

Ciclo di Conferenze:

# Eulero e il suo tempo

Prima Conferenza:

## I tempi di Eulero

a cura del Prof. Ing. Aldo Cauvin  
Ordinario di Tecnica delle Costruzioni  
Università di Pavia

### 1. Parte Prima: l'epoca di Eulero

#### 1.1 Premessa.

Chi per la prima volta esamini l'opera di Eulero rimane sconcertato non solo davanti all'enorme mole di risultati scientifici da lui lasciati ma soprattutto dall'ampiezza di interessi e di discipline da lui coltivati.

Ciò si spiega in parte con la poliedrica genialità della persona.

Tuttavia se osserviamo la produzione dei più illustri fra i suoi contemporanei, noi notiamo in essi un'analoga e, a volte, anche superiore varietà di interessi.

Notiamo anche che l'Epoca ha prodotto un numero assai elevato di ingegni matematici: Eulero rappresenta forse la vetta più alta, ma è lungi dall'essere l'unica. Poiché è più che lecito supporre che l'incidenza di potenziali ingegni eccezionali si mantenga più o meno costante nelle varie epoche è parimenti lecito chiedersi perchè gli ingegni di un certo tipo fioriscano abbondantemente in certi periodi e siano invece assenti o quasi in altri: così il Cinquecento ha visto il manifestarsi in Italia di un gran numero di grandi pittori mentre il secolo successivo ha prodotto solo talenti mediocri (con una sola eccezione: il Caravaggio).

La risposta è evidentemente da ricercarsi nelle condizioni esterne in cui gli uomini vengono a trovarsi nelle varie epoche.

Tali condizioni sono di due tipi: generali e particolari.

Le condizioni generali sono quelle relative al clima economico e culturale in cui tutti gli uomini di una certa epoca sono immersi.

Le condizioni particolari sono quelle che influenzano solo il singolo individuo e sono legate alla sua condizione familiare e sociale.

Nel caso del nostro Eulero vedremo di investigare brevemente sia le une che le altre.

Pertanto nella prima parte di questa Conferenza vedremo di delineare un quadro generale dell'epoca in cui Eulero visse (che coincide quasi esattamente con il diciottesimo secolo); nella seconda tratteremo un breve profilo della vita e dell'opera, con qualche accenno agli ambienti con cui venne direttamente a contatto.

Spetterà agli oratori successivi di approfondire la parte più significativa, ai nostri occhi di contemporanei, della sua opera scientifica.

## 1.2 Lo stato della Ricerca Scientifica all'inizio del Secolo Diciottesimo: l'eredità dei grandi del secolo precedente.

All'inizio del secolo diciottesimo le basi della fisica classica erano ormai state impostate essenzialmente da due grandi figure che avevano dominato la scena nel secolo precedente: Galileo e Newton.

Il quadro del mondo fisico da essi delineato aveva contribuito anche a determinare la nascita della filosofia illuministica, in quanto aveva accreditato un'immagine della natura ordinata e semplice che è possibile descrivere con strumenti matematici.

Al tempo stesso questi ultimi erano stati potenziati in modo fondamentale dalla formulazione del calcolo infinitesimale che, formalizzato sia da Newton che da Leibniz, deve i suoi sviluppi successivi essenzialmente all'impostazione che gli fu data da Leibniz e dai suoi immediati successori.

La fisica era stata quindi fondata su solide basi matematiche.

Compito del secolo diciottesimo sarebbe stato di sviluppare queste basi, non solo allo scopo di approfondire la conoscenza del mondo ma anche di utilizzare le conoscenze acquisite allo scopo di modificarlo e migliorarlo a favore dell'uomo.

Ad esempio, nel campo specifico della dinamica, partendo dalla dinamica del punto sviluppata da Newton, Eulero e altri studiosi suoi contemporanei avrebbero sviluppato la dinamica del corpo rigido, la dinamica dei fluidi, avviando inoltre primi studi sulla meccanica dei corpi elastici; alla fine del secolo Lagrange, a conclusione di questo processo, avrebbe sistematizzato e ordinato molti di questi risultati nella sua "Mecanique analytique".

I grandi risultati ottenuti dai fondatori (soprattutto Newton) hanno messo un po' in ombra le realizzazioni dei successori, ritenute spesso come semplici sviluppi deduttivi dei principi fondamentali; in realtà la critica storica contemporanea sta mettendo in evidenza che questi sviluppi hanno richiesto creatività e originalità di pensiero spesso non inferiore a quella dei "padri fondatori" e sicuramente, in generale, superiore a quella degli "specialisti" contemporanei.

D'altra parte le conoscenze matematiche che il "nostro" Eulero e i suoi contemporanei potevano acquisire erano ancora in numero abbastanza limitato: ciò ha loro consentito di acquisire in breve tempo tali conoscenze e di far spaziare i loro interessi nei campi più disparati usando come elemento unificante, non la disciplina studiata, ma bensì gli strumenti matematici appena scoperti.

Questo spirito "enciclopedico" che tanto ci stupisce in Eulero, non fu in effetti un fenomeno isolato ma fu anzi comune alla maggioranza degli scienziati e, in generale, agli studiosi dell'epoca.

Tale versatilità travalica il campo delle scienze fisiche per estendersi a quelle delle scienze umane (filosofia, economia, e, con effetti alla lunga rivoluzionari, politica).

Ciò può aver contribuito all'originalità delle loro scoperte: infatti, non ristretti a un limitato campo d'indagine, non condizionati da principi di autorità che lo spirito del tempo condannava (in misura anche eccessiva) e da metodologie ritenute inderogabili, hanno potuto dar libero sfogo alla loro immaginazione giungendo per via intuitiva e spesso in modo "spericolato", senza darne a posteriori una dimostrazione rigorosa in senso moderno, alla formulazione di teoremi e principi rivelatisi poi universalmente validi e fondamentali.

