

## LA FISICA NEL SETTECENTO: NUOVE LEZIONI, SPETTACOLO, MERAUVIGLIA

SOFIA TALAS

*Museo di Storia della Fisica, Dipartimento di Fisica, Università di Padova, Padova, Italia*

Nel Settecento si andarono diffondendo in tutta Europa nuove lezioni di fisica fondate su esperimenti e dimostrazioni, spesso spettacolari. Queste nuove pratiche contribuirono da una parte alla definizione stessa della fisica in senso moderno, e suscitavano d'altra parte uno straordinario interesse anche al di fuori dagli ambiti accademici: si creavano così le premesse per i grandi sviluppi della fisica ottocentesca.

“Pien d'interno rispetto, ed eziandio di gratitudine, verso i grand'Uomini, che ci han comunicati i loro pensieri, e che ci hanno arricchiti con le loro scoperte, di qualunque Nazione che sieno, ed in qualunque tempo che sien vivuti, ammiro il loro sublime e profondo ingegno, fin ne' loro errori; e lor fo quell'onore, che debbo, e che meritano; ma non istò a detta loro, e non ammetto cosa alcuna, che non sia provata con l'esperienza: in materia di Fisica, non si dee farsi schiavo dell'autorità; ed ancor meno soggettarci dovremmo a' nostri propri pregiudizj; ma conoscere e ricevere, dovunque appare, la verità” [1]. Così scriveva nel 1743 l'abate Jean-Antoine Nollet, professore di fisica sperimentale al Collège de Navarre, scienziato della corte di Francia e *maestro* di fisica dei figli del re. Non solo, ma precisava nel 1770: “Pensate che anche se vi è permesso di fissare l'attenzione dei vostri Ascoltatori tramite fenomeni che li sorprendono, non è degno di un Fisico lasciar loro ignorarne le cause, quando esse si possono far conoscere; cosicché, anche se il vetro è fragile, bisogna farlo entrare nella costruzione delle macchine di Fisica, preferendolo al metallo e alle altre materie opache, tutte le volte che potremmo aiutarci con la trasparenza per far vedere il meccanismo delle operazioni: poiché, lo ripeto, il nostro primo punto di vista deve essere di insegnare, illuminare, e non di sorprendere o imbarazzare” [2].

Emerge da queste parole l'essenza stessa della fisica dell'epoca dei Lumi, in cui sia la ricerca sia l'insegnamento della fisica erano solidamente basati su osservazioni ed esperimenti. Questi ultimi erano già diventati elementi centrali della ricerca con la Rivoluzione Scientifica, ma è proprio nel corso del Settecento che si affermano le lezioni di fisica delineate da Nollet, fondate su dimostrazioni spesso spettacolari e per le quali vengono sviluppati nuovi specifici strumenti (fig. 1). Si moltiplicano allora i cosiddetti “Gabinetti di Fisica”, raccolte di strumenti destinati alla ricerca e alla didattica, che costituiscono i nuclei iniziali dei laboratori ottocenteschi. Analizzeremo in questo articolo come nacquero queste nuove lezioni e come si diffusero rapidamente in tutta Europa, contribuendo alla definizione stessa della



Fig. 1 Una lezione di fisica del Settecento [1].

fisica in senso moderno. Così marcatamente sperimentale, la fisica – la nuova scienza elettrica in particolare – incontrò in quel periodo un successo clamoroso non solo nell’ambito delle accademie e delle università, ma anche nei Salotti e presso le Corti: acquistò di fatto una visibilità che la scienza non aveva mai conosciuto prima di allora.

Ricordiamo innanzitutto che fino al medioevo, in Europa, la conoscenza della natura era dominata dall’osservazione diretta, gli strumenti scientifici erano relativamente pochi e gli esperimenti limitati: la scienza della natura, o filosofia naturale, si era via via ridotta a illustrare e glossare il sapere contenuto nei libri degli “antichi maestri”, la cui autorità non veniva messa in discussione. Tra il XV e il XVI secolo, nel periodo dell’Umanesimo e del Rinascimento, un nuovo fermento culturale porta però a riscoprire e studiare la scienza greca e musulmana, l’uomo riacquista fiducia nelle proprie potenzialità e vengono valorizzate le arti manuali come produttrici di conoscenza. Comincia a diffondersi la costruzione e l’uso di strumenti nei quali si utilizza la matematica – la geometria in particolare – applicandola ad “arti” diverse, dalla topografia alla navigazione fino all’astronomia, che vengono riformate allo stesso modo in cui la scienza della prospettiva stava riformando l’arte pittorica dell’epoca. Si creano così le premesse per la cosiddetta Rivoluzione Scientifica, che si avvia a opera prima di tutto di Galileo Galilei.

Questi trasforma radicalmente il modo di affrontare la ricerca scientifica, ponendo innanzitutto al centro della propria indagine le esperienze e le osservazioni, che sole possono avvalorare o confutare ipotesi e idee, senza soggiacere all’autorità del sapere contenuto nei libri. Diventano perciò centrali per Galileo Galilei gli strumenti, oggetti nati dalle arti manuali – il cannocchiale in primis – che lui ritiene in grado di produrre conoscenza: si realizza emblematicamente quella saldatura tra scienza e tecnica, che sarà uno dei connotati della scienza moderna. Esperienze e osservazioni dunque, ma anche accurate dimostrazioni matematiche: i fenomeni della natura secondo Galilei possono essere tradotti in precise leggi matematiche. Lo studioso si oppone quindi alla netta distinzione che veniva fatta all’epoca fra i matematici, visti come semplici addetti alla misura e al calcolo, e i filosofi naturali, gli unici ritenuti fino ad allora in grado di studiare e conoscere la natura. Non è certo un caso che Galilei, professore di matematica durante il periodo trascorso a Padova, venga ad essere nominato “matematico e filosofo” dal Granduca di Toscana quando si trasferisce a Firenze nel 1610 (fig. 2).

È ben noto che gli attacchi subiti da Galileo Galilei per il suo modo di fare scienza furono durissimi, e il nuovo metodo sperimentale che a lui deve molto si affermò solo lentamente nel corso del Seicento. Ricordiamo ad esempio che negli anni 1660, Robert Boyle venne attaccato da Thomas Hobbes

per gli esperimenti che stava svolgendo in aria rarefatta. Hobbes rimproverava a Boyle di utilizzare una pompa da vuoto, strumento che dava luogo a fenomeni certamente spettacolari ma che nulla avevano a che fare, secondo Hobbes, con la conoscenza reale della natura. Vuoi per l’impatto di questa controversia, vuoi per la spettacolarità degli esperimenti in aria rarefatta, la pompa da vuoto stessa diventò in quegli anni uno dei simboli della nuova scienza sperimentale.

