

Vito Volterra: matematico universale

Luca Nicotra*

Ingegnere e giornalista. Direttore responsabile del «Bollettino dell'Accademia di Filosofia delle Scienze Umane», del «Periodico di Matematica» e di «ArteScienza»; luca.nicotra1949@gmail.com.

Sunto: Vito Volterra, definito da Judith R. Goodstein “an Extraordinary Mathematician”, è stato uno dei più grandi matematici del suo tempo. Matematico universale, avendo abbracciato, al pari di Henri Poincaré, il dominio della matematica pura, applicata e della fisica matematica, è stato certamente in ambito internazionale la figura dello scienziato più rappresentativo dell'Italia all'estero nella prima metà del secolo XX, tanto da essere chiamato “Mister Italian Science” dai giornali americani. Ma fu anche un grande organizzatore e promotore di istituzioni scientifiche (Consiglio Nazionale delle Ricerche, Società Italiana di Fisica, Società Italiana per il Progresso delle Scienze, ecc.), e culturali in genere (Enciclopedia Italiana, ecc.), nonché un bibliofilo, cultore di letteratura, arte e storia della scienza. Fu un convinto assertore del ruolo della scienza come fattore di crescita sociale, culturale ed economica. Operò sempre per il bene della scienza e dell'Italia. Antifascista irriducibile, rimase fedele alle sue idee, al costo del sacrificio di tutte le innumerevoli cariche accademiche di cui era titolare. Il fascismo tentò di cancellarne la memoria.

Parole Chiave: Vito Volterra, equazioni integrali, biomatematica, teoria dell'elasticità.

Abstract: Vito Volterra, defined by Judith R. Goodstein as “an Extraordinary Mathematician” was one of the greatest Italian mathematicians. Universal mathematician, like Henri Poincaré, having embraced the domain of pure, applied mathematics and mathematical physics, he was certainly the figure of the most representative scientist of Italy abroad in the first half of the twentieth century, so much so that he was called “Mister Italian Science” by American newspapers. But he was also a great organizer and promoter of scientific institutions (National Research Council, Italian Physics Society, Italian Society for the Progress of Sciences, etc.), and cultural institutions in general (Italian Encyclopedia, etc.), as well as a bibliophile, literature lover, art and history of science. He was a firm believer in the role of science as a factor of social, cultural and economic growth. He always worked for

the good of science and Italy. An irreducible anti-fascist, he remained faithful to his ideas of him, at the cost of sacrificing all the innumerable academic offices he held. Fascism tried to erase his memory.

Keywords: Vito Volterra, integral equations, biomathematics, theory of elasticity.

1 - La vita: fra scienza, impegno sociale e antifascismo

Vito Volterra è il matematico dell'unità d'Italia, essendo nato il 3 maggio 1860 ad Ancona, dunque un giorno prima dell'inizio della Spedizione dei Mille, che con il suo esito portò all'effettiva realizzazione dell'unità, ufficialmente proclamata l'anno dopo, il 17 marzo del 1861. È stato, come Jules Henri Poincaré (1854-1912), un matematico universale, avendo abbracciato il dominio della matematica pura, applicata e della fisica matematica.

All'età di appena due anni rimase orfano del padre Abramo e visse l'infanzia quasi nella povertà. Si prese cura di lui e della madre un fratello di

questa, Alfonso Almagià, che lavorava per una compagnia ferroviaria a Terni, dove quindi Vito e la madre si trasferirono nel 1863. Ma nel 1865 lo zio Alfonso fu assunto come funzionario alla Banca d'Italia per un breve periodo a Torino e poi a Firenze dove quindi lo raggiunsero Vito e la madre. A Firenze Vito trascorse la sua infanzia e compì i suoi studi, manifestando una spiccata attitudine per la matematica e la fisica, tanto che ad appena undici anni aveva già letto la *Geometria* di Adrien Marie Legendre e due anni dopo, nell'ambito della meccanica razionale, si cimentava con il difficile "Problema dei tre corpi", di cui propose un'originale soluzione



Fig. 1 - Vito Volterra nel 1890.

approssimata. Vito studiò alla “*Scuola Tecnica Dante Alighieri*” e in seguito all’Istituto Tecnico “*Galileo Galilei*” di Firenze, dove il suo precoce talento matematico fu riconosciuto dal suo insegnante di matematica Cesare Arzelà (1847-1912). Avrebbe sospeso gli studi per le difficili condizioni economiche, che lo avrebbero costretto ad accettare un lavoro nella banca dove lavorava lo zio Alfonso, se non fosse stato per l’aiuto economico dello zio Edoardo Almagià, laureato in matematica applicata e ingegneria civile, che aveva intuito le eccezionali doti matematiche di Vito. All’Istituto Tecnico “*Galileo Galilei*” Vito aveva come docente di fisica il celebre fisico Antonio Roiti (1843-1921), poi professore all’Università di Firenze, il quale, riconosciute anch’egli le eccezionali doti scientifiche del giovane, lo aiutò materialmente offrendogli un posto di assistente preparatore presso l’Istituto di Studi Superiori, Pratici e di Perfezionamento di Firenze nel 1877.¹ Grazie a tali aiuti nel 1878 Vito poté iscriversi alla Facoltà di Scienze Naturali dell’Università di Firenze. L’anno dopo, nell’autunno del 1879, vinse il difficile concorso d’ammissione alla Scuola Normale Superiore di Pisa, dove studiò fisica e matematica, entrando in contatto i maggiori rappresentanti della scuola matematica italiana dell’epoca: Ulisse Dini, Enrico Betti, Riccardo Felici furono, infatti, i suoi maestri. Prima ancora di laurearsi, Vito pubblicò tre importanti lavori, uno di fisica matematica (*Sul potenziale di un’ elissoide eterogenea sopra sè stessa*) e due di analisi matematica (*Alcune osservazioni sulle funzioni punteggiate discontinue* e *Sui principii del calcolo integrale*) che assunsero una notevole importanza nello sviluppo della storia dell’integrazione.

Pisa aveva ospitato, e ospitava, molti dei matematici risorgimentali, che con le loro ricerche avevano fortemente contribuito all’affermazione della scuola matematica italiana in ambito internazionale e avevano combattuto, con le idee e materialmente, per l’unità d’Italia (Enrico Betti aveva combattuto come volontario a Curtatone). Primeggiavano nell’analisi e nella fisica matematica. Particolarmente copiosi furono i loro contributi all’idrodinamica e alla teoria dell’elasticità (Eugenio Beltrami, Carlo Alberto Castigliano, Crotti, Luigi Federico Menabrea, Enrico Betti), che tanta importanza riveste nella Scienza delle Costruzioni.

¹ Fondato nel 1859, intorno al 1923 diverrà l’attuale Università di Firenze.



Fig. 2 - Fotografia di Vito Volterra con autografo: «Muoiono gli imperi, ma i teoremi di Euclide conservano eterna giovinezza».

Vito Volterra assimilò in pieno sia il patriottismo dei maestri sia il loro indirizzo fisico-matematico, confermandosi lungo tutta la sua carriera scientifica “matematico universale” al pari del grande Henri Poincaré, elargendo generosi e fondamentali contributi tanto nelle matematiche pure quanto in quelle applicate e nella fisica matematica.

Nel 1882 si laureò con lode in fisica con Enrico Betti, discutendo una tesi d'idrodinamica (*Sopra alcuni problemi di idrodinamica*) che conteneva alcuni importanti risultati già trovati da George Gabriel Stokes (1819-1903), ma da Volterra indipendentemente ricavati. L'anno successivo, esortato a parteciparvi dai suoi docenti pisani, vinse il concorso per la cattedra di Meccanica Razionale all'Università di Pisa, risultando

primo. A ventitré anni, dunque, Vito Volterra era già professore universitario. Nel 1887 ricevette la prestigiosa medaglia d'oro per le matematiche dalla Società dei XL, per i suoi lavori d'analisi matematica. Nel 1888 fu eletto socio corrispondente dell'“Accademia Nazionale dei Lincei” e membro della “*Société Mathématique de France*”. Nel 1891 fu nominato Cavaliere dell'Ordine della Corona d'Italia ed eletto membro del “Circolo Matematico di Palermo” di cui nel 1894 entrerà poi nel consiglio direttivo. Il “Circolo Matematico di Palermo”, fondato da Giovan Battista Guccia nel 1884, è la più antica associazione matematica italiana. Ai primi del Novecento, con i suoi 924 soci di cui ben 618 stranieri e la sua rivista internazionale «*Rendiconti del Circolo Matematico di Palermo*», il Circolo era la più importante

organizzazione matematica internazionale, come dichiarò Poincaré nel 1908 sulla rivista parigina «Le Temps».

Nel 1892 Volterra ebbe l'incarico per l'insegnamento della Fisica Matematica, sostituendo Betti che era morto in quell'anno, divenendo anche preside della Facoltà di Scienze a Pisa. L'anno dopo, nel 1893, riceve l'invito da parte di Corrado Segre (1863 – 1924)² ad occupare, all'Università di Torino, le cattedre di Meccanica Razionale e Meccanica Superiore lasciate vacanti dal trasferimento di Siacci a Napoli, come Volterra stesso comunica a Ulisse Dini in una lettera (Guerraggio, Paoloni, 2008-2011):

Stimatissimo Professore, sono venuto a cercarla più volte in questi giorni ma non sono mai riuscito a trovarla. Vorrei raccontarvi una notizia che ho ricevuto l'altro giorno da Segre, cioè che la Facoltà di Torino mi ha chiamato lì per succedere a Siacci, che va a Napoli. Questa notizia mi è arrivata inaspettatamente, e ho scritto a Torino dicendo che trattandosi di una questione di importanza avrei voluto aspettare finché non avessi avuto il tempo di riflettere su di essa.

