milano, 1896. Principii di Stereodinamica, 1903; le raccolte di esercizi del JULLIEN e del SAINT-GERMAIN; la Encyclopédie der mathematischen Wissenschaften Bd. IV; finalmente le lezioni litografate del mio venerato maestro Prof. CERRUTI, sotto la cui direzione sapiente, per lunghi e belli anni, ho svolto il corso di esercizi nella Scuola d'Applicazione in Roma; e quelle del chiaro collega Prof. LEVI-CIVITA dell'Università di Padova.

L'amore vivissimo che ho sempre avuto per la storia delle matematiche; la ferma convinzione che i richiami storici servono potentemente a fissare l'attenzione dello studente; mi hanno consigliato a porre qua e là alcune brevi note storiche. Per molte questioni speciali si consulterà con profitto la bellissima opera del LORIA, *Spezielle, algebraischen u. transcendenten Kurven der Ebene. Theorie u. Geschichte, Leipzig, 1902*; e quella ben nota del MACH, di cui mi riferisco alla recente traduzione francese: *La Mécanique, Exposé historique et critique de son développement, Paris, 1904*.

Al Prof. BOGGIO, dell'Università di Torino, che suggerendomi modificazioni ed osservazioni, mi è stato di valido aiuto; al mio allievo Dr. IO SURDO, che ha diviso con me la fatica della revisione delle bozze, i miei più vivi, affettuosi ringraziamenti.

L'editore Comm. Hoepli e la Tipografia Matematica di Palermo, che nella stampa di questo primo dei manuali a lei affidata non ha smentito la sua oramai ben assodata fama, hanno fatto il possibile per la buona riuscita dell'operetta.

Se all'amore con cui è stata composta, non avesse troppo spesso fatto difetto la scienza e l'esperienza dell'autore, essa non sarebbe certamente riuscita così imperfetta.

Confido tuttavia che possa essere ancora di qualche utilità agli studenti italiani.

Messina, 1 Agosto 1904.

ROBERTO MARCOLONGO

PREFAZIONE ALLA SECONDA EDIZIONE

I due volumetti presentati al giudizio del pubblico quattordici anni or sono, tradotti in tedesco nel 1910-12 per cura della casa Teubner; hanno ora l'onore di una seconda edizione italiana, coraggiosamente iniziata dall'editore, malgrado le gravi difficoltà dell'ora attuale.

E ci auguriamo che la nuova edizione abbia largamente approfittato del prezioso contributo di molti altri anni di esperienza e di quello ben più modesto di uno studio indefesso, che nulla ci ha fatto trascurare, soprattutto gli eccellenti trattati italiani editi recentemente.

Risoluta la questione delle notazioni vettoriali, tale nuova edizione abbiamo naturalmente informata a notazioni ed a metodi che da più di dieci anni, il Prof. BURALI ed io, insieme a colleghi valorosi, cerchiamo di diffondere e di estendere.

Nelle sue linee generali abbiamo tuttavia conservata la distribuzione della precedente edizione, soprattutto per quanto riguarda la cinematica e la statica. Più profonde modificazioni il lettore troverà nel II^o volume

in cui, approfittando della semplicità del metodo delle omografie vettoriali (riassunto brevemente al principio del primo volume), ha potuto trovar un più ampio sviluppo la meccanica dei corpi continui, con le applicazioni alla teoria dei corpi elastici e alla idromeccanica, senza alterar troppo la mole del volume.

Composta, con amore infinito, per soli scopi didattici: dettata per gli studenti, io voglio sperare che essa possa essere utile loro; e che essi vi trovino, se non le novità, almeno la semplicità, la chiarezza e il richiamo alle fonti, tra queste in prima linea quelle italiane, che sono il fondamento di ogni progresso, di ogni studio più severo e più profondo.

Napoli, maggio 1917.

ROBERTO MARCOLONGO

INDICE

PARTE PRIMA CINEMATICA

CAPITOLO I.

Operazioni sui vettori. Analisi vettoriale.

