

ALMA MATER STUDIORUM · UNIVERSITY OF BOLOGNA

---

School of Science  
Department of Physics and Astronomy  
Master Degree in Physics

Analisi del testo  
*Specimen Experimentorum Naturalium*  
di Carlo Alfonso Guadagni

Supervisor:  
Prof. Eugenio Bertozzi

Submitted by:  
Francesca Balsamo

Academic Year 2023/2024

*Non possiamo dirigere il vento, ma possiamo orientare le vele.*

# Ringraziamenti

Vorrei esprimere la mia più profonda gratitudine prima di tutto a coloro che mi hanno dato la possibilità di intraprendere questa strada, la mia famiglia.

Al professor Bertozzi che mi ha dato modo di concludere con un lavoro che ho tanto amato.

E poi, a tutti coloro che hanno reso questi anni pieni di momenti divertenti, spensierati ed indimenticabili. Senza di voi, questo percorso sarebbe stato molto più arduo.

Grazie ancora per aver reso ogni giorno un'avventura da ricordare.

# Indice

<b>1</b>	<b>Fisica e dimostrazioni scientifiche nel Settecento</b>	<b>3</b>
1.1	Specimen Experimentorum Naturalium . . . . .	3
1.2	Da Kunst- und Wunderkammern a Gabinetti di Fisica . . . . .	4
1.3	Il ruolo degli strumenti scientifici . . . . .	6
1.4	Le motivazioni che si celano dietro la nascita dei Gabinetti di Fisica . . . . .	7
1.5	Il Gabinetto di Fisica di Leida . . . . .	10
1.6	Una nuova figura: il conferenziere-dimostratore . . . . .	16
1.7	Il Gabinetto di Fisica di Padova . . . . .	19
<b>2</b>	<b>Il Gabinetto di Fisica di Lord Cowper e la collaborazione con Carlo Alfonso Guadagni</b>	<b>23</b>
2.1	Lord Cowper . . . . .	23
2.2	Carlo Alfonso Guadagni . . . . .	30
2.3	Il Gabinetto di palazzo Balducci . . . . .	35
<b>3</b>	<b>Analisi dello <i>Specimen Experimentorum Naturalium</i></b>	<b>43</b>
3.1	Introduzione . . . . .	43
3.2	Metodologia dell'analisi . . . . .	47
3.3	Struttura del testo e analisi del linguaggio . . . . .	48
3.4	Analisi delle teorie . . . . .	51
3.4.1	Principi di equilibrio e centro di gravità . . . . .	52
3.4.2	Attrito . . . . .	52
3.4.3	Il moto . . . . .	53
3.4.4	Le forze . . . . .	59
3.5	Analisi degli esperimenti e degli apparati . . . . .	66
3.5.1	Principi di equilibrio e centro di gravità . . . . .	68
3.5.2	Macchine semplici . . . . .	68
3.5.3	Le macchine composte . . . . .	75
3.5.4	Il moto . . . . .	76
3.5.5	Le forze . . . . .	81
<b>4</b>	<b>Conclusioni</b>	<b>93</b>

# 1 Fisica e dimostrazioni scientifiche nel Settecento

## 1.1 Specimen Experimentorum Naturalium

Lo "Specimen Experimentorum Naturalium" è un'opera di fisica sperimentale scritta da Carlo Alfonso Guadagni durante il XVIII secolo e pubblicata nel 1764. Questo testo rappresenta un'importante testimonianza del progresso scientifico dell'epoca, evidenziando il ruolo cruciale delle dimostrazioni scientifiche e dei Gabinetti di fisica. Gli obiettivi principali di questa tesi sono due: esplorare la natura e la forma delle dimostrazioni scientifiche in Italia nel Settecento e indagare il rapporto tra teoria ed esperimento, utilizzando l'opera di Guadagni come caso di studio emblematico.

Nel primo capitolo, ovvero quello che seguirà, ci si concentrerà sull'evoluzione delle dimostrazioni scientifiche nel XVIII secolo, un periodo in cui la scienza cominciava a ottenere una crescente autonomia e riconoscimento istituzionale. Le dimostrazioni scientifiche non erano più semplici esibizioni di fenomeni naturali, ma diventavano strumenti essenziali per la validazione delle teorie scientifiche e per l'educazione dei giovani scienziati. In aggiunta, la nascita e la proliferazione dei Gabinetti di fisica, spazi dedicati alla raccolta e alla dimostrazione di strumenti scientifici, svolsero un ruolo centrale in questo contesto. Questi Gabinetti non erano soltanto luoghi di esposizione, ma anche laboratori attivi dove le teorie potevano essere testate e dimostrate. In Italia, ma anche in tutta Europa, i Gabinetti di fisica si svilupparono in vari centri accademici e privati, fungendo da catalizzatori per il progresso scientifico. Si esaminerà come i Gabinetti di fisica siano stati fondamentali nella formazione dei fisici e nella divulgazione delle conoscenze scientifiche. Si analizzeranno le caratteristiche di questi spazi e l'ampia varietà di strumenti in essi contenuti. Particolare attenzione sarà dedicata alla descrizione dei Gabinetti più influenti dell'epoca, mettendo in luce come essi abbiano facilitato la pratica sperimentale e contribuito alla diffusione delle nuove scoperte scientifiche.

Il secondo capitolo sarà incentrato sulla figura di Carlo Alfonso Guadagni, un protagonista significativo della fisica sperimentale. Si analizzerà la biografia di Guadagni, le sue influenze intellettuali e il suo percorso accademico, cercando di comprendere come le sue esperienze e relazioni abbiano influenzato la sua opera. Un aspetto che non può essere trascurato della vita di Guadagni è il suo legame con Lord Cowper, un aristocratico inglese che possedeva un ricco Gabinetto di fisica. Questo Gabinetto, situato in Italia, fu utilizzato da Guadagni per condurre le sue lezioni e dimostrazioni di fisica sperimentale. Verrà quindi esplorata la natura di questa collaborazione, esaminando come l'accesso agli strumenti avanzati e alla rete di conoscenze di Lord Cowper abbia influenzato il lavoro di Guadagni. Si analizzerà anche il contesto sociale e culturale di questa relazione, considerando come le dinamiche tra mecenatismo e scienza abbiano facilitato il progresso delle conoscenze scientifiche. Sarà anche interessante indagare il ruolo di Guadagni

come educatore e divulgatore, valutando l'impatto delle sue lezioni e dimostrazioni sulla comunità scientifica e sul pubblico più ampio.

Il terzo capitolo entrerà nel vivo dell'analisi dello "Specimen Experimentorum Naturalium". Questo capitolo sarà dedicato a esaminare in dettaglio la struttura del testo, le teorie fisiche e gli esperimenti. Si indagherà su come Guadagni abbia organizzato il suo lavoro, quali esperimenti abbia scelto di includere e come questi siano stati presentati. Un focus particolare sarà posto sull'interazione tra teoria ed esperimento, analizzando come le dimostrazioni pratiche fossero utilizzate per corroborare le teorie scientifiche del tempo. Si analizzeranno i disegni, le descrizioni dettagliate e le argomentazioni utilizzate nel testo, cercando di comprendere come queste strategie abbiano contribuito all'efficacia delle dimostrazioni scientifiche.

## 1.2 Da Kunst- und Wunderkammern a Gabinetti di Fisica

A partire dal tardo Rinascimento, emersero i Kunst- und Wunderkammern (Collet 2012)<sup>1</sup>, noti come le Camere d'arte e curiosità. Questi luoghi ospitavano opere d'arte preziose, oggetti naturali, oggetti che suscitavano meraviglia e strumenti scientifici soprattutto quelli di natura matematica utilizzati per misurazioni di vario genere, come angoli e aree. L'obiettivo di queste collezioni era quello di suscitare meraviglia, stupore e ammirazione negli osservatori, oltre che di dimostrare la ricchezza, il potere e la vastità della conoscenza del proprietario della collezione. Inizialmente erano riservati ad una cerchia di prescelti che però, con il tempo, si allargò fino ad ammettere un pubblico sempre più vasto (Beßler 2009)<sup>2</sup>.

Tuttavia, agli albori del XVIII secolo, i Kunst- und Wunderkammern iniziarono a cedere alla crescente pressione dell'Illuminismo, trovandosi incapaci di rispondere ai crescenti requisiti di razionalità e logica imposti dal movimento illuminista. Fu così dunque che i Gabinetti di fisica emersero nel XVIII secolo come una naturale evoluzione delle precedenti stanze delle meraviglie e curiosità. Questi Gabinetti erano spazi dedicati alla sperimentazione scientifica e all'indagine della natura; allo stesso tempo rappresentavano una transizione verso un approccio più sistematico e scientifico rispetto alle collezioni eclettiche delle stanze delle meraviglie. Mercanti, banchieri e altri appassionati iniziarono a costruire questi Gabinetti, spesso come estensione delle loro biblioteche, spinti dal fascino del metodo sperimentale e dal desiderio di comprendere i segreti del mondo naturale. Le motivazioni che si celano dietro questa esplosione di interesse verso la scienza sperimentale furono molteplici. Sicuramente il primo motivo fu il successo del metodo sperimentale (Bennett e Talas 2013)<sup>3</sup>.

---

<sup>1</sup>D. Collet, *Kunst- und Wunderkammern*

<sup>2</sup>G. Beßler, *Wunderkammern Weltmodelle von der Renaissance bis zur Kunst der Gegenwart*

<sup>3</sup>J. Bennett and S. Talas, *Cabinets of Experimental Philosophy in Eighteenth-Century Europe*



Figura 1: Illustrazione della camera delle meraviglie del farmacista di Norimberga Basilius Besler del 1622, con piante europee ed extraeuropee, animali e materiali etnografici, presentati a un visitatore dal collezionista e da un "curatore di camere delle meraviglie". (Collet 2012)

Va infatti detto che il XVII secolo è considerato il periodo di nascita della scienza sperimentale poiché è in questo contesto che essa comincia a essere praticata all'interno di un numero crescente di accademie scientifiche. Figure come Galileo Galilei, Johannes Kepler, Isaac Newton e Francis Bacon contribuirono in modo significativo allo sviluppo della scienza sperimentale, introducendo nuove teorie e metodi che enfatizzarono l'importanza dell'osservazione diretta e dell'esperimento controllato nel processo scientifico. Prima di questo periodo, la scienza veniva studiata ma le idee venivano esplorate principalmente attraverso la ragione e il pensiero seguendo i dogmi di Aristotele ampiamente accettati fino al Medioevo. Ad esempio, Aristotele credeva che il concetto di vuoto fosse impossibile poiché la sua teoria dei quattro elementi implicava che lo spazio fosse occupato da materia. Inoltre, sosteneva che il movimento richiedesse un mezzo attraverso cui avvenire, rendendo il moto nel vuoto impossibile. Queste convinzioni filosofiche dominarono il pensiero scientifico per secoli, fino a quando il metodo sperimentale iniziò a mettere in discussione e a superare tali idee, portando alla nascita della scienza moderna.

### 1.3 Il ruolo degli strumenti scientifici

Con l'avvento del Rinascimento, emerse una spinta a interrogare i concetti tradizionali e a sfidare ciò che era stato precedentemente accettato acriticamente. Parallelamente, i grandi viaggi di scoperta e l'espansione del commercio mondiale sollevarono una serie di problematiche pratiche che richiedevano soluzioni innovative. Astronomi insieme a geometri e navigatori misero appunto i primi strumenti scientifici. Questo segnò l'inizio di un'era in cui l'utilizzo degli strumenti scientifici divenne sempre più diffuso e importante in molteplici settori, tra cui l'astronomia, la fisica, la chimica e la biologia.

Durante il XVII secolo, nell'ambito delle profonde trasformazioni culturali conosciute come Rivoluzione Scientifica, emersero e si affermarono una serie di nuovi strumenti (Gooding, Pinch e Schaffe 1989)<sup>4</sup>. Il telescopio, originariamente inventato in Olanda ma riconosciuto come strumento scientifico grazie alle osservazioni di Galileo, così come il microscopio, rivoluzionarono la visione della natura. Il macrocosmo e il microcosmo, entrambi difficili da osservare ad occhio nudo, iniziarono ad essere esplorati. Il termometro, derivato dal termoscopio ad aria di Galileo, permise di quantificare una grandezza fisica precedentemente determinata in modo soggettivo ed approssimativo. Gli studi sull'aria e sull'esistenza del vuoto portarono all'invenzione del barometro, capace di misurare la pressione atmosferica, dando luogo a nuove scoperte e alle prime pompe ad aria.

Tutti gli strumenti precedentemente menzionati hanno giocato un ruolo significativo nella storia della scienza, così come nella sfera economica, sociale e culturale. È cruciale sottolineare, tuttavia, che l'introduzione di tali strumenti ha portato a un cambiamento sostanziale nella pratica scientifica, stimolando vivaci dibattiti sull'interpretazione degli esperimenti (Golinski 1999)<sup>5</sup>. Il XVII secolo ha assistito così all'emergere di un nuovo metodo di indagine scientifica, dove la pratica sperimentale è diventata essenziale per lo studio e la comprensione del mondo fenomenico, mentre il linguaggio matematico e geometrico è emerso come il mezzo più idoneo per decifrare e descrivere l'universo.

Nonostante la loro evidente utilità tali strumenti dovettero superare una resistenza non trascurabile. In un'epoca in cui le credenze tradizionali e l'autorità erano forti, l'introduzione di nuovi strumenti scientifici suscitò spesso scetticismo e resistenza da parte di alcuni settori della società. Alcuni ritenevano che l'osservazione e la misurazione scientifica potessero minare le credenze religiose o mettere in discussione le conoscenze acquisite attraverso l'esperienza quotidiana. Inoltre, la complessità e il costo degli strumenti potevano essere un deterrente per coloro che non comprendevano appieno il loro valore. Tuttavia, nonostante queste sfide, il progresso scientifico e tecnologico continuò a spingersi avanti, con gli scienziati e gli artigiani che perseverarono nel migliorare e diffondere l'uso degli strumenti scientifici, grazie anche al loro utilizzo, all'interno dei Gabinetti di fisica, da parte di personalità di cui parleremo in seguito.

---

<sup>4</sup>D. Gooding, T. Pinch, S. Schaffer, *The Uses of Experiment: Studies in the Natural Sciences*

<sup>5</sup>J. Golinski, *Science as Public Culture: Chemistry and Enlightenment in Britain, 1760-1820*



## 1.4 Le motivazioni che si celano dietro la nascita dei Gabinetti di Fisica

Uno dei primi contesti in cui si assistette alla transizione dalle Wunderkammer ai Gabinetti di fisica fu nei Paesi Bassi (H. J. Zuidervaart 2013)<sup>6</sup>. Qui, uno dei fattori determinanti di questo crescente interesse per la fisica sperimentale fu l'accettazione, a partire dal 1715, del "Newtonianesimo" come principio filosofico guida nella comprensione della natura.

Nel 1687, Isaac Newton pubblicò il suo *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, un testo che inizialmente ricevette attenzione solo da una stretta cerchia di studiosi e intellettuali, tra cui Huygens e Nicolas Fatio de Duillier. Huygens rimase impressionato dal libro, anche se non condivideva la sua idea principale sulla teoria della gravitazione universale ma apprezzò l'ingegnosità matematica. Un altro importante intellettuale olandese che conobbe i *Principia* in una fase molto precoce, fu il professore di filosofia dell'università di Leida, Burchardus De Volder. Come Huygens, anche De Volder ammirava il lato matematico del lavoro di Newton. Prima del 1715, quindi, nei circoli accademici, Newton era considerato principalmente un matematico di grande ingegno, ma non ancora un fisico di rilievo.

Come dimostrato dallo storico Rienk H. Vermij, i primi sostenitori olandesi di Isaac Newton non erano prevalentemente professori universitari, ma piuttosto un gruppo informale di matematici ad Amsterdam negli anni Novanta del Seicento. Tra questi, si ricordano il medico e matematico Bernard Nieuwentijt e un mercante mennonita di nome Adriaan Verwer. Nieuwentijt considerava Newton il più grande matematico vivente, mentre Verwer abbracciava la legge universale della gravitazione. Tuttavia, il loro sostegno a Newton era fortemente influenzato da motivazioni ulteriori. Per capirle è bene ricordare due personalità fondamentali del XVII secolo: Descartes e Spinoza.

René Descartes è noto soprattutto per la sua frase "*Cogito, ergo sum*" ("Penso, dunque sono"), che sottolinea il suo approccio razionalista. Descartes riteneva che la conoscenza certa potesse essere ottenuta attraverso il dubbio metodico, che consiste nell'eliminare ogni credenza non basata sulla ragione. Egli sosteneva che la mente umana fosse distinta dal corpo e che la ragione fosse la via per raggiungere la verità. Innanzitutto quindi, la sua filosofia razionalista sfidava molte delle credenze tradizionali dell'epoca, portando alla luce il dubbio e l'incertezza su ciò che veniva comunemente accettato come verità. Questo approccio poteva minare le basi stesse della fede religiosa e delle istituzioni stabilite ed è per questo che Descartes era temuto (Verbeek 1992)<sup>7</sup>. In secondo luogo, la distinzione cartesiana tra mente e corpo sollevava preoccupazioni sull'origine della coscienza e sulla natura dell'esistenza umana. La sua visione dualistica metteva in discussione concetti radicati come l'unità dell'essere umano e la sua relazione con il

---

<sup>6</sup>H. J. Zuidervaart, *Cabinets for experimental philosophy in the Netherlands*

<sup>7</sup>T. Verbeek, *Descartes and the Dutch: early reactions to Cartesian philosophy*

divino.

