

**Sulla Meccanica Celeste in Italia dall'Unità al 1922**

*Giovanni Gallavotti*  
Fisica, Roma1; I.N.F.N.

## **XIX Secolo prima dell'Unità**

**Giuseppe Lodovico Lagrangia**, (1736–1813),

**Francesco Carlini**, (1783–1862),

**Gabrio Piola**, (1794–1850),

**Giovanni Santini**, (1787–1877),

**Giovanni Plana**, (1781–1864),

**Ottaviano Fabrizio Mossotti**, (1791-1863)

In particolare **Plana** e **Mossotti** si collegano strettamente alle correnti di pensiero europee e contribuiscono opere teoriche di massima importanza, quali la monumentale

*Teoria della Luna*

di Plana e il metodo di Mossotti per determinare gli elementi delle orbite dei corpi celesti che fu apprezzato da **Gauss** che pur aveva in quegli anni elaborato il suo metodo che aveva permesso di ritrovare l'asteroide *Cerere* scoperto da Piazzi.

## **Dopo l'Unità**

Il periodo in cui Astronomia osservazionale e Meccanica Celeste si differenziano nel senso che di fatto non sono più praticate dalle stesse persone. I successori sono astronomi come

**Angelo Secchi**, (1818–1878),

**Giovanni Schiaparelli**, (1835–1910)

Questa è una prima grande differenza rispetto all'Europa ove dominano figure come (per menzionare solo alcuni)

**Tisserand**, **Le Verrier**, **Adams**, **D'Oppolzer**, **Gyldén**,  
**M. Levy**, **Poincaré**

La *Meccanica Celeste* diventa parte della *Fisica Matematica* che qui confondo con la *Meccanica Razionale*.

L'Astronomia appare sempre come motivazione di lavori che studiano

*Moti rigidi*

*Moti di fluidi autogravitanti in rotazione*

*Corpi elastici*

*Teoria del potenziale e delle onde*

Ma l'impegno in questo campo non arriva ad un'interazione diretta con le osservazioni. E gli "ultimi" a mantenerla e a mantenere, quindi, il carattere "classico" della *Meccanica Celeste* sono forse

**Annibale De Gasparis**, (1819–1892)

**Domenico Chelini**, (1802–1878)

In particolare la teoria dei moti di **Poinsot** svolta in dettaglio da **Chelini** ricevette attenzione in Europa, e al tempo stesso **Chelini** studiò problemi assai concreti quali le effemeridi della cometa di Hind. Il suo libro di *Meccanica Razionale* tratta dei moti elementari di un pianeta (precessione e nutazione) cosa che diviene sempre più rara nei trattati di *Meccanica*.

**Enrico Betti**, (1823-1892)

Allievo di **Mossotti**, Fisico Matematico prima che insigne algebrista e geometra si dedicò alla teoria di una massa fluida autogravitante, motivato da applicazioni alla forma dei pianeti, cercando di andare oltre lavori di **Dirichlet** e **Riemann**

## **Eugenio Beltrami**, (1835–1900)

come **Betti** fu Fisico Matematico, sebbene sia celebre come geometra. Si occupò solo indirettamente di Meccanica Celeste sebbene abbia trascorso un breve periodo a Brera e collaborato con **Schiaparelli** (su questioni d'interesse per Geodesia). Le sue quattro monografie sulla fluidodinamica, (1874), possono essere considerate un trattato di teoria dei fluidi di **Eulero**, con interessanti nuove soluzioni esatte di moti fluidi piani e non (quali i moti Hamiltoniani dei vortici o i moti elicoidali dei fluidi incomprimibili) ponendo problemi naturali e in fondo sempre legati alla questione della forma dei fluidi rotanti. E l'elasticità, come l'elettromagnetismo, lo attrassero anche per la loro relazione con i problemi relativi all'azione a distanza (studiando ad esempio la rappresentazione delle forze newtoniane o elettromagnetiche per mezzo di forze elastiche). Non si deve dimenticare che allora era in auge la teoria dell'Etere (vigorosamente sostenuta da **Secchi**) e che era assai attuale la questione dell'attrito subito dai pianeti e il conseguente accorciamento del periodo di rivoluzione, discusso in profondità fin dai tempi di **Eulero**

Anche altri Fisici Matematici ben noti non si occuparono che marginalmente (spesso attraverso problemi di elettromagnetismo, teoria del potenziale e fluidodinamica) di questioni di Meccanica Celeste (cito **Francesco Siacchi**, (1839–1907), **Valentino Cerruti**, (1850–1909) ad esempio).