Ricreare oggi una tale atmosfera sarebbe impossibile: infatti la mole di conoscenze scientifiche, di dati sperimentali, di pubblicazioni che annualmente viene prodotta è tale che, per dominarla, lo studioso è costretto (ma non del tutto però) a ridurre sempre più il proprio campo d'indagine e così purtroppo, anche la sua capacità d'immaginazione.

## 1.3 La filosofia dell'Illuminismo e sua influenza sulla Scienza

Sul piano non solo strettamente scientifico ma più genericamente culturale, politico e religioso il secolo diciottesimo è dominato dal fenomeno dell'Illuminismo al punto che tale secolo viene anche definito "il Secolo dei Lumi".

Dare un quadro completo, sia pure in modo sintetico, di un movimento tanto complesso, multiforme e, in certa misura, anche contraddittorio, è impossibile in queste poche righe.

È tuttavia utile ai nostri fini evidenziarne alcuni aspetti fondamentali che hanno avuto profonde ripercussioni storiche e, più in particolare, influenzato la vita e l'opera di Eulero.

Primo e più fondamentale elemento è il culto della ragione, intesa come unico strumento insieme con l'esperienza sensibile, per chiarire e accertare la verità di fatti, opinioni, nozioni nonché la giustizia e la legittimità di istituzioni e leggi.

In tale ottica il retaggio della tradizione deve essere sottoposto ad esame critico e respinto se è in contrasto o non è verificato da considerazioni razionali.

Di qui l'immenso valore della scienza come strumento principale per la comprensione del mondo e il suo miglioramento.

In poche epoche nella storia si è data tanta importanza alla scienza e agli scienziati.

Questo prestigio ha indotto le autorità politiche del tempo a favorire, specie attraverso le Accademie Scientifiche, la ricerca, sostenendole economicamente con grande liberalità.

Nell'ambito della Scienza assume particolare importanza la Matematica, attività razionale per eccellenza, in grado, come la "Filosofia naturale" di Newton lasciava supporre, di descrivere compiutamente e di ricondurre a schemi semplici il mondo fisico.

Secondo elemento è la visione ottimistica delle prospettive della scienza.

Essa, con l'ausilio della matematica, non solo può descrivere quantitativamente il mondo che ci circonda, ma anche ci consente di sfruttare le risorse naturali a favore dell'umanità, tramite lo sviluppo della tecnologia elevata per la prima volta, da attività artigianale legata alla tradizione e quindi essenzialmente statica, al livello di attività culturale, avente pari dignità con le Scienze, le Arti, la Letteratura.

La Tecnica pertanto è ritenuta passibile, con l'aiuto della Scienza e l'uso sistematico dell'esperienza e della ragione, di un rapido progresso, svincolato dal puro empirismo, incapace quest'ultimo di generalizzare e sistematizzare le proprie osservazioni e scoperte.

È questo, come è facile comprendere, un atteggiamento di particolare importanza per capire gli sviluppi successivi: in particolare la Rivoluzione Industriale e l'andamento accelerato che avrebbe assunto a partire dal settecento lo sviluppo della tecnica; sviluppo accelerato, in quanto, se le scoperte scientifiche influenzano lo sviluppo tecnologico, avviene anche il contrario: lo sviluppo tecnologico fornisce strumenti di indagine più accurati che favoriscono la ricerca scientifica.

Questo "circolo virtuoso" che in Europa prende lentamente l'avvio a partire dal Rinascimento, e che è tipico della sola cultura europea, comincia appunto nell'epoca dei lumi a far sentire i suoi effetti in modo massiccio.

Terzo elemento è l'opinione, che discende in fondo dall'atteggiamento ottimistico prima visto, che le scoperte della scienza e i progressi della tecnica non debbano essere patrimonio di una ristretta schiera di specialisti ma debbano essere diffusi il più largamente possibile: di qui il diffondersi di una letteratura divulgativa, in cui si cimenteranno praticamente tutti i grandi del secolo e, non da ultimo, il nostro Eulero.

Molto indicativo a questo proposito è un testo pubblicato a Venezia nel 1737 da Francesco Algarotti e intitolato "Il Newtonianesimo per le dame".

Notiamo inoltre che non si avverte nella cultura del settecento la frattura, oggi purtroppo esistente, fra cultura umanistica e scientifica, fra letterati e artisti da una parte, scienziati e tecnici dall'altra. Basti come unico esempio quello di Voltaire, l'uomo di lettere più emblematico dell'epoca, che non disdegnò di scrivere un trattato, sia pure divulgativo, sulla fisica di Newton e di intervenire, anche piuttosto pesantemente, in polemiche di tipo scientifico.

Notiamo infine il grande idealismo e lo spirito di collaborazione esistente fra gli studiosi dell'epoca, così ben documentato dalla nutritissima corrispondenza fra essi scambiata, la cui lettura è spesso più istruttiva e significativa delle pubblicazioni ufficiali.

L'arte della corrispondenza fu peraltro coltivata assiduamente da tutte le persone istruite e gli epistolari che si sono conservati ci consentono una conoscenza profonda degli usi e della mentalità dell'epoca (si veda ad esempi l'epistolario fra Voltaire e Federico di Prussia, che si estende su un arco di ben 42 anni e che riguarda due personalità fra le più importanti ed emblematiche dell'epoca). Tale altruismo, promuovendo il libero scambio di idee ed esperienze, fu anch'esso causa non ultima dei grandi progressi conseguiti.