Nel contesto teologico e filosofico ortodosso, la filosofia cartesiana emergeva quindi come una minaccia alle tradizionali basi dottrinali. Descartes non solo introdusse una nuova concezione della natura, ma anche una nuova epistemologia e metafisica, mettendo in discussione le fondamenta della conoscenza e della fede. Il suo approccio del dubbio sembrava aprire la strada a forme di scetticismo e persino di ateismo. Inoltre, la fisica cartesiana sembrava presupporre un Dio distante, come un architetto dell'universo, mentre il razionalismo cartesiano suggeriva che l'intera creazione divina potesse essere oggetto di spiegazione razionale. Gli ortodossi ebbero a soffrirne quando, nel 1670, Benedictus Spinoza (van Bunge 2001)<sup>8</sup> pubblicò anonimamente il suo *"Tractatus theologico-politicus"*, portando avanti le implicazioni della visione cartesiana delle leggi immutabili della natura fino alla loro conclusione logica: Dio stesso era sottoposto a queste leggi, invalidando di fatto i miracoli biblici. Spinoza considerava la Bibbia non come una rivelazione divina, ma come una narrazione storica legata a una specifica comunità del Medio Oriente. Nella sua opera postuma *"Etica"*, Spinoza difese le certezze assolute offerte dal metodo geometrico, una posizione che appariva come una sfida radicale all'autorità della Scrittura. Per il clero ortodosso, il razionalismo e la matematica erano visti come potenziali fomentatori dell'ateismo e, di conseguenza, di ogni forma di male nel mondo. La filosofia di Spinoza era universalmente disprezzata tra i suoi contemporanei, che ritenevano che il razionalismo e il metodo geometrico avrebbero inevitabilmente condotto all'ateismo. Molti olandesi vedevano in Spinoza colui che abbracciava e portava a compimento le implicazioni più radicali della filosofia cartesiana.

Tornando quindi ai sostenitori di Newton, Verwer, particolarmente religioso, respingeva la concezione spinoziana di Dio e Natura, cercando invece prove dell'esistenza di forze non naturali nella Creazione, che vedeva riflesse nel lavoro di Newton. Attraverso le sue opere, Verwer utilizzava i *Principia* di Newton per sostenere che l'orbita ellittica di un pianeta richiedeva l'intervento di un Governatore divino. Questo antispinozismo divenne una preoccupazione anche per Nieuwentijt, che pubblicò due libri esplicitamente contro Spinoza nel 1715 e nel 1720. Entrambe queste personalità cercarono di rafforzare il cristianesimo basandosi su argomenti matematici e si servirono di Newton per farlo. L'approccio di Newton alla matematica e alla natura, distinguendo tra matematica pura e matematica applicata, era fondamentale per entrambi, che vedevano nella sua figura il prototipo di un matematico cristiano. Newton sembrava offrire una base solida per una filosofia naturale cristiana, che contrastava le visioni di Cartesio e Spinoza. Questi aspetti contribuirono al successo di Newton nella Repubblica olandese, dove la sua immagine fu plasmata come quella di un filosofo il cui messaggio era rilevante per l'intera cristianità. Senza questo contesto religioso e filosofico, la figura di Newton non avrebbe avuto lo stesso impatto e influenza.

---

<sup>8</sup>W. van Bunge, *From Stevin to Spinoza: An Essay on Philosophy in the Seventeenth-Century Dutch Republic*

Le ristampe del 1713 a Cambridge e del 1714 ad Amsterdam ampliarono notevolmente la diffusione dei Principia di Newton (Jorink e H. Zuidervaart 2013)<sup>9</sup>. Fondamentale è stata anche l'aggiunta a questa seconda edizione del cosiddetto "General Scholium" (Newton 1713)<sup>10</sup>. Nel testo Newton discute dell'idea di un Creatore o di una Divinità che ha ordinato e regolato l'universo secondo leggi matematiche precise, come quelle descritte nelle sue leggi del moto e della gravitazione universale. Egli riflette sull'armonia e sulla bellezza del sistema solare e dell'universo nel suo complesso, sottolineando come la sua comprensione scientifica delle leggi naturali possa essere interpretata come una rivelazione della grandezza e della sapienza divina.

Secondo Le Clerc, un naturalista, matematico e cosmologo francese del 700, fu Newton a dare il colpo di grazia alle speculazioni materialistiche e atee. Come ha notato lo storico Vermij, "dopo aver letto la seconda edizione dei Principia, Le Clerc apparentemente si rese conto del pieno impatto delle idee di Newton" (Vermij 2002)<sup>11</sup>. Le Clerc, avversario dichiarato del materialismo di Cartesio e Spinoza, si rese conto che Newton sosteneva un concetto che sfidava la spiegazione puramente meccanica dell'universo. Questo concetto era rappresentato dalla forza della gravitazione, che Newton riconosceva come governante del cosmo. L'approccio antimaterialistico di Newton era proprio ciò che Le Clerc cercava. Sebbene la legge di gravitazione universale descrivesse con precisione matematica gli eventi celesti, la sua essenza era chiaramente di natura metafisica, offrendo pertanto un'argomentazione conclusiva per l'esistenza di Dio. Nel panorama accademico olandese, l'arrivo della seconda edizione del trattato di Newton assunse un'importanza cruciale. Questo avvenimento fu opportunamente collocato in un contesto in cui si stava osservando un crescente dissenso nei confronti dei principi della fisica cartesiana e del razionalismo spinozista. Piuttosto che essere celebrato per la sua assoluta correttezza, il successo di Newton fu valutato in termini di praticità e utilità. Infatti, tra gli studiosi olandesi, il lavoro di Newton fu gradualmente elevato a un ruolo di fondamentale importanza non solo come trattato scientifico, ma anche come pilastro teorico per una prospettiva filosofica basata sui principi cristiani riguardo alla natura del mondo. In questo contesto, il suo testo non è stato più considerato semplicemente come una dissertazione astrusa e ipotetica sul funzionamento del cosmo, ma come una fondamentale contributo alla filosofia naturale. Nel contesto culturale olandese dell'epoca, dove la matematica e la ricerca di certezza intellettuale erano considerate di primaria importanza, si andava affermando un crescente interesse nei confronti delle questioni legate all'ateismo. Di conseguenza, il "newtonianesimo" emerse come una risposta integrativa a queste diverse sfide intellettuali. La componente teologica ha svolto un ruolo determi-

---

<sup>9</sup>E. Jorink, H. Zuidervaart, *'The Miracle of Our Time': How Isaac Newton was fashioned in the Netherlands*

<sup>10</sup>I. Newton, *Philosophiae naturalis principia mathematica*

<sup>11</sup>"Upon reading it, Le Clerc apparently came to realise the full impact of Newton's ideas."  
R. Vermij, *The Calvinist Copernicans*

nante nell'adozione del newtonianesimo nei Paesi Bassi. L'accento posto dai sostenitori del newtonianesimo, sull'onnipotenza e la suprema creatività divina dissipò le resistenze del clero conservatore nei confronti dell'indagine scientifica della natura. Di conseguenza, l'approccio teologico-fisico favorì significativamente la diffusione della fisica sperimentale nei Paesi Bassi e successivamente in tutta Europa, poiché gli strumenti concettuali forniti dalla filosofia offrirono una prospettiva più ampia sui fenomeni naturali, consentendo una contemplazione devota della grandezza della creazione divina.

## 1.5 Il Gabinetto di Fisica di Leida

Fu quindi in questa atmosfera che nel 1675 venne fondato il Gabinetto di Fisica di Leida dal professore Burchard De Volder e durò fino alla morte del suo più famoso direttore Willem Jacob 's Gravesande (Allamand 1774)<sup>12</sup>, nel 1742 (Hooijmaijers e Maas 2013)<sup>13</sup>.



Figura 2: Ritratto di Burchard de Volder (*Burchard de Volder* n.d.)

Le motivazioni che spinsero De Volder a istituire tale Gabinetto furono varie e non tutte sono note. Secondo quanto riportato da Adriaan Cornelis de Hoog (De Hoog 1974)<sup>14</sup> e da Gerhardt Wiesenfeldt (Wiesenfeldt 2002)<sup>15</sup>, il motivo principale per cui De Volder creò un Gabinetto di fisica fu quello di porre fine alle accese discussioni metafisiche che, come si è visto, attanagliavano la repubblica olandese. De Volder infatti apparteneva alla comunità rimostrante di Amsterdam e quando arrivò all'università di Leida, si rese

<sup>12</sup>J. N. S. Allamand, *Oeuvres philosophiques et mathématiques de Mr. G. J. 's Gravesande*

<sup>13</sup>H. Hooijmaijers, A. Maas, *Entrepreneurs in Experiments: The Leiden Cabinet of Physics and the Motives of its Founders (1675–1742)*

<sup>14</sup>A. C. De Hoog, *Some Currents of Thought in Dutch Natural Philosophy: 1675–1720*

<sup>15</sup>G. Wiesenfeldt, *Leerer Raum in Minervas Haus: Experimentelle Naturlehre an der Universität Leiden, 1675–1715*

conto di quanto questo fosse un ambiente molto meno tollerante. Inoltre, costui era cartesiano e gli anni tra il 1672 e 1673 furono terribili in quanto la medicina e la filosofia naturale divennero campi di battaglia in cui cartesiani e anti-cartesiani si scontrarono aspramente. Questo perchè, la nuova filosofia rivoluzionaria di Cartesio, come delineata nel *Discours de la méthode* (pubblicato a Leida nel 1637), venne abbracciata fin dall'inizio da alcuni professori universitari di Utrecht e di Leida (Verbeek 1988)<sup>16</sup> Secondo de Hoog e Wiesenfeldt, De Volder iniziò a percepire un crescente disinteresse nei confronti della continua controversia metafisica e divenne sempre più critico nei confronti di alcune delle opinioni di René Descartes. Questa crescente insoddisfazione lo spinse a cercare rifugio nella nuova corrente della filosofia naturale sperimentale proveniente dalla Gran Bretagna. Qui, De Volder riuscì a districare la filosofia naturale dalla sensibilità metafisica e religiosa che lo aveva afflitto, aprendo così la strada a una visione più empirica e scientificamente orientata del mondo naturale.

Furono i due viaggi a Londra compiuti da De Volder e Gravesande a rendere il Gabinetto di Fisica di Leida così rinomato, poiché questi viaggi modificarono radicalmente le loro prospettive.

De Volder intraprese un viaggio in Inghilterra nel 1674, durante il quale visitò Isaac Newton a Cambridge e la Royal Society a Londra, dove è probabile che abbia incontrato anche Boyle. È probabile che grazie alle sue relazioni personali, De Volder abbia ottenuto un'introduzione presso la Royal Society, un'opportunità che ebbe un profondo impatto sul suo percorso. Durante la sua permanenza presso la Royal Society, acquisì una comprensione approfondita dell'importanza degli strumenti scientifici nell'ottenere dati empirici, capaci di sostituire argomentazioni dogmatiche soggette a controversie. Questa consapevolezza probabilmente lo indusse a riconoscere che l'approccio scientifico avrebbe potuto rappresentare la chiave per risolvere le discussioni che attanagliavano l'Università di Leida. Di conseguenza, circa un anno dopo il suo viaggio, De Volder presentò il progetto per il suo *Theatrum Physicum* al consiglio di amministrazione dell'università, che accolse favorevolmente la sua proposta. Questo *Theatrum Physicum*, un edificio appositamente adattato adiacente all'orto botanico, fu concepito come un teatro circolare con panchine disposte attorno a una piattaforma centrale. Inoltre, a De Volder fu assegnata una generosa somma di quattrocento fiorini per l'acquisto dell'attrezzatura necessaria. Le sue lezioni sperimentali ebbero inizio nel 1676 (Hooijmaijers e Maas 2013)<sup>17</sup>.

Il resoconto della riunione del consiglio universitario, che costituisce l'unica fonte disponibile riguardo alla fondazione del *Theatrum Physicum*, non fornisce dettagli dettagliati sull'impiego degli esperimenti come strumenti per risolvere le controversie dogmatiche. Tuttavia, secondo tale resoconto, De Volder aveva esposto alla commissione la sua intenzione di utilizzare gli esperimenti per dimostrare "la verità e la certezza

---

<sup>16</sup>T. Verbeek, *La querelle d'Utrecht: René Descartes et Martinus Schoock*

<sup>17</sup>H. Hooijmaijers, A. Maas, *Entrepreneurs in Experiments: The Leiden Cabinet of Physics and the Motives of its Founders (1675–1742)*

*dei principi e delle teorie presentate agli studenti in Physica theoretica*" (Molhuysen 1913-24)<sup>18</sup>. Questa dichiarazione suggerisce che De Volder mirava a promuovere la comprensione e l'accettazione delle teorie scientifiche attraverso la dimostrazione pratica dei fenomeni fisici. Sebbene il resoconto non approfondisca il ruolo degli esperimenti nel risolvere le dispute dogmatiche, indica chiaramente l'obiettivo di De Volder di utilizzare il *Theatrum Physicum* come strumento per sostenere e rafforzare l'insegnamento della fisica teorica, enfatizzando la sua validità e la sua certezza attraverso l'osservazione e la sperimentazione.

De Volder era fermamente convinto che l'attrattiva primaria dei suoi esperimenti risiedesse nella loro utilità e nell'intrattenimento che avrebbero potuto offrire, auspicando di attirare un vasto pubblico di studenti provenienti da altre istituzioni accademiche. Tuttavia, nell'epoca di De Volder, l'acquisizione di strumenti fisici rappresentava una sfida non trascurabile. Benché esistessero costruttori di strumenti, la maggior parte di essi era specializzata nella realizzazione di strumenti astronomici e matematici di notevole valore e precisione. Ciò di cui De Volder aveva urgente bisogno era la competenza di un artigiano capace di concretizzare gli strumenti necessari per le sue dimostrazioni pratiche. Quest'uomo si rivelò essere Samuel van Musschenbroek, un esperto fonditore di ottone residente a Leida (de Clercq 1997)<sup>19</sup>.

L'azienda dei Musschenbroek a Leida godeva di una grande reputazione nel campo della fabbricazione degli strumenti scientifici. Fu fondata da Adriaen Joosten Van Musschenbroek nel 1610 e fu il nipote Samuel il primo a costruire strumenti scientifici. Quando lui morì, nel 1681 il fratello minore Johan rivelò l'azienda e quando morì improvvisamente nel 1707, la tradizione di famiglia venne continuata da Jan, suo figlio maggiore. Suo fratello minore, Peter divenne, tra l'altro, collega di Gravesande nel 1736 (de Clercq 1997)<sup>20</sup>.

Samuel fu colui che costruì il primo strumento di De Volder: una pompa ad aria, che sarebbe rimasta in uso fino al secolo successivo. Questa pompa ad aria divenne il fulcro delle lezioni sperimentali di De Volder, attraverso le quali furono condotti numerosi esperimenti pneumatici e idrostatici. Riflettendo sul concetto aristotelico del vuoto, si può apprezzare appieno l'importanza che questa pompa assumeva.

La pompa ad aria era un'apparecchiatura costosa e scarsamente disponibile all'epoca, gli stessi Musschenbroek ne producevano 1 o 2 l'anno. Tuttavia, il suo utilizzo nel contesto dell'Università di Leida si allineava alla strategia dell'istituzione di accumulare e mostrare collezioni vistose al fine di distinguersi dalle altre università e consolidare la sua reputazione come uno dei principali centri di studio nei Paesi Bassi, e persino in Europa, al fine di attrarre studenti (spesso provenienti da famiglie facoltose).

---

<sup>18</sup>P. C. Molhuysen, *Bronnen tot de geschiedenis der Leidse Universiteit*

<sup>19</sup>P. R. de Clercq, *At the Sign of the Oriental Lamp: The Van Musschenbroek Workshop in Leiden*

<sup>20</sup>P. R. de Clercq, *At the Sign of the Oriental Lamp: The Van Musschenbroek Workshop in Leiden*



Figura 3: Pompa a vuoto a un solo pistone costruita nel 1697 a Leida da Jan van Musschenbroek e che l'Università di Pisa ebbe in dono da Anna Maria Luisa de' Medici (*Pompa a vuoto* n.d.)

Il massimo successo del Gabinetto di fisica di Leida si ebbe però con 's Gravesande e, come si è detto, anche per lui fu di ispirazione un viaggio che fece in Inghilterra.

Nel 1715 un giovane giornalista e avvocato di nome Willem Jacob 's Gravesande, si recò a Londra come segretario dell'ambasciatore olandese (de Pater 1988)<sup>21</sup>. Secondo la biografia di un suo allievo fu durante questo viaggio che si convertì al Newtonianesimo ma, avendo oramai capito qual'era l'atmosfera nella repubblica olandese di quel periodo, si può pensare che 's Gravesande fosse già pienamente consapevole del significato del lavoro di Newton prima del suo viaggio in Inghilterra (Allamand 1774)<sup>22</sup>. Qui frequentò le lezioni di John Desaguliers, conobbe Newton e fu eletto membro della Royal Society. Dopo aver assaporato il "newtonianesimo" inglese, nel 1717 's Gravesande fu nominato professore di matematica e astronomia presso la famosa Università di Leida. Lungo l'arco della sua carriera, 's Gravesande si impegnò costantemente a essere un pensatore del benessere comune, mostrando un forte interesse per il progresso della società nel suo complesso. In seguito, nella sua maturità, formulò ciò che sarebbe diventato noto come il suo "assioma di sopravvivenza": la convinzione che la verità fosse essenzialmente compatibile con i valori fondamentali della società, inclusa la fede cristiana. Egli vedeva la moralità e la scienza come due aspetti complementari di un'unica visione del mondo. Durante il discorso che tenne dopo aver ricevuto la cattedra, sottolineò il fatto che, sebbene ci fossero esempi di matematici atei, come Spinoza, questo non era vero per tutti.

<sup>21</sup>C. de Pater, *Welzijn, wijsbegeerte en wetenschap: Willem Jacob 's Gravesande*

<sup>22</sup>J. N. S. Allamand, *Oeuvres philosophiques et mathématiques de Mr. G. J. 's Gravesande*



Figura 4: Ritratto di Willem Jacob 's Gravesande (Limborch 17XX)

Al contrario, attraverso l'analisi matematica si dovrebbe acquisire una comprensione delle leggi immutabili che Dio ha stabilito per la natura:

*"Queste leggi, che dipendono soltanto dalla volontà del Creatore, devono essere ricavate, per così dire, dai fenomeni stessi, poiché non ci vengono rivelate da alcuna rivelazione divina. Gli uomini che costruiscono ipotesi e le usano come base di un sistema incorrono volentieri nell'errore e si chiudono fuori dalla porta della vera fisica." ('s Gravesande 1717)<sup>23</sup>*

Quindi, l'unico modo per poter arrivare alla verità è quello di adottare il metodo di Newton, che si basa sulla descrizione matematica della natura e sulla validazione delle leggi così formulate attraverso osservazione e sperimentazione.