§ 1. Vettori e loro operazioni	Pag. 3
§ 2. Rappresentazione di un vettore mediante tre altri. Vettori fondamentali	» 9
§ 3. Espressioni notevoli del prodotto scalare, vettoriale e misto. Doppio prodotto vet- toriale	» 10
§ 4. Vettori complanari. Punti e vettori fun- zioni di una variabile	» 12
§ 5. Derivata di un punto e di un vettore	» 15
§ 6. Alcune applicazioni alle curve gobbe.	» 16
§ 7. Omografie vettoriali	» 20
§ 8. Omografie speciali	» 23
§ 9. Decomposizione di una omografia. Coniu- gata di una omografia	» 26

§ 10. Derivata di un punto e di un vettore rispetto a un punto. Altri operatori fondamentali.	Pag. 29
§ 11. Formule integrali	» 35
Esercizi	» 42

CAPITOLO II.

Velocità ed accelerazione.

§ 1. Oggetto della Cinematica	Pag. 49
§ 2. Velocità ed accelerazione in un moto rettilineo	» 50
§ 3. Velocità ed accelerazione in un moto curvo	» 56
§ 4. Componenti della velocità ed accelerazione in coordinate polari nel moto piano	» 59
§ 5. Moto centrale	» 63
§ 6. Moto armonico.	» 67
Esercizi	» 69

CAPITOLO III.

**Analisi del moto finito di un sistema rigido.
Composizione dei moti finiti.**

§ 1. Moto di traslazione	Pag. 80
§ 2. Moto di rotazione.	» 81
§ 3. Moto elicoidale.	» 85
§ 4. Analisi del moto finito di un sistema rigido.	» 86
§ 5. Composizione dei moti finiti	» 92
§ 6. Formule per la composizione dei moti finiti	» 100
Esercizi	» 113

CAPITOLO IV.

Analisi del moto istantaneo di un sistema rigido.

§ 1. Velocità e accelerazione nel moto di un sistema rigido. Formula fondamentale di Cinematica	Pag. 120
§ 2. Asse di moto elicoidale. Teorema di Mozzi	» 126
§ 3. Moto assoluto e relativo	» 128
§ 4. Composizione dei moti simultanei ed istantanei.	» 131
Esercizi	» 135

CAPITOLO V.

Moto continuo di un sistema rigido.

§ 1. Moto continuo di una figura piana nel proprio piano. Centro istantaneo di rotazione. Le due curve Γ_1 e Γ'	Pag. 142
§ 2. Centro delle accelerazioni; cerchio dei flessi	» 146
§ 3. Formula di Euler-Savary. Costruzione dei centri di curvatura	» 150
§ 4. Alcune applicazioni dei risultati precedenti	» 156
§ 5. Moto continuo di un sistema rigido intorno ad un punto fisso	» 162
§ 6. Poloide ed erpoloide.	» 165
§ 7. Moto continuo di un sistema rigido	» 169
Esercizi	» 170

PARTE SECONDA

STATICA

CAPITOLO I.

Composizione delle forze.

§ 1. Oggetto della Statica	Pag. 193
§ 2. Forza e sua rappresentazione	» 195
§ 3. Postulati della Statica	» 196
§ 4. Il postulato della risultante	» 200
§ 5. Momento di una forza rispetto a un punto o ad un asse. Coordinate di un sistema di forze	» 208
§ 6. Condizioni per l'equivalenza di due si- stemi di forze; per l'equilibrio di un sistema.	» 212
§ 7. Coppia. Riduzioni varie di un sistema di forze	» 216
§ 8. Composizione di un sistema di forze pa- rallele	» 217
§ 9. Il principio della leva	» 220
Esercizi	» 224

CAPITOLO II.

Il principio dei lavori virtuali.

§ 1. Spostamento virtuale.	Pag. 251
§ 2. Sistemi olonomi ed anolonomi	» 253
§ 3. Lavoro virtuale di una forza e di un si- stema di forze	» 258

§ 4. Principio dei lavori virtuali	Pag. 259
§ 5. Equazioni generali dell'equilibrio di un si- stema materiale ricavate dal principio dei lavori virtuali.	» 268
§ 6. Stabilità dell'equilibrio	» 273
§ 7. Alcune applicazioni del principio dei la- vori virtuali	» 275
Esercizi	» 279

CAPITOLO III.

Equilibrio delle curve funicolari.

§ 1. Equazioni di equilibrio	Pag. 293
§ 2. Equazioni in coordinate rettangolari; equa- zioni intrinseche	» 298
§ 3. Risoluzione dei due problemi fondamen- tali	» 300
§ 4. Di alcuni integrali primi delle equazioni di equilibrio delle curve funicolari	» 303
§ 5. Catenaria omogenea	» 307
Esercizi	» 312