Le accademie, che si moltiplicarono in quegli anni in tutta Europa – dall’Accademia del Cimento, fondata a Firenze nel 1657 dal Principe Leopoldo de’ Medici e dal Granduca Ferdinando II, all’Académie des Sciences, creata nel 1666 su ordine di Luigi XIV – costituirono i vivai dove si sviluppò con particolare vigore il nuovo metodo scientifico. Vi si tenevano regolarmente esperimenti e dimostrazioni su svariati aspetti del mondo naturale, dagli studi sulle proprietà dell’aria a quelli su minerali, piante e animali. Le riunioni erano riservate ai soli membri, e fu solo con gli ultimi anni del Seicento che cominciarono ad essere introdotti anche in ambito universitario alcuni corsi illustrati da esperimenti. Pierre Polinière, ad esempio, tenne a partire dal 1695 delle lezioni da lui definite di “fisica sperimentale”, inserite nei corsi di filosofia dell’Università di Parigi. Il termine di “fisica” veniva all’epoca ancora inteso in senso largo, come scienza della natura nel suo insieme, praticamente sinonimo di “filosofia naturale”. Raccolte in un opuscolo dal titolo *Expériences de Physique*, pubblicato nel 1709, le lezioni di Polinière comprendevano esperimenti di idrostatica, pneumatica, acustica, magnetismo e chimica, nonché esperienze sull’anatomia di animali e piante [3]. Anche Burchard de Volder, stimolato dai lavori di Boyle sulla pneumatica, avviò a Leida lezioni di fisica sperimentale fino dal 1675, ma si trattava comunque di iniziative decisamente sporadiche rispetto a quanto stava per accadere nel giro di pochissimo tempo.

All’inizio del Settecento infatti, John Keill e William Whiston, allievi di Newton, introdussero a Cambridge e a Oxford nuove lezioni di fisica sperimentale – si parlava all’epoca anche di filosofia sperimentale – ma soprattutto, sempre sotto l’influenza di Newton<sup>1</sup>, vennero proposte a Londra lezioni di fisica rivolte a un pubblico generico, le cosiddette “lecture-demonstrations”, illustrate da numerosissimi esperimenti. Il collegamento con la Royal Society, presieduta a partire dal 1703 dallo stesso Newton, era strettissimo. Le lezioni, che presentavano esperimenti di meccanica, idrostatica, pneumatica e ottica – si andava cioè progressivamente circoscrivendo il campo della cosiddetta “fisica sperimentale” –, riprendevano in larga parte quanto era

<sup>1</sup> Di Newton ricordiamo solo l’opera fondamentale, *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica*, pubblicata nel 1687 e tradotta in inglese con il titolo *Mathematical Principles of Natural Philosophy*.

stato presentato in precedenti riunioni della Royal Society. La maggior parte degli stessi "lecturers" erano (o diventavano) "Fellows" della stessa "Society". È il caso ad esempio di James Hodgson che fu il primo a tenere un corso pubblico di fisica nel 1705. Lo stesso vale per Francis Hauksbee, che era anche curatore degli esperimenti presso la Royal Society e costruttore di strumenti scientifici. Questi collaborò attivamente alle lecture-demonstrations di Hodgson, riprendendole poi per proprio conto a partire dal 1709 [4].

Cruciali per il successo delle nuove lezioni furono le risorse offerte del mercato della strumentazione scientifica che si era andato sviluppando in quegli anni a Londra. Proprio con la Rivoluzione Scientifica, si era di fatto delineata una nuova figura di costruttore professionista di strumenti scientifici, che aveva esteso la propria produzione alle recenti invenzioni, dai telescopi ai microscopi, dai barometri ai termometri, fino agli orologi e alle pompe da vuoto. Tali costruttori, piuttosto rari sul continente, avevano prosperato nella capitale inglese, dove godevano di una clientela variegata, dai marinai fino ai privati cittadini, sempre più desiderosi di poter avere in casa strumenti come orologi e barometri. Questi artigiani furono per i lecturers collaboratori preziosi, che cominciarono anche a mettere a punto specifici strumenti per le nuove lezioni pubbliche di fisica.

Spicca fra i lecturers di quel periodo John Theophilus Desaguliers (1683–1744), che frequentò nel 1708 il corso di filosofia sperimentale di John Keill all'Università di Oxford. Desaguliers sostituì lo stesso Keill per alcuni anni, trasferendosi poi a Londra, dove tenne pubbliche lezioni di fisica a partire dal 1713. Succedette a Hauksbee presso la Royal Society sia come Fellow sia come curatore degli esperimenti. Viaggiò parecchio, in Inghilterra e all'estero, contribuendo molto al successo delle nuove lezioni pubbliche di fisica. Il testo in cui raccolse le proprie lezioni, *A course of experimental philosophy*, venne tradotto in diverse lingue e godette di una vasta popolarità per tutto il Settecento [5] (fig. 3).

Furono però due olandesi, Willem Jacob 's Gravesande (1688–1742) e Pieter van Musschenbroek (1691–1761), a svolgere un



Fig. 2 Ritratto di Galileo, filosofo e matematico del Granduca di Toscana (Galileo Galilei, "Il Saggiatore" (G. Mascardi, Roma) 1623).

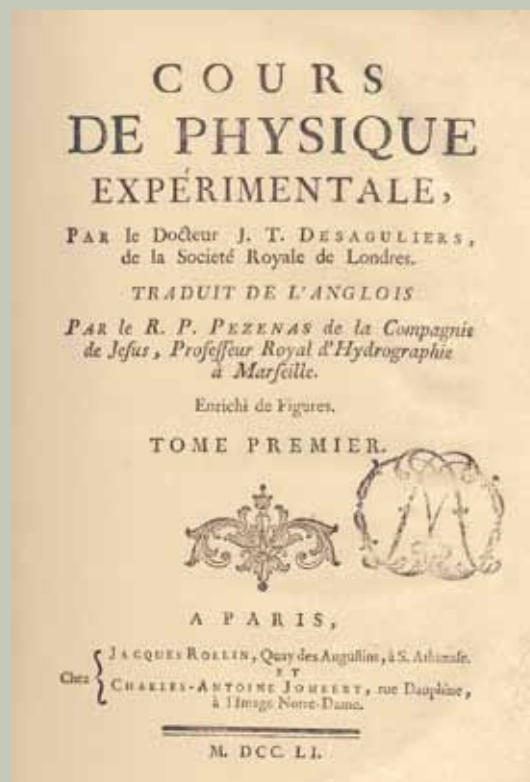


Fig. 3 Frontespizio del trattato di fisica di Desaguliers nell'edizione francese del 1751.



Fig. 4 Apparecchio per la dimostrazione del moto parabolico dei proiettili ideato da Willem 's Gravesande, metà XVIII secolo, collezione di Giovanni Poleni (Museo di Storia della Fisica, Università di Padova).