#### **1.4 L' "Encyclopedie" di Diderot e D'Alembert e la sua influenza**

L'opera che più di ogni altra riassume e documenta le idee, le conoscenze e le aspirazioni dell'epoca illuministica è la monumentale Enciclopedia pubblicata nel corso di un ventennio (1751-1772) da Diderot e D'Alembert.

In particolare il "discours preliminaire" composto da D'Alembert fornisce una classificazione razionale delle discipline e una sintesi dell'evoluzione culturale di grande chiarezza secondo l'ottica

dei tempi. Esso rivela anche l'ansia tipicamente illuministica di dare ordine e sistematicità al sapere accumulato.

Nonostante che le idee illuministiche in materia di politica e di religione siano esposte in tutta l'opera con una certa prudenza, utilizzando tutti i sottintesi e le sfumature di significato che la duttile lingua francese consente, la pubblicazione ebbe una storia tormentata, costellata di sequestri, censure e proibizioni che ben descrivono l'atteggiamento oscillante e discontinuo dell'"Ancien Regime" verso un'opera che avrebbe contribuito a provocarne la rovina.

Nonostante ciò la diffusione e di conseguenza l'influenza dell'opera sulle idee e la cultura del tempo furono grandissime.

Soprattutto impressionante e interessante dal nostro punto di vista, è la mole e la qualità della documentazione iconografica che documenta le arti la scienza e le tecnologie dell'epoca, descritte con tavole che spesso sono dettagliate quanto un disegno costruttivo.

Forse è difficile per noi, continuamente esposti a immagini di ogni tipo, immaginare l'impatto sulla società del tempo, che ignorava la fotografia, di una tale mole di rappresentazioni grafiche.

### 1.5 Situazione generale dell'Europa nel secolo diciottesimo

Lungi da noi l'intenzione di addentrarci nelle vicende politiche e militari (peraltro assai intricate) di questo secolo.

Poiché tuttavia le esigenze della guerra, della politica e dell'economia tendono ad orientare lo sviluppo del pensiero e quindi anche lo sviluppo scientifico e tecnologico non sarà inutile citare alcuni fatti ed eventi.

I paesi più avanzati culturalmente erano la Francia e l'Inghilterra, caratterizzati dalla presenza di una borghesia numerosa, intraprendente e colta.

La loro posizione economico sociale era tuttavia profondamente diversa: mentre in Inghilterra la rivoluzione del secolo precedente aveva rovesciato la Monarchia Assoluta e attenuato i contrasti sociali, in Francia persisteva un regime antiquato ancora legato alla tradizione feudale del paese.

Tale regime, assolutista e reazionario, non aveva tuttavia la forza di reprimere con energia il dissenso e quindi di ostacolare lo sviluppo culturale: era, come tutti i regimi deboli, occasionalmente repressivo ma abitualmente tollerante.

Si andavano così gradualmente accumulando al suo interno le tensioni che sarebbero sfociate nella Rivoluzione.

Il mondo tedesco era caratterizzato dalla presenza di due potenze militari fra loro ostili (l'Austria e la Prussia) e da una miriade di piccoli stati, membri di un'entità politica fittizia (il Sacro Romano Impero) ma sostanzialmente indipendenti.

Lo sviluppo culturale era abbastanza vivace, la struttura politico-sociale ancora sostanzialmente feudale anche se mitigata da alcune riforme promosse dai sovrani "illuminati" che governavano i vari stati.

Nell'Europa meridionale (Spagna e Stati italiani) rimasta un po' ai margini dello sviluppo scientifico, l'influsso repressivo dell'Inquisizione si andava gradatamente attenuando fino a scomparire completamente alla fine del secolo, specie negli stati Italiani dominati dall'Austria dove si assiste verso la fine del secolo ad una notevole fioritura scientifica avente per epicentro principale l'Università di Pavia.

Un caso a sè è costituito dalla Russia: paese immenso e terribilmente arretrato, ma dotato di grandi risorse naturali, viene inserita con un atto di imperio dallo Zar Pietro Primo, che fonda dal nulla una nuova Capitale (S. Pietroburgo), nel circuito della cultura europea, chiamando a sè specialisti delle varie discipline allo scopo di fondare una cultura russa basata su esempi europei.

Intorno alla corte si forma gradatamente una classe nobiliare istruita, che parla prevalentemente francese e guarda alla Francia e all'Italia (per quanto riguarda l'architettura) come esempi da imitare. È in questo ambiente un po' artificioso e avulso dal resto del paese, ma ricco di risorse e ansioso di imparare, che il nostro Eulero avrebbe trascorso buona parte della sua vita.

Le principali guerre che caratterizzano il periodo sono le seguenti:

- Guerra di Successione Austriaca (1740-48).
- Guerra dei Sette Anni (1756-63).
- Guerra di Indipendenza Americana (1776-81).

Nelle prime due guerre citate si è affermato come massimo stratega ed esperto nell'uso delle artiglierie Federico Secondo di Prussia, che non ha mancato di utilizzare a suo profitto le competenze matematiche di Eulero applicate alla balistica.

La guerra dei Sette Anni, dall'esito inconcludente sul teatro europeo, ha invece generato conseguenze di portata storica sui teatri coloniali: ha infatti visto la perdita da parte della Francia del Canada e dei possedimenti in India e l'ascesa dell'Inghilterra come prima potenza marittima e coloniale.

In questa guerra, così come nella guerra di Indipendenza Americana ha avuto importanza determinante l'uso delle flotte da guerra: gli studi che potevano condurre ad una migliore progettazione e conduzione delle navi ricevevano pertanto il massimo interesse da parte dei governi, ivi compreso quello russo, che aspirava a diventare una grande potenza navale.

