



Missed. Storie di Nobel e chimica italiana: i casi di Stanislao Cannizzaro e Giacomo Ciamician

Missed. Nobel prizes and italian chemistry stories: the Stanislao Cannizzaro and Giacomo Ciamician cases

MARIACHIARA DI MATTEO

1. Summary

Despite the thorough and clever work of Vito Volterra to promote the italian chemistry among the international scientific community, and particularly in Stockholm, neither the nomination of Stanislao Cannizzaro for Nobel prize (1906/1907) nor the one of Giacomo Ciamician (1921) reached a successful result. Reasons are not clear, but according to Judging Committees choices the general tendency in the international scientific community seems to trust more in the atom theory and atomic energy than in the research on organic chemistry and solar energy.

The victory of Frederick Soddy over Ciamician in 1921, once and for all marks the contrast between different visions of Nature, human being, environment and energetic exploitation, lasting until the contemporary era, when the scientific community wonders about the same ethic and scientific questions that already inspired the competitor scientists one century ago.

2. Riassunto

Nonostante il capillare e intelligente lavoro di Vito Volterra per la promozione della chimica italiana all'estero e in particolare a Stoccolma, né la candidatura al premio Nobel di Stanislao Cannizzaro (1906/07), né quella di Giacomo Ciamician (1921) vanno a buon fine. Le mo-

tivazioni non sempre sono chiare, ma dall'analisi delle scelte delle Commissioni giudicatrici svedesi emerge la preferenza della comunità scientifica internazionale d'inizio secolo ad accordare più fiducia allo studio dell'atomo e dell'energia atomica piuttosto che alle ricerche in chimica organica e all'energia solare. Con la vittoria di Frederick Soddy su Ciamician nel 1921 si delinea definitivamente quella contrapposizione fra due opposte visioni della natura, dell'uomo, dell'ambiente e dello sfruttamento energetico del pianeta che perdurerà fino ai nostri giorni, ponendo anche alla comunità scientifica contemporanea gli stessi interrogativi etici e scientifici che già animavano i due contendenti al premio ormai un secolo fa.

3. Missed. Storie di Nobel e chimica italiana

Dall'esame dell'epistolario di Giacomo Ciamician a Vito Volterra, che consta di 119 documenti (quasi tutti inediti) scritti fra il 1891 e il 1921 ed è custodito presso l'Accademia Nazionale dei Lincei e Corsiniana nell'Archivio Volterra, emerge come una delle prime occasioni di collaborazione fra i due scienziati italiani sia la candidatura al premio Nobel di Stanislao Cannizzaro per il 1906–1907. Grazie a questa occasione inizia un'amicizia e un'affiatamento filosofico–scientifico che vedrà il chimico e il matematico sempre più spesso insieme nella promozione e nello sviluppo di importanti iniziative istituzionali italiane, fra cui la rifondazione della Società Italiana per il Progresso delle Scienze, il Regio Comitato Talassografico Italiano e il Consiglio Nazionale delle Ricerche.

Questa prima opportunità di collaborazione fra Ciamician e Volterra è anche il momento in cui la comunità scientifica nazionale e internazionale viene chiamata a raccolta attorno all'importante figura di Cannizzaro nel tentativo di dare il più alto riconoscimento formale alla sua opera.

Come ormai è noto, Cannizzaro era entrato nel clima scientifico d'oltralpe nel 1860, quando in occasione del congresso internazionale dei chimici a Karlsruhe aveva fatto circolare alcune copie del suo *Sunto di un corso di filosofia chimica*, pubblicato due anni prima sulle pagine del "Nuovo Cimento", nel quale aveva dato spiegazione e formalizzazione all'ipotesi di Avogadro (volumi uguali di gas differenti nelle stesse condizioni di pressione e temperatura

contengono lo stesso numero di *molecole* e non di *atomi* o *particelle*, diciture che avevano creato difficoltà e confusione per la prima ricezione dell'ipotesi¹.