Dini vorrebbe trattenerlo a Pisa, ma Volterra viene convinto dall'amico Roiti ad accettare l'invito di Segre.

Nel 1894 fu eletto “uno dei XL” della “Società Italiana delle Scienze”, l'anno dopo fu nominato socio dell'“Accademia delle Scienze di Torino”. Nel 1895 ricevette la Medaglia per la Matematica dall'“Accademia Nazionale dei Lincei” di cui diventerà socio nazionale nel 1899. Nel 1897 partecipò al primo Congresso Internazionale dei Matematici a Zurigo e tre anni dopo, nel 1900 al secondo tenutosi a Parigi, Volterra fu invitato a tenere una delle quattro lezioni plenarie, dal titolo *Betti, Brioschi, Casorati - Trois analystes italiens et trois manières d'envisager les questions d'analyse*.

All'inizio del nuovo secolo, la morte del grande Eugenio Beltrami aveva reso vacante la cattedra di Fisica Matematica a Roma. Nel 1900 Volterra fu chiamato a ricoprirla, grazie anche all'appoggio del fisico Pietro Blaserna. Questi, nel 1877, aveva riformato il vecchio Regio Istituto di Fisica creando il nuovo Istituto di Fisica di via Panisperna, destinato qualche decennio dopo, con i “ragazzi di Corbino”, ad occupare un posto d'onore negli annali di storia della fisica. Furono, infatti, Volterra e Blaserna a volere a Roma il

² Corrado Segre, con Eugenio Bertini e Luigi Cremona è considerato il fondatore della scuola italiana di geometria algebrica.

palermitano Orso Mario Corbino nella cattedra di Fisica complementare, dopo la morte del suo titolare Alfonso Sella, figlio di Quintino.

A Roma, l'11 luglio del 1900 Vito sposa la cugina Virginia Almagià, figlia dello zio Edoardo, che lo aveva sostenuto economicamente negli anni difficili della sua adolescenza a Pisa. Con il trasferimento a Roma, gli impegni di Volterra, fino ad allora soltanto accademici, si ampliano nella sfera politica e sociale. Frequenta le personalità più autorevoli del mondo politico e tecnocrate che orbita attorno alle figura di Francesco Nitti e Giovanni Giolitti. Nel 1903 entra a far parte, assieme a Valentino Cerruti (1850-1909) e Stanislao Cannizzaro (1826-1910), della Commissione per l'ordinamento del Politecnico di Torino e nel 1905 riceve da Giolitti la nomina a senatore del Regno d'Italia per alti meriti scientifici. Si rafforza sempre di più la sua convinzione che la scienza possa essere fattore di crescita sociale, economica e culturale, in piena sintonia con la concezione positivista, molto forte specialmente in Francia, Paese con il quale Volterra ebbe sempre un rapporto



Fig. 3 - Vito Volterra.

molto stretto e intenso. Furono particolarmente intense le sue amicizie e relazioni con i matematici francesi Henri Poincaré, Emile Picard, Emile Borel, Paul Painlevé e Joseph Pérès e anche con Marie Curie, conosciuti durante il suo viaggio a Parigi del 1888 e nei successivi. Fin da giovanissimo Volterra si premurò di avere relazioni con il mondo scientifico internazionale. Volterra, infatti, non era il tipo di matematico isolato, dedito unicamente alla ricerca, bensì era un infaticabile animatore d'iniziativa culturali (non soltanto scientifiche) e non trascurava occasione per relazionare l'Italia con gli ambienti scientifici internazionali più qualificati attraverso lo scambio di ricercatori tra le comunità scientifiche di paesi diversi, mostrando un'incredi-

bile modernità di vedute sulla politica scientifica. Durante tutta la sua vita compì numerosi viaggi in tutta Europa, in Canada (1909), negli Stati Uniti d'America (1909, 1912 e 1919), in Argentina (1910), incontrando i maggiori scienziati dell'epoca. Negli Stati Uniti ebbe modo di visitare il "*Massachusetts Institute of Technology*" (MIT), la "*Jonhs Hopkins University*", la "*Yale University*" e la "*Columbia University*". Volterra fu certamente il primo in Italia a comprendere l'importante ruolo che stavano assumendo gli Stati Uniti d'America nella comunità scientifica internazionale. Fin dal 1887, aveva intrapreso contatti accademici con i più eminenti scienziati austriaci e tedeschi dell'epoca, quali Georg Cantor, Max Planck, Erwin Schrodinger. In particolare, ebbe rapporti d'amicizia con Felix Klein e David Hilbert. Nell'estate del 1901 lo troviamo nel Regno Unito a Londra, a Oxford e a Cambridge dove ha modo di conoscere il sistema universitario britannico, l'anno dopo, nel 1902 in Germania a Berlino e quindi in Danimarca, Norvegia e Svezia, dove incontra il suo caro amico Gustav Mittag-Leffler già conosciuto a Pisa nel 1880 e rivisto nel 1888 in occasione di un comune viaggio in Svizzera. Nel 1904 ritorna in Inghilterra. Nel 1907 viene eletto preside della Facoltà di Scienze dell'Università di Roma.

La sua fama di scienziato dilaga ormai in tutta Europa, come dimostrano gli importanti riconoscimenti che gli vengono tributati da accademie di diversi Paesi. Viene nominato membro dell' "*Institut de France*" (l'equivalente francese dell' "*Accademia Nazionale dei Lincei*") nel 1904, membro onorario della "*London Mathematical Society*" nel 1907, membro dell' "*Accademia Imperiale di Pietroburgo*" e dell' "*Accademia delle Scienze di Stoccolma*" nel 1908, della "*Royal Society*" di Londra nel 1910 e dell' "*Academy of Science*" di Washington nel 1911, su indicazione dell'astronomo George Ellery Hale. Nel 1913 fu nominato membro anche della "*Royal Society*" di Edimburgo. Ricevette anche numerose lauree *honoris causa* da Università di tutto il mondo: di Parigi, di Cambridge (1904), di Edimburgo, di Oslo, di Oxford, di Stoccolma e di Christiania, Worcester e della Clark University in Massachusetts negli USA (1909).

A metà del 1909, a Bruxelles, Volterra fa la conoscenza dell'astronomo americano George Ellery Hale, che rivedrà nel settembre dello stesso anno in America e nei successivi viaggi negli Stati Uniti d'America del 1912 e 1919. Con Hale stringerà una duratura amicizia, consolidata dalla condi-



Fig. 4 - Vito Volterra in divisa di ufficiale durante la Prima Guerra Mondiale.

visione delle stesse idee su molti argomenti e in particolare da un comune impegno nel legare lo sviluppo economico dei propri Paesi ai progressi della ricerca scientifica, con uno stretto rapporto fra ricerca universitaria e industria. Poco dopo, Volterra invita Hale a Roma a tenere una conferenza all'Istituto di Fisica di via Panisperna. Nel 1915 Hale promuoverà la creazione negli USA del “*National Research Council*”, che qualche anno dopo, nel 1919, darà spunto a Volterra di riproporlo per l'Italia con il “Consiglio Nazionale delle Ricerche”.

Nel 1917 Volterra fu nominato direttore dell'“Ufficio Invenzioni e Ricerche” del Ministero per le Armi e Munizioni.

La “Società dei XL” volle Volterra come presidente dal 1919 al 1920.

Volterra fu socio nazionale dell'“Accademia delle Scienze di Torino”, socio corrispondente delle Accademie di Modena e di Bologna, socio corrispondente del “Regio Istituto Lombardo di Scienze e Lettere”, presidente della “Accademia Nazionale dei Lincei” dal 1923 al 1926.

Di forti sentimenti patriottici, allo scoppio della Prima Guerra Mondiale fu favorevole all'ingresso in guerra dell'Italia ed egli stesso, all'età di cinquantacinque anni, si arruolò volontario col grado di tenente nell'arma del Genio, dove più poteva essere utile con le sue altissime capacità scientifiche e il suo spiccato spirito organizzativo. Si occupò di dirigibili, a livello sia teorico sia costruttivo, ottimizzandone le prestazioni, sostituendo l'idrogeno (infiammabile) con l'elio. Si dedicò al calcolo balistico per i pezzi d'artiglieria imbarcati sui dirigibili e sviluppò anche ricerche sulle rilevazioni fototelemetriche, per le quali più volte fu operativo in zona di guerra, guadagnandosi sul campo la promozione a capitano e l'assegnazione della Croce di Guerra.

