Donne matematiche: storie di donne e di ἀλήθεια

Demetrio Ria
(Università del Salento)

Introduzione

La storia delle donne nella scienza ha assunto particolare interesse a partire dalla seconda metà del Novecento. Alcuni storici evidenziano questo periodo collegandolo alla rivoluzione sociale del ’68. In letteratura, poi, si trovano differenti modi di trattare la questione. Schematicamente possiamo affermare che c’è chi ne traccia la biografia trovando nella storia personale delle scienziate la matrice fondamentale del contributo che ci hanno lasciato; e chi individua il ruolo fondamentale dell’insegnamento e dell’educazione ricevuta o impartita come strumento di vera innovazione scientifica rendendolo strumentale al contributo scientifico. Sia l’una che l’altra via ci lascia però insoddisfatti. Il primo modo di intendere, ovvero le donne matematiche sono innovatrici in quanto vivono esperienze di vita particolari, se può apparire interessante da un punto di vista storico-filosofico per individuare le epistemologie implicite e gli *a priori* del secolo nel quale le matematiche hanno vissuto, è decisamente riduttivo rispetto al portato conoscitivo che esse hanno concretamente prodotto. Con un esempio, se parliamo di scienziati come Einstein, Hilbert, Gauss la dimensione biografica non copre il contributo innovativo, il valore di questi scienziati è determinato dai contributi prodotti. D’altra parte, la dedizione all’insegnamento soddisfa certamente gli studiosi della didattica della matematica e gli storici di questa disciplina, ma non offusca il valore e i contributi degli scienziati. Anche qui l’esempio al maschile potrebbe essere quello di Enriques, Hardy, Polya che pur impegnandosi attivamente nella didattica e nell’educazione matematica delle giovani generazioni non perdono il valore dei contributi in termini di scoperte matematiche e di ruolo nella comunità dei matematici. Quindi in questo contributo si tenterà di compiere due differenti

Storie di donne. Storia delle donne. Atti della giornata di studi (Lecce, 11 gennaio 2021)
● ISBN: 978-88-8305-190-6 ● DOI Code: 10.1285/i9788883051906p129

operazioni: da una parte si delineeranno biografie (per la verità presenti in molti altri studi) di alcune matematiche che possono essere intese come rappresentanti di una epoca e di una visione epistemologica della matematica e comunque totalmente inserite nel dibattito a loro contemporaneo; dall'altra si indicheranno i contributi particolarmente innovativi collocandoli nella storia del pensiero matematico dell'epoca.

Si comprende bene, che in conseguenza degli obiettivi del presente contributo non si potranno approfondire molte questioni, ma sceglieremo di esaminare alcune figure emblematiche che hanno vissuto tra Ottocento e la prima metà del Novecento.

In ragione di quanto abbiamo affermato sopra struttureremo l'intervento che segue in due parti. Nella prima parte tracceremo le strutture epistemologiche di riferimento dei due secoli in questione mettendo in rilievo le linee storiche fondamentali su cui si innestano i lavori delle scienziate. Nella seconda parte, attraverso una sagittale narrazione biografica di alcune matematiche, innesteremo i loro lavori matematici nel percorso storico-epistemologico tracciato in precedenza. Ovvero, tracceremo una sintesi storica delle principali scoperte prodotte tra Ottocento e primi nel che sono stati prodotti e le peculiarità pedagogico-educative che queste scienziate ci hanno lasciato. Il contributo terminerà con una riflessione sugli ostacoli incontrati dalle donne matematiche e la comparazione con quanto ancora oggi viene indicato come orientamento pedagogico attraverso l'istituzione dei percorsi STEM.

La cornice storica

Durante il XIX secolo si verificarono grandi cambiamenti politici e sociali, ma furono anche compiuti grandi progressi nella tecnologia, nella scienza, nei trasporti e nella medicina. La rivoluzione industriale ha cambiato il tessuto sociale ed economico. L'infrastrutturazione ferroviaria ha generato un cambiamento importante nel modo in cui le persone e le merci potevano essere mosse. Le moderne pratiche mediche hanno favorito un grande aumento della popolazione mondiale. Il percorso verso un uso diffuso dell'elettricità –iniziato proprio nel XIX secolo con il lavoro di Thomas Edison e Nikola Tesla – ha sviluppato l'uso delle macchine ed ha modificato le abitudini sociali.

Tutto questo fermento culturale, sociale ed economico ha influito anche nella ricerca matematica. Il ruolo "esoterico" assunto nel Seicento e nel Settecento si è via via trasformato attraverso il progressivo inserimento di corsi di matematica in tutte le grandi Università e, favoriti dall'aumento della possibilità di spostarsi, anche nella formazione di vere e proprie comunità scientifiche. I temi più approfonditi furono quelli dell'analisi, dell'algebra e della geometria[1]. L'atteggiamento con cui furono trattati fu abbastanza diverso da quello con cui si erano affrontati nei secoli precedenti. Fu durante questo secolo che si svilupparono le idee dell'algebra astratta, la teoria della probabilità, la teoria dei numeri e molte altre questioni che sono giunte (alcune ancora insolute) fino a noi. In questo secolo si definisce anche un modo di comunicare la conoscenza e le ricerche matematiche e cominciano a nascere le prime riviste di matematica.

La figura emblematica di quest'epoca è certamente Carl Friedrich Gauss[2], nato nel 1777 nella Germania centrale da una famiglia proletaria. Insieme ad Archimede e Newton è considerato il più grande matematico mai vissuto. I suoi contributi, tutti grandemente innovativi e trasformativi, riguardano la teoria dei numeri, l'analisi, la geometria e la statistica. È stato anche chiamato il "principe della matematica", perché considerava la matematica la "regina delle scienze", e la teoria dei numeri la "regina della matematica".

Al di là delle tante leggende e aneddoti che vengono tramandati su di lui, nel 1795, Gauss iniziò i suoi studi presso l'Università di Göttingen, ma non terminò; invece

[1] Tra le tante storie della matematica dell'età moderna segnaliamo: Kline, Morris. *Storia del pensiero matematico*. Einaudi, 1999; Aspray, William, and Philip Kitcher, eds. *History and philosophy of modern mathematics*. Vol. 11. U of Minnesota Press, 1988; Boncinelli, Edoardo, and Umberto Bottazzini. *La serva padrona. Fascino e potere della matematica*. Raffaello Cortina editore, 2000; Cogliati, Alberto. *Serva di due padroni: Saggi di Storia della Matematica in onore di Umberto Bottazzini*. EGEA spa, 2019; Bottazzini, Umberto. "XIX Secolo Da Gottinga a Gottinga (passando per Parigi e Berlino)." *Lettera Matematica Pristem* 100.1 (2017): 126-129.