Nei decenni successivi, 's Gravesande ottenne notevole successo nella promozione delle idee di Newton. Pur concordando con Newton sull'importanza del ragionamento matematico nella filosofia naturale, 's Gravesande, in sintonia con la tradizione empirica olandese, delineò una chiara distinzione tra matematica pura e matematica applicata. 's Gravesande inoltre adattò l'opera di Newton in modo tale da renderla comprensibile ai lettori e utilizzabile nell'insegnamento universitario. Il suo manuale in due volumi *Physices elementa mathematica, experimentales confrmata*<sup>24</sup>, con il significativo sottotitolo *Introductio ad philosophiam Newtonianam*<sup>25</sup> pubblicato nel 1720, si impose come il testo

<sup>23</sup>W. J. 's Gravesande, *De matheseos in omnibus scientiis praecipue in physicis usu*

<sup>24</sup>"Elementi matematici della fisica, confermati sperimentalmente"

<sup>25</sup>"Introduzione alla filosofia newtoniana"



di riferimento più influente sull'argomento nel XVIII secolo, sia nei Paesi Bassi che all'estero. Tuttavia, il suo titolo suggeriva anche l'esistenza di una filosofia newtoniana che, in realtà, rifletteva principalmente l'interpretazione personale di Newton da parte di 's Gravesande. Pur senza dichiararlo esplicitamente, 's Gravesande riconobbe che la parola "fisica" abbracciava molteplici branche della conoscenza, ognuna delle quali prometteva di rivelare la vera causa dei fenomeni naturali ('s Gravesande 1720)<sup>26</sup>. Nel suo libro, 's Gravesande illustrò numerosi esperimenti che aveva condotto personalmente, invitando i lettori e gli studenti a replicarli. Egli migliorò l'insegnamento della fisica sperimentale di De Volder, ponendo maggiore enfasi sull'aspetto sperimentale piuttosto che su quello dimostrativo.

's Gravesande era un ingegnoso inventore di strumenti e fece costruire tutti i suoi dispositivi dalla famosa officina di strumenti di Leida da Jan van Musschenbroek. Questo rese l'università di Leida la più famosa d'Europa nel campo della filosofia naturale. I libri riccamente illustrati di 's Gravesande contribuirono notevolmente alla popolarità degli esperimenti fisici nella cultura olandese del XVIII secolo e all'estero (Sutton 1995)<sup>27</sup>.

La *Physices elementa mathematica* fu «il primo testo generale della scienza newtoniana ad essere pubblicato nel continente e uno dei primi ad essere pubblicato in Inghilterra» (Schofield 1997)<sup>28</sup>. Venne ristampato e tradotto in diverse lingue tra cui inglese, francese e olandese. Lo stesso Gravesande pubblicò nel 1723 anche una versione abbreviata, scritta appositamente per gli studenti, la *Philosophiae Newtonianae institutiones*.

Ma il risultato più grande di 's Gravesande fu il suo estremo successo nel rendere popolare la scienza newtoniana. Eloquente in questo senso è ciò che scrisse a Newton nel 1718, dopo aver ricevuto una copia d'autore dell'ultimo libro di Newton:

*"Almeno mi lusingo di aver avuto un certo successo nel dare un assaggio della tua filosofia in questa università; poiché parlo a persone che hanno fatto pochissimi progressi in matematica, sono stato costretto a far costruire diverse macchine per trasmettere la forza di proposizioni le cui dimostrazioni non avevano capito. Attraverso l'esperimento fornisco una prova diretta della natura dei moti composti, delle forze oblique e delle principali proposizioni relative alle forze centrali."* ('s Gravesande to Newton 1718)<sup>29</sup>

Questo evidenzia che, nonostante l'ammirazione di 's Gravesande per il metodo matematico empirico di Newton, nel suo adattamento della filosofia di Newton, la dimostrazione sperimentale per coloro che non erano esperti nel campo era altrettanto cruciale quanto l'analisi matematica iniziale della natura. Questo rispecchia nuovamente la chiara distinzione di 's Gravesande tra matematica pura e matematica applicata. Grazie ai

<sup>26</sup>'s Gravesande, *Physices elementa mathematica*

<sup>27</sup>G. V. Sutton, *Science for a polite society: gender, culture and the demonstration of Enlightenment*

<sup>28</sup>R. E. Schofield, *The Enlightenment of Joseph Priestley: a study in his life and work from 1733 to 1773*

<sup>29</sup>'s Gravesande to Newton, June 1718

dispositivi dimostrativi sviluppati da 's Gravesande e Jan van Musschenbroek, anche coloro privi di una formazione matematica potevano ricevere una panoramica dei risultati della "moderna" filosofia naturale. Oltre alle dimostrazioni più accademiche, 's Gravesande intratteneva i suoi studenti con strumenti meno scientifici come la lanterna magica, che proiettava diapositive con immagini di satiri, nani e paesaggi arcadici e che produceva un'immagine distorta visibile in modo normale solo quando osservata attraverso uno specchio appositamente sagomato. Tali esibizioni sembravano avere principalmente uno scopo di intrattenimento e spettacolo, contribuendo probabilmente ad attrarre più studenti e, forse non insignificante, a generare un reddito aggiuntivo. 's Gravesande fu ufficialmente nominato professore di astronomia e matematica nel 1717, ma poté iniziare a tenere conferenze pubbliche presso il *Theatrum Physicum* solo dopo la morte del suo predecessore, Senguerd, nel 1724, quando assunse la direzione dell'istituzione. Rispetto ai corsi di De Volder o Senguerd, gli esperimenti di 's Gravesande erano integrati in modo più sistematico nel curriculum. Questa sinergia avanzata tra matematica e strumenti, allineata al metodo newtoniano di indagine della natura, rifletteva chiaramente gli interessi e le competenze innate di 's Gravesande.

## 1.6 Una nuova figura: il conferenziere-dimostratore

Il XVIII secolo può essere visto come l'età d'oro dei Gabinetti scientifici, e in privato dei Gabinetti di fisica. La diffusione degli strumenti di fisica in tutta Europa coincise con l'apparizione, a partire dalla fine del XVII secolo, di una nuova figura, il conferenziere-dimostratore. Costui illustrava la filosofia naturale eseguendo esperimenti da una collezione di apparecchi. Quindi, solo negli ultimi anni del diciassettesimo secolo, lezioni di filosofia naturale, in cui gli esperimenti erano i protagonisti, cominciarono ad essere introdotte in poche università, all'interno dei corsi di filosofia naturale. Le prime cattedre vennero istituite nelle università di Oxford e Cambridge ed entrambe vennero influenzate dai membri originali della Royal Society. Questa pratica, conosciuta come "filosofia naturale sperimentale", copriva una vasta gamma di argomenti, tra cui idrostatica, pneumatica, meccanica, ottica, acustica, magnetismo e chimica, insieme allo studio di minerali, animali e piante. Il primo che insegnò pubblicamente filosofia naturale mediante esperimenti in modo matematico fu John Keill nel 1700 a Oxford e tre anni dopo, William Whiston tenne delle lezioni simili a Cambridge (Turner 2002)<sup>30</sup>.

Whiston fu, infatti, il padre della conferenza-dimostrazione popolare. Iniziò lavorando come assistente e poi successore di Isaac Newton alla cattedra di matematica lucasiana all'Università di Cambridge. Divenne noto anche per le sue opinioni religiose non conformiste e le sue interpretazioni non ortodosse della Bibbia che tuttavia lo portarono in

---

<sup>30</sup>Gerard L'E. Turner, *Teaching by Demonstration. The Development of Popular Science, Science Teaching, and Its Apparatus in Eighteenth-Century Europe*

conflitto con l'establishment religioso dell'epoca e alla sua rimozione dalla cattedra di matematica nel 1710. Nonostante ciò, Whiston continuò a scrivere e a insegnare, lasciando un'impronta significativa nel mondo accademico e religioso del suo tempo. Si recò quindi a Londra per continuare le sue lezioni e pubblicò il testo illustrato della sua serie di conferenze nel 1714 (Whiston 1748)<sup>31</sup>. Un'altra personalità di rilievo nello stesso settore fu John Theophilus Desaguliers, il cui percorso professionale ebbe inizio a Oxford presso l'Hart Hall, ma si estese anche a Londra, dove ottenne fama grazie alle sue conferenze, ai suoi libri di testo e alle traduzioni di opere scientifiche provenienti da Francia e Paesi Bassi (Stokes 2009)<sup>32</sup>. Molte di queste personalità erano o divennero successivamente membri della Royal Society, e le lezioni e conferenze che tennero si ispiravano ampiamente a quanto emergeva durante gli incontri della Royal Society. Gli esperimenti trattavano principalmente i campi della meccanica, idrostatica, pneumatica e ottica, delineando così un'evoluzione circoscritta della "filosofia sperimentale". Parallelamente, il mercato degli strumenti scientifici, particolarmente fiorente a Londra, divenne sempre più cruciale per il successo di queste nuove lezioni. L'impatto di tali insegnamenti fu immediato e, dopo essere stati introdotti in Inghilterra, furono portati nei Paesi Bassi da 's Gravesande insieme a Pieter van Musschenbroek, come già accennato. La pratica emergente della filosofia sperimentale si diffuse rapidamente, raggiungendo l'Europa e le colonie britanniche in America del Nord in pochi decenni. Le università istituirono cattedre di filosofia naturale sperimentale, promuovendo non solo una nuova pratica scientifica, ma anche l'evoluzione della fisica come campo di conoscenza autonomo. Questo sviluppo aprì la strada all'emergere di altre discipline, come la chimica, nel loro attuale contesto e significato.

Vennero pubblicati diversi testi che documentavano le lezioni e le conferenze, sempre più strumenti venivano appositamente progettati e furono create centinaia di collezioni di strumenti scientifici: i cosiddetti "Gabinetti di fisica". La fisica acquisì in quegli anni una popolarità straordinaria, non solo tra gli specialisti, ma anche nei "salotti" e nelle corti reali e questo perché i Gabinetti di fisica non erano solo luoghi di studio, ma anche di insegnamento e divulgazione. Le dimostrazioni scientifiche attiravano un pubblico eterogeneo, incuriosito dalle nuove scoperte e dalle meraviglie della natura. In questo modo, i Gabinetti di fisica contribuirono a diffondere la cultura scientifica e a stimolare nuove generazioni di scienziati. L'interesse che questi Gabinetti riuscirono a creare, dipese molto anche dalle tecniche di insegnamento dei vari professori.

Per esempio, De Volder, conosciuto per la sua simpatia per il cartesianesimo, sollevò interesse per la sua inattesa critica verso le spiegazioni cartesiane dei fenomeni naturali durante i suoi corsi sperimentali. Al contrario, aderì al programma sperimentale di Boyle, menzionando figure come Torricelli e Pascal, sostenitori della nuova filosofia meccanicistica. Questo atteggiamento suggerì una propensione di De Volder verso

---

<sup>31</sup>W. Whiston, *Memoirs of the Life and Writings of Mr William Whiston*

<sup>32</sup>J. Stokes, *The Life of John Theophilus Desaguliers*

prospettive scientifiche innovative, indipendentemente dalle sue inclinazioni filosofiche. Quindi, invece di essere un fedele "cartesiano", De Volder emerge come promotore della nuova filosofia meccanicistica in generale (Wiesenfeldt 2002)<sup>33</sup>.

L'arte della conferenza-dimostrazione raggiunse il suo apice nell'opera *Course de Physique* di Jean Antoine Nollet, che raccoglieva circa 350 strumenti diversi. Nato in una famiglia povera, Nollet si trovò a dover affrontare l'idea di prendere il controllo della fattoria di famiglia, come desiderava suo padre. Tuttavia, sua madre riconobbe il suo talento e interesse per la scienza fin dalla giovane età. Nel 1714, un sacerdote chiamato dai genitori confermò le sue eccezionali capacità e consigliò loro di indirizzarlo verso gli studi ecclesiastici. Questo momento segnò un punto di svolta nella vita di Nollet, introducendolo sia alla religione che alla scienza, due ambiti che avrebbero influenzato le sue future decisioni (Dumont e Cole 2014)<sup>34</sup>. Due eminenti studiosi, Charles-François Dufay e René-Antoine de Réaumur, chiesero il supporto di Nollet nelle loro ricerche scientifiche, consentendogli di viaggiare sia in Inghilterra che in Olanda, dove ebbe incontri con Desaguliers e Gravesande. Al suo ritorno dall'Olanda nel 1735, Nollet optò per una carriera nell'insegnamento scientifico, personalmente supervisionando la costruzione dell'apparato necessario e formando gli operai coinvolti nel processo.

Il suo successo come docente fu fenomenale e il libro delle sue lezioni *Leçons de physique expérimentale*, apparso in sei volumi tra il 1743 e il 1764 ebbe altrettanto successo, e venne spesso ristampato e tradotto. Più che un semplice divulgatore scientifico, Nollet diede un serio contributo allo studio dell'elettricità, ma è soprattutto come il più abile esponente della conferenza-dimostrazione che viene ricordato (Torlais 1954)<sup>35</sup>.

Nollet si è guadagnato la reputazione tenendo conferenze a un pubblico colto, e principalmente aristocratico. Ci sono diverse evidenze che in quel periodo questo tipo di conferenze erano diventate di moda (Golinski 1999)<sup>36</sup>. Sophie v. La Roche, un'aristocratica e scrittrice tedesca che visitò Londra nel 1786 e registrò i suoi viaggi in un diario scrisse:

*"La nostra serata è trascorsa in esperimenti fisici, che certamente fanno parte del servizio divino, mostrandoci le qualità interiori dell'essere e conducendo così un'anima sensibile ad una maggiore e razionale riverenza per il suo Creatore."* (La Roche 1933)<sup>37</sup>

Va però detto che Nollet sapeva come catturare l'attenzione del suo pubblico. Il suo testo *Leçons* fece conoscere ampiamente le sue dimostrazioni, dandogli un immenso successo.

Per quanto riguarda gli strumenti utilizzati da Nollet, la situazione in Francia era molto

---

<sup>33</sup>G. Wiesenfeldt, *Leerer Raum in Minervas Haus: Experimentelle Naturlehre an der Universität Leiden*

<sup>34</sup>Q. Dumont, R. B. Cole, *Jean-Antoine Nollet: the father of experimental electrospray*

<sup>35</sup>J. Torlais, *Un physicien au siècle des lumières*

<sup>36</sup>J. Golinski, *Science as Public Culture: Chemistry and Enlightenment in Britain*

<sup>37</sup>S. V. La Roche *Sophie in London, 1786*

diversa da quella in Olanda o in Inghilterra (Brenni 2002)<sup>38</sup>. Durante gran parte del XVIII secolo, la professione di costruttore di strumenti scientifici non ottenne un riconoscimento ufficiale dalla comunità scientifica francese. Inoltre, l'attività di produzione e commercio degli strumenti, che era principalmente locale, incontrava delle difficoltà a causa delle leggi complesse e obsolete che imponevano restrizioni severe sulle attività dei vari mestieri, inclusi l'accesso alle materie prime e agli strumenti necessari. Queste difficoltà sono ben evidenti in alcuni punti cardine che Nollet stilò nel suo "*Programme*" (Nollet 1738)<sup>39</sup> del 1738, un serio prospetto del suo *Leçons*:

1. Gli strumenti dovevano essere molto precisi, così che la spesa fatta non fosse inutile e non ci fosse possibilità d'errore.
2. Il prezzo non doveva mai essere aumentato a causa di inutili ornamenti. Questo sia per facilitare il regolare uso sia per facilitarne l'acquisizione da parte di persone di modesti mezzi

...

Nonostante queste sfide, Nollet riuscì a realizzare con successo ben 350 strumenti, descrivendoli dettagliatamente insieme agli esperimenti che proponeva all'interno del suo libro.

A partire dalla metà del 700, la conferenza - dimostrazione cominciò a raggiungere uno spettro molto più ampio di popolazione.

## 1.7 Il Gabinetto di Fisica di Padova

Proprio seguendo questa onda, all'università di Padova una raccolta di strumenti scientifici era stata costituita per le lezioni di filosofia naturale sperimentale che erano state introdotte pochi anni prima, con l'istituzione di una cattedra di Filosofia sperimentale nel 1738. Nasceva così un nuovo Gabinetto di fisica. A Giovanni Poleni fu assegnata la nuova cattedra e costui raccolse nel giro di un paio d'anni un primo gruppo di macchine e continuò ad arricchire la collezione fino alla morte, nel 1761 (Talas 2013)<sup>40</sup>.

Poleni nacque a Venezia nel 1683 e studiò legge e matematica a Padova, dove divenne successivamente professore di *philosophia ordinaria in secundo loco*, astronomia e meteore e infine matematica (stessa cattedra che occupò Galileo). Nel 1715 venne eletto membro della Royal Society ed ebbe anche rapporti con altre società scientifiche e accademie, sia in Italia che all'estero dove entrò in contatto con tanti personaggi importanti tra cui

---

<sup>38</sup>P. Brenni, *Jean Antoine Nollet and Physics Instruments*

<sup>39</sup>J. A. Nollet, *Programme ou idee generale d'un cours de physique experimentale*

<sup>40</sup>S. Talas, *New light on the cabinet of physics of Padua*



Figura 5: Ritratto di Giovanni Poleni (*Ritratto di Giovanni Poleni* n.d.)

Newton con cui condivise idee e discusse temi scientifici ma anche Jean Antoine Nollet, Nicolaus I Bernoulli, 's Gravesande e Pieter van Musschenbroek.

Inizialmente, il corso di *philosophia ordinaria in secundo loco* si basava sulla lettura delle opere di Aristotele, in accordo con l'idea tradizionale di filosofia naturale. Come si è detto però, le voci di ciò che stava succedendo in Inghilterra e Olanda andavano propagandosi e si sentiva sempre di più la necessità di un cambiamento. In realtà in Italia già verso la fine del 600, presso l'accademia Sarotti, venivano praticati esperimenti di filosofia naturale e anche Poleni aveva iniziato, verso l'inizio del 700, a praticare la filosofia sperimentale a casa sua, a Venezia.