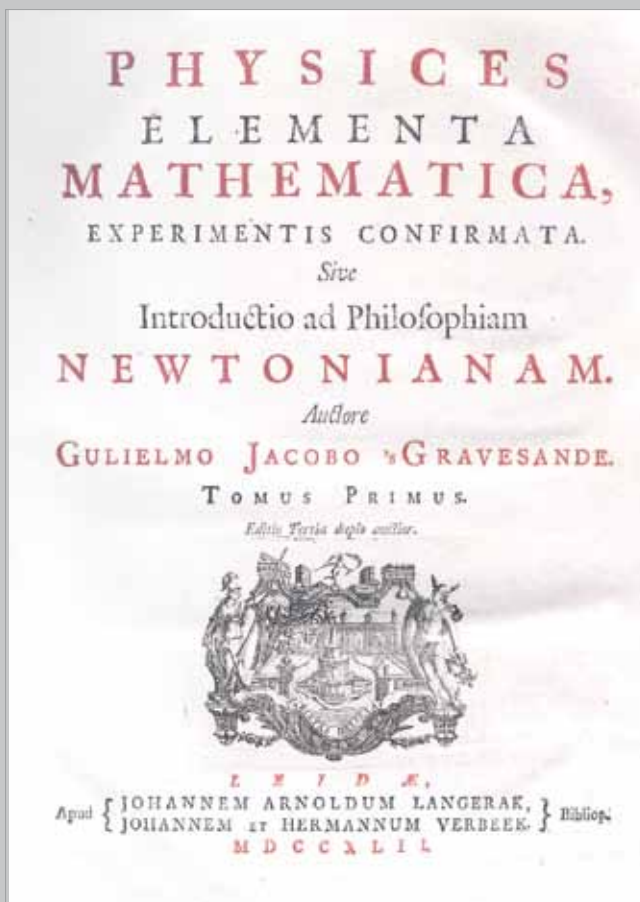


Fig. 5 Frontespizio del trattato di 's Gravesande *Physices Elementa Mathematica* (Langerak e Verbeek, Leiden) nell'edizione in latino del 1742.

ruolo centrale nella diffusione delle nuove lezioni di fisica sul continente [6, 7]. Dapprima avvocato ma da sempre appassionato di scienza, 's Gravesande effettuò nel 1715 un viaggio in Inghilterra, dove conobbe personalmente Newton diventandone uno strenuo sostenitore. Nel 1717, gli venne offerta la cattedra di matematica e astronomia all'Università di Leida, e 's Gravesande si lanciò nel nuovo incarico con l'idea di diffondere al meglio la filosofia newtoniana, che veniva considerata tanto brillante quanto di difficile comprensione. Grazie alla collaborazione di Jan van Musschenbroek, costruttore di strumenti scientifici a Leida, 's Gravesande ideò e fece costruire una straordinaria varietà di nuovi strumenti, scrivendo a Newton nel 1718:

"I begin to hope that the way of philosophizing that one finds in this book [l'*Opticks* di Newton] will be more and more followed in this country, at least I flatter myself that I have had some success in giving a taste of your philosophy in this university. As I talk to people who have made very little progress in mathematics I have been obliged to have several machines constructed to convey the force of propositions whose demonstrations they had not understood. By experiment I give a direct proof of the nature of compounded motions, oblique collisions, and the effect of oblique forces and the principal propositions respecting central forces" [7].

Si trattava quindi di avere esperimenti e strumenti per dare dimostrazioni dirette ed immediate delle leggi della fisica. Per dimostrare ad esempio che i proiettili seguono una traiettoria parabolica – come aveva scoperto Galileo nel secolo precedente – 's Gravesande inventò un dispositivo in cui una pallina veniva lasciata cadere lungo un binario, alla fine del quale acquistava una velocità orizzontale (fig. 4). Una parabola (con le relative coordinate) era disegnata su un adiacente pannello verticale di legno e alcuni anelli erano fissati lungo la parabola. La pallina attraversava tutti gli anelli, mostrando così come la composizione del moto uniforme orizzontale con il moto verticalmente accelerato, dovuto alla gravità, dava luogo al moto parabolico. Il dispositivo, così come diversi altri ideati dallo studioso olandese, sarebbe diventato un elemento classico dei Gabinetti di Fisica per tutto il Settecento.

Dimostrazioni dirette e immediate quindi, che 's Gravesande accompagnava con accurate misure e dettagliate analisi delle leggi della fisica. Non solo, ma a partire dalla seconda edizione del suo famoso trattato *Physices elementa mathematica, experimentis confirmata, sive introductio ad philosophiam Newtonianam*, lo studioso affianca in modo sistematico esperimenti, strumenti e dimostrazioni matematiche. Direttamente influenzata da Newton, l'opera trattava la conoscenza della natura come un ramo della matematica stessa, come tiene a precisare l'autore nella prefazione: "Natural Philosophy is placed among those

Parts of Mathematics, whose Object is Quantity in general" [8].

Il testo, pubblicato per la prima volta nel 1720–21 e poi esteso nelle edizioni del 1725 e del 1742, riscosse grande successo in tutta Europa, diventando uno dei trattati fondamentali della fisica del Settecento (fig. 5). Tradotto da Desaguliers, venne dato alle stampe in inglese già nel 1721, con il titolo *Mathematical Elements of Natural Philosophy, Confirm'd by Experiments: or, an Introduction to Sir Isaac Newton's Philosophy*, e venne poi pubblicato in francese nel 1747. Comprende sezioni dedicate al moto dei corpi, alle forze, allo studio dei fluidi (idrostatica e idrodinamica), alla pneumatica, al "fuoco" – sezione che includeva lo studio del calore, della luce e dell'elettricità ottenuta per strofinio –, alla descrizione del Sistema Solare e dei suoi moti. Vale la pena notare che si parla nel titolo latino di "fisica" e nel titolo inglese di "filosofia naturale", eppure il trattato non contiene nulla riguardo alla biologia, alla geologia o alla chimica, che rientravano tradizionalmente nella filosofia naturale seicentesca: il termine "filosofia naturale", così come il termine "fisica", si andava di fatto trasformando in quegli anni in senso sempre più ristretto fino a corrispondere alla fisica intesa in senso moderno, e lo stesso 's Gravesande stava attivamente contribuendo a questo drastico cambiamento.

Per quanto riguarda Pieter van Musschenbroek, fratello del costruttore Jan van Musschenbroek, questi insegnò dapprima a Duisburg e a Utrecht, per poi succedere a 's Gravesande a Leida. Anch'egli newtoniano entusiasta e amico di 's Gravesande, conobbe Desaguliers in occasione di un viaggio in Inghilterra. Le sue lezioni di fisica sperimentale divennero famose attraverso i suoi diversi trattati – ricordiamo in particolare *l'Elementa physicae* (Leiden, 1734) e il testo postumo in due volumi *Introductio ad philosophiam naturalem* (Leiden, 1762) – che vennero tradotti in olandese, inglese, francese e tedesco [9]. Molto interessato allo studio dell'elettricità che, come vedremo, stava conoscendo un forte sviluppo in quel periodo, Pieter van Musschenbroek la inserì nei propri trattati dedicandogli uno spazio sempre maggiore.