[2] Gauss è stato una figura di transizione nell'evoluzione della matematica, e in particolare dell'algebra. Può essere considerato sia come il primo dei matematici moderni che come l'ultimo dei grandi classici. I suoi metodi erano moderni nello spirito, ma la sua scelta dei problemi era classica.

completò il dottorato presso l'Università di Helmstedt nel 1799. All'Università di Göttingen, Gauss incontrò un compagno di studi di nome Farkas Wolfgang Boylai, nato nel 1775 in Transilvania. Anche Boylai diventerà un famoso matematico e sarebbe rimasto amico di Gauss per tutta la vita. All'età di 21 anni, Gauss scrisse *Disquisitiones Arithmeticae*[3], un'opera che può essere considerata per la teoria dei numeri ciò che gli *Elementi* di *Euclide* sono per la geometria. Questo libro raccoglie il lavoro di matematici precedenti che in qualche modo si sono occupati di teoria dei numeri, come ad esempio Fermat e di Euler, in un lavoro organico. Tra i suoi tanti contributi Gauss mostrò anche come costruire un eptadecagono, un poligono regolare a 17 lati, usando una bussola e una retta, ma soprattutto diede avvio al modo con cui ancora oggi è usuale comunicare la matematica, ovvero organizzando il contributo con enunciati, teoremi, dimostrazioni, fornendo le prove per quei teoremi, ed infine eseguendo esempi.

Uno dei più importanti risultati di Gauss è la dimostrazione del teorema fondamentale dell'algebra che dimostra nella sua dissertazione di dottorato nel 1799. Egli afferma che ogni polinomio ha tante radici complesse quante sono il suo grado. In precedenza, anche Lagrange, Euler e Laplace si erano confrontati con questo problema senza però riuscire nell'intento. Gauss non soltanto nella sua dissertazione lo ha dimostrato, ma nel corso della sua vita ha prodotto anche altre due dimostrazioni per il medesimo teorema, una nel 1816 e l'altra nel 1849.

Gauss ha dato un grande contributo alla statistica. Nel 1801 predisse quando il pianeta nano Cerere[4] sarebbe riapparso nel suo percorso intorno al Sole, usando il "metodo dei minimi quadrati". Ha completato il suo studio su questo metodo nel 1809 sviluppando la famosa curva di distribuzione normale, a volte chiamata "curva gaussiana".

L'amico di Gauss, Farkas Wolfgang Boylai, cercò per molti anni di dimostrare il postulato delle parallele di Euclide, ma sfortunatamente non ci riuscì. Nel 1802 ebbe un figlio, Janos, che continuò a lavorare in questo campo. Janos Bolyai iniziò

---

[3] C.F. GAUSS, *Disquisitiones Arithmeticae auctore D. Carolo Friderico Gauss*. in commissis apud Gerh. Fleischer, jun., 1801; Groth, Paul, and Todd W. Bressi, eds. *Disquisitiones arithmeticae*. Yale University Press, 2017.

[4] Scoperto a gennaio del 1801 a Palermo dall'astronomo Piazza.

i suoi studi di matematica in tenera età a causa dell'influenza di suo padre e, come suo padre, sviluppò anche un vivo interesse per il postulato delle parallele di Euclide. Nel 1820, Janos ideò la geometria non euclidea e pubblicò il suo lavoro come appendice al libro di suo padre nel 1832. Janos disse poeticamente al padre che dal nulla aveva creato uno strano nuovo mondo[5].

Più tardi, Gauss scoprì che anche Nikolai Lobachevsky (allievo di uno dei suoi maestri) aveva sviluppato autonomamente la sua geometria non euclidea e l'aveva pubblicata nello stesso anno di Janos, il 1829. Nikolai Lobachevsky, nato nella Russia occidentale nel 1792, frequentò l'Università di Kazan fino al 1811, nel 1814 fu nominato professore e nel 1827 direttore. Pubblicò il suo lavoro nel 1829 nel diario della sua università, *Kazan Messenger* anche perché l'articolo era stato rifiutato dall'Accademia delle scienze di San Pietroburgo. In effetti, ci sono voluti decenni perché la geometria non euclidea fosse accettata come legittima, in parte a causa dell'oscurità delle pubblicazioni in cui apparivano entrambe le opere. Lobachevsky morì nel 1856.

Il più importante allievo diretto di Gauss fu Bernhard Riemann, che, come il suo maestro ha contribuito a molte aree della matematica tra cui geometria, algebra e analisi. Nacque ad Hannover, in Germania, nel 1826 mostrò presto abilità matematiche. Iniziò a studiare all'Università di Gottinga nel 1846 e inizialmente studiò teologia, ma in seguito passò alla matematica. Partì per l'Università di Berlino nel 1847, ma tornò all'Università di Gottinga nel 1849 per completare la sua tesi di dottorato sotto la guida di Gauss. Nel 1856, Riemann sviluppò una nuova geometria non euclidea chiamata geometria ellittica, che è la geometria su una sfera come la Terra[6].

---

[5] J. BOLYAI, *La science absolue de l'espace indépendante de la vérité ou de la fausseté de l'axiôme XI d'Euclide:(que l'on ne pourra jamais établir a priori). précédé d'une notice sur la vie et les travaux de W. et de J. Bolyai, par M. Fr. Schmidt*. Gauthier-Villars, 1868. Gray, Jeremy J. *János Bolyai, non-Euclidean geometry, and the nature of space*. Vol. 1. Burndy Library MIT Press, 2004. Forti, Angelo. *Intorno alla vita ed agli scritti di Wolfgang e Giovanni Bolyai di Bolya matematici ungheresi*. Vol. 1. Typ. della Scienze Maz. e Fisiche, 1868.

[6] È interessante notare che nel libro di J. VERNE del 1873, *Il giro del mondo in ottanta giorni*, il personaggio di Verne, Phileas Fogg, scommette di poter circumnavigare il mondo in non più di 80 giorni. Tuttavia, l'intero viaggio si svolge sopra l'equatore mentre Fogg viaggia da Londra attraverso l'Europa verso Egitto, India, Singapore, Cina, Giappone, Stati

Nel 1859, Riemann ideò una congettura chiamata “ipotesi di Riemann”[7], che afferma che gli zeri non banali sulla parte reale di un certo tipo di funzione chiamata “funzione zeta di Riemann”[8] hanno un valore di 1/2. L'implicazione dell'ipotesi di Riemann coinvolge la distribuzione dei numeri primi e ha avuto un enorme impatto sulla teoria dei numeri. In effetti, molti altri teoremi dipendono dall'ipotesi di Riemann. Poiché si è riusciti a dimostrare l'ultimo teorema di Fermat nel 1995, possiamo ora considerare la dimostrazione dell'ipotesi di Riemann come il nuovo "Santo Graal" della matematica.