Tanto grande era stata la portata dell'iniziativa di Cannizzaro, e tanto luminoso il suo successo, che Dmitrij Ivanović Mendeleev nella sua Faraday Lecture del 1889 ricordava ancora l'esperienza di Karlsruhe come un momento nel quale le riflessioni sulla sua legge periodica degli elementi avevano avuto una decisiva accelerazione grazie soprattutto all'intervento di Cannizzaro che considera addirittura suo predecessore, avendo trovato nella sua determinazione dei pesi atomici un punto di riferimento fondamentale per lo sviluppo della sua teoria².

Mendeleev non è il solo scienziato di larga fama a riconoscere al chimico italiano un ruolo chiave negli sviluppi della scienza ottocentesca.

Anche Svante Arrhenius, nel discorso con il quale ritirava il premio Nobel per la chimica del 1903, riconosceva nella legge di Avogadro uno dei fondamenti sui quali è costruita la chimica moderna, teoria che, sebbene fosse stata in un primo momento osteggiata, grazie al vigoroso lavoro di Cannizzaro era stata poi universalmente adottata e aveva spiegato numerose e incalzanti scoperte in chimica organica³.

Appare naturale perciò il fatto che nel 1906 in Italia si stia cercando di ottenere per il Maestro quel premio Nobel che sembra essere il giusto riconoscimento a un contributo scientifico ancora tanto attuale.

Nessuna meraviglia nemmeno per il fatto che sia proprio Vito Volterra ad occuparsene, essendo il più efficiente organizzatore scientifico italiano dell'epoca e avendo numerosi contatti scientifici e personali in Svezia, dove è molto stimato non solo da scienziati di grande calibro come Gösta Mittag-Leffler, ma addirittura dallo stesso re di Svezia che poco tempo prima aveva invitato il matematico italiano a tenere un ciclo di lezioni⁴. Fra i suoi partner più attivi per la candidatura di Cannizzaro al Nobel c'è Giacomo Ciamician. Proprio nel 1906, dunque, inizia tra gli scienziati italiani una

1. [3].

2. [13], p.634-656.

3. [1].

4. [12].

serrata corrispondenza che ha come tema il possibile premio Nobel per Stanislao Cannizzaro.

Carissimo Signor Professore,

avevo già parlato col Mittag Leffler sul premio Nobel pel Prof. Cannizzaro, anzi gli avevo già annunziato che una memoria a questo proposito era già stata mandata dalla sezione di chimica dell'Accademia dei Lincei a quella di Stoccolma [...] la proposta bisognerà poi farla appoggiare da quelli che in Italia e fuori dall'Italia sono invitati a dare il loro parere [...].

La memoria è bene che sia particolareggiata [...] e affinché sia bene intesa qui le consiglieri di non redigerla in italiano ma in Francese [...]⁵.

Scrive Volterra a Ciamician il 5 febbraio 1906.

E proprio nel medesimo periodo, anticipando alcune delle obiezioni cui andrà incontro il progetto, Cannizzaro scrive a Volterra:

Carissimo prof. Volterra,

[...] Avea preveduto la lacuna nella proposta dei chimici; ma non ebbi abbastanza faccia tosta da supplire alla loro negligenza io stesso.

Avrei loro suggerito di mostrare per mezzo di testimonianze tratte da autorevoli scrittori moderni l'effetto prodotto nello sviluppo della chimica da quello che in questi anni chiamasi Sistema Cannizzaro; effetto utile che continua tuttavia. Ramsay, Roscoe, etc. giungono a dire che il progresso della chimica è stato possibile dopo che il mio sistema [...] rimosse le contraddizioni che erano ostacolo [...].

È vero che si tratta di una pubblicazione di mezzo secolo fa, e il mondo scientifico comincia ad apprezzarla nel 1860 nel congresso di Carlsruhe; ma [...] il mio sistema è ancora vivo e fonte di continui progressi. [...]⁶.