Gli Arsenali navali, il cui esempio più significativo, sia per dimensioni che per la lunga tradizione storica, che risale al primo medioevo, era quello di Venezia, erano probabilmente gli stabilimenti industriali di maggiore dimensione ed importanza agli inizi del Settecento.

Il loro prodotto più tipico e strategicamente importante era il vascello da guerra, la cui forma era il risultato di una lunga tradizione empirica, le cui origini risalivano alle origini della Storia.

È naturale che nell'epoca illuministica si cercasse di superare questo approccio con metodi razionali fondati sui principi della dinamica.

Si pervenne ad una maggiore comprensione delle forze che dominano il comportamento di una nave in mare; tuttavia, i risultati nel campo della progettazione, cioè della ricerca di forme di scafo e di attrezzatura più funzionali ed efficienti furono assai limitati e derivarono solo in piccola parte dalla ricerca teorica.

## 1.6 Spedizioni Scientifiche e progressi della Cartografia

L'interesse per un miglioramento delle tecniche di costruzione navale era anche alimentato dal diffondersi delle spedizioni marittime.

L'ultimo campo di esplorazione rimasto era il Pacifico, dove si ipotizzava l'esistenza di un Continente Australe abitabile.

Le spedizioni più note sono quelle effettuate dal Capitano Cook e dai francesi Laperouse e Bougainville, anche per l'influenza che hanno avuto sulla letteratura e sulla filosofia del tempo (vedi J.J.Rousseau e il mito del buon selvaggio).

Tuttavia a tali esplorazioni non furono estranee altre potenze marittime: ricordiamo viaggi nel Pacifico dell'italiano Malaspina per conto della Spagna e, soprattutto, le esplorazioni del danese Bering nel Pacifico settentrionale, che hanno aperto la strada all'espansione russa nella Siberia orientale e in Alaska. Tale espansione ebbe inizio proprio nell'epoca in cui Eulero operò in Russia. Tali viaggi furono affrontati con metodi e finalità sostanzialmente diverse dai viaggi di esplorazione dei secoli precedenti.

Tali finalità erano:

- Completare l'esplorazione del globo nell'unico oceano ancora mal conosciuto: il Pacifico, dove si supposeva esistere un "continente australe" abitabile.
- Effettuare rilievi cartografici il più possibile precisi, sia per aumentare la sicurezza della navigazione che in vista di una possibile espansione coloniale; e ciò non solo nelle terre appena scoperte ma in tutto il Globo.
- Effettuare osservazioni di tipo geodetico e astronomico.
- Fare studi di tipo antropologico e naturalistico.

Si trattava quindi di spedizioni scientifiche nel senso quasi moderno del termine, che tuttavia richiedevano non solo buone navi ma anche la disponibilità di strumenti di misura il più possibile precisi.

Infatti per secoli un grave problema aveva afflitto gli uomini di mare e i cartografi: la determinazione della latitudine e della longitudine; il primo problema era stato risolto fin dal medioevo con l'uso dell'astrolabio, che tuttavia forniva indicazioni scarsamente precise. Più difficile il problema della longitudine cui si erano dedicati fra gli altri Galileo e anche il nostro Eulero. Tuttavia, i metodi astronomici da essi proposti erano complessi, di difficile applicazione da parte degli uomini di mare e di limitata precisione.

La più ovvia soluzione del problema presupponeva la disponibilità di un cronometro portatile e di alta precisione che fornisse in ogni momento l'ora del meridiano di riferimento. Gli orologi a pendolo non erano evidentemente idonei allo scopo.

Alla preparazione di un tale strumento lavorarono i migliori orologiai del tempo; il risultato venne conseguito per primo dall'inglese Harrison e, subito dopo, dal francese Berthoud. La misurazione della latitudine subì un netto miglioramento con l'introduzione del sestante ottenuto accoppiando una scala graduata a un cannocchiale e a un sistema di specchi. Basta paragonare le carte geografiche dei periodi precedenti con quelle della fine del Settecento per rendersi conto dei progressi conseguiti con tali strumenti.

### 1.7 Premesse della Rivoluzione Industriale

Si suole affermare che l'esplosione della rivoluzione industriale in Inghilterra è essenzialmente il risultato della introduzione della prima forma di energia meccanica: la macchina a vapore; in realtà le potenzialità del vapore come fonte di energia erano note fin dall'antichità; ciò che impediva la realizzazione di macchine a vapore efficienti era la mancanza di cinematismi meccanici lavorati con sufficiente precisione.

Fu proprio l'attività degli orologiai a mettere a punto i metodi di lavorazione meccanica con tolleranze ristrette, che consentirono a Watt di costruire le prime macchine a vapore a funzionamento continuo e adeguato rendimento. Fu il successivo graduale miglioramento di tali metodi, coadiuvato dai progressi degli strumenti ottici, che consentì infine di ridurre le dimensioni delle macchine a vapore e di applicarle così alla locomozione. Ciò sarebbe tuttavia avvenuto nel secolo successivo.

### 1.8 Perfezionamento degli Strumenti Ottici

È nota l'importanza degli strumenti ottici nella ricerca scientifica.

Tanto per citare l'esempio più famoso furono i primi perfezionamenti del cannocchiale a consentire a Galileo le sue scoperte astronomiche.

Tuttavia cannocchiali e, in generale tutti gli strumenti che utilizzano obiettivi di lunga focale, erano afflitti in maniera grave da un difetto che Newton aveva ritenuto ineliminabile: l'aberrazione cromatica.

In realtà nel 1757 l'inglese Dollond riuscì a costruire obiettivi (acromatici) in cui tale aberrazione era parzialmente corretta mediante l'accoppiamento di lenti fatte con vetri aventi indici di rifrazione diversi. A tale risultato era già pervenuto Eulero per via teorica e, in seguito, lo stesso Eulero fornì le prime regole per la progettazione di tali obiettivi.