Riemann era solito trascorrere alcuni periodi dell’anno in Italia anche per ragioni di salute, purtroppo nel 1866 vi morì di tubercolosi, prima del suo quarantesimo compleanno. La sua governante ha trovato molti dei suoi documenti inediti infatti Riemann preferiva non pubblicare lavori parziali o incompiuti e quei documenti sono ancora oggi un prezioso archivio per molti studiosi[9].

Completando il quadro per pervenire alla definizione di quelli che potrebbero essere definiti a priori dell’epoca d’oro della matematica arriviamo ad Augustus Louis Cauchy[10]. Cauchy ha contribuito allo sviluppo dell'analisi e ha introdotto l'idea di “limite” e di “continuità” nel calcolo. Contribuì alla prospettiva che l'“integrale” potesse essere definito dal limite delle regioni sotto una curva e usò la definizione del limite che oggi è familiare nel calcolo elementare per la derivata, insieme all'uso della notazione di Lagrange. Cauchy nacque a Parigi nel 1789 e la sua famiglia, sostenitori della monarchia, fuggì da Parigi durante la Rivoluzione francese per

---

Uniti, Irlanda e ritorno a Londra. Poiché Fogg non ha superato un grande cerchio, tecnicamente non ha circumnavigato il mondo. Se si fosse spinto un po' più a sud di Singapore, avrebbe completato un grande cerchio. Se questo è poco chiaro si può immaginare Fogg che cammina intorno al Polo Nord e afferma di aver circumnavigato il mondo. Continuate ad aumentare il raggio dal Polo Nord e si può vedere che solo dopo aver raggiunto l'equatore ci sarebbe una vera circumnavigazione.

[7] B. RIEMANN, *Sulle ipotesi che stanno alla base della geometria: e altri scritti scientifici e filosofici*. Bollati Boringhieri, 1994. Plazzi, Piero, and GIORGIO T. BAGNI. "La funzione ζ e la congettura di Riemann." *Periodico di Matematiche* 7.1 (1995): 1-32.

[8] Su questo interessante tema ha lavorato anche il nostro Renato Caccioppoli ("Sui teoremi d'esistenza di Riemann." *Annali della Scuola Normale Superiore di Pisa-Classe di Scienze* 7.2 (1938): 177-187.).

[9] D. LAUGWITZ, *Bernhard Riemann 1826-1866: Turning points in the conception of mathematics*. Springer Science & Business Media, 2008.

[10] B. BELHOSTE, *Augustin-Louis Cauchy: A Biography*. Springer Science & Business Media, 2012.

evitare rappresaglie. Cauchy divenne ingegnere nel 1810, ma divenne professore di matematica nel 1815 all'École Polytechnique di Parigi.

L'École Polytechnique di Parigi ha assunto un ruolo fondamentale nella storia della matematica dell'Ottocento. Un allievo di questa scuola è una delle più affascinanti figure di genio e sregolatezza: Évariste Galois[11]. Ha vissuto una vita molto breve e assieme ad un suo amico e collega, Niels Abel[12], hanno lavorato alla "teoria dei gruppi". Galois ha svolto i primi lavori in algebra astratta ed è stato all'inizio nell'usare il termine "gruppo". Ha sviluppato quella che oggi viene chiamata "teoria di Galois" in algebra astratta. Questo tema non lo approfondiremo, ci porterebbe distanti dall'obiettivo, ma è importante notare che l'École Polytechnique era considerata la migliore università francese per la matematica mentre l'École Normale, era orientata alla preparazione degli insegnanti e non era prestigiosa come l'École Polytechnique. Nonostante questo rapporto, al contrario di quanto ci si potrebbe aspettare nel XX secolo l'École Normale ha prodotto molti destinatari della prestigiosa Medaglia Fields in matematica (proprio sui temi e in scia alla nostra disamina si collocano i lavori di Alain Connes sulla "geometria non commutativa"[13]).

Torniamo allo sviluppo della statistica, forse il più utilizzato contributo della matematica ottocentesca in tanti campi. Qualche passaggio indietro abbiamo discusso l'uso da parte di Gauss del metodo dei minimi quadrati, che in seguito sarebbe stato applicato non solo a fenomeni naturali come il movimento dei corpi celesti, ma anche alle scienze sociali. Ricordiamo che Gauss aveva lavorato con la curva normale, a volte chiamata curva gaussiana, che divenne molto influente nel successivo lavoro statistico. Le statistiche si sono sviluppate sulla base della teoria della probabilità, che era progredita negli ultimi secoli.

Francis Galton, lontano cugino di Charles Darwin, nacque nel 1822 a Birmingham, in Inghilterra, e morì nel 1911. Studiò medicina e matematica all'Università di Cambridge, ma dopo la morte del padre, aveva abbastanza denaro per smettere di

---

[11] L. TOTI RIGATELLI, *Evariste Galois 1811–1832*. Vol. 11. Birkhäuser, 2012.
[12] G. CHÈZE, "Abel and Galois cannot share a cake in a simple and equitable way." (2018) https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01953971.
[13] A. CONNES, "Non-commutative geometry." *Nonperturbative quantum field theory*. Springer, Boston, MA, 1988. 33-69.

fare il medico e dedicarsi totalmente alla sua passione per i viaggi. Galton è noto per aver viaggiato molto in Europa, Africa e Medio Oriente e per aver scritto una guida per esploratori chiamata *The Art of Travel*[14]. Oltre alle sue esplorazioni globali, ha lavorato in molti campi diversi, tra cui biologia, psicologia e meteorologia. Tuttavia, per i nostri scopi qui, è meglio conosciuto per il suo lavoro in statistica. Galton ha sviluppato l'uso dei sondaggi utilizzando questionari e ha applicato il suo lavoro in statistica ai test di intelligenza. Ha sviluppato il concetto di "correlazione statistica", che misura la relazione tra due variabili[15]. Ovvero ci ha fatto comprendere che quando cerchiamo di stabilire la relazione tra i risultati in matematica e gli atteggiamenti verso la disciplina, solitamente raccogliamo dati per determinare la relazione quantitativa tra le due variabili. Galton ci dice che è importante non interpretare "necessariamente" la correlazione con la causalità. Una variabile potrebbe causare l'altra o entrambe potrebbero essere causate da una terza variabile confondente. Forse risultati migliori in matematica portano a atteggiamenti migliori, o forse atteggiamenti migliori portano a risultati migliori in matematica. O forse ancora c'è una terza variabile che non abbiamo considerato e che invece gioca un ruolo.

