

Osservazioni sulle Lezioni

1

E.N.M. Cirillo, G. Maschio, T. Ruggeri, G. Saccomandi

■ 1 Premessa

Le *Lezioni di Meccanica Razionale* (Lezioni nel seguito) di Tullio Levi-Civita (1873-1941) e Ugo Amaldi (1875-1957) hanno avuto, e hanno ancora oggi, a quasi un secolo dalla loro prima pubblicazione, un forte impatto sulla comunità dei Fisici-Matematici italiani (e non solo). Un dato di fatto che viene espresso chiaramente nel 1953 da Carlo Cattaneo nella sua recensione dell'opera per il Bollettino dell'Unione Matematica Italiana [1]:

Ciascuno di noi, cultori italiani di Meccanica, dopo i primi rudimenti appresi nelle aule universitarie, ha formato la propria cultura specifica principalmente sul Trattato che oggi rivede la luce: cosicché può a buon diritto dirsi che tutti i Meccanici italiani viventi siano, direttamente o no, allievi del Levi-Civita e dell'Amaldi; e per essi il Trattato è sempre pronto —vero livre de chevet— per una occasionale consultazione o per una riposata lettura.

Per questa ragione, appare fondamentale cercare di contestualizzare quest'opera dal punto di vista storico ⁽¹⁾ e di valutare in modo più sistematico il suo impatto in relazione alla lunga tradizione Italiana nei corsi di *Meccanica Razionale*.

A tal fine si seguiranno tre linee di azione.

- Ricordare brevemente il panorama della manualistica offerta agli studenti delle Università e delle Scuole di Applicazione italiane nel periodo antecedente l'uscita delle Lezioni.
- Analizzare i rapporti tra questa opera e i manuali di Meccanica che, sempre in quell'epoca, venivano usati in Italia.
- Commentare la peculiarità delle Lezioni nel contesto internazionale.

Lo scopo di questa introduzione non è né quello di recensire le Lezioni né quello di commentare la figura scientifica di Levi-Civita ⁽²⁾. In queste pagine si tenterà, essenzialmente, di riassumere in modo critico alcune informazioni storiche che, si spera, possano aiutare a ricostruire l'ambientazione delle Lezioni.

⁽¹⁾Bisogna precisare senza nessuna pretesa di fare una vera e propria trattazione storica.

⁽²⁾Questo è tra l'altro un programma storico molto ambizioso che viene portato avanti da diverso tempo, con scoperte di grande interesse, da professionisti di storia della Matematica. Si veda per esempio [11].

■ 2 La manualistica italiana antecedente le Lezioni

Una rassegna storica completa e dettagliata dei manuali di Meccanica Razionale pubblicati in Italia è impossibile in questa sede, anche se sarebbe particolarmente interessante soprattutto relativamente al periodo che segue la critica filosofica della Meccanica di André-Marie Ampère (1775–1836). Avventurandosi a ritroso nei secoli e nella letteratura specialistica offerta a riguardo nel nostro paese, si nota che già prima dell'unità d'Italia era diffuso un testo didattico di notevole livello: gli *Elementi di Meccanica* scritto dal bolognese Giuseppe Venturoli (1768–1846), testo onorato anche dalla traduzione in lingua inglese. Nel 1859, con il regio decreto Casati nel Regno di Sardegna e, quindi, in tutta Italia successivamente all'unificazione, l'istruzione esce dal monopolio della chiesa Cattolica e vengono istituite le Scuole di Applicazioni. Pertanto, nonostante l'analfabetismo nell'Italia del 1861 fosse un male del 74% della popolazione, comincia a esistere un *mercato* per i testi scolastici. Dimostrazione ne è il fatto che, in coincidenza con il decreto Casati, si ha la pubblicazione di tre manuali di Meccanica molto significativi [12]: le *Lezioni di Meccanica Razionale* di Ottaviano Fabrizio Mossotti (1792–1863), la *Statica dei Sistemi di Forma invariabile* di Francesco Brioschi (1824–1897) e gli *Elementi di Meccanica Razionale* di Davide Chelini (1802–1878).

Quando ci si accinge a leggere *vecchi* testi è necessaria notevole cautela, perché esiste una sorta di *principio antropico forte* che crea delle aspettative particolari nelle letture di essi.