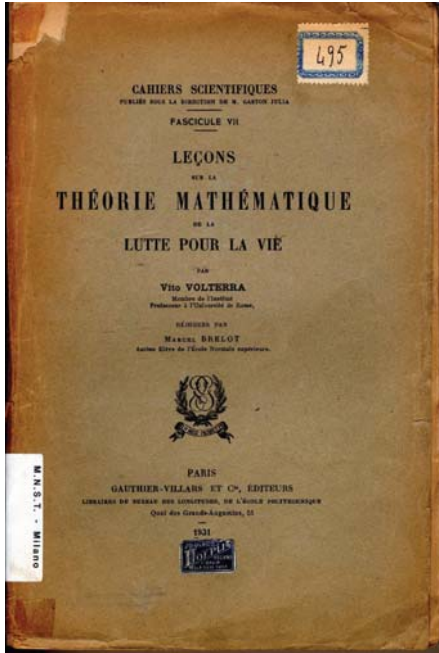
Durante la Prima Guerra Mondiale, il governo francese aveva compreso l'importanza di trarre vantaggio dalle scoperte scientifiche a favore dei

problemi della difesa nazionale, creando a tal scopo un'organizzazione interalleata specifica, il "*Comité Interalliés des Inventiones*" (Comitato Interalleato delle Invenzioni). L'iniziativa incontrò il pieno favore di Volterra, che nel 1917 realizzò una versione italiana di quella organizzazione: l'"Ufficio Invenzioni e Ricerche".

Finita la guerra, la cooperazione scientifica fra i paesi vincitori continuò e Volterra, nel febbraio 1919 a Bruxelles, fu tra i promotori, con l'astronomo americano George Ellery Hale, dell'"*International Research Council*" (Consiglio Internazionale delle Ricerche) di cui Hale fu presidente e Volterra vicepresidente.

Frutto dell'alta considerazione di cui Volterra godeva nel mondo scientifico internazionale, fu la sua nomina nel 1919 a membro del prestigioso "*Bureau international de poids et mesures*" (Ufficio Internazionale dei Pesi e delle Misure), di cui nel 1921 assunse la presidenza, che mantenne fino alla morte (1940). All'estero la sua fama di scienziato fu enorme, tanto da venire chiamato dai giornali statunitensi "*Mister Italian Science*".

Fin dalle sue prime manifestazioni, Vito Volterra non esitò a mostrarsi contrario all'indirizzo politico del Fascismo. La sua elezione a presidente dell'"Accademia Nazionale dei Lincei", nel 1923, pochi mesi dopo la marcia su Roma, oltre ad essere motivata dagli alti suoi meriti scientifici, aveva anche un chiaro significato politico. L'Accademia aveva mostrato un notevole carattere d'indipendenza nei riguardi del governo. Proprio in quei mesi, una commissione lincea, promossa da Volterra e presieduta dal grande matematico veneziano Guido Castelnuovo, era impegnata nella stesura di un progetto di riforma contrapposto a quello di Giovanni Gentile. L'elezione di Volterra, di cui erano ben note le idee antifasciste e l'opposizione alle direttive fasciste nel campo culturale, rappresentava pertanto la volontà dell'Accademia di affermare la propria autonomia verso il nuovo governo. Nel 1925, superando i contrasti personali avuti con Benedetto Croce sul tema del valore della scienza, Volterra espresse pubblicamente il suo dissenso, aderendo al "Manifesto Croce" degli intellettuali antifascisti. In parlamento confermò la sua posizione politica contro il regime, schierandosi con i senatori dell'opposizione e aderendo all'"Unione nazionale delle forze liberali e democratiche", capeggiata da Giovanni Amendola. Era l'inizio del declino della vita politica e pubblica di Volterra: d'ora in avanti il Fa-



scismo lo annovererà fra i più temibili nemici, per la sua enorme autorevolezza scientifica e integrità morale. Lo scontro immediato e diretto non era praticabile, perché avrebbe suscitato troppo clamore. Il regime lavorerà dietro le quinte, ricorrendo ad ogni mezzo per affossare gradualmente la figura del grande scienziato, prima creando i presupposti per allontanarlo ufficialmente dalle sue numerose cariche accademiche e poi imponendo a tutte le organizzazioni culturali e scientifiche nazionali d'ignorarne le attività e la presenza. Insofferente del carattere indipendente dell'«Accademia Nazionale dei Lincei», Mussolini, il 7 gennaio del 1926, fondò una

nuova Accademia interamente da lui controllata: l'«Accademia d'Italia», che minacciava di conglobare in sé quella dei Lincei, come, infatti, avvenne alcuni anni dopo, nel 1939. Per la prima volta, Volterra fu preso dallo sconforto e pensò di rinunciare alla presidenza dei Lincei, decisione sulla quale, da molti soci, fu indotto a retrocedere. Ma la fermezza di Volterra nel difendere gli ideali di libertà non venne meno neppure quando, nel novembre del 1931, dal rettore della Regia Università di Roma, Pietro de Francisci, giunse anche ai professori dell'ateneo romano l'«invito» ufficiale a prestare il giuramento di fedeltà al regime fascista, che riguardava oltre milleduecento professori universitari dell'intero territorio nazionale. Vito Volterra, a differenza di molti altri suoi illustri colleghi che soltanto con le parole avevano manifestato avversione al regime, rifiutò il giuramento, inviando a de Francisci una concisa e secca lettera³ di conferma delle sue posizioni politiche antifasciste:

3 Accademia dei Lincei, Archivio Volterra, s.3, fasc [XVII/4], lett.3.

Fig. 5 - Vito Volterra nel suo studio assieme alla moglie Virginia Almagià.



Ill.mo Signor Rettore della R. Università di Roma

Sono note le mie idee politiche per quanto esse risultino esclusivamente dalla mia condotta nell'ambito parlamentare, la quale è tuttavia insindacabile in forza dell'articolo 51 dello Statuto fondamentale del Regno. La S.V. comprenderà quindi come io non possa in coscienza aderire all'invito da lei rivoltomi con lettera 18 corrente relativo al giuramento dei professori.

Con osservanza della S.V.

Vito Volterra

Soltanto dodici professori universitari in tutta Italia ebbero l'«arroganza» di dire no al regime e, come commentò amaramente Gaetano Salvemini dal suo esilio, «nessuno di coloro che in passato s'erano vantati di essere socialisti aveva sacrificato lo stipendio alle convinzioni così baldanzosamente esibite in tempi di bonaccia». Il mancato giuramento ebbe come effetto l'espulsione del Volterra dall'università, nel gennaio del 1932, per «incompatibilità con le generali direttive politiche del governo» e fornì al regime la giustificazione per estrometterlo ufficialmente anche da ogni altra carica accademica. Infatti, secondo il R.D.L. n. 33 del 1933 *Provvedimenti per le Accademie, gli Istituti e le Associazioni di scienze, di lettere ed arte*, gli statuti di tali istituzioni culturali dovevano essere aggiornati, entro un anno, secondo le «esigenze politiche e culturali del Regime», come reci-

tava l'articolo 1 del regio decreto. Il nuovo statuto del 1934 relativo alle istituzioni culturali nazionali, secondo il citato decreto dell'anno prima, prevedeva per gli accademici lincei l'atto di fedeltà al Fascismo, attraverso un altro giuramento, che nuovamente Volterra rifiutò assieme ad altri soci, dei quali il governo poté così legittimare l'estromissione dall'Accademia nel 1936. Nel 1935 un'ordinanza governativa esclude Volterra e i tre grandi matematici Guido Castelnuovo, Giulio Vivanti e Leonida Tonelli dalla Commissione scientifica dell'Unione Matematica Italiana, per le loro note posizioni antifasciste.

Volterra era in pratica isolato ed emarginato in Italia, dove, nel 1936, poté ricevere un ultimo riconoscimento soltanto in Vaticano da Padre Gemelli, che lo aveva fatto nominare membro della prestigiosa "Pontificia Accademia delle Scienze". Dall'estero, invece, continuavano ad arrivare al matematico italiano i più alti riconoscimenti e molte manifestazioni d'affetto da parte dei numerosi intellettuali che ebbero occasione di conoscerlo e apprezzarlo durante i frequenti incontri avuti con lui nel passato e i contatti epistolari. Delle sue intense relazioni con il mondo scientifico nazionale e internazionale sono testimonianza le circa 16000 lettere che costituiscono il suo carteggio epistolare, conservato presso l'"Accademia Nazionale dei Lincei".

Nel 1938, un ultimo colpo si abbattè sul quasi ottuagenario scienziato: le persecuzioni razziali, essendo Volterra di razza semitica. Furono circa cento i docenti universitari sospesi dall'insegnamento per le loro origini semitiche, e fra i matematici figuravano molti dei più eminenti dell'epoca: Federigo Enriques, Tullio Levi Civita, Guido Fubini, Beniamino Segre, Alessandro Terracini (Guido Castelnuovo era già stato collocato a riposo per raggiunti limiti d'età). Volterra, essendo già stato allontanato dall'università nel 1931 per avere rifiutato il giuramento di fedeltà al regime, fu colpito con la radiazione dalle società scientifiche italiane di cui ancora era membro. Così, nell'ottobre del 1938, dall'antico e prestigioso Regio Istituto Lombardo di Scienze e Lettere gli fu recapitata questa gelida comunicazione:

...a datare dal 16 ottobre u.s. avete cessato di far parte, quale Socio Corrispondente di questo Reale Istituto, in quanto Voi appartenete a razza non ariana.

Come se non bastasse, altre amarezze gli giunsero proprio da persone a lui vicine e care, come Luigi Fantappiè, suo allievo prediletto, che un gior-

no, rivolgendosi proprio a lui, elogiò i provvedimenti legislativi antisemiti varati da Mussolini. L'episodio è narrato dall'illustre matematico francese André Weil (1906-1998) che frequentò Volterra a Roma negli anni 1925-26:

Volterra era ebreo e nessuno ignorava questo fatto. Come fu possibile, diceva Volterra raccontando l'episodio, che non ebbi la presenza di spirito di buttarlo giù dalle scale? (Weil, 1991).