Karl Pearson è considerato uno dei fondatori della statistica moderna. Nato a Londra nel 1857 e morto nel 1936, ha migliorato il lavoro di correlazione di Galton e ha definito il coefficiente di Pearson[16] che misura la correlazione. Pearson ha studiato matematica all'Università di Cambridge e ha svolto un lavoro di specializzazione in fisica presso l'Università di Heidelberg in Germania. Ha continuato a ricoprire incarichi in diverse università nel corso della sua carriera. Pearson ha lavorato con la misura della diffusione dei dati e ne ha dato anche il

[14] F. GALTON, *The art of travel; or, shifts and contrivances available in wild countries*. Murray, 1872.
[15] S. STIGLER. "Darwin, Galton and the statistical enlightenment." *Journal of the Royal Statistical Society: Series A (Statistics in Society)* 173.3 (2010): 469-82.
[16] J. BENESTY, et al. "Pearson correlation coefficient." *Noise reduction in speech processing*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2009. 1-4. Pearson, Karl. "Notes on the history of correlation." *Biometrika* 13.1 (1920): 25-45. Blyth, Stephen. "Karl Pearson and the correlation curve." *International Statistical Review/Revue Internationale de Statistique* (1994): 393-403.

termine con cui noi oggi la conosciamo: "deviazione standard"[17]. Gauss aveva precedentemente chiamato questo stesso fattore “errore medio”. Un esempio dell'uso della deviazione standard allo scopo di chiarire il suo uso anche in campo pedagogico potrebbe essere il seguente: consideriamo due classi che sottoposte ad un test raggiungano entrambe un punteggio medio di 70/100. Possiamo concludere che le classi sono identiche. Tuttavia, a un esame più attento, possiamo renderci conto che sono in realtà abbastanza diverse poiché in una classe, la maggior parte degli studenti può avere raggiunto punteggi centrati intorno a 70/100, mentre nell'altra classe, metà degli studenti può avere punteggi intorno a 100/100 e l'altra metà ha punteggi intorno a 50/100. Il primo gruppo avrebbe una deviazione standard inferiore rispetto al secondo gruppo.

Pearson ha contribuito anche allo sviluppo di test per statistiche inferenziali, elaborando i valori *p* (probabilità del risultato) e del χ^2 (chi quadrato)[18]. Un test statistico inferenziale cerca la probabilità di un risultato, e se la probabilità che il risultato si verifichi solo per caso è troppo piccola, concludiamo che il risultato descrive meglio la situazione. Utilizzando lo stesso esempio di prima avremo che se la media della classe per un gruppo è di 96 e la media per l'altro gruppo è 68, potremmo voler sapere se questa è una differenza statistica reale. Se calcoliamo la probabilità che questa differenza si sia verificata solo per caso, e troviamo che la probabilità è sufficientemente piccola, ad esempio 1%, concludiamo che esiste una differenza statistica reale tra le due classi.

Alla luce di questa analisi storica possiamo affermare che l’Ottocento è stato un secolo in cui i matematici credevano nella possibilità di spiegare con linguaggio formale e dimostrazioni logiche ogni espressione dell’uomo e della natura. Gauss riteneva che il numero ed in generale la teoria dei numeri fosse il fondamento della

---

[17] K. PEARSON, "On a new method of determining correlation between a measured character a, and a character b, of which only the percentage of cases wherein b exceeds (or falls short of) a given intensity is recorded for each grade of a." *Biometrika* 7.1/2 (1909): 96-105.

[18] K. PEARSON,"On the probability that two independent distributions of frequency are really samples from the same population." *Biometrika* 8.1/2 (1911): 250-254. Turhan, Nihan Sölpük. "Karl Pearson's Chi-Square Tests." *Educational Research and Reviews* 16.9 (2020): 575-80. Dale, Andrew I. *A history of inverse probability: From Thomas Bayes to Karl Pearson*. Springer Science & Business Media, 2012.

matematica così che essa fosse “lingua” e “pensiero”. Il calcolo non ne costituiva più il fondamento, bensì la logica interna e la capacità di dimostrare la coerenza e la completezza divenne l’obiettivo principale di tutti gli sforzi in questo campo di studi. Tutto questo sforzo compiuto da questi e molti altri studiosi qui non considerati si tramutò all’inizio del novecento nella “teoria assiomatica della matematica” e nella capacità dei matematici di “costruire geometrie” e, come affermò Janos Bolyai, “costruire nuovi mondi”. Nella prima metà del Novecento queste idee furono messe in crisi[19].

Di seguito, esamineremo le vite e i contributi di tre matematiche del XIX secolo. La prima matematica fu una corrispondente di Gauss di nome Sophie Germain, nata a Parigi nel 1776. La seconda la scrittrice Ada Byron Lovelace, nata a Londra nel 1815, figlia di Lord Byron ed infine, parleremo di Sofia Kovalevskaya, nata nel 1850 a Mosca.

Biografie

Sophie Germain

Sophie Germain nacque a Parigi da ricchi genitori il 1° aprile 1776[20]. All'età di 13 anni, con l'inizio della Rivoluzione francese, iniziò a trascorrere molto tempo nella ricca biblioteca di suo padre, dove trovò una biografia di Archimede e fu turbata dallo scoprire che il grande genio siracusano venne ucciso da un soldato romano. Quel racconto la ispirò a studiare matematica, una scelta ferocemente contrastata dai suoi genitori, che per ostacolare questa sua inclinazione arrivarono anche a rimuovere l'illuminazione e il riscaldamento dalla sua camera da letto e una volta che andava a letto le confiscavano i vestiti per impedirgli di uscire dalla sua stanza. Per nulla scoraggiata, Sophie si avvolgeva in trapunte e alla luce di candele si nascondeva nella biblioteca e studiava matematica la notte. Alla fine i suoi genitori

---

[19] J. BOLYAI, C.F. GAUSS, and N. I. LOBACHEVSKY, "Discovery of Non-Euclidean Geometry." (2013). J. BOLYAI, *The Science Absolute of Space*... Vol. 4. The Neomon, 1896. Bolyai, János. "János Bolyai." *Roumanian Scientists Volume 2: Savanți Români*: 74.

[20] CC GILLISPIE (a cura di), *Dictionary of Scientific Biography*, (14 voll. + Supplemento), New York, Charles Scribner's Sons, 1970-1979, v. 5, pp. 375-6; Eric Temple Bell, *Men of Mathematics*, Simon & Schuster, New York, 1937, cap. 14.

vedendo l’ostinazione ammisero la sconfitta e le diedero libero accesso alla biblioteca ed anche ai libri di matematica.