Quindi, il senato veneziano, responsabile dell'Università di Padova, era consapevole del progresso della nuova pratica scientifica. Infatti, a partire dal 1715, vennero avanzate diverse proposte per una riforma dell'Università, con l'obiettivo di modernizzare quest'ultima andando a sostituire le cattedre antiche con altre più moderne (Del Negro 1985)<sup>41</sup>. Così, la cattedra di filosofia sperimentale, venne ufficialmente istituita il 27 novembre 1738. Giovanni Francesco Morosini, uno dei Riformatori allo Studio di Padova, il gruppo elitario di tre patrizi veneziani che governavano l'Università di Padova, scrisse a Poleni chiedendogli di "*una persona valida per tenere onorevolmente un corso di Filosofia Sperimentale*" (Morosini 1738)<sup>42</sup>. Poleni fece dei nomi e elencò una serie di

---

<sup>41</sup>P. Del Negro, *L'Università*

<sup>42</sup>G. F. Morosini, *Lettera a Poleni*

caratteristiche che secondo lui il perfetto professore doveva possedere: esperienza nella pratica con gli strumenti, ingegnosità pratica e buone basi teoriche. Ma al di là dei nomi proposti, lo stesso Poleni venne considerato un candidato ideale per la cattedra di filosofia sperimentale a Padova, grazie alle sue esperienze pregresse e alle sue competenze nel campo della fisica sperimentale. Tuttavia, prima di essere assegnato, fu sottoposto a un rigoroso esame da parte di Pivati, promotore della riforma che portò all'istituzione della cattedra, il quale, sebbene non molto abile nell'uso degli strumenti scientifici, valutò Poleni in modo critico. Nonostante ciò, alla fine Poleni ottenne la cattedra e divenne attivo nel chiedere supporto e risorse per la sua attività di insegnamento. Chiese assistenza per la preparazione delle macchine, criticò l'ambiente di insegnamento poco adatto e richiese fondi per acquisire strumenti migliori. Anche se gli fu offerta una serie di strumenti di Cristino Martinelli, Poleni riteneva che non fossero sufficientemente adeguati alle sue esigenze didattiche. Dato il crescente interesse del governo veneziano nei confronti della filosofia sperimentale, nel giro di pochissimi mesi, le esigenze e i desideri di Poleni vennero realizzati e così nacque il Gabinetto di Fisica di Padova, il primo ad essere finanziato interamente con fondi pubblici.

Poleni si dedicò a rendere le sue lezioni sulla filosofia sperimentale il più utili possibile per gli studenti, seguendo il modello dei newtoniani anglo-olandesi, in particolare Desaguliers, 's Gravesande e Musschenbroek. Le sue lezioni seguivano una struttura tradizionale, con definizioni, descrizioni di esperimenti e spiegazioni, simili al trattato di 's Gravesande. Poleni sottolineò l'importanza di disporre di strumenti di alta qualità, spesso basati su modelli olandesi, e lamentò i costi elevati delle macchine di 's Gravesande, Musschenbroek e Desaguliers. Poleni però non condivideva tutte le visioni abbastanza comuni in quegli anni: mentre alcuni scienziati, come Nollet, erano aperti a chiunque volesse seguire le lezioni, comprese le donne, lui riteneva che praticare la filosofia sperimentale in tutta la sua complessità richiedesse dignità e conoscenza, rendendo difficile l'insegnamento in un teatro pubblico.

“[. . .] grave difficoltà dell'esercitare la Sperimentale Filosofia. Il farla (per cagion d'esempio), come alcuni nella sua casa privata coll'intervento anche di donne, cui niente di difficile deve essere presentato, a porte chiuse, con un certo numero di macchine ed adoperando la sua nativa lingua, è un fatto. Ma un fatto di gran lunga più gravoso e difficile si è l'esercitar la Sperimentale Filosofia secondo tutta la sua estesa: con dignità, con dottrina ed a portata anche di quelli, che hanno già studiato per rendersi intelligenti di Fisica e di Matematica. E tale incontro ben andivene in un Teatro a tutti aperto in questa pubblica luce ed in questa costituzione.” (Poleni 1761)<sup>43</sup>

Nonostante ciò, effettuò esperimenti spettacolari per attirare il pubblico, come versare acqua in una fontana e osservare il getto di vino.

---

<sup>43</sup>G. Poleni, *Lettera ai riformatori*

Per quanto riguarda gli strumenti scientifici, molti vennero costruiti da artigiani locali, basandosi sui principali trattati di fisica dell'epoca, sebbene anche Poleni ne avesse progettati alcuni. Solo circa un'ottantina dei quasi quattrocento strumenti presenti nel catalogo di Poleni furono acquistati all'estero, incluso un acquisto significativo dalla bottega Musschenbroek di Leida e da Nollet. Il lavoro di Poleni influenzò anche l'Europa: alcuni suoi allievi furono tra gli studiosi che introdussero la fisica sperimentale in Grecia (Vlahakis 1998)<sup>44</sup>.

---

<sup>44</sup>G. N. Vlahakis, *An outline of the Introduction of Classical Physics in Greece. The Role of the Italian Universities and Publications*



## 2 Il Gabinetto di Fisica di Lord Cowper e la collaborazione con Carlo Alfonso Guadagni

### 2.1 Lord Cowper

George Nassau Clavering, fino al 1764, portava il titolo di Viscount Fordwich o, detto in italiano, Lord Forbice. Tuttavia, dopo la morte del padre nel 1764, George ereditò il titolo di Lord Cowper, diventando quindi il III Lord Cowper (Ellis e Gibbin 2022)<sup>45</sup>.



Figura 6: Ritratto di George Nassau Clavering (Zoffany after 1772)

Nacque il 26 agosto 1738 a Panshanger House, una maestosa residenza situata a Hertford, nell'Hertfordshire in Inghilterra, appartenente alla famiglia Cowper. Qui trascorse la sua infanzia e parte della giovinezza. Suo padre era William, II conte Cowper, mentre sua madre era Lady Henrietta Nassau d'Auverquerque. Alla morte del nonno materno, George ereditò una cospicua somma di denaro che in seguito gli permise di intraprendere un viaggio che lo portò, per diverse motivazioni, a trascorrere il resto della sua vita a Firenze. Dopo aver completato i suoi studi all'Eton College, nel 1757 Lord Cowper intraprese il tradizionale viaggio formativo che molti giovani rampolli inglesi compivano all'epoca: il Grand Tour. Questa era una pratica educativa consolidata intrapresa dai

---

<sup>45</sup>C. S. Ellis, P. Gibbin, *Lord Cowper: Un conte inglese a Firenze nell'età dei Lumi*

giovani uomini d'élite nella tarda adolescenza o poco più che ventenni, che spesso viaggiavano dopo aver completato la scuola o l'università, ma prima di assumere responsabilità adulte (Goldsmith 2020)<sup>46</sup>. Il Grand Tour, che risale all'epoca elisabettiana, aveva radici profonde in una lunga tradizione di viaggio come parte integrante della formazione maschile (Redford 1996)<sup>47</sup>. I Grand Tourist trascorrevano generalmente tre o quattro anni in viaggio, visitando città, corti e regioni di Francia, Paesi Bassi, principati tedeschi, Austria, Svizzera e Italia, con occasionali escursioni in luoghi più lontani. Il Grand Tour, essendo una pratica di viaggio riservata esclusivamente ai giovani d'élite di sesso maschile, aveva un chiaro scopo educativo che lo distingueva dalle altre forme di viaggio del XVIII secolo. Era concepito come un'opportunità per perfezionare la mascolinità (Cohen 1996)<sup>48</sup>, un processo di crescita e un importante rito di passaggio che mirava a formare i giovani uomini nelle loro identità maschili adulte, dotandoli delle abilità e delle virtù più apprezzate dalla società maschile dell'epoca. L'arrivo in Italia di Lord Forwich è documentato al giugno 1759, proveniente dal Tirolo, giù verso il Veneto. Proseguendo il suo Tour verso il sud della Penisola, Fordwich arrivò il 7 luglio 1759 a Firenze. Vi rimase per una prima sosta di circa due mesi, e qui si innamorò sia della bella città italiana sia dell'avvenente Marchesa Maria Maddalena Corsi nata Medici. Continuato il viaggio fino a Napoli, con sosta anche a Roma, dopo tre mesi e mezzo di visite a luoghi archeologici, chiese e monumenti, il Grand Tour si compì il 1° gennaio 1760 con il rientro nella capitale toscana. La sua famiglia, evidentemente, aveva l'aspettativa che Lord Cowper ritornasse in Inghilterra prima o poi, soprattutto considerando che era stato eletto membro del Parlamento per Hertford il 7 dicembre 1759. Tuttavia, Cowper non dimostrò alcuna inclinazione a farlo, e la ragione non era difficile da comprendere. Era infatti innamorato della Marchesa Corsi, e grazie all'eredità della considerevole fortuna alla morte del nonno materno nel 1754, la stessa che gli aveva permesso di intraprendere tale viaggio, fu in grado di permettersi di ignorare qualsiasi pressione che i suoi genitori avessero potuto esercitare su di lui. Il comportamento di Lord Cowper gli costò dunque il seggio in parlamento (Walpole 1954-1971)<sup>49</sup> e infastidì profondamente il padre ma non solo. Horace Mann, di cui si parlerà poco più avanti, scrisse al suo fedele corrispondente Walpole che secondo lui Firenze non era un luogo adatto ai giovani inglesi indipendenti e "*Lord F. che perde tutto il suo tempo facendo il cicisbeo alla Marchesa e intrattenendo tutti i suoi dipendenti*". Mann non fu l'unico a commentare il comportamento di Cowper forse anche un pò per invidia, poichè per gli standard fiorentini il Lord era pressoché incredibilmente ricco; aveva il potere di influenzare le mode, di indulgere nei suoi gusti e piaceri al massimo livello, e ciò che è più importante, lo faceva su una scala che assicurava che qualsiasi sua azione diventasse notizia. Qualsiasi cena o concerto o ballo che faceva veniva riportato con quasi assoluta certezza sulla «*Gazzetta Toscana*». Ad

---

<sup>46</sup>S. Goldsmith, *Masculinity and Danger on the Eighteenth-Century Grand Tour*

<sup>47</sup>B. Redford, *Venice and the Grand Tour*

<sup>48</sup>M. Cohen, *Fashioning Masculinity: National Identity and Language in the Eighteenth Century*

<sup>49</sup>H. Walpole, *Horace Walpole's correspondence with Sir Horace Mann*

ogni modo, amici e parenti continuarono per anni ad esortarlo a tornare in patria ma il Lord non ne volle sentir parlare, almeno fino al 1786, in cui tornò in Inghilterra giusto per qualche mese ma con una motivazione ben precisa di cui poi si parlerà in seguito. Prometteva sempre che sarebbe tornato e ogni volta trovava una scusa per rompere quella promessa. Ci fu quella volta in cui rimase nel 1764 per rendere omaggio al duca di York, Edward Augustus, il quale, tra l'altro, iniziò a rivolgere diverse attenzioni alla Marchesa e forse fu proprio questo il motivo per cui la storia tra costei e il Lord finì. Poi ci furono le gravidanze della moglie, Hannah Anne Gore (Ingamells 1997)<sup>50</sup> (1758-1826) e poi lo stato delicato della sua salute. La verità era che Lord Cowper adorava la vita di Firenze e non fu l'unico che dopo il Grand Tour decise di rimanere nella capitale toscana (Sweet 2007)<sup>51</sup>. La città offriva un livello di comfort superiore rispetto alle altre città solitamente visitate dai Grand Tourist e ciò che soprattutto colpiva i visitatori britannici a Firenze era l'eleganza delle case e degli edifici, la larghezza delle strade principali, la qualità dei marciapiedi e della pulizia (Sweet 2012)<sup>52</sup>. In aggiunta, queste strade erano ben pavimentate e pulite, attenuando la continua lamentela dei visitatori britannici in Italia riguardo allo stato sporco delle strade. *"È così perfettamente pulita che non c'è il minimo odore sgradevole per le strade tutto l'anno"* (Somerset e Fermor 1805)<sup>53</sup>, scrisse la contessa di Pomfret alla contessa di Hertford nel 1740. Per quanto riguarda l'architettura, i visitatori britannici, apprezzavano l'estetica semplice e lineare di Firenze e non adoravano le forme barocche presenti a Roma e Napoli. Anche Samuel Sharp, uno degli osservatori britannici più critici e insoddisfatti tra i viaggiatori in Italia, giudicava Firenze preferibile a tutte le altre città italiane come luogo di residenza (Sharp 1767)<sup>54</sup>.

---

<sup>50</sup>J. Ingamells, *A dictionary of British and Irish travellers in Italy, 1701-1800. Compiled from the Brisley Ford Archive*

Lady Cowper, terza figlia di Charles Gore del Lincolnshire, giunse in Italia con la sua famiglia nel 1774, all'età di sedici anni. Il suo incontro con Lord Cowper, avvenuto in quel contesto, suscitò immediatamente l'interesse di quest'ultimo, tanto da condurre al loro matrimonio l'anno successivo. Nonostante questo matrimonio non fosse frutto di un accordo predeterminato, bensì della volontà reciproca dei due coniugi, emersero indicazioni che il loro rapporto non fosse così idilliaco come forse avevano immaginato. Tuttavia, la coppia, unita dall'ambizione e dall'orgoglio per il loro status sociale, riuscì a integrarsi con successo nella vita di corte. Nel corso di pochi anni, Lady Cowper diede alla luce tre figli: George Augustus, nato il 9 agosto 1776, Peter Leopold Lewis Francis Nassau, nato il 6 maggio 1778, ed Edward Spencer, nato il 16 luglio 1779. Mentre al primo figlio fu dato il nome del sovrano inglese, George Augustus, al secondo fu attribuito quello del Granduca di Toscana. Ciò suscitò diverse speculazioni riguardo alla possibile vicinanza di Lady Cowper con Pietro Leopoldo, che addirittura fu padrino di battesimo del neonato, mentre la madrina fu la Granduchessa.

George Augustus aveva appena tredici anni quando suo padre morì, e solo nel 1797, al raggiungimento della maggiore età, fu in grado di assumere l'eredità e il titolo. Dopo la sua prematura scomparsa nel febbraio 1799, il titolo passò a Peter Leopold, che divenne così il V conte Cowper.

<sup>51</sup>R. Sweet, *British perceptions of Florence in the long Eighteenth century*

<sup>52</sup>R. Sweet, *Cities and the Grand Tour. The British in Italy*

<sup>53</sup>F. Somerset, H. L. Fermor, *Correspondence between Frances, countess of Hartford, (afterwards duchess of Somerset,) and Henrietta Louisa, countess of Pomfret, between the years 1738 and 1741*

<sup>54</sup>S. Sharp, *Letters from Italy*

C'era anche una vita sociale ben consolidata a cui donne e uomini potevano partecipare: Sir Horace Mann si distingueva per la sua attenzione e premura nell'intrattenere i viaggiatori britannici (Doran 1876)<sup>55</sup>.



Figura 7: Ritratto di Sir Horace Mann (Greatbach n.d.)

Costui era molto vicino ad Horace Walpole, il cui padre Robert raccomandò Mann come assistente di Charles Fane, ambasciatore britannico nel Granducato di Toscana. Mann arrivò in Toscana nel 1737 e data la sua diligente dedizione e la sua riservatezza impeccabile, successe a Fane come ambasciatore quando quest'ultimo tornò in Inghilterra nel 1740. Walpole e Mann si incontrarono un'ultima volta nel 1741 a Firenze, ma da quel momento in poi iniziarono una fitta corrispondenza. Scambiarono migliaia di lettere, e il loro epistolario costituisce uno dei più vasti e informativi di quel periodo storico, fornendo preziose testimonianze sulle feste organizzate da Mann, alle quali partecipò anche Lord Cowper. Louis Dutens scrisse che durante la sua lunga carriera Mann

"non aveva mai provocato il più leggero disappunto in città o a corte, ma c'era forse appena un solo essere che non avesse motivo di lodare la sua bontà, la sua liberalità, la sua cortesia, la sua compiacenza o la sua carità. La sua prudenza aveva conciliato tutti i cuori; le sue premure in società gli avevano meritato le attenzioni e il rispetto di tutta la Nobiltà, e la sua cordiale affabilità gli attirava l'amore e la devozione degli inferiori. Venti volte ho sentito donne e fanciulli del popolo mostrarselo premurosamente l'un l'altro dicendo: Ecco il cavalier Mann. [...] Non ho conosciuto altr'uomo che

---

<sup>55</sup>J. Doran, *Mann and Manners at the court of Florence, 1740-1786*

avesse come lui un inesauribile fondo di conversazione; aveva un buon senso squisito, un'esperienza consumata degli affari, una prodigiosa memoria, una dolce allegria, un'amenità impareggiabile." (Gibbon 1965)<sup>56</sup>

In riconoscimento dei suoi meriti il 3 marzo 1755 Mann venne nominato baronetto. A Venezia, Roma e Napoli, i britannici notarono che la maggior parte della nobiltà residente tendeva ad evitare di organizzare incontri in casa propria, preferendo invece scambiare visite nei palchi del teatro e dell'opera. Anche la nobiltà fiorentina mostrava una certa riservatezza, ma gli eventi organizzati da Mann svolgevano un ruolo centrale nella vita sociale fiorentina, attirando sia italiani che britannici e permettendo un livello di interazione sociale più ampio rispetto ad altre città di solito visitate. Gli sforzi di Mann venivano supportati dalla presenza di altri residenti inglesi a lungo termine, tra cui Lord Cowper e la contessa di Orford, che anch'essi offrivano ospitalità, sebbene su una scala più limitata. L'atmosfera di "allegria e gaiezza" continuava ad essere descritta come una caratteristica distintiva della città nelle guide dei primi dell'Ottocento (Milford 1818)<sup>57</sup>.