Le decimazioni inflitte dalle leggi razziali del 1938 alla matematica italiana furono, dunque, notevoli. Di esse se ne faceva vanto il ministro dell'Educazione Nazionale, Giuseppe Bottai, al secondo Congresso Nazionale dei Matematici Italiani:

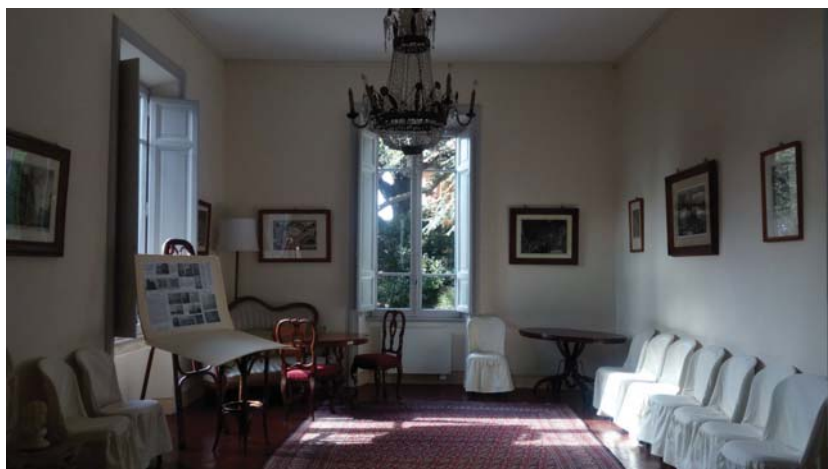
La matematica italiana, non più monopolio di geometri di altre razze, ritrova la genialità e la poliedricità tutta sua propria (...) e riprende con la potenza della razza purificata e liberata il suo cammino ascensionale.

Volterra trascorreva ormai gran parte del suo tempo all'estero, specialmente a Parigi. Nel dicembre 1938 fu colpito da una flebite che gli impedì l'uso degli arti. Ma la sua mente rimase lucida, al punto da consentirgli la scrittura dei suoi ultimi due articoli: *The general equations of biological strife in the case of historical actions*, pubblicato dalla "Edinburgh Mathematical Society" e *Energia nei fenomeni elastici ereditarii* pubblicato dalla Pontificia Accademia delle Scienze a Roma.

Dopo un'intera vita spesa a illustrare la patria con le opere e le azioni, morì alle 4.30 dell'11 ottobre 1940 a Roma, nella sua casa di Via in Lucina n.17, ufficialmente ignorato in Italia per volere del Fascismo, che non aveva mai cessato di spiarlo e controllarlo. Il palazzo romano ove era situato il suo appartamento (Palazzo Fiano), a pochi metri da Montecitorio, esiste ancora, ma nessuna targa commemorativa ricorda il grande scienziato. Sicuramente, invece, se Volterra fosse stato un letterato o un filosofo, anche di secondaria importanza, altisonanti parole avrebbero richiamato l'attenzione del passante, ricordandone l'operato: un ulteriore segno delle discriminazioni culturali dovute all'artificiosa contrapposizione fra le "due culture". L'unica nota ufficiale sulla sua morte fu un laconico fonogramma della questura di Roma, in cui se ne dava tempestivamente notizia al Ministero degli Interni, che così poté liberarsi di uno dei più scomodi e accerrimi nemici del regime. Di tutta la stampa nazionale, soltanto il «Bollettino della matematica» nel



Fig. 6 - Il “Villino Volterra” ad Ariccia (Foto dell’Autore).



fascicolo gennaio-febbraio 1941 ebbe il coraggio di ricordarlo, assieme alla “Pontificia Accademia delle Scienze”, che per opera di Carlo Somigliana, suo vecchio compagno di studi, gli dedicò una commossa commemorazione.

All'estero, invece, Volterra fu celebrato da tutte le numerose istituzioni scientifiche di cui aveva fatto parte, quali la “Royal Society” di Londra, l’ “Institut de France”, l’ “Accademia Imperiale di San Pietroburgo”. Il funerale si svolse in forma privata e l’amarezza di quel giorno così venne ricordata dalla nuora del grande scienziato scomparso:

Mi rivedo nell'ottobre del '40 in un cimitero di campagna, dove abbiamo accompagnato mio suocero, che ci ha lasciato per sempre nel periodo più tragico, quando nemmeno uno spiraglio di luce poteva far pensare che fosse possibile il ritorno alla libertà. Egli non è vissuto tanto da assistere almeno al crollo delle dittature! Egli, che alla libertà ha tutto sacrificato, dalla carriera universitaria alla partecipazione alla vita politica, piuttosto che giurar fedeltà a un regime che egli avversava e deprecava con tutte le sue forze, ci ha lasciato senza aver rivisto il momento che ha tanto agognato in tutti questi anni!.... Quando giungerà il momento del ritorno alla libertà, non potremo goderlo pienamente, giacché egli che più di tutti lo avrebbe meritato e più avrebbe desiderato assistervi, non sarà con noi a godere la gioia di quell'istante.

Il cimitero di campagna menzionato dalla nuora di Volterra è quello d'Ariccìa, che ha dunque l'onore di ospitare un grande figlio dell'Italia democratica e uno dei più grandi matematici che abbia mai avuto l'Italia.

Ad Ariccìa, poco prima dell'inizio del ponte, sulla sinistra venendo da Roma, è ancora oggi possibile ammirare il *Villino Volterra* fatto costruire da Vito Volterra e la moglie Virginia Almagià, nel quale ogni anno si trasferivano da maggio all'autunno inoltrato. Era il luogo prediletto da Volterra per dedicarsi ai suoi studi, nella quiete della campagna romana. Erano



Fig. 7 - Nel "Villino Volterra" ad Ariccìa, da sinistra: Tullio Levi Civita, Nella Volterra, Libera Levi Civita, Virginia e Vito Volterra (Veneziani, Volterra, 2018).



Fig. 8 - Marie Curie e Vito Volterra nel “Villino Volterra” di Ariccia. (Veneziani, Volterra, 2018).

ospiti del “Villino” molti grandi scienziati dell’epoca italiani e stranieri, con i quali Volterra intratteneva rapporti di amicizia e di collaborazione scientifica. Fra essi: Tullio Levi-Civita, Guido Castelnuovo, Federigo Enriques, Marie Curie, Griffith Conrad Evans.

Il Villino nel 1943 fu occupato dalle truppe tedesche, che distrussero gran parte del mobilio originale. Successivamente fu utilizzato per ospitare gli sfollati durante la guerra. Soltanto nel 1956, grazie alla perseveranza della vedova di Vito, Virginia Almagià, il Villino poté tornare ai legittimi proprietari. Restaurato nel 2010, oggi è casa museo che fa parte

delle “Dimore storiche italiane”, grazie all’interessamento della nipote del grande matematico Virginia Volterra. Il progetto del villino fu redatto dall’architetto Giulio Magni nel 1903, la sua costruzione iniziò il 7 marzo dell’anno dopo ma si concluse definitivamente soltanto nel 1909. I riferimenti stilistici sono molteplici: architettura neorinascimentale nella pianta “bloccata” e prospetti ispirati allo stile *Liberty* dell’epoca, con un tema tipico dell’architettura di Magni costituito dal torrino d’angolo. Tutto attorno all’edificio un parco ricco di frammenti archeologici dell’*Aricia* romana che potremmo definire “botanico” per la grande varietà di specie contenute. Per esplicita volontà di Vito Volterra non vi sono, però, né piante da frutta né ortaggi di qualunque genere.



Fig. 9 - Vito Volterra con un nipote nel “Villino Volterra” di Ariccia. (Veneziani, Volterra, 2018).

Oggi il *Villino Volterra*, oltre il suo valore storico di residenza estiva del grande scienziato, rappresenta un bell'esempio di architettura neoclassicggiante e *Liberty* degli inizi del Novecento rimasto sostanzialmente immutato nella sua forma originaria ed è anche una bella testimonianza del *modus vivendi* della borghesia romana dell'epoca, che amava costruire le proprie residenze estive nelle immediate vicinanze di Roma, in particolare nelle località dei "Castelli" (Rocca di Papa, Ariccia, Castel Gandolfo) facilmente raggiungibili da Roma tramite la via Appia Nuova e la ferrovia e rese più attraenti dalla elettrificazione giunta nel 1908.

Vito Volterra fu anche un appassionato collezionista di libri e oggetti antichi e di opere d'arte, nonché un grande cultore di letteratura, arte e storia della scienza, come dimostra la sua ricchissima biblioteca del Villino di Ariccia.

2 - Vito Volterra, organizzatore scientifico

Vito Volterra fu uno dei fondatori e consiglieri della "Società Italiana di Fisica" (SIF)⁴ di cui fu presidente nel biennio 1906-1908. Nel 1892 fu eletto, assieme ad Antonio Roiti, direttore a vita de «Il Nuovo Cimento», l'organo di stampa della SIF.

Gli interessi di Volterra spaziavano dalla ricerca pura e applicata all'organizzazione d'iniziativa culturali (anche non scientifiche) di primissimo ordine, fino alla politica, campo che lo vide molto vicino alle posizioni giolittiane, specialmente per la politica scientifica.

Innumerevoli furono i riconoscimenti a livello nazionale e internazionale che pervennero a Volterra durante la sua lunga carriera scientifica.