Nel 1794 nacque a Parigi l'École Polytechnique e Sophie pur non potendo partecipare direttamente ai corsi di matematica riuscì a raccogliere gli appunti delle lezioni di alcuni corsi tenuti da Lagrange. Sophie, con uno stratagemma fece pervenire un documento sull’analisi a Lagrange utilizzando il nome di M. le Blanc. Lagrange rimase profondamente colpito da quel documento e, quando scoprì l'identità del suo autore, andò a casa sua e la lodò come una giovane promettente analista. Lagrange diventò il suo sponsor e consigliere matematico.

Nel 1801, come abbiamo detto sopra, Gauss pubblicò la sua opera *Disquisitiones Arithmeticae*, e Sophie la studiò molto accuratamente. Nel 1804 iniziò a corrispondere con Gauss, che ammirava l'abilità matematica del suo corrispondente M. le Blanc. Le vicende storiche porteranno le truppe napoleoniche nel 1807 nei pressi di Brunswick, la città dove viveva Gauss. Ricordando il destino di Archimede, Sophie si preoccupò per la sicurezza di Gauss e intercedette a suo favore presso il generale francese locale, che, per puro caso era un amico di famiglia. Il generale alla richiesta della giovane donna mandò alcuni soldati ad accertarsi della situazione di Gauss, ma Gauss fu confuso quando gli dissero che M.lle. Germain era preoccupata, dal momento che la conosceva solo come M. le Blanc. Quando comprese cosa era successo, scrisse una lettera straordinaria alla sua protettrice:

> Come descriverle la mia ammirazione e stupore nel vedere il mio stimato corrispondente M. le Blanc trasformarsi in questo illustre personaggio, che dà un così brillante esempio di quello che troverei difficile da credere. Il gusto per le scienze astratte in generale e soprattutto per i misteri dei numeri è eccessivamente raro; ci si stupisce; il fascino incantevole di questa scienza sublime si rivela solo a chi ha il coraggio di andare profondamente in essa. Ma quando una persona del sesso, che, secondo le nostre abitudini e pregiudizi, deve incontrare infinitamente più difficoltà, rispetto agli uomini, di familiarizzare sé stessa con le ricerche spinose, riesce comunque a sormontare questi ostacoli e penetrare il più oscure parti di esse, quindi senza dubbio deve avere il coraggio più nobile, talenti del tutto straordinari e un genio

> superiore. Così lusinghiero e maniera meno equivoca che le attrazioni di questa scienza, che ha arricchito la mia vita con tante gioie, non sono chimere, come la predilezione con cui avete onorato esso [...]. Brunswick, 30 aprile 1807, il mio compleanno[21].

Sophie ha continuato a lavorare sulla teoria dei numeri, e quando Legendre ha pubblicato la seconda edizione del suo lavoro sulla teoria dei numeri ha incluso molte delle sue scoperte. Nel 1808 il fisico Chladni dimostrò a Parigi le vibrazioni delle lastre, un argomento ben oltre la gamma della matematica esistente. L'Accademia delle scienze francese offrì un premio nel 1811 per un saggio sulle superfici elastiche, compreso il confronto con i risultati sperimentali (soprattutto quelli di Chladni). Sophie presentò un saggio sulla base del quale Lagrange poté costruire l'equazione differenziale parziale di 4° ordine per la vibrazione di una piastra elastica piana uniforme. Il premio non fu assegnato, ma ne vennero banditi altri. Al secondo concorso nel 1813, la nuova proposta di Sophie ricevette una menzione d'onore. Al terzo concorso, che si tenne nel 1816, la sua formulazione dell'equazione differenziale parziale per la vibrazione di una piastra elastica curva uniforme le valse il premio, sebbene seguirono a tale riconoscimento molte critiche. Sophie fu accolta nel gruppo di brillanti matematici francesi, tra cui Cauchy, Ampére, Legendre, Fourier, Poisson e Navier.

Gli studi matematici sulle lastre furono ancora sviluppati da Sophie per affrontare le vibrazioni delle lastre elastiche curve non uniformi. Ha anche studiato chimica, fisica, geografia e storia e ha pubblicato 2 volumi di opere filosofiche. Gauss convinse l'Università di Göttingen a conferire a Sophie un dottorato onorario, ma Sophie non riuscì ad averlo perché morì di cancro il 26 giugno 1831. Nel 1889, l'ingegnere francese Eiffel costruì la famosa torre come una dimostrazione dei trionfi dell'ingegneria moderna, in cui la teoria matematica dell'elasticità, a cui Sophie aveva dato particolari ed importantissimi contributi, svolgeva un ruolo essenziale e decise di celebrare i contributi di 72 *savant* iscrivendo i loro nomi sulla torre ma quell'elenco non includeva il nome di Sophie Germain.

[21] E. TEMPLE BELL, *Men of Mathematics*, New York, Simon & Schuster, 1937, p. 262.

Augusta Ada Byron, contessa di Lovelace

Il 2 gennaio 1815, il poeta Lord Byron sposò Anna Isabella Milbanke, un'ereditiera radicalmente pia e virtuosa, istruita in matematica e astronomia, e chiamata da Byron la sua "Principessa dei parallelogrammi". La loro figlia Augusta Ada nacque il 10 dicembre 1815[22]. Il 15 gennaio 1816, Lady Byron si separò dal marito e lo scandalo che ne seguì portò presto Byron fuori dalla Gran Bretagna. Lady Byron si trasformò in un'aristocratica mostruosità morale, coltivando assiduamente la sua reputazione di santità mentre lasciava una scia di vite distrutte sulla sua strada. Ada è stata tiranneggiata dalla sua terribile madre, ma fu educata dai migliori istitutori. La sua salute era precaria e all'età di 14 anni le sue gambe si paralizzarono e per alcuni anni fu costretta ad utilizzare le stampelle e poi un bastone da passeggio.

Nel 1833 Ada (allora 17enne) incontrò Charles Babbage (allora 41 anni), e rimase molto colpita dalle sue idee scientifiche. Babbage dimostrò il suo piccolo *Difference Engine* ad Ada e sua madre, raccontando loro le sue idee per generalizzarlo a un *Analytical Engine* (o come diremmo oggi un computer generico). Ada era già convinta che sarebbe diventata una famosa scienziata, un'ambizione straordinaria per qualsiasi donna in quel momento. Quando Ada aveva 19 anni, incontrò e sposò l'On. William King, Conte di Lovelace. Era un uomo amabile, ma debole, orgoglioso dell'intelletto di sua moglie, ma dominato completamente da sua madre. La nascita di 3 bambini in rapida successione ha fatto temere ad Ada di non riuscire ad avere più il tempo per continuare i suoi studi scientifici. Quando il suo terzo figlio aveva pochi mesi scrisse a Babbage chiedendogli di aiutarla a trovare un uomo per addestrare la sua mente scientifica. Alla fine Babbage la accettò come sua discepola e divenne un intimo amico di famiglia.