Infatti il premio Nobel era inteso non come premio alla carriera ma come incentivo alla ricerca per quegli scienziati che nell'anno precedente si fossero mostrati più meritevoli e promettenti per il futuro, o per quegli scienziati alle cui opere più datate fosse stato riconosciuto valore solo di recente. Non sempre il regolamento veniva seguito alla lettera, ma il fatto che il *Sunto* fosse stato pubblicato molto tempo prima preoccupa Cannizzaro.

Un'altra lettera attira la nostra attenzione. È inviata da Adolf Baeyer a Volterra il 28 luglio 1906 e pur garantendo il proprio

5. [4] Minuta di Volterra a Ciamician del 5/2/1906.

6. [14], p. 82.

appoggio introduce una nuova variabile problematica: il maestro ha ormai 80 anni e non è più in attività.

Stimatissimo collega, la Sua proposta di dare il premio Nobel al professor Cannizzaro trova pienamente il mio appoggio. Nel testamento Nobel senza dubbio è detto [...] a colui che negli anni precedenti ha reso il più grande servizio all'umanità. Poiché questa indicazione non può seguirsi alla parola il Comitato Nobel l'ha interpretato che possono essere anche premiati i lavori vecchi, se i risultati ottenuti in questi tempi hanno raggiunto una speciale importanza. Sotto questo punto di vista sarebbe ben possibile dare il premio a Cannizzaro, specialmente se quest'anno lo avrà Berthelot [...]. Io sono perciò d'accordo per Cannizzaro e per quanto io potrò cercherò di parlare ad altri chimici a fare ugualmente.

Purtroppo ho appreso che Cannizzaro recentemente ha festeggiato il suo 80° anno di età e mi è riuscito doloroso che non l'abbia appreso in tempo per potergli esprimere i miei migliori auguri [...]⁷.

Non è tutto. Fra le difficoltà principali vi è anche quella di ottenere l'invito di qualche italiano a Stoccolma per avanzare delle proposte, invito che inizialmente sembrava essere stato garantito a Volterra ma che tarda ad arrivare.

Ne abbiamo notizia da un'importante lettera di Ciamician a Cannizzaro del 9 settembre 1906:

Illustrissimo Signor professore,

[...] non credo che sarà difficile che qualche italiano sia invitato per le proposte; Volterra ha scritto a Mittag-Leffler e mi sembra assai probabile che aderiscano al suo desiderio, tanto più che glielo avevano quasi promesso

tuttavia, se dovessero mancare gli italiani

credo non sarà difficile far presentare la mia relazione che tradussi in tedesco dal Baeyer o dal Ramsay [...]⁸.

Per la prima volta, tuttavia, compare un'ombra sulle speranze di Ciamician per la buona riuscita del progetto: «Non conosceva quella disposizione relativa ai lavori in corso», confessa Ciamician al Maestro nella medesima lettera, riferendosi alle norme che regolano

7. Ibid, p. 81.

8. [19], p. 122.

l'attribuzione del premio Nobel, «finora però non l'hanno mai seguita»⁹.

Gli inviti infine vengono recapitati, ma la candidatura di Cannizzaro non giunge a segno né per il 1906 né per l'anno successivo.

A gelare definitivamente ogni speranza infatti arriva una lettera di Otto Pettersen il 6 dicembre 1907, nella quale espone la posizione ufficiale del Comitato Svedese per il Premio Nobel che, *bien contre-cœur*, si trova a rifiutare la candidatura di Cannizzaro perché l'opera a cui tutti fanno riferimento, il famoso *Sunto di un corso di filosofia chimica*, data ormai troppo indietro nel tempo per essere presa in considerazione¹⁰.