È questo un esempio che dimostra come una scoperta, apparentemente marginale, abbia invece avuto un'influenza decisiva, per via indiretta, sul progresso tecnico-scientifico.

### 1.9 Applicazioni della Statica alle Costruzioni

Eulero nel campo della Scienza delle Costruzioni è noto per la celebre espressione che dà il carico critico di un'asta snella caricata assialmente (quel carico cioè superando il quale l'asta si inflette prima di rompersi o, come si usa dire, si "instabilizza"). Egli scoprì inoltre le relazioni che intercorrono in un'asta inflessa tra il carico e le sollecitazioni e le deformazioni di ogni elemento (equazioni indefinite di equilibrio per la trave).

Tuttavia tali scoperte non ebbero immediate ripercussioni nel campo della pratica.

Assistiamo tuttavia in questo secolo ad alcuni fra i primi approcci razionali alla progettazione strutturale.

Citiamo solo due esempi:

- Le prove su aste di legno effettuate dall'olandese Musschenbroech (1692-1761) che gli consentirono, 20 anni prima di Eulero e per via puramente sperimentale, di derivare la prima espressione del carico critico di un'asta. Egli non fu tuttavia in grado di dimostrare la validità generale dell'espressione trovata. Questa è una limitazione comune a molte ricerche di tipo puramente sperimentale.
- Le prove sulla resistenza a compressione effettuate da Gauthey per determinare la resistenza a compressione dei materiali da utilizzare nella costruzione del Pantheon di Parigi. Tali prove consentirono di ridurre sensibilmente le sezioni dei 4 pilastri sostenenti la cupola.

Tale costruzione fu l'evento architettonico di maggior rilevanza del secondo settecento in Francia, anche per le polemiche sorte fra innovatori e tradizionalisti.

In essa venne anche sperimentata, ad opera degli architetti Soufflot e Rondelet, una tecnica di rinforzo delle strutture mediante barre di ferro, che consentì di incrementare l'interasse fra le colonne e che anticipa, in qualche misura, la tecnica del Cemento Armato.

Si assiste qui al tentativo di coniugare la leggerezza della struttura gotica con canoni dell'architettura neoclassica.

Anche se questo sistema costruttivo diede (e tuttora dà) luogo ad inconvenienti e si resero in seguito necessarie opere di rinforzo, è significativa, e tipica del tempo, questa ricerca di soluzioni nuove fondate su esperimenti e calcoli scientifici piuttosto che sui collaudati metodi tradizionali.

- Il concetto di linea delle pressioni negli archi venne utilizzato dal matematico italiano Poleni per valutare la stabilità della cupola di S. Pietro.

In effetti gli archi furono le prime tipologie strutturali cui vennero applicati metodi di verifica derivati dalla statica.

### 1.10 La diffusione delle Accademie

La diffusione delle Accademie è uno dei fattori fondamentali dello sviluppo scientifico nell'età dei lumi.

Nate in Italia (dove però ebbero vita intermittente e contrastata) come libere associazioni di studiosi divennero gradualmente delle istituzioni di ricerca sostenute e finanziate dallo stato e in grado oltre che di favorire i contatti fra gli studiosi, di pubblicare le loro opere, di permettere i loro esperimenti, di indire concorsi per la risoluzione di specifici problemi e anche, in alcuni casi, di assicurare loro la tranquillità economica.

Avvenne così che mentre le Università restavano ancorate a canoni tradizionali che frenavano il progresso (l'Università di Parigi era una delle istituzioni più reazionarie) la ricerca più avanzata si svolgeva nell'ambito di queste istituzioni.

La loro diffusione fu assai vasta, specie in Francia, dove praticamente ogni provincia ne aveva una. In Germania la loro creazione venne patrocinata soprattutto da Leibniz (gran politico e diplomatico oltre che studioso).

Citiamo qui le più importanti, con la relativa data di fondazione:

- Academie des Sciences di Parigi (1666) fondata dal ministro Colbert.
- Royal Society di Londra (1662).
- Societas regia Scientiarum di Berlino (1700) fondata da Leibniz.
- Academia Scientiarum Imperialis Petropolitana (1720) fondata da Pietro il Grande di Russia.

Queste due ultime come è noto hanno svolto una funzione della massima importanza nella vita scientifica di Eulero.

I governi finanziavano le più importanti Accademie non solo per il prestigio che derivava loro dalla ricerca scientifica (che, nello spirito del tempo, era molto grande) ma anche, in un'ottica tipicamente moderna, per i vantaggi militari ed economici che dall'applicazione delle scoperte scientifiche poteva loro derivare.

Come vedremo anche la ricerca di Eulero fu spesso orientata da esigenze pratiche che a loro volta erano la conseguenza della situazione generale del tempo in cui visse.



## 2. Parte seconda: profilo biografico

### 2.1 Leonardo Eulero (1707-1783)

La vita di Eulero non è contrassegnata da eventi straordinari o romanzeschi.

Fu sostanzialmente una tranquilla vita da studioso. Quello che soprattutto interessa è l'evoluzione del suo pensiero e della sua opera, che fu vastissima e, in parte, non ancora completamente esplorata.

Le vicende della sua esistenza possono essere suddivise in tre periodi, corrispondenti al soggiorno nella sua città natale e a quelli a S. Pietroburgo e Berlino.

### 2.2 L'educazione e la formazione a Basilea: primi rapporti con la famiglia Bernoulli (1707-1726)

Se, come abbiamo detto all'inizio, perchè il genio si manifesti è necessario che siano favorevoli le condizioni esterne generali e particolari, bisogna dire che Eulero nacque al momento giusto, nel luogo giusto.