Tra il 1903 e il 1907 lo troviamo impegnato in diverse importanti imprese scientifiche: l'incarico governativo per la costituzione del Politecnico di Torino e della Scuola d'Applicazione di Pisa, l'*Edizione Nazionale delle Opere*

⁴ Fondata nel gennaio 1897 per iniziativa di 38 docenti universitari di fisica fra cui: Riccardo Felici, Angelo Battelli, Pietro Blaserna, Galileo Ferraris, Antonio Garbasso, Antonio Pacinotti, Augusto Righi, Antonio Ròiti e Vito Volterra. Nel febbraio dello stesso anno aderirono alla Società ben 214 soci che elessero un Comitato Direttivo Provvisorio, composto da Angelo Battelli, Antonio Roiti, Pietro Blaserna, Augusto Righi ed Eugenio Beltrami (Giuliani, 1996, p. 24 e segg.)

di Alessandro Volta, della cui commissione fu membro, la fondazione nel 1907, a Parma, della *Società Italiana per il Progresso delle Scienze* (SIPS), il cui scopo primario era allargare l'interesse per la scienza dall'ambiente universitario a quello di un pubblico più vasto e soprattutto al mondo industriale, in modo da realizzare quella sinergia fra ricerca e industria che secondo il modello statunitense caldeggiato da Hale e pienamente condiviso da Volterra doveva costituire il nuovo modo di fare impresa scientifica in grado di creare benessere sociale ed economico alla comunità umana:

L'insieme dei fatti scientifici nuovi manifestatisi in questo pur così breve lasso di tempo ha rinnovellato, in una con le abitudini della vita, l'indirizzo generale della cultura, ed ha sviluppato e consolidato un sentimento tutto nuovo, moderno e originale, che chiamerei sentimento scientifico, il quale domina beneficamente la nostra epoca, come altre forme non meno universali di sentimento hanno dominato in epoche passate. [...] Questo sentimento, che ormai pervade ogni manifestazione di vita sociale, patrimonio così dei grandi come degli umili, è frutto della genialità degli spiriti più eletti a cui si devono le grandi scoperte e le grandi idee, e della feconda attività pratica della intera società odierna, che indefessamente le applica. [...] Si può affermare che il concetto della scienza ed il valore di essa presso il pubblico sono oggi profondamente cambiati rispetto solo ad un mezzo secolo fa. [...] Perciò il momento storico che attraversiamo ci colpisce con lo spettacolo della moltitudine che affascinata da quelle invenzioni, che in poco tempo furono fonte di tanto benessere e di tanta ricchezza, e influirono così profondamente sui costumi e sulla coscienza sociale, cerca d'impossessarsi delle verità scientifiche nel loro insieme, conoscerle nei particolari e, quel che più preme, attende dalla scienza il progresso materiale e morale. È forse questo stato d'animo di attesa, caratteristico dell'epoca presente, ciò che più alimenta il sentimento a cui ho alluso.

Gli uomini dedicati alle industrie, ai commerci, alle pratiche professioni, innumerevoli richieste hanno ogni dì da rivolgere alla scienza, la quale è di continuo preme da un'onda crescente di persone che sperano da lei la soluzione dei nuovi problemi che loro si affacciano complessi e incalzanti e la invocano vittoriosa delle difficoltà ognora risorgenti.

Solo dinanzi ad un'Associazione come la nostra, la quale, aperta e liberale, accoglie le più diverse categorie di uomini, tali questioni che tanto interessano la scienza e la pratica, potranno essere efficacemente poste, giacché il porle soltanto richiede la cooperazione delle varie tendenze. Ai laboratori e agli istituti scientifici spetterà poi il compito di maturarle e risolverle (Volterra, 1907).

Ancora una volta, Volterra volle replicare in ambito nazionale le iniziative scientifiche internazionali, proponendo nel 1919 la versione nazionale dell' "International Research Council", nonché del "National Research Council" di Hale negli USA, con l'istituzione del "Consiglio Nazionale delle Ricerche", che avrebbe dovuto conglobare vari enti di ricerca già esistenti: l' "Ufficio Invenzioni e Ricerche", il "Comitato per le Industrie Chimiche" e l' "Istituto Aeronautico". Si trattava della realizzazione di quell'ente centrale per l'organizzazione della ricerca in Italia a cui pensava oramai da anni durante i suoi viaggi nei Paesi europei più progrediti scientificamente.⁵ Il progetto fu approvato dal Governo Orlando, ma le difficoltà burocratiche fecero iniziare l'attività del CNR ben quattro anni più tardi: il 19 novembre del 1923 fu istituito ufficialmente il "Consiglio Nazionale delle Ricerche", e il 12 gennaio del 1924 Volterra ne fu nominato primo presidente. Così Roberto Natalini, dell'Istituto per le Applicazioni del Calcolo «Mauro Picone» del CNR illustra le finalità originarie dell'Ente, veramente innovative per l'epoca:



⁵ Ai primi del Novecento aveva avuto contatti con i maggiori matematici europei dell'epoca fra cui Mittag-Leffler e Henri Poincaré, dal quale nel 1900 fu invitato a tenere una delle conferenze generali in occasione del secondo congresso internazionale dei matematici a Parigi.

Lo scopo dell'Ente doveva essere quello di mantenere le relazioni internazionali con le istituzioni scientifiche straniere, e organizzare dei comitati per ogni disciplina scientifica che provvedessero a sostenere la ricerca distribuendo finanziamenti alle varie iniziative nazionali. In primo luogo, però, il CNR avrebbe dovuto costruire un proprio laboratorio centrale capace di affrontare sia la ricerca pura sia l'applicazione tecnologica e industriale. Questa struttura, secondo Volterra, doveva essere un centro di eccellenza che superasse i problemi tradizionali dell'Università legati alla mancanza di coordinamento tra le varie sedi, e si doveva articolare in vari settori: analisi (cristallografia, ottica, radiologia), chimica e fisica (meccanica, calore, luce, elettromagnetismo, raggi X), sintesi (catalisi, ecc.) e infine un ufficio per il trasferimento tecnologico verso l'industria (Natalini, 2011).

Vito Volterra fu anche un instancabile organizzatore scientifico e culturale. I suoi interessi spaziavano ben oltre quelli scientifici, abbracciando generosamente anche la cultura umanistica e storica in particolare, dando così una fulgida dimostrazione di quanto falsa sia la separazione fra le cosiddette due culture, l'umanistica e la scientifica, separazione che «è solo nei crani limitati dei portatori d'acqua e degli operatori culturali [...], mentre essa non è mai esistita nelle menti senza confini che stanno ai vertici delle proprie discipline», per dirla con Piergiorgio Odifreddi (2005, p. 131). Vito Volterra fu, infatti, uno dei principali sostenitori della rivista «Intesa Intellettuale», del “Comitato per la diffusione del libro italiano all'estero”, della “Lega italo-britannica”, della “Lega franco-italiana”, del “Comitato per la ricostruzione della Biblioteca di Loviano”, distrutta dai tedeschi durante la Prima Guerra Mondiale.

Alla sua iniziativa si deve la prima stampa anastatica del *Codice Atlantico* di Leonardo e al suo autorevole sostegno la pubblicazione dei *Papiri greco-egizi* a cura di Domenico Comparetti e Gerolamo Vitelli.⁶

Nel 1919, l'ex ministro dell'istruzione Ferdinando Martini e lo storico Mario Meneghini proposero la creazione di una *Enciclopedia Italiana*, incontrando il favore del governatore della Banca d'Italia Bonaldo Stringher, accademico linceo che coinvolse nell'iniziativa l'amico Volterra. Dopo un

⁶ *Papiri greco-egizi pubblicati dalla R. Accademia dei Lincei sotto la direzione di D. Comparetti e G. Vitelli*, Milano, Hoepli, 1906-1915, voll. I-III [20.1.42]



primo periodo di stallo, il progetto ricevette nuovo impulso per merito di Giovanni Trecani, che diede effettivo inizio all'impresa, rivolgendosi a Vito Volterra e Giovanni Gentile. Nel 1929 fu dato alle stampe il primo volume dell'*Enciclopedia Italiana*, che si completerà nel 1937.

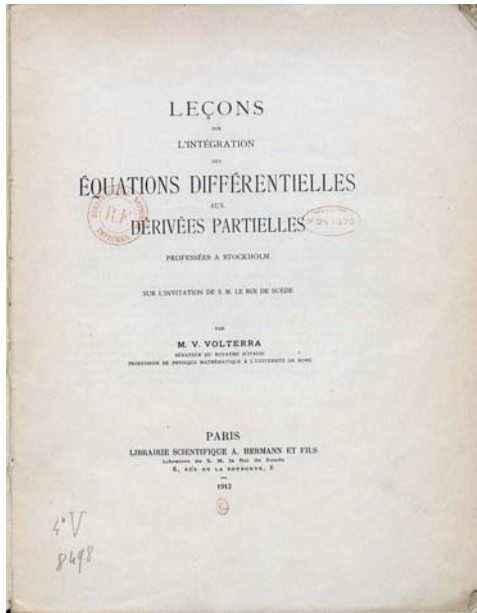
Durante la sua presidenza all'"Accademia Nazionale dei Lincei", Volterra curò l'ampliamento della biblioteca e, in particolare, nel 1925, si adoperò personalmente affinché il prezioso Museo Copernicano fosse trasferito nelle sale dell'Accademia, a Palazzo Corsini, testimoniando così il suo grande interesse per la storia della scienza.