Le possibili cause dell'insuccesso sono numerose. Oltre all'età del Maestro e alla vetustà del *Sunto*, va considerata la difficoltà di trovare un pieno appoggio internazionale per Cannizzaro, indizio del fatto che la scienza italiana segna ancora il passo, nonostante i rapidi e significativi progressi nell'organizzazione scientifica e nei risultati prodotti a cavallo di secolo, rispetto a giganti affermati o in ascesa come Germania, Francia, Gran Bretagna e Paesi Scandinavi.

Non va dimenticato inoltre che ormai da qualche anno Cannizzaro era in aperta polemica con Friedrich Wilhelm Ostwald, personalità scientifica di grande peso internazionale, che fin dalla fine dell'Ottocento si era sempre di più opposto alle teorie molecolari e atomistiche, fondate sul concetto di materia, in favore di una concezione dei fenomeni fisici e chimici di tipo energetista¹¹. Un oppositore di così grosso calibro non ha certamente giovato alla causa di Cannizzaro per il Nobel.

Infine, il fatto che nel 1906 già due italiani abbiano ricevuto l'ambito premio, — Golgi per la medicina e Carducci per la letteratura —, e che fossero sostenuti da personalità influentissime come la regina Margherita e Magnus Gustaf Retzius (che compare nella lettera di Cannizzaro come "Rhesius" e fu collega e grande estimatore di Camillo Golgi) fa sì che un terzo premio Nobel italiano, come riflette con grande rammarico lo stesso Cannizzaro in una lettera a Volterra, sia un eventualità veramente remota, possibile

9. *Ibid.*

10. [15], p. 65–66.

11. [11].

solo nel caso in cui la candidatura venga sostenuta da personalità scientifiche o politiche estremamente potenti¹².

Qualcosa di analogo accade per Giacomo Ciamician.

Dopo numerosi quanto vani tentativi di nomina per l'assegnazione del premio Nobel al chimico italiano fra il 1905 e il 1919, condotti principalmente da colleghi stranieri, nel 1921 Vito Volterra, in collaborazione con Camillo Golgi, decide di sostenere una nuova candidatura di Ciamician con esplicito riferimento ai contributi dati agli studi di fotochimica e chimica vegetale, richiamando l'attenzione probabilmente su quel discorso, *La fotochimica dell'avvenire*, che aveva suscitato tanto successo nove anni prima in occasione dell'ottavo Convegno Internazionale di Chimica Applicata (New York–Washington 1912). Nemmeno questo progetto tuttavia ottiene il successo sperato e il premio Nobel per la chimica del 1921 viene assegnato a Frederick Soddy per i suoi contributi alla conoscenza della chimica delle sostanze radioattive e per i suoi studi sulla natura e l'origine degli isotopi¹³.

Soddy era stato un giovane allievo e collega di William Ramsay ed Ernest Rutherford e aveva partecipato alle ricerche che avevano portato a loro volta i due scienziati alla vittoria dei Nobel del 1904 e del 1908¹⁴. In quegli anni, anche se gli ambiti di ricerca erano piuttosto diversi, i rapporti non solo scientifici ma anche personali fra il gruppo di Ramsay, di cui Soddy faceva parte, e quello di Cannizzaro, a cui partecipava Ciamician, erano piuttosto intensi, agevolati come erano dai Congressi Internazionali di Chimica Applicata, com'è dimostrato dalla fitta corrispondenza fra Ramsay e Cannizzaro e dal fatto che in molti e importanti lavori questi scienziati citano i rispettivi risultati con parole di stima anche se non sempre le loro convinzioni coincidevano¹⁵. Infatti, in quegli anni si stava studiando il problema dell'approvvigionamento energetico, questione particolarmente urgente in Gran Bretagna per il progressivo esaurirsi delle risorse fossili, e si cominciava a considerare la possibilità di utilizzare fonti energetiche alternative. Fra le più plausibili, naturalmente, l'energia atomica e quella solare, di

12. [2].

13. [20].

14. [8].

15. [6].

cui rispettivamente Soddy e Ciamician erano fra i più attivi ricercatori.

Il 1912 è un anno fondamentale per gli studi sull'energia.