Figura 8: Thomas Patch, *British Gentlemen at Sir Horace Mann's Home in Florence*, Yale Center for British Art (Patch tra il 1763 e il 1765)

<sup>56</sup>E. Gibbon, *Gibbon's Journey from Geneva to Rome: his journal from 20 April to 2 October 1764*

<sup>57</sup>J. Milford, *Observations, moral, literary and antiquarian made during a tour through the Pyrenees, South of France, Switzerland, the whole of Italy and the Netherlands, in the years 1814 and 1815*

Nei primi anni trascorsi a Firenze (Sheail 2020)<sup>58</sup>, tra il 1759 e il 1760, Lord Cowper alloggiò in un albergo gestito dall'inglese Charles Hadfield, un luogo di soggiorno comune per i viaggiatori inglesi. Nel mese di aprile del 1760, tuttavia, Lord Cowper iniziò ad affittare un "appartamento" in Via degli Aveli, situato sulla destra guardando la facciata della chiesa di Santa Maria Novella. Qui risiedette per 12 anni, fino a quando, verso giugno/luglio del 1772, si trasferì in Via Ghibellina, nel palazzo Baldinucci, dove rimase fino alla sua morte nel 1789. Il motivo di tale trasferimento, sebbene poco documentato, potrebbe essere attribuito al desiderio di trovare una dimora più spaziosa. Il verosimile motivo che si cela dietro tale desiderio lo si può riscontrare nella lettera di Horace Mann al suo fedele corrispondente, Horace Walpole, datata dicembre 1772, in cui menzionava che Lord Cowper stava per sposarsi (Walpole 1954-1971)<sup>59</sup>. Nonostante la proposta di matrimonio non si sia mai conclusa a causa delle divergenze riguardo al battesimo dei futuri figli tra la madre della sposa e Lord Cowper, quest'ultimo decise comunque di trasferirsi nel palazzo. Qui costruì il Gabinetto di cui si parlerà in seguito e la sua direzione venne affidata ad una delle persone che Lord Cowper maggiormente frequentava, Carlo Alfonso Guadagni, professore di fisica sperimentale all'università di Pisa. Fin dal suo arrivo a Firenze, Lord Cowper si distinse per la sua abilità nell'organizzare ricevimenti e coltivare relazioni con le figure di spicco della Toscana e della comunità britannica. Come riportato dalla «Gazzetta Toscana» del 24 luglio 1773 (Anonimo 1773)<sup>60</sup>, uno dei suoi sontuosi pranzi riscosse grande ammirazione, soprattutto grazie a dei dolci decorati da un disegno incantevole ideato dal suo credenziere Vincenzo Brunacci e grazie all'accompagnamento di armoniosi concerti eseguiti da talentuosi musicisti tedeschi. Queste occasioni mondane, oltre allo sfarzo, emanavano un'atmosfera di allegria e divertimento che non sfuggiva né ai viaggiatori stranieri né ai residenti locali (Piozzi 1789)<sup>61</sup>. Ciò nonostante, gli interessi di Lord Cowper si estendevano ben oltre la semplice vita sociale; egli mostrava un vivace interesse per il collezionismo, interesse che può essere compreso analizzando i suoi primi acquisti: gemme incise e dipinti. L'acquisizione di gemme incise (Winckelmann 1760)<sup>62</sup> mostrava il suo apprezzamento per oggetti preziosi di dimensioni ridotte e parallelamente, l'acquisto di dipinti (Ford 1974)<sup>63</sup>, testimoniava la sua ammirazione per la pittura rinascimentale e barocca, mettendo in luce la sua stretta connessione con la ricca tradizione artistica fiorentina. La massima dimostrazione dell'amore di Lord Cowper per l'arte si manifestò nelle splendide decorazioni del suo palazzo Baldinucci: la sua residenza era un vero e proprio tributo alle arti, come testimoniato dalla presenza di una copia dell'*Apollo Belvedere* (Hertfordshire Archives

<sup>58</sup>P. Sheail, *The third Earl Cowper and his Florentine household*

<sup>59</sup>H. Walpole, *Horace Walpole's correspondence with Sir Horace Mann*

<sup>60</sup>«Gazzetta Toscana», 1773, n. 30

<sup>61</sup>H. L. Piozzi, *Observations and reflections made in the course of a journey through France, Italy and Germany*

<sup>62</sup>J. J. Winckelmann, *Description des pierres gravées du feu Baron de Stosch*

<sup>63</sup>B. Ford, *Thomas Jenkins, banker, dealer and unofficial English agent*

and Local Studies 1789)<sup>64</sup> all'entrata del palazzo. La collaborazione con il tappezziere Giovanni Grisostomo Bianchi e i dettagliati lavori di abbellimento delle sale forniscono uno spaccato della raffinatezza e del gusto artistico di Lord Cowper. La sua passione collezionistica si esprimeva anche attraverso l'esposizione di opere d'arte, come le miniature di Macpherson, che adornavano le pareti delle sue dimore. La sua passione per le arti lo portò nel 1766 ad essere accolto come membro dell'Accademia del Disegno<sup>65</sup> segnando così il suo ingresso nella cerchia degli intellettuali e artisti locali e successivamente membro onorario dell'Accademia della Crusca (Paroldi 1983)<sup>66</sup>. Nel 1777, Lord Cowper fu accolto come membro della Royal Society di Londra, evidenziando il suo impegno anche nel campo scientifico e tecnologico, grazie anche al suo Gabinetto.

La sua passione per le arti non si limitava solo alla pittura, ma si estendeva anche al balletto, come dimostra il suo coinvolgimento nell'Accademia dei Coreofili a Firenze, dove svolse un ruolo direttivo e contribuì al miglioramento delle feste di ballo annuali, rendendole ancora più brillanti e magnifiche. Lord Cowper, fu anche protagonista della vita musicale fiorentina (Antonicek 1966)<sup>67</sup>. Collaborò con il Granduca Pietro Leopoldo per rinnovare la scena musicale di corte, organizzando concerti e feste presso la villa Palmieri e il palazzo di via Ghibellina, coinvolgendo celebri musicisti dell'epoca. Sotto la sua guida, furono eseguite opere di grandi compositori come Pergolesi (Anonimo 1766a)<sup>68</sup> e Piccinni, contribuendo così a creare un ambiente culturale vivace e stimolante nella Firenze del XVIII secolo.

Come detto, Lord Cowper tornò solo una volta in Inghilterra, nel 1786 e uno dei motivi del viaggio era chiedere a re Giorgio III di assumere il posto di inviato straordinario che era di Horace Mann, il quale era ormai malato. Lord Cowper perseverò nel suo intento ma purtroppo non ottenne mai l'ambito incarico (Department of Manuscripts, Secretary of State 1787)<sup>69</sup>. Il suo ultimo viaggio a Venezia, nel gennaio del 1789, si rivelò fatale: un semplice raffreddore contratto in quel periodo si trasformò in una malattia progressivamente debilitante nel corso dell'anno. Nonostante i vari tentativi di cura, inclusi viaggi e cure termali, la sua condizione non migliorò (Anonimo *s.d.*)<sup>70</sup>. La sua scomparsa avvenne il 22 dicembre 1789, lasciando un profondo vuoto a Firenze, dove fu ampiamente commemorato e rimase una figura rispettata sia nella società fiorentina che in quella inglese.

---

<sup>64</sup>Hertfordshire Archives and Local Studies *Inventaire General des Effets trouves existants ce 22 Decembre 1789 Jour de lamort de Sua Altezza le Prince Cowper dans le Palais de Florence, Ecurie et Maisons de Campagne*

<sup>65</sup>«Gazzetta patria», n.3, 1766

<sup>66</sup>S. Paroldi, *Catalogo degli Accademici dalla fondazione*

<sup>67</sup>T. Antonicek, *Zur Pflege Händelscher Musik in der 2. Hälfte des 18. Jahrhunderts*

<sup>68</sup>«Gazzetta patria», n.10, 1766

<sup>69</sup>British Library, Londra, Department of Manuscripts, Secretary of State, Correspondence, lettera dell'8 settembre 1787

<sup>70</sup>*Istoria dell'ultima malattia sofferta da Sua Altezza Lord Principe di Cowper*, opuscolo stampato senza data e né luogo dopo la morte di Lord Cowper

## 2.2 Carlo Alfonso Guadagni

Per la direzione del Gabinetto in Ghibellina, nel palazzo Baldinucci, Milord si rivolse al medico e fisico fiorentino Carlo Alfonso Guadagni, conosciuto nel 1766 per aver frequentato, come era stato reso di dominio pubblico dalla «Gazzetta patria», uno dei suoi corsi estivi di fisica sperimentale.

"Il Sig. Dott. Carlo Alfonso Guadagni lettore di fisica sperimentale nell'insigne Università di Pisa, trovandosi nella sua abitazione di Firenze una numerosa raccolta di Macchine, dà presentemente un corso di naturali esperienze a Milord Cowper, che a tante belle qualità unisce il merito singolare di applicarsi allo studio delle Scienze" (Anonimo 1766b)<sup>71</sup>

Carlo Alfonso Guadagni nacque a Firenze il 31 gennaio 1721 (*Registro battesimale* 1721)<sup>72</sup> e sebbene frequentò il corso di Medicina e Filosofia, seguendo la strada del padre, fin da subito mostrò interesse per la scienza. Monsignor Angiolo Fabroni, che aveva personalmente conosciuto il Guadagni, scrisse nel "*Frammenti del IV volume di Storia dell'università di Pisa*" (Fabroni n.d.)<sup>73</sup> che fu pubblicato negli Annali della medesima:

*"Coepit autern vel ab anno 1744 domi docere physicae studiosos, nec cessavit umquam habere privatas scholas iis temporibus, quibus, vacabat Lycei Pisani, muneribus"*

"Cominciò a insegnare fisica a casa a coloro che erano studiosi della materia già dal 1744, e non smise mai di tenere lezioni private nei periodi in cui era libero dagli incarichi del Liceo di Pisa"

Quindi, non fu una sorpresa quando nel 1748 ottenne la cattedra di Fisica Sperimentale per la prima volta formalmente istituita dal provveditore dell'Università di Pisa Monsignor Gaspare Cerati (Carranza 1974)<sup>74</sup>. Nel 1745, prima di assumere l'incarico di insegnante, Carlo Alfonso Guadagni riuscì ad acquistare un numero sufficiente di macchine e strumenti, presumibilmente grazie all'eredità del padre o all'aiuto del fratello Leopoldo, rinomato giurista, e questo gli permise di allestire un vero e proprio corso di fisica sperimentale. Il Guadagni estrapolò da questa attività un libro "*Indice di esperienze naturali che saranno mostrate da Carlo Alfonso Guadagni dottore di filosofia e di medicina nel corrente anno MDCCXLVIII in Firenze nel palazzo dell'Illustriss. e Clariss. Sig. Senat. Cavaliere Filippo Guadagni per istruzione de' signori suoi figli, e per uso ancora di alcuni associati*". Questo può essere visto come uno dei primi tentativi di portare le dimostrazioni di filosofia naturale a Firenze.

Nell'ambito culturale dell'Illuminismo in Toscana, la scienza rivestiva un ruolo centrale,

---

<sup>71</sup> «Gazzetta patria», n. 25, 1766

<sup>72</sup> Registro battesimale per l'anno 1721

<sup>73</sup> Monsignor A. Fabroni, *Frammenti del IV volume di Storia dell'università di Pisa*

<sup>74</sup> N. Carranza, *Monsignor Gaspare Cerati provveditore dell'Università di Pisa nel Settecento delle riforme*



riflesso anche nell'interesse diffuso in tutta Europa, come descritto da Hazard (Hazard 2019)<sup>75</sup>. Questo fenomeno era particolarmente evidente a Firenze, dove Pietro Leopoldo dimostrava un'attività notevole nel promuovere la conoscenza scientifica. Il Granduca non solo aumentò il numero di cattedre scientifiche, anche a Pisa, ma incoraggiò anche i suoi professori a pubblicare i risultati delle loro ricerche. Inoltre, proteggeva le società scientifiche, finanziava laboratori e musei scientifici, e non esitava a elogiare e ricompensare gli autori di opere scientifiche di rilievo, dimostrando così un impegno tangibile nel progresso scientifico e culturale del suo dominio.

Tre anni dopo, nel 1748, uscì una seconda edizione dell'opera del Guadagni che oltre a esperimenti di statica, idrostatica, pneumatica, cenni di ottica, catottrica e diottrica aveva anche esperimenti di elettricità e di magnetismo. Le 115 macchine accumulate nel corso del tempo da Guadagni furono portate con sé anche durante il suo periodo di insegnamento a Pisa, tanto che ricevette un finanziamento aggiuntivo:

"Avendo Sua Maestà Imperiale approvata la Relazione sopra l'Università di Pisa, con suo Benignissimo Rescritto si è compiaciuta di conferire la cattedra [...] di Fisica Sperimentale al Dottor Carlo Guadagni con stipendio di Ducati cento, e gli assegna di più Ducati venticinque annui perchè amministri frattanto le Macchine, delle quali è provveduto per l'esperienze, siccome delle spese necessarie per farle, ed altri Ducati venticinque pur ogni anno per la pigione della casa" (Archivio di Stato di Pisa n.d.[a])<sup>76</sup>.

Un documento (Archivio di Stato di Pisa n.d.[c])<sup>77</sup> di grande importanza per delineare in modo preciso l'attività di Guadagni è quello che si riporta:

**ISTRUZIONE DA CONSEGNARSI AL SIG.re DR. CARLO GUADAGNI  
NEL PRINCIPIO DELLA SECONDA TERZERIA DEL 1749 E 50.**

Per ubbidire ai comandi di S.M.I. espressi nel Motuproprio del 1749 sono stati stabiliti dal Provveditore Generale dello Studio li punti seguenti per dare il necessario regolamento alla nuova Cattedra di Fisica sperimentale, che la medesima Maestà si è degnata di introdurre nella predetta Università.

Primo. Dovrà fare in casa il corso ragionato e metodico della Fisica sperimentale, e sarà bene che questo non sia ristretto in un solo anno scolastico, ma possa occupare due anni simili.

2° Per le lezioni di casa, come altresì per l'esposizione delle Esperienze saranno destinati due giorni della settimana, cioè il lunedì ed il giovedì, un'ora avanti il Mezzogiorno, onde resteranno la domenica ed il mercoledì, come giorni destinati alle preparazioni necessarie.

---

<sup>75</sup>P. Hazard, *La crisi della coscienza europea*

<sup>76</sup>Archivio di Stato di Pisa: Inventari, Univ 2, G5, c.1

<sup>77</sup>Archivio di Stato di Pisa: Inventari, Univ.2, A, III, 1, cc 15-25 e citato in nota 64

- 3° Per promuovere maggiormente il profitto degli scolari, dovrà il professore, avanti di far l'esperienze, dettare brevemente un'esposizione dei principi e delle dottrine, dalle quali dipendono e che illustrano le predette esperienze.
- 4° Per contribuire poi anche alla conservazione delle pubbliche funzioni che costituiscono il più decoroso apparato dell'Università, dovrà il Professore medesimo fare le sue lezioni pubbliche in Sapienza nel martedì e venerdì all'ora prima del giorno sopra qualche parte assai utile della Storia Naturale, secondo la proposizione fattane a S.M.I. e dalla medesima espressamente approvata. Si aggiunge che essendo tutti i venerdì del mese di marzo segnati nel Diario in qualità di vacanze, sarà in obbligo del professore per tutto il corso del predetto mese di fare le lezioni pubbliche nel sabato susseguente alla medesima ora.

Avendo destinato S.M.I. Scudi 25 l'anno per l'uso delle esperienze, ciò s'intenderà per quelle spese che sono ordinariamente necessarie in alcuni generi d'esperienze. Secondo: per il risarcimento delle macchine acquistate dalla medesima M.I. in beneficio dell'Università; terzo: per la costruzione di qualche macchina nuova di poca valuta e per altri corredi della Scuola dell'Esperienze. In caso poi che per pubblica utilità si ricerchi qualche altra macchina, ovvero ordigno di maggior valore, potrà il professore dare al Provveditore dello Studio un disegno e specificazione di quanto stimerà necessario, coll'indicare all'incirca la spesa, acciò possa impetrare da S.M. la permissione d'aggiungere la somma che si stimerà conveniente. Per la buona esecuzione di questo regolamento si stima a proposito che il professore tenga un conto a parte e specifico de' predetti Scudi 25".

Il Guadagni entrò come professore extraordinarius e divenne ordinarius nel 1757 e continuò fino al 1795 quando poi gli successe Leopoldo Vaccà. La nomina da professore non aveva però messo fine alle sue dimostrazioni estive a pagamento, che si svolgevano diverse volte nei mesi da giugno a settembre, tanto che nel 1770 pubblicò un'opera: *"Prospetto d'un corso familiare di fisica sperimentale rivolto a qualunque Persona, che voglia acquistare una competente notizia di questa scienza"*. Di questo lavoro è bene sottolineare ciò che il Guadagni ribadiva nell'introduzione, ovvero che l'osservazione diretta della coerenza dei risultati sperimentali con quanto riportato dai libri è quello che più porta beneficio. Nel 1763 ricevette un aumento di stipendio a 30 scudi a condizione che tenesse ogni anno 30 lezioni pubbliche e che avesse fatto stampare alla fine dell'anno scolastico il "Corso della Fisica Sperimentale". Guadagni adempì al suo compito e pubblicò il suo libro nel 1764, un'anticipazione del testo del 1779 *"Specimen Experimentorum Naturalium quae singulis annis in illustri pisano lyceo exhibere solet Carlus Alphonsus Guadagnius Phys. et Med. Doct. in eod. lyc. phys. exper. prof. ord. acad botan. flor. caes. leop."*

*n. c. et c socius. Pisis Anno MDCCLXXIX*" che si analizzerà in seguito.

E' evidente che tale aumento di stipendio non fu sufficiente per il Guadagni, il quale nel 1778 mandò una lettera al Granduca Pietro Leopoldo chiedendo un ulteriore aumento. Nella lettera si parla di tutte le spese sostenute per l'acquisto e la manutenzione delle macchine e per l'esecuzione degli esperimenti che non riuscivano ad essere coperte dalla dote originaria. Il Granduca però concesse solo un'unica gratificazione di cento zecchini (la metà di quanto richiesto) in riconoscimento dello zelo e dell'impegno del professore.