Eccellenti didatti della nuova fisica, 's Gravesande e van Musschenbroek attirarono alle loro lezioni studenti da tutta Europa. Tra questi, Jean-Antoine Nollet (1700–1770) si sarebbe rivelato uno dei principali paladini del nuovo tipo di insegnamento [10]. Di origini contadine, Nollet aveva dapprima studiato teologia diventando diacono – è noto come *abbé o abate Nollet* –, ma si era via via appassionato alla scienza. Era entrato in contatto con alcuni dei maggiori esponenti della vita scientifica francese, in particolare C. F. Dufay e R. A. F. de Réaumur, da cui aveva imparato elementi di fisica e tecniche di laboratorio. Furono proprio Dufay e Réaumur a condurlo con sé in Olanda e in Inghilterra, dove scoprì con entusiasmo le nuove lezioni di fisica sperimentale. Tornato in Francia nel 1735, Nollet riprese il corso di Pierre Polinière, introducendo i contenuti e la



Fig. 6 Ritratto di Jean Antoine Nollet (*"Leçons de physique expérimentale"*, vol. 1, 9e éd. (Guérin, Paris) 1783).

metodologia che tanto lo avevano colpito, ma raffinandoli ulteriormente (fig. 6).

Secondo i più diffusi pregiudizi dell'epoca, la conoscenza della fisica era riservata solo agli eruditi e agli studiosi. Per molti infatti, secondo Nollet, "la Physique ne se présente [...] qu'avec des caractères géométriques & toute hérissée d'Algèbre" [11]<sup>2</sup>. Al contrario Nollet, sulla falsa riga dei *lecturers* inglesi e olandesi, si proponeva di mettere la fisica alla portata del maggior numero di persone. Come spiega lui stesso, destinava le proprie lezioni al pubblico più vario: a persone esperte e agli studenti delle università, per i quali si addentrava in dettagli e approfondimenti, ma soprattutto agli "amateurs" (dilettanti), in modo che la fisica "devînt un

<sup>2</sup> "la Fisica si presenta solo [...] con caratteri geometrici e tutta irta di Algebra".

bien dont la possession fût commune à tout le monde” [11]<sup>3</sup>. La fisica entrò allora in modo dirompente anche nei Salotti francesi. Si trattava di trovare un delicato equilibrio tra la serietà del corso e la spettacolarità degli esperimenti, unendo “l’agréable à l’utile”, ossia l’utile al dilettevole. Emblematici in questo senso sono i cosiddetti “paradossi meccanici”, che si trovano in tutti i trattati dell’epoca: il doppio cono che sembrava risalire lungo un binario, ad esempio, sorprende e colpiva andando contro il senso comune, ma era poi compito dei fisici mostrare al loro pubblico che in realtà il baricentro del doppio cono stava scendendo, in perfetto accordo con le leggi della meccanica. Si poteva altrimenti iniziare una lezione con i “bicchieri di Tantalo”, recipienti di vetro in cui si versava del liquido: i bicchieri si riempivano dapprima normalmente ma, quando erano quasi pieni, il liquido iniziava a fuoriuscire dai beccucci laterali. Perché? Si spiegava allora che al centro dei bicchieri era inserito un sifone e se ne analizzava il funzionamento, illustrando al contempo l’azione della pressione atmosferica (fig. 7).

Vantandosi di aver vinto diversi pregiudizi, Nollet teneva molto ad avere fra i suoi uditori anche donne, precisando che ormai “On ne croit plus qu’il y ait à rougir de fçavoir ce qu’on pourroit absolument ignorer; on fçait qu’un efpit éclairé n’esft point incompatible avec d’autres agrémens” [11]<sup>4</sup>. Non solo, ma l’abate sostenne con forza l’idea di introdurre alla fisica anche i bambini, adattando l’insegnamento in modo adeguato, poiché “Un Enfant qui aura vû par forme de récréation les premiers principes démontrés d’une maniere capable d’intéresser sa curiosité, se portera se lui-même aux applications pour le peu qu’il soit aidé, & quand il sera tems de l’appliquer plus sérieusement à l’étude de la Physique, son esprit disposé de loin s’y livrera avec moins de peine, & plus de succès” [11]<sup>5</sup>.

Ma vediamo più in dettaglio le lezioni che Nollet proponeva. Possiamo farcene un’idea precisa a partire dal trattato in sei volumi – ricco di accurate illustrazioni degli esperimenti e degli strumenti impiegati – che Nollet pubblicò tra il 1743 e il 1748 con il titolo *Leçons de Physique Expérimentale* [1]. Il testo colpisce per la chiarezza e la rigorosissima struttura: per ogni argomento, dopo un’introduzione sullo stato della questione, lo studioso passa agli esperimenti presentando in modo sistematico in

sottosezioni distinte, per ogni esperimento, la “preparazione” – descrive cioè gli strumenti impiegati e lo svolgimento dell’esperienza –, gli “effetti” ottenuti, le “spiegazioni” e le eventuali “applicazioni”, mostrando i possibili riscontri di quanto osservato nella vita quotidiana o nei fenomeni naturali. Le lezioni proposte da Nollet riprendevano i settori classici dei suoi predecessori, ma con un’attenzione particolare all’elettricità, di cui Nollet fu uno dei maggiori esponenti di quel periodo (fig. 8). Una larga parte di uno dei sei volumi delle sue *Leçons de Physique Expérimentale* è di fatto interamente dedicata allo studio della scienza elettrica e Nollet pubblicò inoltre diversi articoli e trattati dedicati esclusivamente all’elettricità [12]. Vale la pena sottolineare l’attenzione che Nollet rivolse anche ai dettagli del proprio modo di insegnare. Si chiedeva ad esempio se fosse il caso di preparare dei “cahiers” – o dispense in termini moderni – per poi leggerli o recitarli. Ma, come obietta lui stesso “Qui est-ce qui ne sçait pas que les meilleures choses données de cette manière endorment à la fin les Auditeurs, & ne se concilient que rarement l’attention qu’elles peuvent mériter ?” [11]<sup>6</sup>. Conclude che è meglio “se former une habitude d’opérer en parlant, & même d’employer moins les paroles que l’exposition des faits [...] de façon que chacun, quand il voudroit faire des objections, & demander des éclaircissemens, n’eût point à craindre d’interrompre un discours étudié” [11]<sup>7</sup>.