Durante l'ottavo Congresso Internazionale di Chimica Applicata, tenutosi a New York, Ciamician pronuncia il discorso di cui si è detto, *La fotochimica dell'avvenire*. In essa egli propone non solo gli ultimi risultati dei suoi studi, ma una vera e propria visione sistemica del rapporto uomo–natura fondata su uno sfruttamento energetico del pianeta meno rapace e su ritmi di vita consonanti con quelli della natura.

Una tale proposta non poteva prevedere che il Sole quale fonte principale di energia.

E se giungerà in un lontano avvenire il momento in cui il carbon fossile sarà esaurito, non per questo la civiltà avrà fine: che la vita e la civiltà dureranno finché splende il Sole! E se anche alla civiltà nera e nervosa ed esaurientemente frettolosa dell'epoca nostra dovesse far seguito quella forse più tranquilla dell'energia solare non ne verrebbe un gran male per il progresso e la felicità umana¹⁶.

Non manca però di citare i brillanti studi di Soddy sulla trasmutazione atomica, manifestando tuttavia una certa preoccupazione per la capacità umana di gestire un così deciso ampliamento dei propri limiti sulla Natura nel caso in cui l'energia interna dell'atomo fosse divenuta davvero disponibile¹⁷.

Nello stesso anno Soddy pubblica *Matter and Energy*, uno scritto nel quale mostra dubbi circa la realizzabilità di macchine in grado di sfruttare l'energia solare, un'ipotesi certamente ideale ma ancora troppo lontana da una concreta attuazione tecnologica. Maggiori speranze a suo avviso sembra promettere lo sfruttamento dell'energia atomica per rispondere al crescente e sempre più urgente bisogno energetico¹⁸. Ecco perché nonostante apprezzi gli studi di fotochimica preferisca continuare a rivolgere i propri sforzi sulle potenzialità energetiche dell'atomo. È appunto in questo pensiero che si trova un suggerimento utile a capire cosa, nove anni più tardi, avrebbe potuto spingere la Commissione per il premio

16. [5], p. 153.

17. *Ibid.* p. 138.

18. [16].

Nobel a preferire Soddy a Ciamician. Non è ancora stato possibile esaminare la discussione in seno alla commissione giudicatrice ma ciò che intendo considerare non è tanto la questione di merito, quanto la tendenza a premiare un certo tipo di ricerca, quella sulla radioattività, molto più spesso di qualsiasi altra. Infatti, esaminando l'andamento delle assegnazioni di premi Nobel nei primi vent'anni del Novecento, notiamo che oltre un quarto dei premi per fisica e chimica vengono assegnati a ricerche riguardanti l'atomo, la radioattività e i risvolti energetici che ne possono derivare.

Un elemento interessante emerge inoltre dalla lettura della Nobel Lecture di Soddy: egli traccia una breve storia delle ricerche sull'atomo e sulla radioattività nella quale vengono citati un gran numero di scienziati (Curie, Rutherford, Ramsay, Debierne, Otto Hahn, Godlewski, Antonoff, Boltwood, Mc Coy, Ross, Marckwald, solo per citarne alcuni) appartenenti ad aree geografiche incredibilmente vaste, che includono Canada, Francia, Gran Bretagna, Germania, Russia, Paesi dell'Est Europa:

The work of my students and myself, for which you have so signally honoured me by the award of the Nobel Prize for Chemistry for 1921, is but a small part of much pioneering work, in many lands and stretching over a period of nearly twenty years [...]. I think I may best fulfil my duty as Nobel laureate if I try to disentangle the real origins of the conception of isotopes [...]¹⁹.

Queste le parole con cui Soddy apre la sua Nobel Lecture. La radioattività si rivela quindi un'acquisizione internazionale e plurale che dati i suoi risvolti pratici realizzabili nel breve periodo appassiona sempre più una comunità scientifica alle prese con l'angosciante problema dell'approvvigionamento energetico.