Delle condizioni generali del tempo si è detto; veniamo ora a quelle particolari: Eulero nacque nel villaggio di Riehen presso Basilea da un pastore protestante che si era laureato a Basilea e aveva seguito le lezioni di matematica di Giacomo Bernoulli, forse il più eminente di una dinastia di illustri matematici, che fece di Basilea uno dei centri più avanzati della ricerca matematica dell'epoca.

Il padre avviò il giovane Eulero allo studio della matematica, supplendo alle carenze della scuola primaria del figlio.

Il giovane studiò all'Università di Basilea un gran numero di discipline, come era del resto nelle abitudini del tempo, seguendo però con particolare interesse le lezioni di Giovanni Bernoulli fratello di Giacomo e suo successore alla cattedra di matematica e avviando, sotto la guida dello stesso, studi matematici più avanzati.

Dimostrò di possedere, fra l'altro, un'eccezionale memoria, il che non stupisce: è questa una caratteristica comune a tutti i grandi matematici.

Come è noto usualmente i matematici danno il meglio di sé, per quanto riguarda la capacità creativa, in giovane età: pare che Eulero non facesse eccezione; tuttavia molte delle idee concepite da giovane furono formalizzate e pubblicate molto più tardi, per cui è molto difficile fissare un ordine cronologico delle sue scoperte.

Tuttavia riuscì a manifestare capacità tali, da essere altamente apprezzato fin dall'inizio nell'ambiente scientifico europeo.

Eulero non fu mai un genio incompreso.

Egli era anche stato compagno di studi di Daniele Bernoulli, figlio di Giovanni, che si sarebbe rivelato uno studioso di primo piano e che nel 1725 fu chiamato a S. Pietroburgo all'Accademia delle Scienze da poco costituita da Pietro il Grande e che cercava studiosi di valore da assumere.

Daniele si adoperò perchè anche Eulero venisse chiamato, sia pure per un posto di secondaria importanza.

Il nostro, dopo avere invano tentato di farsi assumere dall'Università di Basilea (nessuno, si sa, è profeta in patria) partì per S. Pietroburgo.

Non avrebbe mai più rivisto la Svizzera anche se ne conservò sempre la cittadinanza.

### 2.3 Il primo periodo di S. Pietroburgo (1727-1741)

Come già accennato S. Pietroburgo era una capitale nata dal nulla all'estuario del fiume Neva, nel golfo di Finlandia, per la ferrea volontà di Pietro il Grande, che voleva fare della Russia una potenza Europea e quindi dell'Europa voleva acquisire la cultura nel più breve tempo possibile e senza badare a spese.

La città, progettata e costruita prevalentemente da architetti italiani, con criteri urbanistici unitari e di largo respiro, si ispirava, nelle linee architettoniche alla grande architettura francese (Versailles) e austriaca (Vienna).



Chi tuttavia visita oggi i palazzi della città rimane stupito, nonostante le distruzioni del recente passato, davanti alla straordinaria ricchezza degli arredi, di gran lunga superiore a quella delle altre capitali europee.

In questa capitale sontuosa si formò gradatamente un ceto aristocratico colto o aspirante tale, che parlava prevalentemente francese, che si ispirava alle mode provenienti dall'Europa e che voleva fare della Russia una potenza sia militare che culturale.

Il nostro Eulero si trovò quindi ad operare in una Accademia di recente formazione, e in un ambiente che favoriva al massimo lo sviluppo delle Scienze, ricco di mezzi materiali, circondato da studiosi eminenti.

I Russi però non si aspettavano da lui solo studi teorici (che peraltro, nello spirito dei tempi, erano assai apprezzati) ma anche interventi pratici, nel campo della cartografia, delle costruzioni navali e anche dell'amministrazione.

Inoltre doveva occuparsi della formazione di nuovi scienziati russi.

Eulero può a buon diritto essere considerato uno dei padri fondatori della Scienza Russa.

Con l'eccezionale capacità di lavoro che lo contraddistinse per tutta la vita, svolse con zelo tutti questi compiti e ben presto divenne una delle figure più eminenti dell'Accademia.

Nel 1733 si sposò con una compatriota residente a S. Pietroburgo; ebbe ben tredici figli, di cui solo 5 sopravvissero all'infanzia. Uno di essi (Johann Albrect) divenne uno scienziato di notevole valore e, insieme ad altri allievi, lo assistette nel lavoro negli ultimi anni di vita, in cui fu afflitto da una cecità pressoché totale, senza tuttavia che la mole di lavoro da lui espletata diminuisse.

La vista fu sempre un grosso problema per lui: infatti per effetto di una malattia (o, forse, anche del superlavoro) nel 1738 perse la vista dell'occhio destro.

I vantaggi che la vita a S. Pietroburgo comportava erano però controbilanciati dall'insicurezza che l'instabilità politica instauratasi dopo la morte di Pietro I generava.

Tale instabilità si aggravò alla fine del regno dell'imperatrice Anna, in cui si scatenò una feroce repressione contro i cortigiani di lingua tedesca che dominavano a corte.

Eulero si rese conto che una tale atmosfera ostacolava gli studi, forse temette anche per la sua vita, e accettò l'invito del nuovo sovrano di Prussia Federico II a lavorare a Berlino, presso l'Accademia delle Scienze fondata da Leibniz e allora in corso di riorganizzazione.

A questo punto il destino del Nostro si incrocia con quello di una delle personalità più notevoli del secolo e con l'ambiente della cultura francese cui Federico era strettamente legato.