Le brillantissime lezioni di Nollet implicavano l’utilizzo di circa 350 strumenti, una vera e propria collezione, che Nollet riuscì a creare fra mille difficoltà. Come spiega lui stesso, si era fatto fino ad allora così poco uso in Francia di strumenti che mancavano gli artigiani in grado di svilupparli e costruirli. Far venire la strumentazione dall’estero sarebbe risultato estremamente costoso rispetto alle risorse di cui lo studioso disponeva all’inizio della sua carriera. Quindi, scrive Nollet, “J’ai pris moi-même la lime & le ciseau, j’ai formés & conduits des ouvriers pour m’aider ; j’ai intéressé la curiosité de plusieurs Seigneurs qui ont placés de mes ouvrages dans leurs Cabinets ; j’ai levé une espece de contribution volontaire ; en un mot, je ne le dissimule pas, j’ai fait deux ou trois instruments d’une même espece afin qu’il pût

<sup>3</sup> “diventasse un bene posseduto in comune da tutti”.

<sup>4</sup> “Non si crede più che ci sia da arrossire nel sapere ciò che si potrebbe assolutamente ignorare; si sa che uno spirito illuminato non è punto incompatibile con altre attrattive”.

<sup>5</sup> “Un bambino che avrà visto come forma di ricreazione i primi principi dimostrati in modo tale da interessare la sua curiosità, si porterà lui stesso alle applicazioni per poco che venga aiutato, e quando sarà tempo di applicarlo più seriamente allo studio della Fisica, il suo spirito predisposto da lontano ci si dedicherà con minor fatica, e maggior successo”.

<sup>6</sup> “Chi non sa che le cose migliori presentate in questo modo finiscono per addormentare gli Uditori, e che solo raramente catturano l’attenzione che possono meritare?”

<sup>7</sup> “acquisire l’abitudine di operare parlando, e anche di impiegare meno le parole che l’esposizione dei fatti [...] in modo che nessuno, volendo fare obiezioni e chiedere chiarimenti, abbia a temere di interrompere un discorso studiato.”

m'en rester un" [11]<sup>8</sup>. Dedicò poi un intero trattato, *L'art des expériences*, a una descrizione degli strumenti e alle tecniche per costruirli [2] (fig. 9).

Il successo che riscossero le lezioni e i trattati di Nollet fu straordinario e, insieme ai suoi studi – soprattutto centrati sull'elettricità – valse a Nollet una sfolgorante carriera. Lo studioso venne invitato nel 1739 a Torino in qualità di insegnante dell'erede al trono, dette lezioni nel 1741 presso l'Académie Royale de Bordeaux e, tre anni dopo, presso la Corte di Versailles al cospetto del delfino di Francia e della regina. Gli venne assegnata la cattedra di fisica, appena creata, presso il Collège de Navarre – si trattava del primo posto del genere presso l'Università di Parigi –, diventò membro di varie accademie – l'Académie Royale des Sciences naturalmente ma anche la Royal Society – e venne nominato "Maitre de Physique" dei figli del re di Francia.

L'opera di Nollet, unita a quella dei pionieri della fisica sperimentale inglesi e olandesi, dette in quegli anni risultati clamorosi: le nuove lezioni di fisica si fecero strada in tutta Europa nel giro di pochi decenni, sia in ambito universitario che nei Salotti e alle Corti. Vennero create in molte università europee cattedre di fisica sperimentale e si moltiplicarono i Gabinetti di Fisica, raccolte omogenee di strumenti scientifici per la ricerca e la didattica della fisica. A una simile diffusione contribuirono senz'altro i nuovi trattati di fisica, la corrispondenza fra gli studiosi e i viaggi dell'élite dell'epoca attraverso l'Europa, ma sono ancora oggetto di studio i dettagli e le modalità precise attraverso cui la nuova fisica e la relativa strumentazione si diffusero in Europa in modo così capillare<sup>9</sup>.

Anche l'Italia venne scossa dalla prepotente

<sup>8</sup> "Ho preso io stesso la lima e lo scalpello, ho formato e guidato degli operai per aiutarmi; ho interessato la curiosità di diversi Signori che hanno piazzato le mie opere nei loro Gabinetti; ho riscosso una sorta di contributo volontario; in una parola, non lo nascondo, ho fatto due o tre strumenti di uno stesso tipo in modo che potesse restarmene uno."

<sup>9</sup> È attualmente in corso un progetto europeo di ricerca sull'argomento, curato da Jim Bennett, direttore del Museum of the History of Science di Oxford, e Sofia Talas.



Fig. 7 Bicchieri di Tantalo, metà XVIII secolo, collezione di Giovanni Poleni (Museo di Storia della Fisica, Università di Padova).



Fig. 8 Una lezione di Nollet sull'elettricità: la dama sospesa è isolata da terra ed è stata "elettrizzata". L'abate, in piedi a sinistra, le avvicina un cilindro di vetro ai capelli, che vengono attratti. La dama stessa attira con la mano leggeri pezzetti di carta (J. A. Nollet, "Essai sur l'électricité des corps" (Guérin, Paris) 1746).



Fig. 9 Tribometro, strumento destinato allo studio dell'attrito, costruito dall'abate Nollet, metà XVIII secolo, collezione di Giovanni Poleni (Museo di Storia della Fisica, Università di Padova).

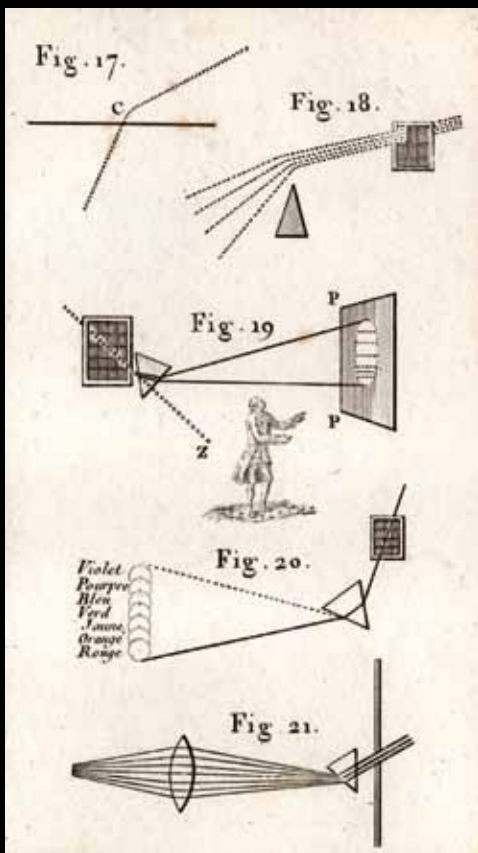


Fig. 10 Studio della scomposizione della luce bianca attraverso un prisma (Voltaire, "Philosophie de Newton", vol. 31, in "Oeuvres complètes de Voltaire", 92 vol. (Kehl, Paris) 1785-1789).