Ecco allora che l'investimento di risorse ed energie, che passa anche attraverso i premi Nobel, innesca un sistema di incentivi a proseguire su questa strada, tralasciando i progetti a più lungo termine suggeriti da Ciamician e dagli studi sull'energia solare.

Solo pochi anni più tardi Soddy, che già aveva rinunciato all'invito da parte del Ministero della guerra britannico a partecipare a una Commissione per lo studio degli aspetti offensivi e difensivi della chi-

19. [17] p. 371.

mica dei gas, protagonista della Grande Guerra, farà marcia indietro anche sull'energia atomica, trovandosi allineato a quei timori che già Ciamician aveva espresso in proposito nella *Fotochimica dell'avvenire*, cedendo alla preoccupazione che non ci sarebbe stato un solo Paese al mondo che avrebbe rinunciato ad applicarla a scopi militari se fosse divenuta davvero disponibile²⁰.

In quegli anni, infatti, Soddy stava riflettendo sempre più profondamente sulla tendenza della scienza a invertire la sua funzione progressista, diventando invece strumento di guerra e di morte (*The inversion of science*, 1924). È il momento in cui le sue ricerche, che si erano sempre inserite in un quadro sensibile anche ai risvolti storici e sociali, prendono una piega decisamente più umanistica andando ad intrecciare questioni di ordine scientifico a considerazioni di tipo economico, ecologico e sociale, mantenendo sempre sullo sfondo il tema della responsabilità degli scienziati di fronte alla comunità rispetto all'uso delle loro invenzioni²¹.

Analoghe considerazioni aveva tratto Ciamician agli albori della prima guerra mondiale scrivendo a Volterra:

Io non posso credere che tutti in Europa approvino questa rovina e l'abbiano voluta e desiderata [...].

Io crederei che fra i cultori della nostra scienza ve ne saranno alcuni almeno non accecati da quell'esagerato spirito patriottico che fa scatenare i più feroci sentimenti di razza [...].

Non credi tu che sarebbe opportuno farci iniziatori di una simile protesta in nome della scienza offesa, che non conosce differenze di nazionalità?²².

Emerge quindi come gli studi su energia atomica ed energia solare, pur afferendo a visioni opposte del rapporto fra essere umano e natura abbiano visto in una prima fase di sviluppo un vivace e costruttivo scambio di opinioni e contributi scientifici; quanto strettamente fossero connessi il sistema sociale, quello scientifico e quello energetico e quanto determinante sia stata la scelta di dirigere i finanziamenti alla ricerca in una direzione piuttosto che in un'altra per la storia non solo della scienza ma anche del pensiero umano, poiché attraverso questo tipo di incentivi si è promosso un determinato punto di vista nella

20. [18]; [8].

21. [8].

22. [4], Lettera del 6/8/1914.

relazione essere umano/natura. Infine si intende sottolineare come questi temi oggi così dibattuti fossero attuali già un secolo fa e quanto siano profonde le radici della preferenza che fino ad oggi si è accordata all'energia atomica rispetto a quella solare.