Una tendenza, più o meno esplicita, da parte di chi legge di cercare, in un manuale di Meccanica Razionale di allora, delle caratteristiche che sono determinate dalle consuetudini attuali. Ciò non permette una lettura obiettiva, non a caso il mestiere dello storico è una professione difficile nella quale non è possibile improvvisare. Sarebbe necessario ricostruire in modo dettagliato l'ambiente di studio di allora, completamente diverso da quello attuale e, quindi, confrontare i diversi testi con le esigenze didattiche di quei tempi. Ciononostante è facile convincersi che i testi del Mossotti e del Chelini sono molto simili a quelli che ancora circolano nelle nostre aule. Essi rappresentano una vera discontinuità rispetto al testo del Venturoli che, non avendo chiara la platea cui si rivolgeva, risulta meno organico e più episodico nella presentazione dei vari argomenti. A ogni buon conto, appare ragionevole attribuire ai testi di Brioschi, Chelini e Mossotti la primogenitura della manualistica moderna.

Nell'introduzione al primo volume delle Lezioni, tra i testi di Meccanica italiani, ne sono citati soltanto due: quello di Gian Antonio Maggi (1856–1937) e quello di Roberto Marcolongo (1862–1943). Nell'introduzione al secondo volume il tiro viene aggiustato e, a questa lista magrissima, vengono aggiunte altre due citazioni, quella del libro di Cesare Burali-Forte (1861–1931) e di Tommaso Boggio (1877–1862) e quella del testo di Pietro Burgatti (1868–1938). Inoltre, nella commemorazione Lincea del 1946 ⁽³⁾ Ugo Amaldi ricorda che il corso di Meccanica a Padova, tenuto dal Levi-Civita, si ispirava direttamente a Enrico Betti (1823–1892) e Eugenio Beltrami (1835–1900).

⁽³⁾La commemorazione è riportata integralmente nel paragrafo 2.2.

Amaldi non è molto preciso sul tipo di ispirazione che lega Levi-Civita a Betti e Beltrami. Chiaramente, da una semplice analisi cronologica, si capisce che Amaldi non poteva parlare di una vera e propria conoscenza diretta. Viene quindi naturale cercare dei testi ispiratori di questi autori, anche solo litografati, di cui Levi-Civita fosse venuto in possesso.

Da quanto ci risulta, sembra che Beltrami non abbia mai insegnato Meccanica Razionale, anche se fu professore di Fisica-Matematica, e Betti scrisse il libro *Teorica delle Forze Newtoniane*, che, però, nulla ha veramente a che fare con quello che si intende per un testo di Meccanica Razionale ⁽⁴⁾. Si deve concludere che forse Amaldi parlava di un'ispirazione indiretta trovata, per esempio, nel linguaggio scientifico usato da Betti e Beltrami o anche nell'organizzazione ed esposizione della materia. In particolare si deve ricordare che lo stile di Beltrami rimane ancora oggi un esempio di lucidità e chiarezza e che, dalla prima produzione scientifica del Levi-Civita, si evince una certa ispirazione in questa direzione. Inoltre non si deve dimenticare che Betti fu il maestro di Gregorio Ricci-Curbastro (1853–1925).

Per quanto riguarda il Maggi, questi scrisse diversi tomi dedicati alla Meccanica Razionale. Il primo è la *Teoria Matematica del Movimento dei Corpi* (1896). Di questo libro Umberto Cisotti (1882–1946) nel 1938 scrive [3]:

Dobbiamo a questo punto esprimere il rincrescimento che il grande amore del Maggi per la forma letteraria, di cui era indubbiamente signore l'abbia indotto ad usare un linguaggio che non sempre giova alla migliore chiarezza dell'esposizione scientifica. Questa circostanza ha di certo nociuto alla diffusione del suo pensiero colto e innovatore nell'introduzione e svolgimento dei principi della Meccanica Razionale.

Nonostante questo aspetto, che risulta ancora più evidente a un lettore contemporaneo, il lavoro di Maggi rimane notevole per diverse ragioni. Per prima cosa contiene le famose *equazioni di Maggi*, scoperta che precede di tre anni quella di Paul Émile Appell (1855–1930) e, quindi, contiene una trattazione profonda del concetto di vincolo. In particolare compare l'idea di annoverare le forze di attrito tra quelle attive. Inoltre il testo diffonde in Italia il punto di vista della *Mechanik* di Gustav Robert Kirchhoff (1824–1887), opera pubblicata nel 1877 e particolarmente apprezzata da Levi-Civita. Se i manuali di Brioschi, Chelini e Mossotti costituiscono una prima forte discontinuità innovativa rispetto a quello del Venturoli, perché recepiscono appieno la modernità della divisione amperiana della Meccanica, i tomi del Maggi sono una vera e propria opera di riferimento, qualcosa di molto più profondo rispetto a un libro di testo: un vero e proprio trattato. C'è da ritenere, anche perché al tomo del 1896 ne seguono numerosi altri, che l'ambizione di Maggi fosse proprio quella di scrivere un trattato di Meccanica, opera che in Italia mancava fino a quella data.