## 2.4 Il periodo Berlinese (1741-1766)

L'Accademia Berlinese era presieduta da Maupertuis, studioso di valore, che era diventato celebre per aver diretto una spedizione in Lapponia in cui vennero fatte misurazioni geodetiche che dimostrarono che la terra è "schiacciata ai poli" (è cioè un ellissoide di rotazione).

I rapporti fra i due furono subito buoni ed Eulero divenne, con la sua infaticabile attività, "l'alter ego" del Presidente.

Maupertuis era l'autore del cosiddetto "principio di minima azione" secondo il quale in natura ogni cambiamento avviene con il minimo dispendio possibile di "quantità di azione".

A tale principio, valido nel campo della meccanica sotto certe condizioni, Maupertuis, sincero credente come del resto Eulero, attribuiva anche un significato teologico e mistico, vedendo in esso il segno evidente della saggezza Divina. Tale "estensione" che era, sia pure con maggiore prudenza, condivisa da Eulero fu oggetto di una satira feroce da parte di Voltaire, che soggiornò a Berlino dal 1750 al 1754. (La satira è contenuta nel libello "Diatriba del Dottor Akakia, medico del Papa") e non risparmiò neanche il povero Eulero).

Non altrettanto cordiali furono i rapporti fra Federico II ed Eulero.

In realtà i due non erano fatti per intendersi: uomo di mondo, dalla battuta facile, scettico dichiarato, amante delle Arti e della Poesia il primo, riservato, sincero credente, estraneo al mondo delle lettere e dell'arte e a suo agio solo quando poteva esprimersi in termini matematici il secondo. Tuttavia Federico lo utilizzò in un'infinità di compiti, propri ed anche impropri (come l'organizzazione delle Lotterie, la manutenzione delle fontane del parco, le Assicurazioni e il sistema pensionistico).

D'altra parte un militarista come lui, impegnato in una serie di guerre, non poteva fare a meno di uno dei massimi esperti di balistica dell'epoca.

I rapporti si guastarono definitivamente quando Federico offrì a D'Alembert la presidenza dell'Accademia. D'Alembert rifiutò e anzi consigliò Federico di aumentare lo stipendio di Eulero.

Tuttavia quest'ultimo non fu mai nominato Presidente di diritto e aspettò le condizioni favorevoli e il permesso del re per tornare a S. Pietroburgo.

Del resto i contatti con l'Accademia russa non solo non si erano mai interrotti ma la stessa aveva continuato a versargli uno stipendio e a richiedere la sua opera.

Quando, durante la guerra "dei 7 anni" un esercito russo saccheggiò Berlino e la casa di Eulero, il Generale russo si affrettò ad indennizzarlo. Questo dà una idea del prestigio di cui gli Accademici godevano.

Nel frattempo era salita sul trono di Russia la grande Caterina II e la situazione politica del Paese si era stabilizzata.

Caterina, forse la più colta dei Sovrani dell'epoca e, sicuramente, la più generosa richiamò il Nostro a S. Pietroburgo

## 2.5 Il secondo periodo di S. Pietroburgo (1766-1783)

Eulero, ora la personalità più eminente e rispettata dell'Accademia, continuò con l'abituale alacrità il suo lavoro nonostante la quasi completa cecità.

Fu validamente coadiuvato dagli allievi e la sua produzione scientifica addirittura aumentò rispetto ai periodi precedenti (più di metà della produzione scientifica ufficiale appartiene all'ultimo periodo); in realtà si trattava prevalentemente di una sistematizzazione e di un riordino di annotazioni e ricerche accumulate nel corso di un'intera esistenza e non portate a compimento.

Morì nel modo migliore: per un colpo apoplettico, all'improvviso, mentre giocava con uno dei suoi innumerevoli nipoti.

Joseph De Maistre, filosofo della Restaurazione, che fu vent'anni dopo Ambasciatore del Piemonte a S. Pietroburgo, ed ebbe modo di parlare con chi aveva conosciuto Eulero di persona e di raccogliere di prima mano il ricordo che aveva lasciato di sé, scrisse nel suo libro di ricordi "Soirées de Saint Petersburg" il seguente giudizio che citiamo letteralmente:

*"Le plus original des mathématiciens du XVIII Siecle, autant qu'il m'est permis d'en juger, le plus fécond, et celui surtout dont les travaux tournèrent le plus au profit de l'homme (ce point ne doit jamais être oublié) par l'application qu'il ne fit à l'optique et à l'art nautique fut Léonard Euler, dont la tendre pitié fut connue par tout le monde..."*

## 2.6 Breve profilo cronologico delle principali opere e dei principali risultati scientifici di Eulero:

### 1726-40

Trattato di meccanica (Mechanica sive motus scientia analitice exposita).

Pubblicazioni sul Calore, sulle Corde vibranti, sulla musica, sulla teoria dei numeri.

Impostazione della teoria dei Grafi (Problema dei ponti di Koenigsberg).

Primo trattato di topologia (Solutio problematis ad geometriam situs pertinentis).

Primi trattati sulla navigazione e l'architettura navale, sulla cartografia.

### 1740-50

Inizio del calcolo delle variazioni, problema della brachistocrona, studi sulle linee elastiche. Instabilità di un'asta elastica compressa in forma rigorosa (Methodus inveniendi lineas curvas).

Studi di meccanica celeste, teoria dei 3 corpi, perturbazioni planetarie (Theoria motuum planetarum et cometarum).

Memorie di ottica su rifrazione e acromatismo.

Prima sintesi sul calcolo infinitesimale (introductio in analysin infinitorum).

Principi di balistica (numerossime pubblicazioni).

Prima stesura del trattato di Scienza Navale (Scientia navalis seu tractatus de costruendis ac dirigendis navibus).