3 - L'opera

È veramente arduo dare un'idea, seppur sommaria, dell'opera di Vito Volterra,⁷ essendosi essa diramata in molteplici direzioni: ricerca scientifica in svariati campi e un'intensa attività organizzativa di iniziative culturali svolta nell'ambito non soltanto delle numerose discipline scientifiche da lui coltivate, ma anche di altre assai lontane da quelle. Le sue numerose pubblicazioni riguardano la meccanica celeste, la meccanica razionale, la teoria delle equazioni differenziali e delle equazioni integrali, l'analisi funzionale, l'elettrodinamica, la teoria dell'elasticità, la biomatematica e l'economia.

Tra il 1900 e il 1906, studiò le ricerche dell'inglese Karl Pearson sull'impiego del calcolo delle probabilità in biologia e pubblicò tre brevi scritti sull'applicazione della matematica in questo campo. Per tali lavori, che suscitavano molto interesse, Volterra è considerato, assieme all'ameri-

⁷ Le memorie e note scientifiche di Vito Volterra sono disponibili in formato digitale nei 5 volumi *Vito Volterra. Opere Matematiche. Memorie e Note* curati dall'"Accademia Nazionale dei Lincei" con la collaborazione del "Consiglio Nazionale delle Ricerche" (<http://mathematica.sns.it/opere/429/>)



cano Alfred J. Lotka (1880-1949), il fondatore della biomatematica e ottenne la presidenza onoraria del “Consiglio internazionale per l’esplorazione scientifica del Mediterraneo”.

L’interesse di Volterra per l’applicazione di metodi matematici alla biologia fu ulteriormente stimolato dal genero Umberto D’Ancona, biologo, che si rivolse a lui per un’interpretazione razionale di alcuni strani dati statistici relativi alle presenze delle varie specie ittiche nell’Adriatico, nel periodo 1905-1923. Durante la Prima Guerra

Mondiale la pesca era pressoché cessata in quel mare a causa delle ostilità belliche, e pertanto non v’erano perturbazioni “esterne” che potevano influenzare la presenza delle diverse specie di pesci. I dati statistici mostravano per tale periodo strane fluttuazioni periodiche nelle loro proporzioni, che furono chiaramente interpretate da Volterra considerando il caso ideale di due specie, una di prede e l’altra di predatori, che si contendono lo stesso cibo o si nutrono l’una dell’altra. Secondo tale modello, inizialmente la specie più aggressiva, avendo il sopravvento sull’altra, ne fa diminuire la presenza, ma successivamente essendo diminuito il nutrimento costituito dalla specie più debole il numero di pesci predatori tende a diminuire, mentre i pesci preda riprendono di conseguenza ad aumentare, dando luogo alle periodiche fluttuazioni evidenziate dalle statistiche. Volterra fu da questo caso indotto a considerare il problema più generale di convivenze di un numero qualunque di specie animali che si scambiano azioni reciproche di varia natura, che trattò matematicamente con un sistema di equazioni differenziali non lineari. Nel 1926 pubblicò tali studi in due suoi scritti: *Variazioni e fluttuazioni del numero d’individui in specie animali conviventi* e *Fluctuations in the abundance of a species considered mathematically*, che gli valsero da parte di Guido Castelnuovo il riconoscimento di creatore della «teoria mate-

matica della lotta per la vita». L'equazione di Lotka-Volterra, alla base della biomatematica, è uno dei primi esempi di modello matematico applicato a realtà dinamiche, in questo caso costituita dall'equilibrio dinamico tra specie predatrici e specie predate. Il forte impegno di Volterra in questo settore è testimoniato dalla sua ricchissima corrispondenza epistolare sull'argomento con scienziati di tutto il mondo,⁸ da cui emerge l'intenzione di Volterra di costruire una «meccanica razionale delle associazioni biologiche», vale a dire una scienza che studiasse l'esito delle reciproche azioni fra specie animali conviventi con gli stessi metodi matematici rigorosi applicati nella meccanica razionale. Tale progetto incontrò le resistenze di molti biologi che, contrapponendo la complessità del vivente alle necessarie semplificazioni matematiche, ritenevano i modelli matematici non idonei per lo studio della biologia. A loro, nel 1935, Volterra ribatteva che anche la realtà fisica ha una complessità che tuttavia i metodi matematici della meccanica razionale, e più in generale della fisica matematica, riuscivano con successo a rappresentare, pur con le inevitabili idealizzazioni che prendevano a fondamento. Tuttavia, i profondi e rapidi sviluppi della biologia, e in particolare della biologia molecolare, hanno richiesto strumenti d'indagine matematica diversi dall'analisi matematica (equazioni differenziali non lineari) su cui Volterra faceva affidamento, mentre oggi si rivela molto più efficace l'uso del calcolatore elettronico, che già si è dimostrato prezioso per il sequenziamento del genoma umano e che implica d'altra parte l'impostazione e la soluzione di una mole di problemi matematici. A parte, dunque, le tecniche matematiche di fatto oggi utilizzate, la biomatematica fondata da Volterra

⁸ L'epistolario di Vito Volterra è vastissimo e fa parte dell'Archivio Volterra donato all'Accademia Nazionale dei Lincei dagli eredi del grande matematico nel marzo 1981. L'Archivio è ora conservato nei locali della Biblioteca accademica, composto da oltre 100 scatole con più di 500 manoscritti scientifici, circa 16.000 lettere scambiate con 1.500 corrispondenti, 20 scatole di carte relative ad attività accademiche e politiche e al suo impegno didattico, esso documenta il lavoro intellettuale e il ruolo di primo piano avuto da Volterra nell'organizzazione della cultura e della ricerca scientifica in Italia. Una prima digitalizzazione di una parte della corrispondenza di Vito Volterra (17 corrispondenti per un totale di 1.930 lettere) è disponibile on-line all'indirizzo <http://operedigitali.lincei.it/Volterra/menu.htm>. I corrispondenti e le rispettive lettere sono: Luigi Bianchi 196, Guido Castelnuovo 126, Valentino Cerruti 87, Orso Mario Corbino 53, Griffith Conrad Evans 97, Jacques Hadamard 89, George Ellery Hale 33, David Hilbert 23, Felix Klein 38, Tullio Levi-Civita 214, Gustav Mittag-Leffler 267, Paul Painlevé 22, Emile Picard 211, Salvatore Pincherle 92, Corrado Segre 102, Carlo Somigliana 246, Giovanni Vailati 34.

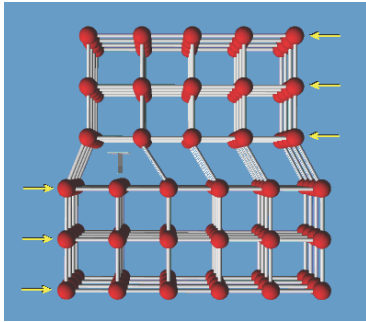


Fig. 10 - Presenza di una dislocazione nel reticolo cristallino di un metallo.

e Lotka rimane ancor oggi una realtà nel firmamento dei saperi.

Vito Volterra si dedicò pure a pionieristiche applicazioni della matematica all'economia, già iniziate dall'ingegnere ed economista Vilfredo Pareto.

La sua notevole preparazione e vocazione negli studi di teoria dell'elasticità portarono Volterra a studiare matematicamente, in particolare, i casi di deformazioni nei reticoli cristallini dei materiali solidi non provocate da forze esterne. Tali studi si concretizzarono

nello sviluppo, nel 1905, della teoria fisico-matematica delle dislocazioni nei materiali metallici, fondata sull'analisi dei campi di tensione elastica da esse indotte (*«Annali della Scuola Normale Superiore»*, Vol. 24, pag 400). Con tali studi, Volterra fondò la teoria della statica elastica, ovvero degli sforzi elastostatici e dei campi di spostamenti elementari all'interno dei reticoli cristallini creati dalle dislocazioni nei solidi. Molti anni dopo, dal 1930, Geoffrey Ingram Taylor, Egon Orowan e Michael Polanyi compresero che la teoria matematica creata da Volterra poteva spiegare le proprietà plastiche dei solidi. Il termine latino "dislocazione" fu introdotto da Volterra in tale campo di ricerche, che all'epoca erano assolutamente all'avanguardia. Una

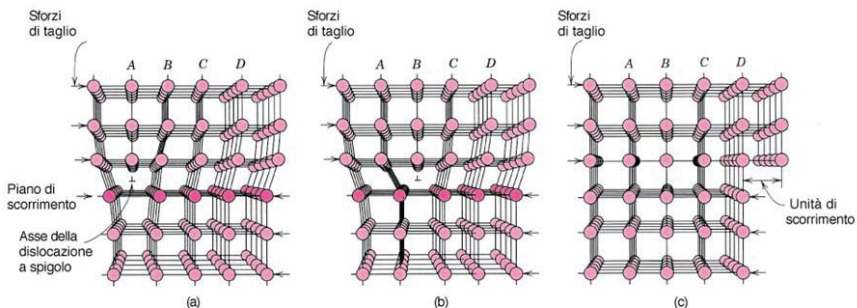


Fig. 11 - Meccanismo della deformazione plastica di un materiale metallico spiegato con il movimento graduale "a verme" di una dislocazione all'interno del reticolo cristallino.

dislocazione è una distorsione locale del reticolo cristallino dovuta a una discontinuità geometrica che si manifesta come traslazione di alcuni atomi rispetto alle normali posizioni reticolari, ovvero come traslazione del blocco del reticolo deformato rispetto alla parte del reticolo non difettiva, da cui il nome "dislocazione". Una dislocazione è pertanto un impulso elementare di deformazione plastica che può propagarsi all'interno del reticolo cristallino producendo una deformazione plastica globale del solido. Infatti, sotto l'effetto di sollecitazioni esterne, le dislocazioni possono propagarsi più o meno all'interno dell'intera struttura cristallina, con moto ondoso, dando luogo al loro caratteristico movimento a "verme" (Nicotra, 2017). Tutte le proprietà meccaniche dei metalli (durezza, resistenza a fatica, fragilità, duttilità, snervamento, elasticità, plasticità, anelasticità, eccetera...) possono essere facilmente interpretate alla luce della teoria delle dislocazioni, che pertanto occupa un posto di rilievo nella moderna scienza dei metalli e dei materiali, oggi studiata nei corsi di laurea in Ingegneria Meccanica.