## **Fine Secolo**

Dagli anni Ottanta emergono le figure di **Vito Volterra**, (1860-1940), fisico, e **Tullio Levi-Civita**, (1873-1941), matematico.

**Volterra** era ben consapevole dell'evoluzione delle idee su scala europea ma si occupò poco di Meccanica Celeste: fu particolarmente colpito dalla scoperta della precessione di Chandler, ossia dalla disuguaglianza fra il periodo osservato di più di 400 giorni e quello euleriano sensibilmente inferiore.

Lavoro intenso nell'arco di qualche anno: ebbe modo di entrare in polemica con Peano, che anche studiava la questione, e perfino in disputa di priorità sulle auguste colonne dei Rendiconti Lincei: è qui che un placido gatto fa le spese di esperimenti ideali per la prima volta (prima del cruento uso del gatto di Schrödinger).

Il ruolo di **Volterra** quale politico scientifico fu però vasto e influente in tutti i campi, compresa l'Astronomia: almeno fino a che la sua opposizione al regime non ne causò l'esautorazione di fatto. ossia fino a 1922.

Diverso e profondo fu invece l'interesse di **Levi-Civita** per la Meccanica Celeste. Qui si trova il punto di massima vicinanza ideale con i grandi temi dibattuti in Europa e, ormai, in America.

Matematico, a differenza di **Betti**, **Beltrami**, **Volterra**, per formazione ma evolve in un Fisico Matematico e contribuisce in modo essenziale anche alla Meccanica Celeste già con la regolarizzazione del problema dei tre corpi ristretto (1903): la sua trasformazione di coordinate nel piano  $(x, y)$  del punto leggero è

$$x + iy = (\xi + i\eta)^2$$

ed è stata alla base delle future ricerche fino alla regolarizzazione del problema non ristretto di **Sundman**: ritornerà ancora sul problema varie volte.

Un altro contributo (1911) è lo studio di modelli di moto lunare e la dimostrazione dell'esistenza del moto medio: l'anomalia vera  $\theta$  verifica  $\dot{\theta} = f(\theta, t)$  con  $f(\theta, t) > 0$  periodica in  $\theta, t$ . Mostra che la soluzione ha forma

$$\theta(t) = \omega t + \varepsilon(t)$$

Problema ripreso da **Eugenio Elia Levi**, (1883-1917) e **Pietro Burgatti**, (1868-1938), (ma **Poincaré**?).

La teoria dell'equazione di **Keplero** per l'anomalia eccentrica

$$\zeta = u - e \sin u$$

è studiata in relazione al suo interesse per lo sviluppo della funzione perturbatrice. E ottiene l'elegante risultato che

$$\zeta = \sum_{k=1}^{\infty} \eta^k Z_k(u), \quad \eta = \frac{e \cdot \exp \sqrt{1 - e^2}}{1 + \sqrt{1 - e^2}}$$

converge fino a  $|\eta| < 1$ . Sempre in relazione allo sviluppo della funzione perturbatrice propone un'interessante metodo di risommazione della serie (convergente) che definisce una

funzione implicita: è un metodo che oggi è in uso per la sommazione di serie divergenti.

Alla Relatività Generale il suo contributo è ben noto e vi contribuisce in modo assolutamente di primo piano contribuendo al tempo stesso alla giusta valutazione dell'opera di **Gregorio Ricci**, (1853–1925): poco apprezzato dai colleghi.

**Giuseppe Armellini**, (1887–1958), è finalmente un astronomo che si occupa in modo originale di Meccanica Celeste. Il suo brillante inizio è assai promettente: studia il moto del V satellite di Giove deducendo dalla sua rapida precessione apsidale lo schiacciamento del pianeta gigante e analogamente analizza le perturbazioni del primo satellite di Nettuno concludendo che non possono essere dovute ad un secondo satellite.

Si cimenta con problemi assai complessi come un tentativo di spiegare la “grande” eccentricità di Marte (una teoria con cui le moderne teorie quali quella di **Laskar** sono in completo contrasto).

Alla fine del periodo in esame emerge la figura di **Enrico Fermi**, (1901–1954) la cui analisi degli invarianti adiabatici ha influenza su **Levi-Civita** che la sviluppa applicandola alla deduzione semplice di una *parte* di uno dei risultati più famosi di **Armellini**: la teoria dell'attrazione da parte di una massa variabile.