### 1750-60

Corrispondenza con Lagrange sul Calcolo delle Variazioni.

Memorie sulla teoria dei numeri.

Trattati di topologia: Teorema di Eulero sui poliedri.

Trattato organico di Calcolo Differenziale (Institutiones calculi differentialis).

Obiettivi acromatici di Dollond (1756) fondati sugli studi di Eulero.

Trattato di meccanica dei fluidi (Principes generaux de l'etat d'équilibre des fluides).

Principi generali del movimento dei fluidi (principes generaux du mouvement des fluides).

Teoria relativa ad una turbina ad acqua.

Espressione del carico critico di un'asta elastica caricata di punta (1758).

Memoria sulla determinazione del profilo ottimale degli ingranaggi (De aptissima figura rotarum dentibus tribuenda).

## 1760-70

Trattato generale di meccanica dei corpi rigidi (Theoria motus corporum solidorum seu rigidorum).

Scritti divulgativi di Scienza Logica e Filosofia (Lettres a une Princesse d'Allemagne).

Memorie sul calcolo delle variazioni. Sviluppi dell'opera di Lagrange.

Trattato sistematico di calcolo integrale (Institutiones calculi integralis).

Memoria che definisce le direzioni principali di curvatura di una superficie (Recherches sur la courbure des surfaces).

## 1770-1783

Istituzione della Scuola di Meccanica Celeste di S. Pietroburgo .

Trattato sui moti lunari (Theoria motuum Lunae).

Trattato sistematico di ottica (Dioptrica).

Ultima edizione (abbreviata) della Scientia Navalis ad uso dei marinai.

## 2.7 Considerazioni Conclusive.

Nella Storia della Scienza Eulero occupa un posto fondamentale: è la figura più eminente fra quegli studiosi che partendo dalla meccanica del punto elaborata da Newton e Galileo ne hanno esteso il campo di applicazione al corpo rigido e ai fluidi mostrando la generalità dei principi fondamentali che era sfuggita allo stesso Newton.

Essi hanno inoltre perfezionato lo strumento dell'analisi infinitesimale, dandogli la forma e utilizzando le convenzioni che sono anche oggi utilizzate. Questa fase dello sviluppo scientifico porterà, un secolo dopo la pubblicazione dei "Principia" di Newton, alla Meccanica Analitica di Lagrange. Tuttavia è Eulero il principale artefice di questa trasformazione.

Eulero è inoltre l'autore di alcune scoperte di fondamentale importanza per lo sviluppo tecnologico come le lenti acromatiche e il fenomeno dell'instabilità elastica.

Come studioso fra i primi del comportamento elastico delle travi egli occupa un posto importante nella Storia della Scienza delle Costruzioni, che vedrà il massimo sviluppo nel secolo successivo; solo allora la portata pratica delle sue scoperte potrà essere riconosciuta.

Fu uomo dell'illuminismo per la sua fiducia nella ragione e nella sua espressione più astratta e cioè la matematica, pur rifiutandosi di sottoporre a critica la religione, ma anzi cercando di giustificarne razionalmente i dogmi.

Non fu quindi un radicale (un "esprit fort", secondo la terminologia del tempo) neanche sul piano filosofico e politico.

Noi sappiamo oggi che i procedimenti matematici descrivono con più precisione la realtà fisica se applicati alla meccanica celeste (dove vi sono poche variabili note di cui tenere conto). Fenomeni più complessi come quelli relativi al comportamento di una nave o di una struttura civile possono sì (in parte) essere descritti matematicamente ma i risultati ottenuti sono affetti da errori tanto più grandi quanto più numerose sono le variabili in gioco e meno noto il loro valore. Di qui gli scarsi risultati ottenuti nel campo della progettazione navale e il lento avvio delle applicazioni della Scienza delle Costruzioni.

Può sembrare strano a prima vista, ma la natura è assai più complessa in terra che in cielo.

Questo fatto sfuggì ai contemporanei di Eulero: le sue conclusioni, in tema di progettazione navale, altamente elogiate, non ebbero poi grande seguito.

Tuttavia queste considerazioni marginali non ne sminuiscono la grandezza: come già è stato detto, i difetti dei grandi uomini sono di solito dovuti ai tempi e sono perciò condivisi dai contemporanei, mentre le loro qualità e scoperte appartengono soltanto a loro.

## 2.8 Riferimenti Bibliografici

Leonhard Euler, Opera Omnia, Birkhauser, Basel.

(Si vedano in particolare le introduzioni ai vari capitoli e, particolarmente:

C.Truesdell, The Rational Mechanics 1638-1788).

Leonhard Euler 1707-1783, Beitrage zu leben und werk, gedekband des Kantons Basel-Stadt, Birkhauser Basel.

C Coulston Gillespie, Dictionary of Scientific Biography, Vol.III, Charles Scribners Sons, New York.

L Geymonat, Storia del Pensiero Filosofico e Scientifico Voll. 2 e 3, Garzanti, Milano 1971.

W.A.Durant, L'Età di Voltaire, Mondadori, Milano 1967.

W.A.Durant, Rousseau e la Rivoluzione, Mondadori, Milano 1967.

E.Benvenuto, La Scienza delle Costruzioni e il suo sviluppo storico, Sansoni, Firenze 1981.

Scienza e Tecnica dalle Origini al Novecento, annali dal 1700 al 1900, Vol.II, Mondadori, Milano, 1977.

Recueil des planches sur les Sciences et les Arts, Volumi delle tavole dell'Enciclopedia de Diderot et D'Alembert, 1760-72, Ristampa, Parigi 1965.

D'Alembert, Discours préliminaire, dal Vol.1 della stessa Enciclopedia, 1751.