Molto rilevante fu una pubblicazione del Guadagni che aveva come argomento principale il barometro: "*LETTERA DEL DOTT. CARLO ALFONSO GUADAGNI Professore Ordinario di Fisica Esperiment. nell' Univ. di Pisa, Medico del R. Spedale di S. Maria Nuova, Socio dell' Accad. Botanica di Firenze, e della R. Soc. di Londra e c. ALL' ILLUSTRISS. SIG. CAVALIERE PIETRO GAETANO GRIFONI PATRIZIO FIORENTINO, COMMENDATORE DELLA PISANA ABBAZIA DI S. PAOLO A RIPA D'ARNO, SOCIO DELL' ACCADEMIA DELLE BUONE ARTI, E DELLA SOC. BOTANICA DI FIRENZE e c. SOPRA UNA NUOVA STRUTTURA D' UN BAROMETRO PORTATILE. In Pisa. L'anno MDCCLXVII*". Il lavoro di Guadagni rappresentò un contributo significativo poiché risolse il problema del trasporto sicuro dello strumento, fornendo dettagli precisi sulla sua composizione e istruzioni per il montaggio e lo smontaggio.

È plausibile che Guadagni iniziò a frequentare palazzo Baldinucci fra il 1777 e il 1778, dopo che Lord Cowper gli affidò la progettazione e l'allestimento del Gabinetto scientifico. Guadagni ottenne dall'Altezza Reale il permesso di condurre una lunga serie di esperimenti, temporaneamente esonerato dall'insegnamento presso lo Studio pisano, dal dicembre 1778 fino alla Quaresima del 1779, con l'impegno di trovare un sostituto. Si può infatti leggere nella «*Gazzetta universale*» del 1778, n.73 (Anonimo 1778):

"Lord Cowper avendo gentilmente offerto al Sig. Dottor Carlo Alfonso Guadagni [...] il poter fare il corso delle sue esperienze fisiche nella sua propria abitazione in Via Ghibellina con servirsi di tutti gl'istrumenti del suo ricco Gabinetto, il medesimo Sig. Dottore profittando di tale esibizione ha cominciata la sua prima lezione li 10 settembre per proseguirle successivamente nel tempo delle presenti vacanze scolastiche"

Nel corso venivano replicate esperienze già condotte e altre tutte nuove. Infatti, Guadagni era un forte sostenitore e divulgatore dei maggiori autori di fisica sperimentale di quel momento come Theophilus Desaguliers, Willem-Jacob s'Gravesande e Pieter van Musschenbroeck.

Negli anni '70 e '80 del XVIII secolo, era di moda tra i fiorentini frequentare il breve corso di lezioni tenuto dal Guadagni o le lezioni di chimica offerte da Giovanni Targioni. Questi divulgatori scientifici svolgevano un ruolo significativo nel promuovere la diffu-

sione della conoscenza scientifica. Marco Lastri (Lastri 1806)<sup>78</sup> osservò con interesse che anche i residenti delle città provinciali più piccole, dotati di maggiori risorse finanziarie, stavano iniziando a costituire le proprie collezioni scientifiche, i propri Gabinetti. Non fu quindi una sorpresa quando, durante la sua prima visita ufficiale a Pisa, il Granduca Pietro Leopoldo venne intrattenuto dal Guadagni mentre eseguiva esperimenti complessi. Lord Holland ricordava con piacere che a Firenze:

"Natural philosophy [...] was the passion of the day, and geology, chemistry and electricity the fashionable topics of conversation." (Holland 1905)<sup>79</sup>

Per comprendere appieno la figura del Guadagni, diverse persone che lo hanno conosciuto hanno lasciato testimonianze scritte, offrendo un quadro più completo della sua personalità e del suo impatto sulle persone che lo circondavano. Anche alcuni eventi significativi della sua vita e della sua carriera hanno contribuito a plasmare la sua reputazione e il suo ruolo nella società. Ad esempio, nel 1774 Guadagni rivolse una supplica (Archivio di Stato di Pisa n.d.[b])<sup>80</sup> all'Altezza Reale chiedendo di poter tenere le trenta lezioni previste dal suo incarico durante le due ultime terzerie dell'anno<sup>81</sup>, anziché distribuirle uniformemente. Il professore giustificò tale richiesta affermando che gli esperimenti fatti in quella stagione erano più proficui per gli studenti, i quali avevano già una base teorica e trovavano più soddisfacenti le lezioni durante i giorni più lunghi e miti. Inoltre, Guadagni sottolineò che questa concessione avrebbe evitato l'esposizione all'aria poco salubre di Pisa, che gli causava alcuni disturbi. Non mancò poi di sottolineare il suo costante impegno nell'offrire corsi di esperimenti fisici a vantaggio del pubblico a Firenze. La risposta che il provveditore Angiolo Fabroni diede fu davvero molto moderna. Evidenziò che la presenza costante del professore di fisica sperimentale fosse essenziale per integrare la teoria con l'esperienza, per evitare una separazione nell'apprendimento che renderebbe inutile lo studio della fisica. Inoltre, fa notare che per lo svolgimento delle lezioni la stagione è irrilevante e anzi, che la divisione delle trenta lezioni in tre terzerie è preferibile per consentire agli studenti una migliore comprensione e partecipazione dato che se venissero tutte concentrate in due terzerie gli studenti sarebbero costretti a saltare queste o altre lezioni data la sovrapposizione degli orari. Sicuramente quindi Guadagni non era ben visto dal provveditore anche se però Pietro Leopoldo, granduca di Toscana, criticò il carattere ambiguo e imprudente del Fabroni. Va comunque detto che,

---

<sup>78</sup>M. Lastri, *Efemeridi*

<sup>79</sup>"La filosofia naturale [...] era la passione del momento, e la geologia, la chimica e l'elettricità erano gli argomenti di conversazione alla moda."

H.R.V. Holland, *Further memoirs of the whig party, 1807-1821*

<sup>80</sup>Archivio di Stato di Pisa: Inventari, Univ. 2. G6, ordini e negozi, c. 732

<sup>81</sup>Le "terzerie dell'anno" si riferiscono alle tre parti in cui è diviso l'anno accademico. Ogni terzeria rappresenta un periodo di tempo, solitamente di alcuni mesi, durante il quale vengono svolte le attività didattiche e di studio e tra l'una e l'altra c'è un periodo di pausa. Questo sistema di suddivisione consente di organizzare il programma accademico in modo da consentire periodi di studio, lezioni e vacanze regolari.

la statistica del Collegio dei Filosofi e Medici mostra una limitata attività del Guadagni nelle lezioni pubbliche negli anni 1769-1773, con un numero basso di lezioni e un numero significativo di volte in cui non ebbe scolari (Archivio di Stato di Pisa n.d.[d])<sup>82</sup>.

Un evento molto significativo nella vita universitaria di Guadagni fu la visita di Alessandro Volta a Firenze e a Pisa nel settembre del 1780, organizzata su richiesta del governo per ampliare le conoscenze di Volta della fisica sperimentale. Tale viaggio gli avrebbe dato modo di incontrare i letterati e osservare i Gabinetti di Fisica Sperimentale e in cambio avrebbe dovuto prender nota di quanto imparava in modo che tali note potessero poi essere utilizzate per compilare un rapporto dettagliato al ritorno dal viaggio (Volta 1949-1955)<sup>83</sup>.

Il 23 settembre 1780 Alessandro Volta scrisse al conte Firmian quanto segue:

"Qui poi a Firenze non ore, non una, ma più mattine si passarono intiere a vedere il Gabinetto del Gran Duca assistiti dal celebratissimo Ab. Fontana, e quello di Milord Cowper, diretto dal Prof.re Guadagni, con cui si fecero anche molte sperienze, parte colle sue macchine, ossia di Milord, elegantissime, e lavorate per la massima porzione in Inghilterra, e parte con alcune mie di nuova invenzione, che portai meco, e che lascerò in mano al sunnominato Prof.re Guadagni a richiesta di Milord medesimo, che ne vuol ricavare i disegni, e farle eseguire per il suo nobilissimo Gabinetto, come già fece d'altre mie, che gli comunicai alcuni anni prima." (Volta 1949-1955)<sup>84</sup>

Guadagni quindi, da quello che si può desumere, aveva delle macchine nuove, di cui poi Volta se ne fece ricavare il disegno. Guadagni *"dimostrò il suo impegno e la sua abilità nel costruire le macchine personalmente, utilizzando l'eloquenza delle sue mani, che erano addestrate, flessibili, significative ed espressive, capaci di realizzare nuove idee o riprodurre quelle degli altri con maestria"* (Morelli Timpanaro 1996)<sup>85</sup>. La costruzione e l'invenzione di macchine sempre nuove va vista nell'ottica di quel fenomeno per cui coloro che erano membri della Royal Society erano soliti andare a provare le teorie di quelli che erano i membri o corrispondenti stranieri.

### 2.3 Il Gabinetto di palazzo Baldinucci

Nella nuova e ampia residenza in via Ghibellina, l'idea di creare un Gabinetto scientifico era senz'altro plausibile, considerando che molti residenti in città avevano fatto lo stesso. I lavori cominciarono nel 1777 e terminarono dopo circa 8 anni come indicato anche dallo

---

<sup>82</sup>Archivio di Stato di Pisa: Inventari, Univ.2, Sed. B. I. 3. Affari dell'Università, carte non numerate

<sup>83</sup>A. Volta, *Epistolario, Bologna-Milano 1949-1974*

<sup>84</sup>A. Volta, *Epistolario, lettera n.394*

<sup>85</sup>M. A. Morelli Timpanaro, *Per una storia di Andrea Bonducci (Firenze 1715-1766). Lo stampatore, gli amici, le loro esperienze culturali e massoniche*

storico danese Friedrich Münter (Münter 1937)<sup>86</sup>. Ad oggi non è noto dove il Gabinetto fosse situato all'interno del palazzo, però quello che è certo è che nel 1783 Lord Cowper prese in affitto alcune stanze di un palazzo che confinava con palazzo Baldinucci (Sheail 2020)<sup>87</sup>. Il nuovo Gabinetto fu ufficialmente inaugurato con la dissezione di un cadavere, fornito dal dottor Targioni Tozzetti per celebrare quel momento speciale. Oltre alla pratica anatomica, si presumeva che nel laboratorio si svolgessero anche esperimenti di chimica, data la costruzione di un camino per rimuovere i fumi degli esperimenti chimici. Tuttavia, non ci sono documenti che descrivano in dettaglio le specifiche esperienze condotte in quel contesto. La decisione di Lord Cowper di dotarsi di un Gabinetto scientifico sicuramente rifletteva la consapevolezza che una tale struttura avrebbe aumentato il suo prestigio e la sua immagine pubblica e ad ogni modo, va considerata anche nel contesto più ampio trattato nel capitolo precedente. Questo interesse per la scienza e la conoscenza rispecchia un'aspirazione diffusa tra gli intellettuali del tempo, che vedevano nella ricerca scientifica un mezzo per il progresso sociale e culturale. Un'analisi generale della vita di Lord Cowper mostra quanto tempo e denaro quest'uomo dedicava alla scienza e questo si rispecchiò anche nelle sue amicizie. In giovane età cominciò a scegliere come amici degli uomini che condividevano i suoi interessi. Ad esempio, fu grande amico di Alessandro Bicchierai (Prezziner 1810)<sup>88</sup>, uno dei membri fondatori dell'Accademia degli Armonici. Cowper gli affidò l'istruzione di una figlia illegittima Maria Luisa Fortunata Benevecetti che venne concepita durante i primi anni del soggiorno a Firenze. Quando Bicchierai fece la conoscenza di Cowper, si trovava solo agli albori di una carriera lunga e illustre come insegnante di medicina. Come altri amici di Cowper, egli aveva il permesso di accedere alla biblioteca (Vadalá 2017)<sup>89</sup> e al Gabinetto.

Per quanto riguarda la biblioteca, l'abate Juan Andrés scrive:

"In una sala vicina [a quella riservata agli studi sul magnetismo] si trova la libreria, zeppa di testi di fisica, in gran parte inglesi, che, anche per non essere molto comuni da queste parti, sono più apprezzabili." (Andrés 2008)<sup>90</sup>

Bicchierai aveva ben due motivazioni che lo spinsero a frequentare il Gabinetto di Lord Cowper.

La prima ragione risiedeva nel fatto che il Gabinetto ospitava modelli anatomici in cera a grandezza naturale. Su quest'argomento, Friedrich Münter nel suo *Tagebuch* scrisse:

"24 [gennaio 1785] da Mylord Cowper, vidi alcuni dei suoi dipinti e il suo Gabinetto scientifico. La cosa più interessante era una figura femminile lavo-

---

<sup>86</sup>F. Münter, *Aus den Tagebüchern Friedrich Münters. Wander- und Lehrjahre eines Dänischen Gelehrten*

<sup>87</sup>P. Sheail, *The third Earl Cowper and his Florentine household*

<sup>88</sup>G. Prezziner, *Storia del Pubblico Studio e delle Società Letterarie di Firenze*

<sup>89</sup>E. Vadalá, *Girolamo dei Bardi (1777-1829). Collezionismo librario e educazione popolare agli inizi del XIX secolo*

<sup>90</sup>J. Andrés, *Lettere familiari. Corrispondenza di viaggio dall'Italia del Settecento*

rata in cera, il cui corpo poteva essere completamente smontato e, tolto un pezzo dopo l'altro e scoperto l'utero, era possibile scorgere la formazione del feto. La statua costa 200 zecchini. Erano presenti anche altre parti del corpo in cera, e in particolare aveva organi di senso; aveva un vero e proprio apparato elettrico, una pompa ad aria, le macchine meccaniche di [Edward] Nairne e di [Thomas] Bugge" (Münter 1937)<sup>91</sup>

Tale cera era la cosiddetta Venere, una statua femminile distesa alla quale si potevano rimuovere vari strati fino a raggiungere l'utero contenente un piccolo feto. Bicchierai ricoprì un ruolo fondamentale nell'ideare la statua, ispirandosi alla perfezione fisica della divinità romana della bellezza e dell'amore e che allo stesso tempo mostrava le caratteristiche dell'anatomia femminile (Massbarger 2020)<sup>92</sup>. Tutto ciò lo si può dedurre dall'e-logio che venne scritto alla morte di costui da Giovanni Gualberto Uccelli che conteneva una lettera di Bicchierai a René-Nicolas Dufriche Desgenettes (1762-1837), professore all'École de Médecine di Parigi, medico capo delle armate francesi, anch'egli sostenitore dell'utilità dei preparati anatomici artificiali per lo studio. La cera era stata realizzata nel 1780 dallo scultore e ceroplasta livornese Giuseppe Ferrini.



Figura 9: Giuseppe Ferrini, *Statua in cera di donna giacente, detta "Venerina"*, Bologna, Museo di Palazzo Poggi (Ferrini fine sec. XVIII)

<sup>91</sup>F. Münter, *Aus den Tagebüchern Friedrich Münters. Wander- und Lehrjahre eines Dänischen Gelehrten*

<sup>92</sup>R. Massbarger, *From the body to the body politic. Peter Leopold's Florentine Enlightenment state*

Questa comunque non era l'unica cera presente nel Gabinetto, ci sono molte ricevute di pagamento verso il Ferrini che rivelano la presenza di altre cere anatomiche degli organi di senso e, ad esempio, al maggio del 1784 risale questa:

"a 20 maggio 1784. Io Giuseppe Ferrini ho ricevuto dal Sig.re Giuseppe Stracchini che tanti mi paga per ordine e conto di S.A. il Signor Principe di Cowper per averle fatto una preparazione delle parti della generazione virile in cera per uso del suo Gabinetto. Et in fede dico, z. 15" (Ferrini 1784)<sup>93</sup>

Il Gabinetto era altresì arricchito da cere non umane. È documentata la presenza di una collezione di farfalle e di lepidotteri che impegnò tantissimo Lord Cowper per capire come gestire la conservazione, tanto che interpellò il pasticciere di casa Jean Feyrle che gli procurò delle cassette entomologiche. Si poteva anche trovare uno scarabeo cinese, il quale, osservato attraverso una lente sotto la luce solare, sembrava composto da un insieme di tante pietre preziose (Bieliński 2011)<sup>94</sup>. C'era poi un ragno che Pietro Rossi, un entomologo fiorentino poi citò e descrisse nella sua opera "*Fauna Etrusca*".

La seconda ragione della frequentazione di Bicchierai del Gabinetto di Lord Cowper la si può trovare nell'interesse di costui verso la fisica. Per ben 22 anni, a partire dal 1775 utilizzò termometro, igrometro e anemometro per compiere delle osservazioni meteorologiche ed inoltre sperimentò diverse teorie sui fenomeni elettrici. Per quanto riguarda gli strumenti che utilizzò, si può leggere:

"belli egualmente che perfetti, poiché procuratigli per la maggior parte dall'amicizia di S.A. Lord Principe di Cowper che onorava il Bicchierai come sommo Filosofo, e come suo medico ordinario." (Uccelli 1798)<sup>95</sup>

Grazie quindi all'accesso agli strumenti forniti da Lord Cowper, Bicchierai poté dedicarsi all'analisi pneumatica, un campo di studio cui si dedicavano molti scienziati europei in quel periodo. Lo fece utilizzando "L'apparato di Chaulnes" di cui si può leggere nell'inventario post mortem del 1790: "*Una cassa di noce composta di due pezzi [...] contenenti l'apparecchio del Duca Chaulnes per l'arie fattizie tanto per l'acqua, quanto per il mercurio*" (*Inventario 1790 Die 20 Mensis Decembris Donatio Celebris Musei Cowper Instituto Scientiarum et Artium Bononie ab E.mo et R.mo D.no Cardinale Andrea Gioanetti Bononie Archiepiscopo* n.d.). Un altro strumento presente nel Gabinetto che Bicchierai sfruttò fu un eudiometro (Bicchierai 1788)<sup>96</sup>, costruito secondo il metodo dell'abate Felice Fontana anche se non si sa se fosse quello di Fontana o di Volta.