Nel 1842 l'ingegnere militare italiano Menabrea pubblicò (in francese) un rapporto sulle idee di Babbage riguardo alla sua proposta di macchina analitica. Babbage ha scritto nelle sue memorie[23], p. 136), che suggerì ad Ada di aggiungere alcune note

[22] D. LANGLEY MOORE*, Ada Countess of Lovelace. Byron's Legitimate Daughter*, Londra, John Murray, 1977.

[23] C. BABBAGE, *Passages in the Life of a Philosopher*, Londra, Longmans Green, 1864.

alle memorie di Menabrea, e quando le ricevette si accorse che gli appunti della contessa di Lovelace erano quasi tre volte la lunghezza del libro di memorie originale. Ma il fatto notevole era che queste due memorie prese insieme forniscono, a coloro che sono in grado di comprendere il ragionamento, una dimostrazione completa del fatto che tutti gli sviluppi e le operazioni di analisi possono essere eseguiti da macchinari.

La salute di Ada, all'età di 27 anni peggiorò notevolmente, nel 1851 i suoi medici scoprirono che era in uno stadio avanzato di cancro e nel gennaio 1852 le venivano somministrati oppiacei per ridurre il dolore. Sua madre, considerava il dolore un'espressione della volontà di Dio. Dopo molti mesi orribili, Ada morì molto pacificamente il 23 novembre 1852, all'età di 36 anni.

Babbage ha tentato di pubblicare un libro di memorie di Ada, ma non riuscì e morì nel 1871, amareggiato per la sua incapacità di costruire il suo motore analitico. Il libro di memorie di Ada fu ristampato in un libro[24] sui motori di Babbage nel 1889, ma da allora in poi sia Babbage che Ada furono quasi completamente dimenticati fino a quando i computer non furono reinventati durante la seconda guerra mondiale. Centouno anni dopo la morte di Ada fu ristampato il documento del 1843 e questa volta le pubblicazioni hanno portato alla sua attuale fama di patrona della programmazione per computer.

Sofya Kovalevskaya

La maggior parte delle prime donne matematiche proveniva da una classe sociale benestante se non aristocratica. Solo queste persone possono permettersi sia di sfidare le convenzioni che di passare la maggior parte del loro tempo a perseguire i propri interessi. Tuttavia, il semplice fatto di avere un reddito indipendente non era di per sé sufficiente per attrarre una giovane donna nella carriera scientifica. Nella maggior parte dei casi erano presenti anche contatti con circoli intellettuali. Ad

[24] H.P. BABBAGE, (1889). *Babbage's Calculating Engines*, E. & F.N. Spoon, Londra. Ristampa Cambridge University Press, 2010. J. Fuegi and Jo Francis. "Lovelace & Babbage and the creation of the 1843'notes'." *IEEE Annals of the History of Computing* 25.4 (2003): 16-26.

esempio Ipazia era la figlia di un illustre studioso, e il padre di Maria Gaetana Agnesi[25] la incoraggiava assumendo tutori per istruirla nelle lingue classiche. Come abbiamo visto Sophie Germain e Ada Byron appartenevano ad una classe sociale elevata e avevano importanti frequentazioni con illustri studiosi del tempo.

Nel caso di Sofỳa, l'impulso a studiare matematica e scienze si fondeva con la sua partecipazione ai movimenti politici e sociali radicali del suo tempo, che guardavano alla scienza come motore del progresso materiale e miravano a stabilire una società conforme agli ideali della democrazia e del socialismo.

Sofỳa Vasilèvna Kryukovskaya nacque a Mosca il 15 gennaio 1850, il padre era un ufficiale dell'esercito. Da bambina guardò con ammirazione alla sorella maggiore Anna (1843-1887) e seguì l'esempio di Anna verso un radicale attivismo politico e sociale. Secondo il suo tutor polacco, ha mostrato talento per la matematica quando era ancora nella sua prima adolescenza. Ha anche mostrato grande simpatia per la causa dell'indipendenza polacca durante la ribellione del 1863, che fu schiacciata nel sangue dalle truppe dello zar. Quando aveva 15 anni aveva inventato da sola i rudimenti della trigonometria per leggere un libro sull'ottica. Le fu permesso di studiare fino all'inizio del calcolo con un tutor privato a San Pietroburgo, ma l'immatricolazione in un'università russa non sembrava essere un'opzione praticabile. Pensando che l'Europa occidentale fosse più illuminata a questo riguardo, seguì la scia di molte giovani donne russe che per viaggiare all'estero scappavano o organizzavano matrimoni di convenienza. Nel caso di Sofỳa il matrimonio avvenne con un giovane editore radicale di nome Vladimir Onufrevich Kovalevskii (1842-1883). Si sposarono nel 1869 e subito dopo partirono per Vienna e Heidelberg, dove Sofỳa studiò scienze e matematica per un anno senza essere autorizzata a iscriversi all'università. Poi si trasferì a Berlino con le raccomandazioni dei suoi professori di Heidelberg per incontrare l'uomo che avrà su di lei una grande influenza: Karl Friedrich Weierstrass. Anche a Berlino

[25] M.G.AGNESI, *Instituzioni analitiche ad uso della gioventú italiana*. Vol. 1. Nella Regia-ducal corte, 1748. M. MAZZOTTI, *The world of Maria Gaetana Agnesi, mathematician of god*, JHU Press, 2007, vol. 2.

l'università non l'avrebbe accettata come studentessa regolare, ma Weierstrass accettò di farle da tutore in privato.

Sebbene i successivi quattro anni siano stati estremamente stressanti per una serie di motivi personali, i suoi incontri regolari con Weierstrass hanno portato la sua conoscenza dell'analisi matematica al livello dei migliori studenti del mondo (proprio quelli che frequentano le lezioni di Weierstrass. Nel 1874, Weierstrass pensava di aver svolto un lavoro più che adeguato al raggiungimento della laurea e propose tre articoli come possibili dissertazioni. Poiché Berlino non avrebbe conferito la laurea, scrisse all'Università di Gottinga e chiese che la laurea fosse concessa in contumacia. Raggiunse l'obiettivo e Sofỳa con la sua tesi scrisse un classico lavoro sulle equazioni differenziali, pubblicato l'anno successivo alla sua laurea nel *Journal für die reine und angewandte Mathematik.*

I successivi otto anni possono essere descritti come il vagabondaggio di Kovalevskaya nel deserto intellettuale. Lei e Vladimir, entrambi addottorati, tornarono in Russia, ma nessuno dei due trovò una posizione accademica adeguata ai loro talenti. Così decisero di investire nel settore immobiliare, nella speranza di ottenere la tranquillità economica per perseguire i loro interessi scientifici. Durante questo periodo, Sofỳa diede alla luce una figlia, Sofỳa Vladimirovna (1878–1951). Purtroppo il tentativo fallì e furono costretti a dichiarare bancarotta e vittima di questa situazione anche la famiglia si sgretolò e Sofỳa dopo un lungo periodo di depressione riprese i contatti con Weierstrass nel tentativo di colmare il tempo perso e le lacune nel suo curriculum. Weierstrass fece in modo di farla chiamare nella neonata Università di Stoccolma, prima come Privatdozent, e dopo un anno venne assunta.