ondata di fisica sperimentale, nelle accademie, fra i nobili, ma anche a livello universitario. A Padova, ad esempio, la cattedra di Filosofia Sperimentale fu creata nel 1738 e affidata a Giovanni Poleni, marchese veneziano, già professore di matematica e filosofia presso l'Ateneo patavino e sostenitore convinto della nuova fisica sperimentale [13, 14]. Membro di diverse accademie, italiane e straniere, Poleni era in contatto con moltissimi scienziati, tra cui gli stessi Nollet e Pieter van Musschenbroek. Proprio basandosi sui loro trattati, così come su quelli di Desaguliers e di 's Gravesande, e ottenendo cospicui finanziamenti dalla Repubblica di Venezia, Poleni creò uno dei primi gabinetti universitari di fisica sperimentale in Italia, il cosiddetto "Teatro di Filosofia Sperimentale", che venne inaugurato nel 1740<sup>10</sup>. Parte degli strumenti vennero acquistati – alcuni proprio presso Nollet e Jan van Musschenbroek –, ma la maggior parte vennero fatti costruire sul posto, sul modello di quelli inglesi, olandesi o francesi. Fino alla sua morte, nel 1761, Poleni continuò ad arricchire la propria raccolta che arrivò a contare circa quattrocento strumenti. L'Académie des Sciences di Parigi, tra i numerosi complimenti che rivolse a Poleni, gli attribuì anche il merito di aver messo la scuola di fisica di Padova "alla pari con le più famose del genere" anche grazie alla preziosa collezione di strumenti. Ricordiamo che fu poi un assistente di Poleni, Giovanni Antonio Dalla Bella (1730 – c.1823) a dar vita all'insegnamento della fisica sperimentale in Portogallo, con la creazione di un ricco Gabinetto di Fisica a Coimbra, e furono alcuni studenti greci di Poleni a contribuire in modo decisivo all'introduzione della fisica sperimentale in Grecia [15].

I filosofi dell'epoca dei Lumi accolsero anch'essi la nuova fisica con entusiasmo. Primo fra tutti Voltaire, appassionato alfiere della fisica newtoniana, si dedicò a partire dal 1735 alla stesura di un vero e proprio trattato di fisica, pubblicato nel 1738 con il titolo *Éléments de la philosophie de Newton* [16] (fig. 10). Costretto nel dicembre del 1736 a un esilio di alcuni mesi in Olanda, Voltaire entrò anche lui in contatto con 's Gravesande – che cita come lo scienziato il cui nome inizia con un

<sup>10</sup> Si tratta di uno dei primi casi in Europa di finanziamento pubblico di un Gabinetto di Fisica. I lecturers inglesi lavoravano infatti, come abbiamo visto, in collaborazione con i costruttori di strumenti, mentre 's Gravesande e Musschenbroek finanziarono con fondi propri la costruzione degli strumenti di cui avevano bisogno.

apostrofo – e con i fratelli Musschenbroek. Al suo ritorno in Francia, decise a sua volta di dotarsi di strumenti di fisica per esperimenti e dimostrazioni, acquistandoli per la maggior parte da Nollet. Le spese da lui sostenute furono ingenti, tanto che scrisse nell'ottobre del 1738: "L'abbé Nolet me ruine" [17]<sup>11</sup>, precisando in un'altra occasione che "nous sommes dans un siècle, où on ne peut être savant sans argent" [18]<sup>12</sup>. È quindi con grande serietà che il filosofo si avvicinò alla fisica sperimentale, e temeva che il gusto per la fisica che pervadeva i Salotti in quegli anni fosse invece solo una moda passeggera: "Les vers ne sont plus guère à la mode à Paris. Tout le monde commence à faire le géomètre et le physicien. On se mêle de raisonner. [...] Ce n'est pas que je sois fâché que la philosophie [expérimentale] soit cultivée, mais je ne voudrais pas qu'elle devînt un tyran qui exclût tout le reste. Elle n'est en France qu'une mode qui succède à d'autres et qui passera à son tour. Mais aucun art, aucune science ne doit être de mode" [19]<sup>13</sup>.

Popolarissima, la fisica riscuoteva quindi nei Salotti e nelle Corti uno strepitoso successo. L'elettricità, in particolare, stupiva, divertiva e istruiva con esperimenti estremamente spettacolari. Ricordiamo che si trattava di una scienza agli albori, nata come ramo a sé stante della conoscenza con l'inizio del XVII secolo e arricchita da importanti scoperte solo con l'inizio del Settecento grazie ai lavori di Francis Hauksbee, Stephen Gray e Charles François de Cisternay Dufay [20, 21]. Si mostrò ad esempio che l'elettricità ottenuta per strofinio poteva essere "comunicata" a corpi che non si riusciva a caricare direttamente per strofinio, come ad esempio i metalli o il corpo umano. Si scoprì la repulsione elettrica e l'esistenza di "due elettricità", *vitrea* e *resinosa*. Si evidenziò la scintilla elettrica e lo shock provocato sull'uomo. L'interesse per l'elettricità rimaneva comunque limitato, ma due avvenimenti ribaltarono la situazione negli anni 1740: la scoperta della bottiglia di Leida, il primo condensatore elettrico, e la proposta di utilizzare dei

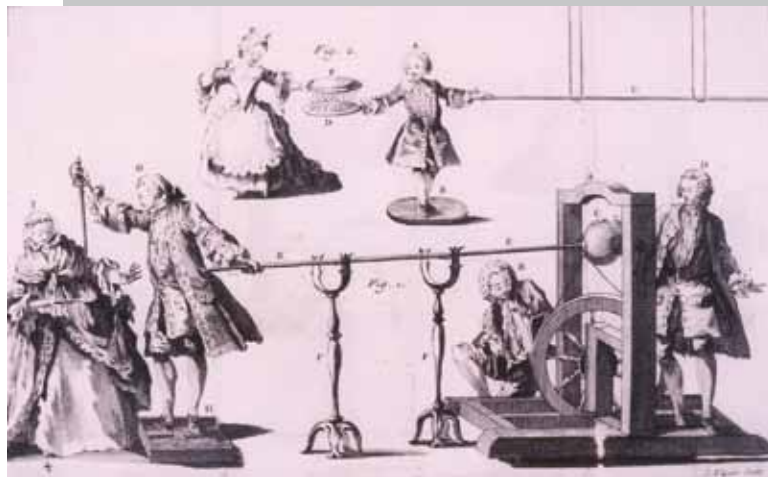


Fig. 11 L'elettricità ottenuta per strofinio grazie al generatore (a destra) viene utilizzata per infiammare l'alcool contenuto nel cucchiaino (W. Watson, "Expériences et Observations, pour servir à l'Explication de la Nature et des Propriétés de l'Electricité" (S. Jorry, Paris) 1748).



Fig. 12 Studio degli effetti dell'elettricità sul corpo umano [1].

<sup>11</sup> "L'abate Nollet mi rovina".

<sup>12</sup> "siamo in un secolo, in cui non si può essere scienziato senza avere soldi".