Bicchierai contribuì anche ad aumentare la vastità di strumenti presenti nel Gabinetto. Infatti nel 1784 recuperò per Lord Cowper alcune pelli per la costruzione di una mongolfiera (Sheail 2020)<sup>97</sup>. Solo un anno prima, esattamente il 4 giugno 1783, i fratelli

<sup>93</sup>Hertfordshire Archive and Local Studies, Hertford

<sup>94</sup>F. Bieliński, *Journal du voyage*

<sup>95</sup>G.G. Uccelli, *Elogio di Alessandro Bicchierai*

<sup>96</sup>A. Bicchierai, *Dei bagni di Montecatini*

<sup>97</sup>P. Sheail, *The third Earl Cowper and his Florentine household*



Montgolfier fecero una dimostrazione eclatante della possibilità di far volare un essere umano nel cielo. Questo evento segnò l'inizio di una delle applicazioni più spettacolari della scienza. Anche a Firenze, in poco tempo, iniziarono gli esperimenti per sfruttare questa nuova tecnologia. Il 22 gennaio 1784, padre Bernardo de' Rossi riuscì a far volare sopra tutta la città un pallone da lui stesso costruito, composto da una membrana di pelle. Sulla storia di quest'ultima, circolano diverse voci secondo le quali l'idea di utilizzare proprio quel materiale fu suggerita dai visitatori del Gabinetto di Lord Cowper. (Anonimo 1773)<sup>98</sup>.

Purtroppo ad oggi non si esattamente come era costituito il Gabinetto di Lord Cowper ma quello che si può fare è immaginarlo dalle fonti che son giunte fino a noi. Mary Berry (1763-1852) una viaggiatrice che lo visitò il 2 giugno 1784, lo descrive così:

*"an apartment of five small rooms elegantly fitted up with the finest instruments for experiments in all the different branches of natural philosophy: one is dedicated to electricity, a second a laboratory, a third for optics, a fourth for hydraulic experiments, a fifth for air."* (Berry 1865)<sup>99</sup>

Il gesuita spagnolo Juan Andrés(1740-1817), nel 1785 scrisse:

"Ma il miglior Gabinetto di fisica sperimentale, il più eccellente fra tutti quelli privati, si trova a casa di Milord Cowper, cavaliere inglese stabilitosi da più di trent'anni a Firenze [...]. Non ho mai visto in Italia macchine non dico superiori ma neppure paragonabili a quelle splendide, complesse e precise di Cowper. Infatti anche se nel Gabinetto granducale ve ne sono di più in questo o quel settore, e non ne mancano di somiglianti, senza dubbio non c'è confronto né per numero né per qualità, e in tutte quelle di milord si ravvisa maggior perfezione e precisione" (Andrés 2008)<sup>100</sup>

Dalla citazione emerge che oltre al Gabinetto di Lord Cowper a Firenze, nel medesimo periodo, esisteva anche il Reale Museo di Fisica. Questo museo rifletteva l'interesse di Pietro Leopoldo, che favoriva attivamente lo sviluppo scientifico, come precedentemente menzionato. La magnificenza di tale istituzione è attestata da varie fonti, anche se la sua gestione si differenziava notevolmente da quella del Gabinetto di Lord Cowper. L'abate Felice Fontana (1730 - 1805) fu incaricato dal Granduca nel 1766 di riunire le diverse collezioni che avrebbero poi costituito il museo.

Fontana, simile a Guadagni, sosteneva che nell'apprendimento scientifico non dovrebbe

---

<sup>98</sup> «Gazzetta Toscana»

<sup>99</sup>"un appartamento composto di cinque piccole stanze elegantemente riempite con gli strumenti migliori per condurre esperimenti in tutti i diversi rami della filosofia naturale; una è dedicata all'elettricità, la seconda è un laboratorio, la terza è utilizzata per l'ottica, una quarta per esperimenti idraulici e la quinta per quelli sull'aria."

M. Berry, *Extracts from the Journals and Correspondence of Miss M. Berry*

<sup>100</sup>J. Andrés, *Lettere familiari. Corrispondenza di viaggio dall'Italia del Settecento*

esserci una separazione netta tra conoscenza pratica e teorica, ma piuttosto una sinergia tra le due. Per questo motivo, al museo furono affiancati laboratori dove artigiani fabbricavano o riparavano strumenti scientifici, imbalsamavano animali e modellavano in cera o legno.

La maggior parte dei visitatori di Firenze aveva come tappe principali il Reale Museo di Fisica e il Gabinetto di Lord Cowper e nonostante le varie differenze, entrambi avevano una splendida reputazione.

Continuando circa il Gabinetto di Cowper, altri preziosi dettagli li fornisce Friedrich Münter nel suo *Tagebuch* già citato quando si è parlato della Venere. Continua quindi affermando:

"[...] Una stanza appositamente destinata all'ottica, tutta l'intera apparecchiatura per il magnetismo e perla tormalina e, fra le altre cose, un magnete naturale molto grande, nel cui raggio d'azione il ferro diventava fortemente magnetico. Tutto questo il Lord lo ha messo insieme in 7-8 anni. Le collezioni di pompe ad aria sono magnifiche. Ha una sua macchina a compressione e orologi con meccanismi dentati per mostrare facilmente gli esperimenti del suono e della luce nel vuoto. C'è tanto anche sulla meteorologia. L'eudiometro, la macchina per la misurazione dell'intensità delle vibrazioni. Molto carini sono, nella pompa ad aria, il puntatore che indica il numero di pompaggi e, nella macchina a compressione, un tubo di mercurio. L'atmosfera può essere compressa fino a tre volte, in tal modo il tubo si riempie di mercurio e non si può più continuare a pompare ulteriormente senza causare un'esplosione"

Hester Lynch Piozzi ci permette di avere qualche dettaglio in più anche su Carlo Alfonso Guadagni:

"Non credo di averti mai menzionato che Lord Cowper possiede una collezione molto bella di curiosità naturali, e un uomo di una certa eminenza si occupa di loro, oltre a telescopi, microscopi, globi e altro, con uno stile davvero principesco, ti assicuro. Abbiamo visto alcuni esperimenti di elettricità e astronomia condotti molto bene, e ha anche una stanza per la chimica molto ben arredata, in effetti." (Piozzi 1989–2002)<sup>101</sup>

Tra tutti coloro che soggiornarono nella capitale toscana e visitarono il Gabinetto di Lord Cowper, è bene ricordare il polacco Franciszek Bieliński (1683 - 1766) che soggiornò a Firenze dal dicembre del 1787 fino al febbraio del 1788. Costui passò molto tempo nel Gabinetto del Lord e la descrizione che ne fornisce è sicuramente tra le più accurate:

---

<sup>101</sup> "I don't fancy I ever mentioned to you that Lord Cow-per keeps a very fine Collection of natural Curiosities, and a Man of some Eminence to look afterthem – besides Telescopes, Microscopes, Globes e c. in a very princely Style I assure you. We saw some Experiments in Electricity and Astronomy very well carried through, and he has a Room for Chymistry very nicely furnished indeed".

H. L. Piozzi *The Piozzi letters: the correspondence of Hester Lynch Piozz*

"Ho già parlato dell'accoglienza favorevole che noi e tutti gli stranieri abbiamo ricevuto nella casa di Mylord Cowper. Il suo lungo soggiorno in questo paese, dove ama stare, fa sì che sia considerato fra gli italiani come fiorentino. È ricco, di un'accoglienza gentile, cosa che gli assicura a giusto titolo l'approvazione di tutti. Il suo appartamento è arredato con bei quadri: la Vergine di Raffaello, seconda maniera e Gesù Cristo di Mengs, sono quelli che attirano per primi lo sguardo. Ha un Gabinetto di strumenti che per un particolare è superbo: nella prima stanza si trovano tutti gli strumenti dell'elettricità, eseguiti dai migliori artigiani d'Inghilterra: la teoria del conduttore di Franklin e il fulmine che fa esplodere una casa, una macchina per accendere una candela con l'aria infiammabile, e l'elettricità applicabile alla parte malata dei corpi in una macchina inventata nuova. La stanza della meccanica contiene macchine differenti molto curiose, fra queste quella con cui ciascuno si può pesare e misurare, macchina semplice ma molto curiosa. Nella stessa stanza si trova una collezione di belle farfalle: vi si trova il famoso scarabeo cinese che guardato attraverso una lente al sole, sembra un agglomerato delle più belle pietre preziose. Nella stanza dell'aria troverete diverse macchine idrauliche, una macchina pneumatica che estrae l'aria, una che la comprime e una per ottenere l'aria infiammabile etc. La stanza dell'ottica è tutta nera e mi si assicura che il microscopio solare riflette anche gli oggetti opachi. Nella stanza della chimica trovate un laboratorio completo e per l'anatomia una donna in cera, come quella della Galleria[cioè, il Real Museo di Fisica], gli organi dei sensi, e le parti costituenti la differenza dei sessi diversi. Insomma, ogni particolare non può avere un Gabinetto più bello." (Bieliński 2011)<sup>102</sup>

Dopo la morte di Lord Cowper il 22 dicembre 1789, il cardinale Andrea Gioannetti (1722-1800) acquistò e successivamente donò alla città di Bologna la biblioteca e gli strumenti del Gabinetto scientifico di Lord Cowper (Dragoni 1995)<sup>103</sup>. In pochi mesi tutto venne preparato e portato a Bologna per una cifra di "*Zecchini Millecinquecentoquaranta Fiorentini in moneta d'argento da pagarsi a pronto contanti*" una cifra alquanto bassa data l'enormità e la ricchezza della collezione. La collezione non venne acquistata dal Regio Museo fiorentino perché proprio in quell'anno era in atto un cambiamento radicale nell'amministrazione ma il risentimento verso tale scelta fu grande. La collezione di Lord Cowper comprendeva circa 446 elementi, più altri piccoli elementi e tutta la collezione di libri scientifici (*Inventario 1790 Die 20 Mensis Decembris Donatio Celebris Musei Cowper Instituto Scientiarum et Artium Bononie ab E.mo et R.mo D.no Cardinale An-*

<sup>102</sup>F. Bieliński *Journal du voyage*

<sup>103</sup>G. Dragoni, *Vicende dimenticate del mecenatismo bolognese dell'ultimo '700: l'acquisto di strumentazioni scientifiche di Lord Cowper*

*drea Gioanetti Bononie Archiepiscopo* n.d.)<sup>104</sup>. Fu quindi un ottimo affare che la città di Bologna riuscì a fare e una grandissima perdita per la città fiorentina.

L'acquisto di Gioannetti era strategicamente orientato ad arricchire e potenziare la strumentazione scientifica dell'Istituto delle Scienze di Bologna, una delle più illustri istituzioni accademiche dell'epoca. Il Gabinetto Cowper, noto per la sua straordinaria collezione di strumenti scientifici, venne, in effetti, generosamente donato all'Istituto, incrementando significativamente le sue risorse per la ricerca e l'insegnamento delle scienze naturali. Durante il decennio successivo, nel contesto delle riforme istituzionali promosse da Napoleone Bonaparte, i laboratori dell'Istituto delle Scienze furono integrati nel prestigioso e antico Studium bolognese. Questa fusione non solo rafforzò il patrimonio scientifico e culturale dell'università, ma rappresentò anche un passo significativo verso la modernizzazione dell'istruzione scientifica a Bologna. All'inizio dell'Ottocento, il celebre Studium si trasferì dal Palazzo dell'Archiginnasio a Palazzo Poggi, un evento che segnò un nuovo capitolo nella storia dell'università. Oggi, Palazzo Poggi ospita il Museo di Palazzo Poggi, dove sono esposti alcuni degli strumenti più eccezionali del prestigioso Gabinetto di Lord Cowper. Questi strumenti, rappresentativi delle tecnologie scientifiche avanzate dell'epoca, testimoniano l'importante eredità storica e scientifica dell'Istituto delle Scienze di Bologna. La loro esposizione non solo celebra il contributo di figure come Gioannetti e Cowper, ma offre anche al pubblico la possibilità di apprezzare l'evoluzione delle pratiche scientifiche e dell'educazione superiore in Italia. La presenza di questi strumenti nel museo serve a ricordare l'importanza della conservazione e della valorizzazione del patrimonio scientifico, contribuendo a mantenere viva la memoria di un periodo di grande fermento intellettuale e innovazione tecnologica.

---

<sup>104</sup> *1790 Die 20 Mensis Decembris Donatio Celebris Musei Cowper InstitutoScientiarum et Artium Bononie ab E.mo et R.mo D.no Cardinale Andrea Gioanetti Bononie Archiepiscopo*

## 3 Analisi dello *Specimen Experimentorum Naturalium*

### 3.1 Introduzione

Il motivo che spinse Carlo Alfonso Guadagni a scrivere il testo che verrà analizzato è chiaramente espresso nella prefazione di tale testo:

*"Concisam hanc Prælectionum mearum epitomen summis tantum capitibus delibatis edere constitui, ut auditorum meorum desiderio satisfacerem, et eorum commodis, utilitatique consulere. Ita enim tempus, quod ipsi dictata excipiendó insumebant, majori experimentorum copiae exhibendae tribuetur."*

"Ho deciso di pubblicare questa sintesi delle mie lezioni solo con i punti principali selezionati, in modo da soddisfare il desiderio dei miei uditori e di provvedere al loro bene e alla loro utilità. Infatti, il tempo che essi spendevano per trascrivere le lezioni sarà dedicato a presentare una maggiore quantità di esperimenti."

Di conseguenza, questo testo doveva fungere da supporto per gli studenti che partecipavano alle lezioni del professor Guadagni, consentendo loro di seguire le lezioni senza dover dedicare tempo alla presa di appunti. Viene poi sottolineato che nel testo sono presenti esperimenti sia inventati dal Guadagni stesso che da altri uomini "*sapientissimi*".

Il titolo "*Specimen*" ovvero "Saggio" intende evidenziare che il presente testo non copre tutti gli argomenti trattati durante le lezioni, bensì ne fornisce un campione limitato ed inoltre, non tutti gli argomenti presentati sono trattati in maniera esaustiva infatti, quest'opera è stata concepita per essere utilizzata in contesto didattico, richiedendo quindi l'apporto diretto e l'esplicazione dettagliata dell'insegnante.

Ultima nota che il Guadagni fa è che tale testo è scritto né per i più dotti né per gli inesperti di Geometria e Fisica.

Dopo questa prefazione, è presente una parte in cui si comincia definendo cosa è la fisica:

*Scientia, quae circa omnia corpora, eorumque proprietates versatur, quaeque physica appellari solet, Observationibus, Experimentis, Ratiocinatione innitur.*

La scienza che riguarda tutti i corpi e le loro proprietà, comunemente chiamata fisica, si basa sull'osservazione, sperimentazione e ragionamento.

Successivamente, il testo esplicita cosa si intende per osservazione<sup>105</sup> e cosa per sperimentazione<sup>106</sup>. Da ciò che viene imparato tramite queste ultime si deducono quali sono le forze della natura e le leggi fondamentali. Si evidenzia inoltre come questi due metodi

<sup>105</sup>Osservazione: esaminare attentamente ed accuratamente ciò che la natura compie da sola.

<sup>106</sup>Sperimentazione: osservare quello che la natura stessa produce per mezzo di qualche artificio.

permettano di ottenere la miglior forma di ragionamento, tramite la quale si esplorano le cause dei fenomeni<sup>107</sup>.

Per quanto riguarda la "*Ratiocinatione*" ovvero il ragionamento, il Guadagni si fa portavoce delle idee di Newton, secondo cui esistono due tipi di metodo, ovvero di ragionamento. Il metodo analitico, che parte dagli esperimenti e dalle osservazioni per arrivare a conclusioni generali tramite induzione e il metodo sintetico che invece parte dalle conclusioni come principi per poi spiegare altri fenomeni. Entrambi questi metodi sono fondamentali nella scienza perchè permettono di costruire una conoscenza solida partendo da dati empirici per arrivare a delle teorie generali.

Seguono a questo punto le famose "regole del filosofare"<sup>108</sup> che Newton scrisse nella sua opera "*Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*". Secondo Newton se si vuole fare ricerca scientifica tali leggi vanno osservate e applicate.

E' presente poi una parte in cui si ha una forte critica delle ipotesi non verificate e si sottolinea l'importanza di basare le conclusioni solo sui dati empirici:

*"Itaque vel ipsas a doctissimis Viris confictas hypotheses deferre juverit, quippe, ut Verulamius ait, non est fingendum, aut excogitandum, sed inveniendum quid natura faciat, aut ferat. Quaere non immerito propositum nobis est non opinionum commenta referre, quae delet dies, sed experimenta physica non verbis tantum indicare, sed et conficere, et fidelibus oculis exhibere."*

Pertanto, è utile presentare ipotesi ideate dai più dotti, poiché, come dice Verulamius (Bacon), non si tratta di inventare o immaginare, ma di scoprire cosa la natura faccia o porti. Non senza ragione, dunque, ci siamo proposti di non riferire i commenti delle opinioni, che il tempo cancella, ma di indicare esperimenti fisici non solo con le parole, ma anche di eseguirli e mostrarli agli occhi fidati.

---

<sup>107</sup> *"Utrâque hac methodo optima rationatio conficitur, qua rerum causas perscrutamur."*

Guadagni potrebbe intendere la parola "*rationatio*" in senso più generale come "teoria", perciò la frase potrebbe essere tradotta così: "Con entrambi questi metodi viene elaborata un'ottima teoria, con cui ricerchiamo le cause delle cose"

<sup>108</sup> Si riportano le "regole del filosofare" di Newton:

Regola I: Delle cose naturali non devono essere ammesse cause più numerose di quelle che sono vere e bastano a spiegare i fenomeni.

Regola II: Perciò le cause degli effetti naturali dello stesso genere sono le stesse.

Regola III: Le qualità dei corpi che non possono essere aumentate e diminuite, e che competono a tutti i corpi in cui è possibile istituire esperimenti, devono essere ritenute come qualità di tutti i corpi.