## Conclusione.

Dal punto di vista odierno si deve riconoscere che la Fisica Matematica italiana (e quindi la Meccanica e la Meccanica Celeste in particolare), nel periodo 1860-1921 ha in generale mancato di inserirsi realmente nelle correnti di idee e risultati che prevalsero in Europa: personalità come **Levi-Civita** e **Volterra** appaiono come eccezioni. A riguardare le opere, pur monumentali, di quel periodo si vedono i germi di una provincialità che portò successivamente la Fisica Matematica italiana ad una grave crisi. Non ci sono che labili tracce dell'interesse per i grandi dibattiti che attraevano l'attenzione di

**Maxwell, Thompson, Boltzmann, Poincaré, Erhenfest, Einstein, Planck, Bohr**

e segnavano la nascita di nuove concezioni e nuovi problemi coinvolgendo i maggiori matematici e fisici

**Painlevé, Gibbs, Hadamard, Hilbert, Picard, Zermelo**  
e nell'Astronomia

**Tisserand, Le Verrier, Gyldén, Poincaré, Painlevé, Lévy, Hill, Newcomb, Lindstedt, Adams,**

per citare solo alcuni. Anche l'attenzione verso l'elettromagnetismo si mantiene su un piano puramente tecnico pur fecondo di risultati per la teoria del potenziale e delle onde, almeno se si eccettuano le discussioni sulla massa elettromagnetica di **Levi-Civita**.

Nella Meccanica Celeste i contributi importanti dati da **Levi-Civita** furono la vera eccezione alla regola: l'Astronomia si indirizzò verso le osservazioni e l'Astrofisica e la Meccanica Celeste si avviò ad un declino prolungatosi a lungo nel XX secolo (in Italia).

Un esempio estremo di Astronomia osservazionale lo si trova nella relazione del gruppo diretto da **Santini** e **Secchi** sull'eclisse di Sole del 1870 nella quale trovano posto asciutte relazioni tecniche di alcuni e quella di **Alessandro Serpieri**, (1823–1855), nel cui rapporto si legge

*“mi si permetta di dire che io sentiva profondamente l’alta bellezza e poesia della mia stazione, imbandierata a festa ...”*  
(p. 199) e poi

*“Il mare era tinto in verde grigio, e avea perduta la sua trasparenza. E via via sempre più prese un aspetto vitreo quasi rendendo immagine di materia solida. Le onde che balzavano e spumavano sul lido davano delle ombre di un bellissimo turchino. Nella totale oscurità alcuno paragonò la tinta del mare al verde nero di bottiglia”.*

La Meccanica scindendosi dall’Analisi, dalla Geometria, dalla Astronomia si indirizzò a mete si rivelarono non molto feconde: verso lo studio di proprietà sempre più dettagliate, ma in fondo non molto interessanti, dei moti rigidi o della struttura dei continui.

La teoria delle perturbazioni, che **Poincaré** aveva sì magistralmente indicato come foriera di grandi novità, non venne più studiata e lo studio della Meccanica Celeste nel senso innovativo degli scienziati europei e americani venne sostanzialmente abbandonata.

Tutto questo non fu un episodio passeggero ma, anche per cause “politiche”, si protrasse ed influenzò l’evoluzione nel cinquantennio successivo. Pertanto ci si domanda a volte perchè,

*“Nonostante la concentrazione a Roma di gran parte dei migliori matematici del momento (Roma fu di gran lunga la sede più prestigiosa nella prima metà del ventesimo secolo) non riuscì ad innescarsi quel processo che aveva portato alla creazione della scuola matematica pisana. Naturalmente non mancano matematici di valore che si formarono a Roma, grazie all’insegnamento dei maestri che vi operavano, ma il loro numero e la loro qualità non reggono il confronto con quelli che si erano formati con Betti e Dini tra il 1860 e il 1900: il ”miracolo” pisano non si ripete.”*

([www.math.unifi.it/matematicaitaliana/pannelli/XII.html](http://www.math.unifi.it/matematicaitaliana/pannelli/XII.html))

Ma forse la domanda è retorica, o ha una risposta ovvia e legata alle tragiche vicissitudini politiche e conseguentemente accademiche che seguirono il 1922 colpendo Roma in particolare.

*Su*

<http://ipparco.roma1.infn.it>

*Versione completa “**Sulla Meccanica dal 1860 al 1922**”  
con riferimenti bibliografici.*