<sup>13</sup> "I versi non sono più di moda a Parigi. Ognuno comincia a fare il geometra o il fisico. Ci si impiccchia di ragionare [...] Non che mi dispiaccia che la filosofia [sperimentale] venga coltivata, ma non vorrei che diventasse un tiranno escludendo tutto il resto. Non è in Francia che una moda che succede ad altre e che passerà a sua volta. Ma nessuna arte, nessuna scienza deve essere di moda".

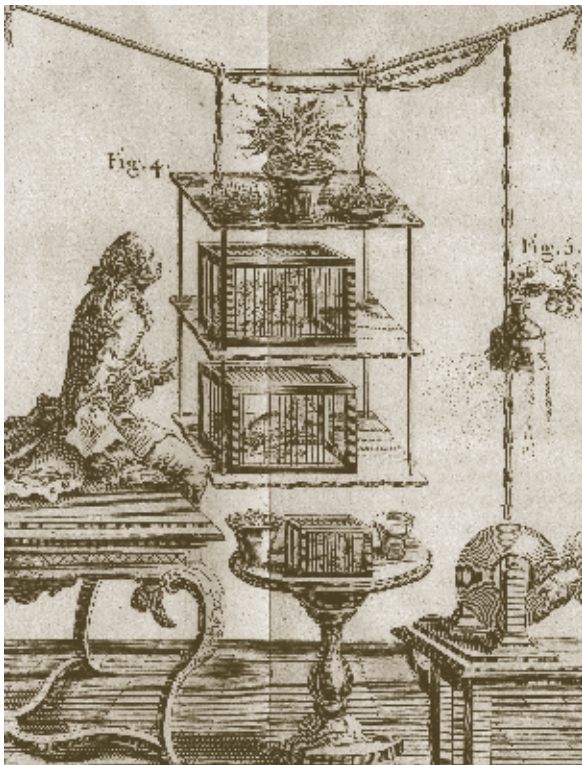


Fig. 13 Studio degli effetti dell'elettricità su piante e animali (J. A. Nollet, "Recherches sur les causes particulières des phénomènes électriques" (Guérin, Paris) 1749).

generatori elettrostatici – strumenti costituiti da un cilindro, globo o disco di vetro messo in rotazione e strofinato –, corredati da un "collettore" metallico, molto più potenti dei semplici cilindri di vetro strofinati a mano utilizzati fino ad allora. Il successo fu clamoroso. Non solo si poterono ripetere facilmente le esperienze classiche, ma ne vennero proposte molte altre assai spettacolari (fig. 11–13). L'elettricità prese allora il "posto della quadriglia" [22].

Diversi scherzi rimasero in voga per diversi anni, riportati tra gli altri nei manuali di Georg Mathias Bose (*Tentamina electrica* del 1744 e *L'électricité son origine et ses progrès* del 1754). Il famoso "bacio di Venere" consisteva ad esempio nel caricare per mezzo di una macchina elettrostatica una fanciulla posta su un supporto isolante. Uno degli ospiti, invitato a baciarla, veniva allora investito da una violenta scarica, con dolorose conseguenze. Si poteva anche collegare la macchina elettrostatica, opportunamente nascosta, alle posate dei propri ospiti, osservando gli effetti sui malcapitati. Molto noti sono peraltro gli esperimenti in cui Nollet applicava la scarica di una bottiglia di Leida a svariate persone che si tenevano per mano – arrivò a catene di oltre duecento

persone – con il doppio scopo di studiare la propagazione dell'elettricità e di intrattenere il proprio pubblico. Ma anche in questo caso, l'abate teneva a mettere in guardia i suoi uditori e i suoi lettori: la meraviglia che suscitano i nuovi esperimenti non deve far dimenticare il rigore che si addice allo studio della fisica. In particolare, visti gli effetti eclatanti dell'elettricità, si tentò subito di applicare l'elettricità al corpo umano e alcuni affermarono di aver ottenuto prodigiose guarigioni. Ogni esperimento doveva però per Nollet essere accuratamente verificato e replicato, e lo studioso insorgeva davanti alla fretta manifestata da alcuni di arrivare al più presto ad applicazioni pratiche, precisando: "Dès qu'il paroît quelque nouveauté en Physique, la curiosité s'en empare d'abord et s'en amuse, mais bien-tôt elle est satisfaite; elle fait place à l'intérêt, & l'on exige que ce qu'on a admiré soit utile. L'impatience de certaines gens, à cet égard, va jusqu'à leur donner de l'humeur, & à leur faire regarder avec une sorte de mépris tout ce dont on ne voit pas d'abord une application à faire" [23]<sup>14</sup>.

Vale la pena sottolineare che gli strumenti che in quegli anni diventarono elementi classici dei Gabinetti di Fisica avevano caratteristiche ben diverse tra di loro. Solo alcuni permettevano di condurre esperimenti nuovi e di arrivare a scoperte innovative. È il caso ad esempio dei generatori elettrostatici o delle pompe pneumatiche (o pompe da vuoto), sotto la cui campana di vetro si potevano effettuare esperienze in aria rarefatta o eventualmente compressa. La maggior parte del corredo dei Gabinetti di Fisica consisteva invece di strumenti squisitamente didattici, destinati a dimostrare e ripetere fenomeni all'epoca ormai ben noti nell'ambito della meccanica, dell'idrostatica o dell'ottica. Precisiamo che proprio la ripetibilità degli esperimenti si afferma in quegli stessi anni come uno dei principali parametri di validazione della nuova fisica.

Oggetto di stupore e meraviglia, la fisica conobbe quindi nel Settecento, come abbiamo visto, uno dei massimi livelli di popolarità della propria storia, popolarità che svolse sicuramente un ruolo cruciale nei grandi sviluppi che avrebbero caratterizzato la fisica dell'Ottocento. Con il secolo dei Lumi, si moltiplicarono infatti gli studiosi "professionisti" della fisica, e il clima di passione e fermento intorno alla fisica stessa favorì all'inizio del XIX secolo l'emergere di una nuova nutrita generazione di brillanti scienziati, da Biot a Foucault, da Faraday a Ampère o Fresnel. Non solo, ma l'attenzione dedicata in quegli anni alla didattica scientifica e

<sup>14</sup> "Appena appare qualche novità in Fisica, la curiosità se ne impadronisce dapprima e se ne diverte, ma ben presto è soddisfatta; lascia il posto all'interesse, e si esige che tutto ciò che si è ammirato sia utile. L'impazienza di alcune persone, in questo senso, è tale da creare in loro malumore e farle considerare con una sorta di disprezzo tutto ciò di cui non si vede subito una possibile applicazione."

alla divulgazione contribuì indubbiamente anche a formare un'élite particolarmente sensibile alla scienza: non è certo un caso se la Francia, con la Rivoluzione Francese, mentre era isolata e in guerra con il resto d'Europa, decise di investire grandi risorse per la scienza e la tecnica, sponsorizzando le riviste scientifiche, finanziando i brevetti e incoraggiando fortemente la collaborazione fra scienziati e costruttori di strumentazione scientifica. Da quel momento, si aprì per la scienza francese un periodo particolarmente fecondo e l'industria di precisione francese dominò il mercato europeo, mantenendosi ad altissimo livello per tutto l'Ottocento. Il Settecento ci insegna quindi che una seria e diffusa sensibilizzazione alla scienza è foriera di grandi risultati: una lezione ancor oggi preziosa, mentre proprio la carenza di educazione scientifica, come ci ricorda ancora l'abate Nollet, spiega come mai si trovino troppe persone tuttora "livrées à toutes les erreurs populaires, préoccupées des craintes les plus ridicules, susceptibles de tout le faux merveilleux & de toutes les charlataneries dont on voudra se servir pour les tromper" [11]<sup>15</sup>.