Il riferimento a Marcolongo, già presente nella prima edizione delle Lezioni, merita una discussione approfondita. Entrambi erano soci Lincei e parteciparono, nel 1895, al concorso a cattedra nel quale Marcolongo venne preposto a Levi-

⁽⁴⁾Questa affermazione è basata su un confronto diretto del testo di Betti con gli Elementi del Chelini e non con un testo attuale proprio per rendere minimi i problemi già discussi a proposito del principio antropico forte.

Civita (il quale avrebbe poi vinto nel 1897). Va aggiunto che il testo di Marcolongo permette di raccogliere informazioni bibliografiche interessanti e di contestualizzare le Lezioni in un periodo fondamentale per la produzione manualistica non solo italiana ma anche internazionale.

Nel suo libro Marcolongo fa riferimento ai testi di Maggi, alle lezioni di Filiberto Castellano (1860–1919), alle lezioni litografate di Valentino Cerruti (1850–1909), di cui il Marcolongo era stato assistente, e, infine, alle lezioni litografate di Levi-Civita.

La citazione del testo di Castellano è particolarmente importante. Si deve, infatti, ricordare che l'attività di ricerca di Castellano si dipana interamente a contatto con Giuseppe Peano (1858–1932), che ne influenza sia i temi di studio sia l'impostazione didattica, e che è proprio Castellano il *padre* dei vettorialisti meccanici. Le sue *Lezioni di Meccanica Razionale* del 1894, frutto del corso tenuto presso l'Accademia militare è il primo testo di Meccanica Razionale in lingua italiana dove i vettori sono usati sistematicamente nell'esposizione della cinematica, della statica, della dinamica del punto materiale e della meccanica dei sistemi materiali.

Lo stesso Peano richiede a Castellano di

rifondare tutte le dimostrazioni, anche per metterle d'accordo cogli attuali metodi rigorosi del Calcolo infinitesimale, su cui la Meccanica si fonda

Proprio per il loro taglio fortemente innovativo, le Lezioni del Castellano sono ristampate nel 1911 e Peano ne loda diffusamente, e in più circostanze, l'esposizione chiara, semplice e precisa, sottolineando come

il metodo dei vettori incontrò dapprima l'opposizione dei misonoisti, poi seguì il suo cammino trionfale. Il Castellano poté ancora vedere questo metodo adottato in quasi tutte le università d'Italia ed il suo libro citato come primo della schiera, nel trattato di Meccanica Razionale del Prof. Marcolongo.

Come si vede, si ritorna ancora una volta a Marcolongo.

Tutto il decennio che va dal 1916 al 1926 vede la pubblicazione di un numero importante di manuali, tutti da parte di personaggi legati strettamente all'ambiente vettorialista. Si comincia nel 1916 con le *Lezioni di Meccanica Razionale* di Pietro Burgatti per i tipi di Zanichelli. Il Burgatti, nato a Cento ma formatosi a Roma, negli anni della grande guerra è professore presso l'Università di Bologna. A causa delle vicende belliche la prima edizione di questo manuale non ebbe grande fortuna, mentre la sua seconda edizione del 1919 riuscì ad avere risonanza anche all'estero. Burgatti era certamente *vettorialista*, amico e collaboratore di Cesare Burali-Forte, di Roberto Marcolongo e di Tommaso Boggio. Peter Field, nella sua recensione [4] *americana* delle Lezioni di Burgatti, ricorda

The book begins with a chapter on vector analysis containing as much of the subject as is needed for the development of the mechanics of a rigid body, which is taken up in the immediately following chapters.

Che l'uso del calcolo e della notazione vettoriale, che contraddistingue questo manuale di Meccanica Razionale, sia ormai diffuso, lo nota lo stesso Field che aggiunge

It is recognized that the student of mathematical physics must be familiar with vector analysis, and texts on electricity and magnetism generally begin with a mathematical introduction which gives the machinery required for what is to follow. More recently the same idea is being extended to mechanics. We now have a number of books which treat the mechanics of a rigid body and also the mechanics of continua by vector methods, but the number is not so large but that the book under review can find a hearty welcome.