A metà degli anni '80 del XIX secolo, Kovalevskaya fece una seconda scoperta matematica di profonda importanza. Era il periodo in cui si stava sviluppando la fisica matematica e per descrivere casi anche semplici e idealizzati di leggi fisiche occorreva risolvere complicate equazioni differenziali. Ciò rappresentava un ostacolo allo studio di molte questioni fisiche. L'ostacolo era composto di due parti: in primo luogo, le equazioni dovevano essere ridotte a un insieme di integrali calcolabili; in secondo luogo, spesso non era possibile risolvere il sistema di integrali con solo metodi algebrici. Ad esempio per le equazioni del problema dei tre corpi è impossibile trovare un sistema di integrali utilizzando solo metodi algebrici. Quando ciò è possibile diventa impossibile usare solo funzioni elementari[26].

Ai giorni di Kovalevskaya erano noti solo due casi speciali in cui una tale riduzione era possibile, e gli integrali in entrambi i casi erano integrali ellittici. Solo nel caso di corpi che soddisfacevano simultaneamente le ipotesi di entrambi questi casi gli integrali erano elementari. Con Weierstrass, tuttavia, Kovalevskaya aveva studiato non solo integrali ellittici, ma integrali di funzioni algebriche completamente arbitrarie. Tali integrali erano conosciuti come integrali abeliani. Non era scoraggiata dalla prospettiva di lavorare con tali integrali, poiché sapeva che il segreto per addomesticarli era usare le funzioni note come funzioni theta, che erano state introdotte in precedenza da Abel e dal suo rivale nella creazione della teoria della funzione ellittica, Jacobi. Tutto quello che doveva fare era ridurre le equazioni del moto a integrali; lei era in grado di affrontare la sfida. Sfortunatamente, scopre che l'insieme completamente generale di tali equazioni non può essere ridotto a integrali. Ma Kovalevskaya ha trovato un nuovo caso, molto meno simmetrico rispetto ai casi già noti (dovuti a Eulero e Lagrange), in cui questa riduzione era possibile. I cambiamenti algebrici di variabile con cui ha effettuato questa riduzione sono piuttosto impressionanti, distribuiti su circa 16 pagine di uno degli articoli decisivi sul tema. Ancora più impressionante è l'argomento di 80 pagine che segue per valutare questi integrali, che risultano essere iperellittici, coinvolgendo la radice quadrata di un polinomio di quinto grado. Questo lavoro ha così impressionato i principali matematici di Parigi che hanno deciso che era giunto il momento di proporre un concorso per il lavoro in questo settore. Quando il concorso si tenne nel 1888, Kovalevskaya presentò un documento e ottenne il premio. Aveva finalmente raggiunto l'apice della sua professione ed è stata premiata con una posizione di ruolo a Stoccolma. Purtroppo, non sarebbe rimasta a lungo in quella

[26] Ad esempio, l'equazione del movimento del pendolo può essere ridotta a un integrale, ma quell'integrale coinvolge la radice quadrata di un polinomio cubico o quartico; è noto come integrale ellittico. Questo è il caso del fenomeno studiato da Kovalevskaya , il moto di un corpo rigido attorno a un punto fisso. Le sei equazioni del moto per un corpo rigido in generale non possono essere ridotte a integrali usando solo trasformazioni algebriche.

posizione elevata perché nel gennaio 1891 contrasse la polmonite mentre tornava a Stoccolma da una vacanza invernale in Italia e morì il 10 febbraio.

Conclusioni

Alla luce di quanto detto sopra, cerchiamo di fare il punto su quelli che nella recente letteratura specialistica vengono identificati come ostacoli alla considerazione del ruolo delle donne nella ricerca matematica. Esaminando rapidamente e sagittalmente la letteratura a partire dagli anni ’70 del Novecento si possono individuare le seguenti tipologie di ostacoli:

1. *Discriminazione istituzionalizzata.*

La società ha impiegato molto tempo per rendersi conto che le istituzioni maschili che ricevevano sovvenzioni statali discriminavano le donne. Ironia della sorte, l'esistenza di college femminili, che era sorta in parte in risposta a questa discriminazione, è stata talvolta citata come prova che i college maschili non erano discriminatori. Se le opportunità e le strutture dei college femminili fossero state uguali a quelle dei college maschili, quest'argomento avrebbe avuto valore; ma di fatto non lo erano. La discriminazione è andata oltre il corpo studentesco; semmai era anche peggio tra i docenti. Fino agli anni '70 la maggior parte delle università e molte aziende avevano regole di "antinepotismo" che proibivano l'assunzione di marito e moglie. Poiché le donne matematiche spesso sposavano uomini che erano matematici, il matrimonio divenne un serio impedimento alla carriera, indipendentemente dal fatto che il marito sostenesse o meno l’ambizione della moglie. Persino Karen Uhlenbeck (nata nel 1942), una delle matematiche più attive del nostro secolo, all’inizio della sua carriera incontrò questo tipo di discriminazione tanto che lei lo ricorda in alcune interviste.

Abbiamo visto che nel XIX secolo, le scienziate non erano autorizzate a partecipare alle riunioni dell'Accademia delle scienze a Parigi e neppure (per convenzione sociale) ad entrare nei caffè. Questi erano i due luoghi in cui le migliori menti scientifiche dell'epoca si riunivano per conversare. La marchesa du Chatelet sfidò le convenzioni e andò comunque nei caffè, vestita da uomo. Alle donne non era permesso entrare nei laboratori di alcune università. Nel ventesimo secolo, i colleghi di Emmy Noether[27] si opposero alla sua assunzione a Gottinga, e si dice che Hilbert[28] abbia ridicolizzato le loro obiezioni, dicendo che il Senato accademico non era uno spogliatoio e quindi perché non c'era ragione per la quale una donna dovesse rimanerne fuori. La situazione all'inizio del XX secolo è stata descritta dal matematico Gerhard Kowalewski (1876-1950)[29] nelle sue memorie dove ricorda che nel 1905 le prime studentesse iniziarono ad apparire all'Università di Bonn mentre in altre incontravano ancora molti ostacoli da parte di illustri professori come ad esempio Gustav Roethe, il quale a Berlino se vedeva donne nell'auditorium si rifiutava di iniziare la sua lezione fino a quando non lasciavano l'aula.