I contributi dati da Volterra all'analisi matematica sono veramente poderosi: il primo vero sviluppo di una teoria generale delle equazioni integrali (1896) e integro-differenziali nonché l'introduzione del fondamentale concetto di "funzione di linea" (1887) e conseguentemente la fondazione di una nuova branca della matematica, l'analisi funzionale. Nel famoso congresso internazionale dei matematici che si tenne a Bologna nel 1928 (fu il primo, dopo la Prima Guerra Mondiale, a riunire anche matematici delle nazioni sconfitte, inizialmente esclusi dai consessi internazionali), Vito Volterra e Salvatore Pincherle furono ufficialmente riconosciuti come padri dell'analisi funzionale da matematici del calibro di Jacques Hadamard e Maurice Fréchet. I lavori di Volterra sull'analisi funzionale sono raccolti nei volumi *Theory of functionals* (1930) e *Théorie générale des fonctionnelles* (1936), trattato scritto in collaborazione con il professor Jean Perès dell'Università "Sorbona" di Parigi. L'analisi funzionale ebbe successo per un duplice motivo: l'aver permesso lo sviluppo della teoria delle equazioni integrali e la sua applicazione alla recente meccanica quantistica.

Volterra apparteneva alla categoria dei matematici applicati, perché la sua matematica era «rivolta verso l'esterno, al mondo degli oggetti e delle concretezze», piuttosto che «verso l'interno dell'uomo, al mondo delle idee e delle astrazioni», volendo utilizzare l'efficace distinzione fra matematica

applicata e matematica pura data da Piergiorgio Odifreddi (2000, p. 92). Le sue ricerche matematiche traevano alimento dalle questioni irrisolte poste dalla fisica matematica, disciplina in cui, non dimentichiamolo, Volterra si era laureato e alla quale aveva dedicato la sua lunga carriera di docente universitario. Non deve, pertanto, meravigliare che l'idea delle funzioni di linea gli fosse venuta in mente osservando che:

... in molte questioni di Fisica e di Meccanica [...] capita di dover considerare delle quantità che dipendono da tutti i valori che una o più funzioni di una variabile prendono in dati intervalli ... (Volterra, 1954-1962, 1954 p. 294)

come per esempio accade per la temperatura di una lamina metallica in un punto che dipende da tutti i valori della temperatura al contorno. Le funzioni fino ad allora conosciute erano leggi di corrispondenza che permettevano di associare a un valore numerico di una variabile (indipendente) uno o più valori numerici di un'altra variabile (dipendente), e pertanto operavano su numeri (reali o complessi). Gli esempi portati da Volterra conducevano, invece, a generalizzare la precedente definizione, allargandola al caso in cui la funzione operava non più su singoli valori numerici, bensì sugli infiniti valori assunti da un'altra funzione in un certo intervallo della sua variabile indipendente: queste nuove funzioni operavano dunque su funzioni e non su numeri. Volterra non utilizzò il termine “funzione di funzione”, al quale verrebbe spontaneo di pensare, perché era già utilizzato per indicare una funzione di variabile numerica definita tramite un'altra funzione, ovvero una funzione composta. Per evitare ambiguità, utilizzò, in un primo momento, il termine “funzione di linea”. Tale denominazione traeva spunto da un'esemplificazione geometrica del nuovo concetto di funzione, da Volterra stesso proposta per agevolarne la comprensione. Immaginiamo tutte le linee (rette o curve) che si possono tracciare su un piano o su una superficie: una legge che permetta di associare a ciascuna di esse un numero definirà una funzione di linea entro quel piano o superficie. Ovviamente, anziché linee in un campo bidimensionale si possono considerare superfici in un campo tridimensionale; allora per svincolarsi dall'esempio iniziale, avente esclusivamente finalità didattiche, il termine “funzione di linea” fu poi modificato in “funzionale” da Hadamard, essendo di significato più generico.

L'introduzione dei funzionali rese possibile lo studio delle equazioni

integrali e integro-differenziali, le quali sono equazioni in cui l'incognita compare sotto il segno d'integrale e di derivata ed è una funzione. L'orma lasciata da Volterra in tale campo è testimoniata dal nome di un tipo di equazioni integrali denominate ancor oggi dai matematici "equazioni integrali di Volterra" di 1^a e 2^a specie. Fra i numerosi scritti sulle equazioni integrali e integro-differenziali è doveroso ricordare almeno le seguenti opere: *Leçons sur l'intégration des équations différentielles aux dérivées partielles* (1906-1912),⁹ *Leçons sur les équations intégrales et les équations integro-différentielles* (1913), *Teoria delle equazioni funzionali e delle equazioni Integrali e Integro-differenziali* (1930). Le equazioni integrali e integro-differenziali trovano notevoli applicazioni nei cosiddetti fenomeni ereditari o d'isteresi, caratterizzati dalla dipendenza dello stato attuale dalla loro storia precedente, come illustrò nell'ultima lezione del ciclo tenuto alla Sorbona nel 1912.¹⁰

Se assoggettiamo l'estremità di una sbarra elastica orizzontale, fissata all'altro estremo, a pesi che vanno dapprima crescendo e poi diminuiscono a poco a poco, il corpo mentre si va alleggerendo, non riprende le stesse deformazioni per cui è passato mentre lo caricavamo, e non presenta la stessa flessione, in corrispondenza allo stesso peso flettore.

Dunque la deformazione attuale non dipende solamente dal carico attuale, ma da tutti i carichi precedenti: sembra perciò che si possa enunciare il principio che ogni azione che si è esercitata lasci un ricordo nel corpo, il quale conserva perciò la memoria di tutti i carichi che ha sopportato.

In linea con la sua innata sensibilità verso le «teorie fisiche e naturali», piuttosto che verso le questioni «poste artificialmente a priori», come egli

9 III volume, pubblicato ad Uppsala nel 1906 e poi ripubblicato in Francia dalla casa editrice Hermann nel 1912, raccoglie le lezioni tenute in Svezia da Volterra, su invito di re Oskar II (1829-1907) di Svezia.

10 Vito Volterra, *L'applicazione del Calcolo ai fenomeni di eredità*. In: «*La Revue du Mois*», Paris 1912; *Leçons sur les fonctions des lignes*, Paris Gauthier-Villars 1913, Chap. XIV, pp. 207-225; *Saggi scientifici*, Bologna: Zanichelli 1920, pp. 189-218. Anche in (Volterra, 1954-1962, Vol. 3, 1900-1913).

stesso ebbe a dire alludendo con un certo sarcasmo alla matematica pura, Volterra sviluppò la teoria generale delle equazioni integrali, prendendo spunto dallo studio di particolari problemi detti “ereditari”, o più correttamente “mnemonici”, che si presentano in molti casi reali di diversa natura, in cui lo stato attuale di un sistema dipende non soltanto da quello iniziale, ma anche dalle sue modificazioni occorse fino al momento attuale, ovvero dalla sua “storia”. Un esempio tipico è costituito in fisica dai fenomeni d’isteresi in generale, che consistono nella non perfetta reversibilità della variazione di una grandezza al variare di un’altra. Il caso più noto è l’isteresi elastica, in cui un provino di un materiale sottoposto ad azioni esterne si allunga, ma, una volta che queste sono rimosse, non recupera totalmente le dimensioni iniziali, come avverrebbe nel caso di comportamento perfettamente elastico, conservando delle deformazioni permanenti. Lo stato finale, dunque, dipende dalle sollecitazioni alle quali il materiale è stato sottoposto nel passato, che hanno lasciato un segno. Nella celebre *Matematica Logico Intuitiva* (Roma:Edizioni Cremonese, 1957, p. 497) di Bruno de Finetti è riportato un esempio di applicazione, ad un caso demografico, di equazione integrale di Volterra: il calcolo del numero totale di nati fino ad un dato istante (partendo da uno iniziale), considerando noto il “coefficiente di fecondità” dei nati nell’istante iniziale, comprensivo dei “coefficienti di femminilità e di sopravvivenza”.

La soluzione di un’equazione integrale è l’espressione della sua funzione risolvente, che, secondo i procedimenti risolutivi di Vito Volterra, può essere posta sotto forma di serie convergente, vale a dire di somma degli infiniti termini di una successione.¹¹ Molti problemi di fisica matematica possono essere correttamente impostati e risolti tramite equazioni integrali; da ciò deriva la grande importanza che la teoria delle equazioni integrali ha nello studio dei fenomeni fisici tramite rigorosi metodi matematici.

Facendo uso di equazioni integrali, Volterra costruì un modello matematico delle interazioni fra specie animali conviventi più raffinato di quello che, in precedenza, aveva proposto ricorrendo a un sistema di equazioni differenziali non lineari.