#### Bibliografia:

- [1] J. A. Nollet, *"Leçons de physique expérimentale"*, 6 vol. (Guérin, Paris) 1743-1764 (trad. tratta da J. A. Nollet, *"Lezioni di Fisica Sperimentale"*, 6 vol. (Pasquali, Venezia) 1762-1764).
- [2] J. A. Nollet, *"L'art des expériences"*, 3 vol. (Durand, Paris) 1770 (trad. tratta da J. A. Nollet, *"L'arte dell'esperienze"*, 4 vol. (Biasini-Pallade, Cesena) 1780-1782).
- [3] P. Polinière, *"Expériences de Physique"* (Jean de Laulne, Paris) 1709
- [4] A. Q. Morton, J. A. Wess, *"Public and Private Science – The King George III Collection"* (Oxford University Press, Oxford, and Science Museum, London) 1993.
- [5] J. T. Desaguliers, *"A course of experimental philosophy"*, 2 vol. (Senex, London) 1734-1744.
- [6] P. de Clercq, *"The Leiden Cabinet of Physics"* (Museum Boerhaave Communications, Leiden) 1997.
- [7] P. de Clercq, *"At the sign of the Oriental Lamp. The Musschenbroek workshop in Leiden, 1660-1750"* (Erasmus Publishing, Rotterdam) 1997.
- [8] W. 's Gravesande, *"Physices elementa mathematica, experimentis confirmata, sive introductio ad philosophiam Newtonianam"*, 2 vol. (Vander Aa, Leiden) 1720-21; 2a ed. 1725; 3a ed. 1742; *"Mathematical Elements of Natural Philosophy, Confirm'd by Experiments: or, an Introduction to Sir Isaac Newton's Philosophy"* (Senex & Taylor, London) 1721.
- [9] P. van Musschenbroek, *"Elementa physicae"* (Luchtman, Leiden) 1734; *"Introductio ad philosophiam naturalem"*, 2 vol. (Luchtman, Leiden) 1762.
- [10] J. L. Heilbron., *"Nollet, Jean Antoine"*, in *"Dictionary of Scientific Biography"*, 16 vol. (Charles Scribner's Sons, New York) 1970-1980, Vol. 10.
- [11] J. A. Nollet, *"Programme ou idée générale d'un cours de physique expérimentale"* (Le Mercier, Paris) 1738.
- [12] J. A. Nollet, *"Conjectures sur les causes de l'électricité des corps"*, in *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences de Paris*, 1745, pp. 107-151; *"Essai sur l'électricité des corps"* (Guérin, Paris) 1746; *"Eclaircissements sur plusieurs faits concernant l'électricité"*, in *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences de Paris*, 1747, pp. 102-131; *"Recherches sur les causes particulières des phénomènes électriques"* (Guérin, Paris) 1749; *"Lettres sur l'électricité"*, 3 vol. (Guerin & Delatour, Paris) 1753-1767.
- [13] G. A. Salandin, S. Talas, *"Giovanni Poleni, matematico, astronomo, fisico e filologo"*, in *"La curiosità e l'ingegno"* (Università di Padova, Padova) 2000.
- [14] G. A. Salandin, S. Talas, *"Strumenti scientifici, dalla raccolta di Vallisneri al Teatro di filosofia sperimentale di Poleni"* in *"La curiosità e l'ingegno"* (Università di Padova, Padova) 2000.
- [15] S. Talas, *"The creation and the role of Giovanni Poleni's Teatro di Filosofia Sperimentale"*, in *"Bisanzio, Venezia, Nuovo Ellenismo"* (ToDe Publications, Atene) 2004, pp. 283-293.
- [16] Voltaire, *"Éléments de la philosophie de Newton"* (Ledet & cie, Amsterdam) 1738.
- [17] Lettera di Voltaire a Thieriot, 27 Ottobre 1738, in Voltaire, *"Œuvres complètes"*, Vol.11 (Furne, Paris) 1837, p. 290.
- [18] Lettera di Voltaire a Moussinot, giugno 1738, in Voltaire, *"Œuvres complètes"*, Vol.11 (Furne, Paris) 1837, p. 269.
- [19] Lettera di Voltaire a de Cideville, aprile 1735, in Voltaire, *"Œuvres complètes"*, Vol.11 (Furne, Paris) 1837, p. 269.
- [20] J. L. Heilbron, *"Electricity in the 17<sup>th</sup> and 18<sup>th</sup> centuries"* (University of California, Berkeley) 1979; (Dover Publications, New York) 1999.
- [21] G. Peruzzi, S. Talas, *"Bagliori nel vuoto – Dall'uovo elettrico ai raggi X: un percorso tra elettricità e pneumatica dal Seicento a oggi"* (Edizioni Canova, Treviso) 2004.
- [22] A. von Haller, *"Histoire des nouvelles découvertes faites, depuis quelques années en Allemagne, sur l'électricité"*, in *Bibliothèque raisonnée des ouvrages des savants de l'Europe*, Vol. 34 (1745) pp. 3-20.
- [23] J. A. Nollet, *"Observations sur quelques nouveaux phénomènes d'électricité"*, in *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences de Paris*, 1746, pp. 1-23.

#### Sofia Talas

Laureata in fisica presso l'Università di Ginevra, Sofia Talas è stata assistente-conservatrice al Musée d'Histoire des Sciences di Ginevra ed è ora conservatrice del Museo di Storia della Fisica presso il Dipartimento di Fisica dell'Università di Padova. È membro del Board del History of Physics Group della European Physical Society, e Presidente dell'Executive Committee di "Universeum", il network dei musei universitari europei. Curatrice di diverse mostre temporanee (tra cui "Il futuro di Galileo", insieme a Giulio Peruzzi, Padova, 2009) e di iniziative didattiche e divulgative, svolge attività di ricerca sulla storia della strumentazione scientifica dal XVI secolo a oggi e sulla storia della fisica.

<sup>15</sup> "in balia di tutti gli errori popolari, preoccupate da timori fra i più ridicoli, soggette a tutto il falso meraviglioso e a tutte le ciarlatanerie di cui ci si vorrà servire per ingannarle".