2. *Scoraggiamento da parte della famiglia, degli amici e della società in generale.*

Non sappiamo quali atteggiamenti furono affrontati dalle primissime donne matematiche, ma dal diciottesimo secolo in poi ci sono molti casi documentati di opposizione familiare a tale carriera. Tra queste abbiamo visto le reazioni della famiglia di Sophie Germain o il matrimonio combinato di Sofỳa Kovalevskaya, quest'ultima alla fine riuscì ad avere la benedizione di suo padre sulla sua carriera. Inoltre, la maggior parte delle donne che hanno avuto figli e carriera hanno dovuto investire più tempo nei bambini rispetto agli uomini. Questa responsabilità extra e una miriade di altre aspettative sociali che richiedono tempo e impegno da parte delle donne, hanno reso più difficile concentrarsi sulla carriera con la stessa determinazione che ha caratterizzato i matematici maschi più eccezionali. In almeno un caso, quello di Grace Chisholm Young (1868-1944), il matrimonio significò per un certo periodo una completa sommersione dei suoi talenti, con suo

---

[27] B.L. VAN DER WAERDEN, *A history of algebra: from al-Khwārizmī to Emmy Noether*. Springer Science & Business Media, 2013.
[28] A. DICK and H.WEYL. *Emmy Noether: 1882-1935*. Boston: Birkhäuser, 1981, p. 168.
[29] G. KOWALEWSKI, *Bestand und Wandel: meine Lebenserinnerungen zugleich ein Beitrag zur neueren Geschichte der Mathematik*. Walter de Gruyter GmbH & Co KG, 2019.

marito (William H. Young, 1863-1942) che ottenne e raccolse tutto il merito pur avendo raggiunto quei risultati con il contributo della moglie[30].

3. *Metodi di insegnamento inappropriati.*

L'utilità dei college femminili nell'aiutare le donne a sviluppare i propri talenti e, in ultima analisi, a superare le basse aspettative della società non può essere sottovalutata. Le ragazze, almeno quelle cresciute in modi tradizionali, dovevano essere istruite in modo diverso dai ragazzi, ciò appare in modo molto chiaro nella descrizione di una lezione di geometria tenuta dal principe Bolkonskii a sua figlia, la principessa Marỳa, in *Guerra e pace di* Leo Tolstoy[31].

Lottare contro tutti questi ostacoli è stato per molti secoli il compito di singole donne eroiche e ciò che hanno ottenuto sembra per molti versi miracoloso. Chi avrebbe mai immaginato, ad esempio, che una rivista chiamata *The Woman Inventor* (1890) fosse stata pubblicata quasi un secolo e mezzo fa? Ma ci si poteva aspettare un vero progresso solo quando la società nel suo insieme si fosse impegnata a fornire sostegno.

Il tema trattato, ovvero l'ingaggio delle donne nella scienza e nella tecnica, oggi non è ancora completamente risolto; non è risolto in termini politici, in termini culturali e neppure in termini educativi. L'approccio all'educazione matematica viene affrontata attraverso l'ingresso a scuola di progetti STEM (Science, Technologies, Engineering and Mathematics) nel tentativo di offrire ulteriori opportunità agli studenti e soprattutto alle studentesse di utilizzare la matematica, l'ingegneria e in generale le scienze della natura in modo produttivo. In particolare, poi, la matematica gioca un ruolo centrale in questi percorsi. A questo riguardo è importante comprendere che la speranza di offrire, attraverso le STEM, una migliore educazione dipende molto dalla capacità di creare contesti abilitanti a tale obiettivo. Per la matematica in particolare si pone la questione del metodo di insegnamento che è espressione dei paradigmi di riferimento degli insegnanti e dei ricercatori. Così come abbiamo potuto cogliere nelle pagine precedenti, nella storia

[30] I. GRATTAN-GUINNESS, "A mathematical union: William Henry and Grace Chisholm Young." *Annals of science* 29.2 (1972): 105-185.
[31] L.N. TOLSTOJ, *Guerra e pace*. Vol. 236. Newton Compton Editori, 2012.

degli scienziati e delle scienziate sono presenti paradigmi che orientano il loro lavoro. Sebbene la ricerca sull'insegnamento efficace della matematica attribuisca un alto grado di importanza alla conoscenza dei contenuti, gli insegnanti di matematica hanno bisogno di qualcosa di più della semplice preparazione dei contenuti.

Gli insegnanti devono essere in grado di facilitare agli studenti lo sviluppo della loro competenza con i processi matematici, ma devono anche capire come aiutarli ad acquisire capacità di “pensiero matematico”. Gli studenti devono imparare come applicare principi e processi matematici per risolvere i problemi del mondo reale e gli insegnanti devono capire come gli studenti apprendono concetti e principi matematici e come aiutarli ad imparare ad applicare le abilità matematiche nella vita di tutti i giorni. Lo sforzo da compiere è quello di sostenere la loro azione attraverso alcuni fondamentali principi regolatori. Innanzi tutto è fondamentale guidare l’azione didattica da un principio di equità secondo cui la capacità di apprendere la matematica varia notevolmente nella popolazione studentesca, ma occorre supportare il successo in matematica per tutti gli studenti. Ogni studente ha bisogno di sviluppare una piena comprensione dei concetti e dei processi matematici. Poi occorre regolare il curriculum, ovvero riconoscere che un curriculum di matematica efficace è più di una sequenza di argomenti distinti e deve essere un insieme completo di argomenti collegati in modo logico che aiuta gli studenti a vedere le relazioni tra i concetti matematici e le loro applicazioni in contesti del mondo reale. Successivamente occorre ribadire la necessità per gli studenti di apprendere la matematica con consapevolezza e sottolineare la esigenza non solo di padroneggiare le procedure, ma di essere in grado di riconoscere come e quando applicarle. Infine, un ultimo principio regolativo è quello della valutazione che sottolinea il bisogno di una raccolta regolare e sistematica dei dati sulle prestazioni che devono essere utilizzati non solo per valutare la comprensione degli studenti, ma anche per guidare le decisioni didattiche mirate alle esigenze individuali e di gruppo.

Concludendo, come ha sottolineato il matematico G. H. Hardy ci sono molti motivi e tutti ugualmente validi che possono indurre gli uomini a perseguire la ricerca, ma ve ne sono alcuni molto più importanti degli altri. I fondamentali però sono la curiosità intellettuale, il desiderio di conoscere la verità, l'orgoglio professionale e l'ansia di non accontentarsi della propria prestazione. Ma nessuno di questi conduce ad uno spogliatoio e quindi, come ha affermato Hilbert, non ci sono ragioni per differenziare tra maschi e femmine.