Nonostante ciò, bisogna anche ricordare che Burgatti non sarà mai un vettorialista *estremista* ovvero

The author has done well in showing no particular aversion to the cartesian coordinate system, as a familiarity with the various quantities in both the vector and cartesian notation is needed.

Dopo il Burgatti arriva il testo di Cesare Burali-Forte, professore all'Accademia Militare di Torino, e di Tommaso Boggio. Siamo nel 1921, a guerra finita, e lo scopo del manuale è quello di dare

soltanto quelle nozioni generali che sono fondamento necessario della Meccanica Applicata.

Sempre gli autori dichiararono che

È appunto per questo suo carattere di preparazione diretta alla parte pratica, che il nostro volume contiene, talvolta di meno e talvolta di più, di quello che contengono i due principali e pregevoli trattati, d'indole didattica come il nostro, che abbiamo oggi in Italia: la Meccanica Razionale del Prof. R. Marcolongo [10] che, insieme a una notevole serie di applicazioni ed esercizi, ha note bibliografiche e storiche della massima importanza; le Lezioni di Meccanica Razionale del Prof. P. Burgatti [2], pure ricche di applicazioni.

Questa presentazione è certamente troppo umile. Lo stesso Peter Field [5], che aveva recensito il volume di Burgatti e che recensisce anche questo testo, nota

The latter part of this statement is possibly misleading, as the authors do give a systematic introduction to mechanics, using vector methods, and cover ground not much different from what is ordinarily offered in courses on mechanics in our American universities.

Infine, è interessante notare che nel periodo subito precedente la pubblicazione delle Lezioni, i testi di Meccanica Razionale cominciano ad avere non solo intendimenti teorici, ma anche applicativi.

■ 3 Le Lezioni e la manualistica italiana

Dalla discussione condotta nel paragrafo precedente appare chiaro come le Lezioni siano state pubblicate nel momento in cui una tradizione antica, consolidata e già riconosciuta internazionalmente ⁽⁵⁾, subisce una ventata di grande innovazione

⁽⁵⁾Non si dimentichi, per esempio, che Mossotti fu professore in Argentina e a Corfù e che lo stesso Michael Faraday (1791–1867) ne conosceva le opere.

grazie ai vettorialisti ⁽⁶⁾ e, inoltre, comincia a guardare con maggiore attenzione alle Scuole di Applicazione.

In questo frangente l'innovazione costituita dalle Lezioni può essere desunta da un loro confronto con il testo di Marcolongo, che per certo, come lo stesso Peano lascia intuire, è da considerarsi la punta di diamante del vettorialismo.

La prima differenza che si nota tra i due testi è la diversa mole. Questa osservazione risulta ancora più rilevante se si nota che nel Marcolongo vengono anche trattati i continui che, invece, non troveranno posto nelle Lezioni ⁽⁷⁾. Al contrario del Marcolongo, che è di fatto un libro di testo, le Lezioni sono un vero e proprio *Trattato*; ma come dice Cattaneo nella sua recensione per il Bollettino dell'Unione Matematica Italiana

L'opera ha, nel suo complesso, carattere molto elevato e fortemente concettuale, giungendo a svolgere questioni di grande complessità o di estrema sottigliezza, ma l'esposizione è sempre piana, graduale, così che dalle prime nozioni elementari di Calcolo vettoriale o di Cinematica, accessibili allo studente in possesso dei primissimi elementi dell'Analisi, si è portati quasi insensibilmente alle questioni più elevate della Meccanica Analitica, che non tanto una più profonda preparazione matematica quanto una vera maturità di pensiero permette di penetrare compiutamente.

Questa struttura, messa così bene in evidenza dal Cattaneo, assieme alla capacità di condurre il lettore con estrema naturalezza dalla Meccanica alle sue frontiere con la Fisica e la Tecnica, rende le Lezioni un testo didattico fenomenale.

Rispetto a tutta la manualistica citata in precedenza, e non solo in relazione al volume del Marcolongo, saltano subito all'occhio tre differenze principali.

- L'approccio alla Meccanica Analitica e Hamiltoniana. Soprattutto è notevole come tutti gli argomenti in questo campo siano stati trattati con occhio geometrico; per esempio, l'idea di trasformazione e di semplificazione, geometrica è sempre presente.
- Il modo esaustivo con cui vengono trattati i diversi argomenti; prova evidente ne sono i capitoli dedicati alla dinamica dei corpi rigidi.
- Infine si deve osservare l'enorme interesse per le questioni della tecnica, come appare evidente dai numerosi esercizi dedicati a meccanismi e applicazioni industriali e dai capitoli come il XIV₁ dedicato alla Statica Grafica.