Bibliografia

- [1] ARRHENIUS S., 1903, *Development of the theory of electrolytic dissociation*, in *Nobel lectures. Chemistry 1901–1921*, Elsevier, Amsterdam–London–New York, 1966, p. 45–58.
- [2] BATTIMELLI G., PAOLONI G., SIMILI R., 2004, *Da via Panisperna all'Italia: creatività scientifica e creatività istituzionale* in *Beautiful Minds: i Nobel italiani* GALLUZZI P., MANETTI L. (a cura di), Giunti, Firenze, p. 110–117.
- [3] CERRUTI L. (a cura di), 1991, *S. Cannizzaro, Sunto di un corso di filosofia chimica*, (“Nuovo Cimento” Vol. 7, p. 321–366, 1858), Commento e nota storica, Sellerio editore, Palermo.
- [4] CIAMICIAN G., *Lettere a Vito Volterra*, Archivio Volterra, serie corrispondenza, Biblioteca dell'Accademia Nazionale dei Lincei e Corsiniana.
- [5] —, 1913, *La fotochimica dell'avvenire*. Discorso letto al Congresso Internazionale di Chimica Applicata a New York il dì 11 settembre 1912, in *Attualità scientifiche XIX*, Zanichelli, Bologna, ora in CIARDI M., LINGUERRI S., *Giacomo Ciamician. Chimica, filosofia, energia*, Bononia University Press, Bologna, 2007, p. 133–153.
- [6] CIARDI M., 2007, *Frederick Soddy: dalla chimica all'economia ecologica*, in *Atti del XII Convegno Nazionale di Storia e Fondamenti della Chimica*, CALASCIBETTA F., CERRUTI L., (a cura di), in *Rendiconti dell'Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL, memorie di scienze fisiche e naturali*, serie V, vol. XXXI parte II, Roma, p. 499–510.
- [7] CIARDI M., LINGUERRI S., 2007, *Giacomo Ciamician. Chimica, filosofia, energia*, Bononia University Press, Bologna.
- [8] CIOCI V., 2009, *Frederick Soddy, un chimico alle frontiere della conoscenza, fra Fisica, Economia, Matematica ed Ecologia*, in *Atti del XIII Convegno Nazionale di Storia e Fondamenti della Chimica* (Roma 23–26 settembre 2009), CALASCIBETTA F., (a cura di), Roma, p. 319–330.
- [9] CRAWFORD E., HEILBRON J.L., UHLRICH R., 1987, *The Nobel population 1901–1937. A census of the Nominators and Nominees for the prizes in Phy-*

- sics and Chemistry*, Office for History and Technology, University of California, Berkley.
- [10] DI MEO A., 2008, *Il positivismo in Italia: Stanislao Cannizzaro scienziato e filosofo*, in ‘Cannocchiale’, n. 2–3, p. 71–110.
- [11] —, 2005, «Le vecchie molecole, vecchi atomi»: l’ultima battaglia di Stanislao Cannizzaro e la nascita della chimica fisica, in *Atti del XI Convegno Nazionale di Storia e Fondamenti della Chimica*, CERRUTI L., TURCO F., (a cura di), Torino, p. 299–329.
- [12] GUERRAGGIO A., PAOLONI G., 2008, *Vito Volterra*, Muzzio, Roma.
- [13] MENDELEEV D., 1889, *The periodic law of the chemical elements*, in “Journal of the Chemical Society Trans”, 55, p. 634–656.
- [14] PAOLONI G., 1990, *Vito Volterra e il suo tempo (1860–1940): mostra storico-documentaria*, Bardi, Roma.
- [15] PAOLONI G., SIMILI R., 2004, *I Lincei nell’Italia Unita*. Mostra storico-documentaria sotto l’alto patronato del Presidente della Repubblica (Roma 22 novembre–10 gennaio 2004), Bretschneider, Roma.
- [16] SODDY F., 1912, *Matter and Energy*, Williams & Norgate, London.
- [17] —, 1922, *The origins of the conceptions of isotopes*, in *Nobel Lectures, Chemistry 1901–1921*, Elsevier Publishing Company, Amsterdam, 1966, p. 371–399.
- [18] —, 1926. *Wealth, Virtual Wealth, and Debt: the Solution of the Economic Paradox*, Allen and Unwin, London.
- [19] TACCONE D., 2005/2006, *Giacomo Ciamician, le passioni di un uomo scienziato: l’insegnante e il politico*, tesi di laurea in Storia della Scienza e della Tecnica, Facoltà di Filosofia, Università di Bologna a.a. 2005–2006.
- [20] —, <http://nobelprize.org>

Mariachiara Di Matteo
Università degli Studi di Pisa
Dipartimento di Filosofia
mariachiara.dimatteo@gmail.com