¹¹ La somma di una serie convergente è il limite, determinato e finito, cui tende la successione delle somme parziali della serie, al tendere all’infinito del loro numero.

Il grande matematico dette numerosi e importanti contributi anche nel campo delle applicazioni della fisica. In particolare si occupò di problemi di ottica, delle equazioni delle onde cilindriche e delle piccole oscillazioni cui sono sottoposti i poli della Terra, in seguito a spostamenti del suo asse di rotazione, scoperte nel 1885 dall'astronomo italiano Arminio Nobile. Tali spostamenti furono dapprima attribuiti a fenomeni accidentali, quali cause geologiche ed eruzioni vulcaniche. Volterra, invece, partendo dall'intuizione che la causa era da ricercare in azioni naturali permanenti, consistenti in spostamenti regolari di materia sulla superficie terrestre, dovuti all'evaporazione delle acque con successiva condensazione e alle correnti marine, riuscì a fornire un rigoroso modello matematico del fenomeno scoperto da Nobile.

A illustrare come molte scoperte scientifiche, in particolare matematiche, siano state generate da un'unica idea direttrice, giova ricordare quella che guidò Volterra, com'egli stesso affermò, nella scoperta sia dei funzionali (1883) sia delle equazioni integrali (1884):¹² «il principio del passaggio dal discontinuo al continuo». Tralasciando l'applicazione di tale principio al caso delle equazioni integrali, perché coinvolgerebbe argomenti eccessivamente tecnici per i nostri lettori, accenniamo, invece, al caso dei funzionali, che in virtù di tale principio possono essere pensati come la naturale evoluzione delle funzioni di più variabili, allorché il numero di queste tende all'infinito, rimanendo, però, i loro valori entro un intervallo finito. Così A. Weinstein (1964) ricorda i contributi di Volterra in questo campo:

La teoria dei funzionali come generalizzazione dell'idea di una funzione di più variabili indipendenti è stata sviluppata da Volterra in una serie di articoli pubblicati a partire dal 1887 ed è stata ispirata dai problemi del calcolo delle variazioni. Questi documenti hanno avviato la moderna teoria dell'analisi funzionale. Attrassero subito l'attenzione dei più importanti matematici del suo tempo. In realtà il nome "funzionale" è stato introdotto successivamente da Hadamard e ha ora sostituito la nomenclatura originaria di Volterra. Nello sviluppo di questa teoria Volterra seguì già un principio che lo guidò attraverso molte scoperte e che chiamò il passaggio dal discreto al continuo. Fu questo principio che applicò alle sue celebri ricerche sulle equazioni integrali di tipo

12 I primi studi sulle equazioni integrali furono, tuttavia, pubblicati molto più tardi, nel 1896.

volterrano. Considerava euristicamente le equazioni integrali come un caso limite di un sistema di equazioni algebriche lineari e quindi controllava direttamente le sue formule finali. La sua procedura ha aperto la strada a Fredholm e Hilbert che, tuttavia, hanno studiato il processo di limitazione stesso (O'Connor e Robertson, 2013).

Ancor oggi il nome di Volterra è ricordato e onorato con diverse iniziative culturali. Fra le curiosità: un cratere della Luna è stato intitolato al grande scienziato italiano. Assai meritoria è l'istituzione nel 1988, all'Università Tor Vergata di Roma, del Centro Vito Volterra (<http://volterra.uniroma2.it/center/index.php?lang=it>), istituzione di ricerca che si ispira all'interdisciplinarietà e al dialogo fra ricerca pura e applicata, che furono le direttrici fondamentali dell'opera di Volterra. La principale attività del centro è la modellizzazione matematica di sistemi complessi, che richiede la fusione fra conoscenze e metodologie maturate in diversi ambiti scientifici.

Bibliografia

BIGGIERO Giovanni (1974). *Dislocazioni e caratteristiche meccaniche dei materiali metallici. Vol. 1. Nozioni preliminari. Elementi di teoria delle dislocazioni*. Roma: Edizioni Sistema.

COEN Salvatore (2008). La vita di Vito Volterra vista anche nella varia prospettiva di biografie più o meno recenti. «*La Matematica nella Società e nella Cultura Rivista dell'Unione Matematica Italiana*», Serie I, Vol. I, Dicembre 2008, 443-476.

GIULIANI Giuseppe (1996). *Il Nuovo Cimento - Novant'anni di fisica in Italia: 1855-1944*. Pavia: Percorsi della Fisica.

GOODSTEIN J. (2007). The Vito Volterra Chronicles. The life and times of an extraordinary mathematician 1860-1940. *American Mathematical Society, The London Mathematical Society, History of Mathematics* Vol. 31, 2007, pp. xxvi+310. Edizione italiana: *Vito Volterra. Biografia di un matematico straordinario*. Bologna: Zanichelli, 2009.

GUERRAGGIO Angelo, PAOLONI Giovanni (2008-2011). *Vito Volterra*.

Roma: Angelo Muzzio Editore, 2008; *Vito Volterra*. Basel: Birkhäuser, 2011.

ISRAEL Giorgio, GASCA Ana Millàn (2002). *The Biology of Numbers. The Correspondence of Vito Volterra on Mathematical Biology*, Science Networks: Historical Studies Vol. 28, Birkhauser, 2002, pp. x+299.

KOVALEVSKAJA Sofja (2000). *Memorie di infanzia*. Introduzione di Laura Guidotti. Pendragon.

KRALL Giulio (1955). Vito Volterra. La matematica e la scienza del suo tempo, «*Civiltà delle macchine*», 3, 1, 1955, 65-77.

LEVI Beppo (1941). La personalidad de Vito Volterra. *Publ. Inst. Mat. Univ. Nac. Litoral*, 1941, III, 25-48.

LEVI MONTALCINI Rita (1996). *Senz'olio controvento*. Milano: Baldini & Castaldi, (capitolo "Vito Volterra: i matematici parlano con Dio", 127-143).

LINGUERRI Sandra (2005). *Vito Volterra e il Comitato talassografico italiano. Imprese per aria e per mare nell'Italia unita (1883-1930)*. Firenze: Olschki.

LINGUERRI Sandra (2015). Vito Volterra in divisa: dalla cooperazione interalleata al Consiglio Nazionale delle Ricerche, in *La Grande Guerra rivoluziona la comunità scientifica. Il ruolo dell'Italia*. Atti del convegno (Roma, Consiglio Nazionale delle Ricerche, 10-11 dicembre 2014), Roma, Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL, 2015, pp. 109-138.

MAZ'YA Vladimir, SHAPOSHNIKOVA Tatyana (1998). A Universal Mathematician, *American Mathematical Society and London Mathematical Society*, pp. xxv + 574.

NATALINI Roberto (2011). La matematica e la realtà: le sfide del CNR. In AA.VV., *Nuovi ponti tra scienza e società. Il CNR, crocevia della cultura italiana*. Torino: Bollati Boringhieri.

NICOTRA Luca (2017). Il disordine nell'ordine della materia. In «*Arte-Scienza*», Anno IV, N. 8, pp. 5-38.

O'CONNOR J. J. and ROBERTSON E. F. (2013). *Samuel Giuseppe Vito Volterra*. On-line in *MacTutor History of Mathematics* (<https://mathshistory>).

st-andrews.ac.uk/Biographies/Volterra/).

ODIFREDDI Piergiorgio (2000). *La matematica del Novecento*. Torino: Einaudi.

ODIFREDDI Piergiorgio (2005). La guerra dei due mondi in *Le due culture* di Charles P. Snow. Marsilio.

PAOLONI Giovanni (1990). *Vito Volterra e il suo tempo*. Roma: Accademia Nazionale dei Lincei.

SIMILI Raffaella (2001). La presidenza Volterra. In Raffaella Simili, Giovanni Paoloni (cur.) *Per una storia del Consiglio Nazionale delle Ricerche*, Vol. I, Roma-Bari: Laterza, pp. 72-127.

SOMIGLIANA Carlo (1942). *Vito Volterra*. Acta Pontificia Academia Scientiarum 6, 57-85.

VENEZIANI Roberto, VOLTERRA Virginia (cur.) (2018). *Il Villino Volterra in Ariccia*. Modena: Palombi Editori.

VOLTERRA Vito (1907). *Il momento scientifico presente e la nuova Società Italiana per il Progresso delle Scienze*. Discorso pronunciato dal prof. senatore V. Volterra. Presidente del Comitato ordinatore. Prima Riunione, Parma - settembre 1907.

VOLTERRA Vito (1954-1962). *Opere matematiche 1954-1962*. In 5 volumi Vol 1 (1881-1892), Vol 2 (1893-1899), Vol 3 (1900-1913), Vol 4 (1914-1925), Vol 5 (1926-1940). Roma: Accademia Nazionale dei Lincei. On--line in <http://mathematica.sns.it/opere/429/>. WEIL André (1991), *Souvenirs d'apprentissage*. Basel: Birkhauser. Traduzione italiana: *Ricordi di Apprendistato*, Torino: Einaudi, 1993.

WEINSTEIN A. (1964). Review: Vito Volterra: Opere matematiche. Memorie e Note Vols. 1-5, *Bull. Amer. Math. Soc.* 70 (3) , 335-337.

WHITTAKER Edmund (1941). *Vito Volterra, 1860-1940. Obituary*. Notices of Fellows of the Royal Society of London, 3, 1941, 691-729.