In conclusione, le Lezioni non possono essere confrontate con *fair play* con i libri di Meccanica Razionale che le hanno precedute. Si innestano, sicuramente e con beneficio diretto, nell'importante processo innovativo che avevano portato a compimento i vettorialisti, ma hanno uno spessore e una pretesa che forse solo

⁽⁶⁾Per chi volesse dare concretezza alle differenze introdotte dai vettorialisti si consiglia la lettura del volume del 1896 del Maggi a pagina 128 dove inizia il paragrafo dedicato al *movimento parabolico*. Questo paragrafo deve essere confrontato con la pagina 199 del Marcolongo. Il Maggi contiene un chiaro richiamo a tutto quello che possiamo chiedere a un *serio* libro di Meccanica Razionale *moderno*. Nonostante ciò il linguaggio, il continuo richiamo a risultati di Geometria e Analisi, il mescolare i vari argomenti in modo caotico ci permette di capire quanto si sia ancora lontani dalla sintesi logica del Marcolongo.

⁽⁷⁾Lo studio dei continui, annunciato nella prefazione al primo volume, venne in effetti introdotto nel Compendio, il cui testo è riportato in questo volume ai Capitoli 3–7.

i tomi del Maggi avevano tentato. Le Lezioni, quindi, devono molto ai vettorialisti, i quali avevano preparato il terreno a una trattatistica moderna, ma certamente nessuno dei manuali citati in precedenza può essere veramente confrontato con le Lezioni. A ciò va aggiunto che la struttura e la chiarezza espositiva, certamente dovute alle capacità dell'Amaldi, regalano alle Lezioni il lusso di poter essere usate come libro di testo, anche nelle Scuole di Applicazione. Non è un caso che la Zanichelli abbia poi lanciato un'opera più snella e semplificata con il *Compendio*.

■ 4 Le Lezioni e il contesto internazionale

La collocazione delle Lezioni nel panorama internazionale merita alcune considerazioni preliminari. La prima riguarda la differenza molto formale che nel mondo aglossassone hanno le denominazioni *treatise* e *handbook*. Parole di cui fino ad ora abbiamo fatto un uso abbastanza ingenuo. Secondo il dizionario Oxford per *treatise* (trattato) si deve intendere *a written work dealing formally and systematically with a subject*, mentre per *handbook* (che secondo la tradizione italiana risalente a Hoepli si traduce in *manuale*) si deve intendere *a book giving information such as facts on a particular subject or instructions for operating a machine*.

Le Lezioni sono un trattato ed è quindi con questa categoria di lavori che si deve cercare un confronto. Questa operazione non è facile, ma rimane comunque possibile raccogliere un certo numero di informazioni oggettive sulle differenze tra le Lezioni e i testi sacri della Meccanica che circolavano in quel tempo partendo, per esempio, da un confronto diretto tra le Lezioni e i trattati che gli stessi Levi-Civita e Amaldi ammettono di aver consultato. In questo confronto non deve essere dimenticata la struttura particolare delle Lezioni che, pur essendo un trattato, permettono facilmente di isolare le informazioni necessarie a costruire un "manuale operativo" per un corso universitario.

Bisogna, poi, tenere a mente la dicotomia che in paesi più industrializzati dell'Italia era presente tra quella che possiamo ancora indicare come Meccanica Razionale (o se si preferisce generale) e Meccanica Applicata. Questa separazione, che sembrava innerscarsi anche in Italia, viene di fatto congelata dalla riforma Gentile nel 1923. Infatti, dopo tale riforma, i piani di studio delle Facoltà di Ingegneria dell'epoca sono caratterizzati da un biennio propedeutico svolto presso la Facoltà di Scienze e da un triennio successivo ove viene impartita una formazione ingegneristica. Questa organizzazione ha sicuramente influito sulla struttura delle Lezioni rendendo non sempre semplice il confronto di queste con altre opere.

Infine, va notato che nell'analisi delle reazioni internazionali alla pubblicazione delle Lezioni si devono tenere ben separate le considerazioni personali sullo *status* internazionale delle Lezioni e dall'effettivo grado di considerazione che questo trattato ha ricevuto. In particolare la nostra discussione non affronta il tema della rilevanza internazionale della figura di Levi-Civita, sulla quale non vi è alcun dubbio e molto è stato già scritto, ma si limita all'accoglienza riservata dalla comunità internazionale alle Lezioni.

A questo proposito è molto esplicita la recensione scritta da K.P. Williams [17]; in particolare l'*incipit* non lascia molti dubbi