Regola IV: Le proposizioni e le conclusioni dedotte dagli esperimenti devono essere ritenute come vere e accurate nonostante qualunque ipotesi contraria possa essere immaginata, e ad esse si deve fermamente restare attaccati fino a quando altri fenomeni non le faranno vedere o più accurate o soggette a eccezione.

Successivamente, si può trovare una distinzione tra esperimenti *meccanici* e esperimenti *chimici*. In particolare, i primi sono utilizzati per studiare le leggi del moto e le forze:

*Ubi explicandis viribus legibusque naturae satis erit machinis uti, nempe instrumentis, quae ita construuntur, ut eorum ope gravissima onera, ingentesque moles ut parva moveantur, artificii utemur Mechanicis.*

Quando per spiegare le forze e le leggi della natura sarà sufficiente utilizzare macchine, ossia strumenti costruiti in modo tale che, con il loro aiuto, i carichi più pesanti e le masse enormi possano essere spostati con facilità, useremo artifici Meccanici.

I secondi, invece, vengono utilizzati quando è necessaria la dissoluzione dei corpi in parti o la composizione di una sostanza:

*Ubi opus erit dissolutione corporum in partes, ut vocant, integrantes, vel resolutione in partes constitutivas, vel compositione, vel imitatione mixtionum, ac resolutionum naturalium, Chemica experimenta adhibebimus.*

Quando sarà necessario dissolvere i corpi in parti, come le chiamano, integranti, o risolverli in parti costitutive, o comporli, o imitare le mescolanze e le risoluzioni naturali, useremo esperimenti Chimici.

Per concludere questa introduzione viene indicato che la fisica sperimentale è divisa in quattro parti principali, ad ognuna delle quali è dedicata una parte del testo:

Meccanica: Ci si focalizzerà sullo studio del moto e delle forze.

Idrostatica: Si tratterà lo studio dei fluidi e le loro proprietà

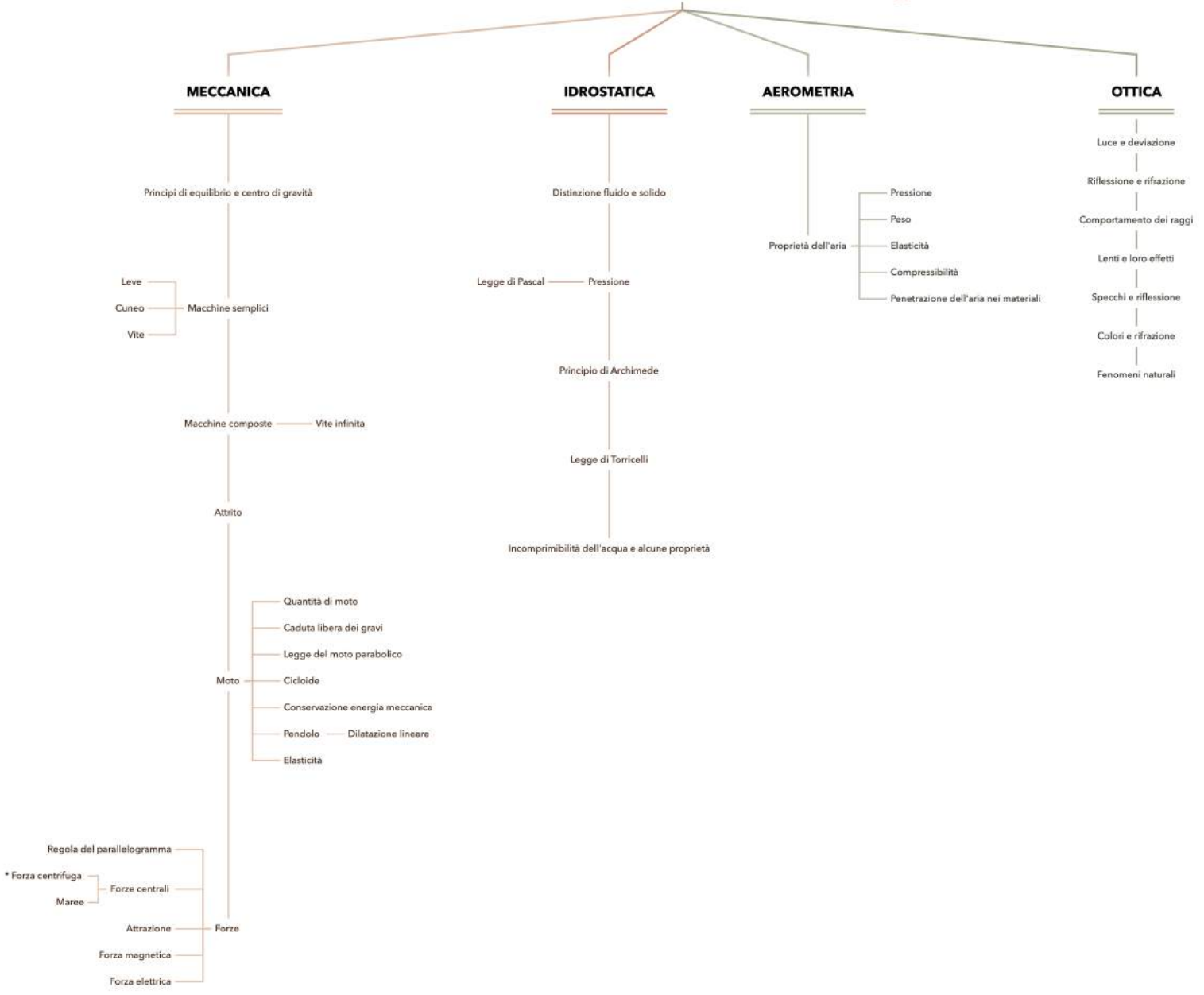
Aerometria: Ci si concentrerà sullo studio dell'aria e delle sue proprietà.

Ottica: Si parlerà della luce e della visione.

L'ultima nota che viene fatta è che tale testo considererà le teorie Matematiche e Fisiche già conosciute, quindi non si entrerà in dettaglio di spiegazioni ma verranno esclusivamente fatti dei richiami dove necessario.

Si riporta una mappa che sintetizza gli argomenti trattati nell'intero libro.

# Specimen Experimentorum Naturalium



Presented with xmind

Figura 10: Mappa degli argomenti trattati nel libro



## 3.2 Metodologia dell'analisi

Durante l'analisi del testo, è stato adottato un approccio multilaterale che ha coinvolto diverse prospettive critiche al fine di comprendere appieno la sua complessità e ricchezza. Questo metodo ha permesso di esplorare il testo da angolazioni differenti, rivelandone le sfumature e mettendo in luce le diverse dimensioni interpretative che lo caratterizzano. Va sottolineato che l'analisi si focalizzerà in maniera specifica sulla sezione della meccanica, essendo la parte alla quale lo stesso Guadagni ha dedicato maggior attenzione e spazio, occupando 95 delle 198 pagine totali del libro. Tale scelta è motivata anche dalla rilevanza della meccanica che essendo una delle discipline fondamentali della fisica offre un terreno fertile per esaminare l'evoluzione delle idee scientifiche e delle metodologie sperimentali dell'epoca.

Il paragrafo 3.3 sarà interamente dedicato all'analisi della struttura del testo e del linguaggio. In particolare, si cercherà di evidenziare quale sia l'architettura che caratterizza l'opera, identificando gli elementi portanti che sostengono il capitolo e individuando schemi ricorrenti che attraversano l'intero testo. Per quanto riguarda il linguaggio, si procederà a una disamina dettagliata della costruzione delle frasi, del lessico utilizzato e dei tempi verbali impiegati, cercando di interpretare il tono generale che Guadagni intendeva conferire all'opera. Questa analisi mira a decifrare non solo il contenuto scientifico, ma anche lo stile comunicativo e la retorica utilizzata dall'autore per veicolare le sue idee. Si potrà anche provare a capire se l'autore abbia adottato un linguaggio tecnico e specialistico oppure un linguaggio più accessibile, destinato a un pubblico più ampio.

Il paragrafo 3.4 sarà invece dedicato all'analisi approfondita delle teorie presentate nel testo. Queste teorie verranno esaminate con attenzione, considerando la conoscenza scientifica dell'epoca in cui sono state formulate e confrontandole con le teorie moderne per comprendere l'evoluzione del pensiero scientifico nel tempo. Questo approccio permetterà di cogliere i cambiamenti concettuali e metodologici che hanno caratterizzato il campo di studio considerato, nonché di valutare la rilevanza e l'originalità delle argomentazioni proposte dall'autore. L'analisi sarà incentrata sulla valutazione critica delle teorie di Guadagni, esaminando la loro validità e pertinenza nel contesto scientifico contemporaneo. Verranno messi in luce i punti di forza e le eventuali criticità, evidenziando come queste teorie si inseriscano nel panorama delle conoscenze attuali. Il confronto con le teorie moderne permetterà di delineare un quadro chiaro dell'impatto storico e dell'importanza delle idee di Guadagni, offrendo una prospettiva sulla loro influenza e rilevanza nel progresso scientifico. Inoltre, si cercherà di individuare quegli elementi che caratterizzano l'intera sezione teorica, analizzando i principi fondamentali e le assunzioni di base che sottendono le teorie di Guadagni. Questo consentirà di comprendere meglio la struttura e la coerenza interna delle argomentazioni, nonché di valutare la loro robustezza dal punto di vista scientifico.

Infine, nel paragrafo 3.5 verrà effettuata un'analisi dettagliata degli esperimenti e degli apparati descritti nel testo. Si procederà a individuare la metodologia sperimentale adottata da Guadagni, prestando particolare attenzione alla descrizione degli esperimenti. Sarà fondamentale valutare la precisione e la replicabilità degli esperimenti, due aspetti imprescindibili per garantire l'affidabilità dei risultati ottenuti, infatti, la precisione permette di determinare quanto accuratamente gli esperimenti sono stati condotti, mentre la replicabilità consente a chi legge di ripetere gli esperimenti per verificarne l'accuratezza e la validità. Inoltre, gli esperimenti saranno esaminati alla luce delle teorie fisiche attuali. Questo confronto permetterà di individuare eventuali similitudini e discordanze tra i risultati degli esperimenti di Guadagni e le conoscenze attuali della fisica. Le similitudini contribuiranno a rafforzare l'affidabilità dei risultati, mentre le discordanze offriranno spunti per nuove riflessioni e approfondimenti. Nel caso di discrepanze, si tenterà di trovare una spiegazione plausibile dei fenomeni osservati, basata sulle conoscenze contemporanee della fisica. Un'ulteriore parte dell'analisi riguarderà gli apparati sperimentali utilizzati da Guadagni. Questo studio permetterà di comprendere meglio le tecniche e gli strumenti impiegati, fornendo una visione completa del processo sperimentale seguito. Sarà importante valutare l'innovatività e l'efficacia degli strumenti utilizzati, nonché la loro adeguatezza rispetto agli obiettivi prefissati.

### 3.3 Struttura del testo e analisi del linguaggio

In questa sezione l'obiettivo è di individuare e analizzare la struttura portante che sostiene l'intero capitolo, fornendo una comprensione approfondita del suo scheletro organizzativo e successivamente dedicare una particolare attenzione all'analisi del linguaggio utilizzato.

Il capitolo è organizzato in sezioni numerate progressivamente, ciascuna delle quali affronta un aspetto specifico della meccanica. Sebbene all'interno del capitolo non vi siano ulteriori suddivisioni, ad eccezione di quando vengono introdotti i temi dell'attrazione, della forza magnetica e della forza elettrica, è possibile identificare alcuni argomenti chiave, che includono:

- Principi di equilibrio e centro di gravità
- Macchine semplici
- Macchine composte
- Attrito
- Moto
- Forze

Leggendo l'opera, si intuisce che dietro ognuno di questi argomenti ci siano ulteriori suddivisioni, lasciate tuttavia, come le precedenti, alla deduzione del lettore<sup>109</sup>. Questo approccio implica che, sebbene i temi principali siano chiaramente delineati, l'autore incoraggia il lettore a esplorare più a fondo e a discernere le diverse sfumature e sotto-temi autonomamente.

Il libro segue uno schema ricorrente in tutto il suo contenuto, strutturando ciascun concetto fisico con una o due affermazioni teoriche che vengono poi supportate da una serie di esperimenti pratici. Ogni esperimento è descritto con grande accuratezza, includendo dettagliati riferimenti a figure che illustrano l'apparato sperimentale. Anche all'interno di ogni esperimento è possibile individuare una struttura metodica, che comprende:

- Descrizione dell'apparato sperimentale che verrà usato.
- Descrizione della sequenza di azioni da compiere per eseguire l'esperimento, includendo dettagli specifici su come posizionare gli oggetti e le condizioni da osservare.
- Descrizione delle osservazioni effettuate durante l'esperimento, che documentano i comportamenti e i fenomeni rilevati.
- Analisi dei risultati ottenuti e spiegazione del fenomeno osservato, spesso in relazione ai principi fisici sottostanti.

Questa struttura garantisce che ogni esperimento sia descritto in modo chiaro e dettagliato, facilitando la comprensione e la replicabilità dei fenomeni osservati. In aggiunta, si può notare che ogni esperimento non è isolato, ma è collegato agli altri per costruire una comprensione complessiva dei principi fisici. Per esempio, gli esperimenti successivi su piani inclinati, leve, e macchine semplici si basano sulle nozioni introdotte nei precedenti esperimenti. Un altro dettaglio che si può notare è che molti esperimenti sono legati a esempi pratici o applicazioni nella vita quotidiana o nella tecnologia dell'epoca, come l'uso delle leve nei mestieri o la spiegazione del funzionamento della bussola nautica.

Per quanto riguarda il linguaggio, una nota va sicuramente fatta al fatto che il testo è in latino. Non c'è da stupirsi perché il latino era considerato la lingua internazionale della comunità scientifica europea e durante il Medioevo e il Rinascimento era la lingua principale dell'educazione e della comunicazione accademica. Anche nel Settecento, sebbene le lingue volgari stessero guadagnando terreno, il latino rimaneva ampiamente utilizzato per garantire che le scoperte scientifiche potessero essere comprese e condivise tra studiosi di diverse nazioni. Il linguaggio del testo tradotto dal latino riflette una combinazione di precisione scientifica e complessità stilistica tipica del periodo. Il testo mostra un'attenzione meticolosa alla descrizione dei fenomeni fisici, con una struttura

---

<sup>109</sup>Per un ulteriore approfondimento, si rimanda alla Figura 10 che rappresenta la mappa sintetica degli argomenti trattati.

grammaticale elaborata e un uso frequente di termini tecnici. La sintassi è complessa, caratterizzata da periodi lunghi e articolati che richiedono una lettura attenta per essere pienamente compresi. La terminologia è rigorosamente specifica, con termini come "*centrum gravitatis*" e "*linea directionis*" che vengono definiti con precisione per evitare ambiguità. Questa precisione terminologica è essenziale per la chiarezza e la comprensibilità del testo, il che fa pensare che il testo fosse destinato a un pubblico di studiosi e scienziati. Il linguaggio è formale e solenne, riflettendo l'autorità e il rigore dell'autore nel trattare argomenti scientifici e questo lo si ritrova anche nel fatto che viene utilizzato spesso il passivo ("*innitatur basi*", "*imponatur pondus*"), conferendo un tono impersonale e oggettivo che enfatizza l'osservazione scientifica piuttosto che l'intervento dell'autore. Questo stile impersonale era tipico della scrittura scientifica dell'epoca, volta a presentare i risultati come osservazioni oggettive e universali.

Per fornire un esempio pratico di quanto detto fin'ora, si può osservare come viene affrontata la parte iniziale dei principi di equilibrio e del centro di gravità. La definizione del centro di gravità è la seguente:

*"Punctum, in quod gravia tendunt, vel actu moventur, dicitur centrum gravium. Linea vero e centro gravitatis ducta in centrum gravium, linea directionis vocatur."* "Il punto verso il quale i gravi si dirigono, o si muovono effettivamente, è chiamato centro di gravità. La linea tracciata dal centro di gravità al centro dei pesi è chiamata linea di direzione."

Questa definizione chiarisce che il centro di gravità è il punto verso cui i corpi si muovono sotto l'influenza della forza di gravità, e introduce il concetto di linea di direzione<sup>110</sup>. Si osserva inoltre che il centro di gravità è il punto attorno al quale tutte le parti di un corpo sono in equilibrio, indipendentemente dalla sua posizione.

Per dimostrare tali leggi, vengono presentati tre esperimenti. Il primo descrive come l'equilibrio di un corpo possa essere alterato dall'aggiunta di un peso. Inizialmente, viene considerato un blocco inclinato in equilibrio. Viene fatto notare che siccome in tale situazione la linea di direzione, che rappresenta la direzione della forza di gravità, cade all'interno del corpo, allora quest'ultimo è in equilibrio e non cadrà. Appena viene aggiunto un ulteriore peso, si verifica una modifica nella distribuzione della massa e quindi del centro di gravità. La nuova linea di direzione cade al di fuori del corpo, che perde l'equilibrio e cade (Tav. I Fig. 28).

Il secondo esperimento si concentra sulla stabilità di un sistema basato sul principio dell'equilibrio dei momenti. Si ha una struttura a forma di Z appoggiata sull'estremità di un piano orizzontale. Sulla cima della Z viene posto un peso. La struttura, che senza il peso non riusciva a rimanere in piedi, ora non cade. Non viene fornita una spiegazione esplicita dell'esperimento, ma ciò corrisponde a quanto anticipato nell'introduzione. Si

<sup>110</sup>Ovvero la linea che collega il centro di gravità con il centro dei pesi.

deduce che, quando viene posizionato il peso sulla tavola superiore, esso crea un momento torcente che tende a bilanciare il momento della struttura stessa. (Tav. I Fig. 22)

Il terzo esperimento è particolarmente suggestivo: si hanno due coni uniti che vengono posti alla base di un triangolo rialzato a mo di piano inclinato. I coni iniziano a rotolare verso la base del triangolo dove l'altezza è massima. Tale fenomeno è controintuitivo, ma si osserva che, sebbene i coni si muovano verso l'alto, il centro di gravità complessivo del sistema scende, ciò è dovuto alla particolare geometria dei coni e al loro posizionamento. (Tav. I Fig. 24)

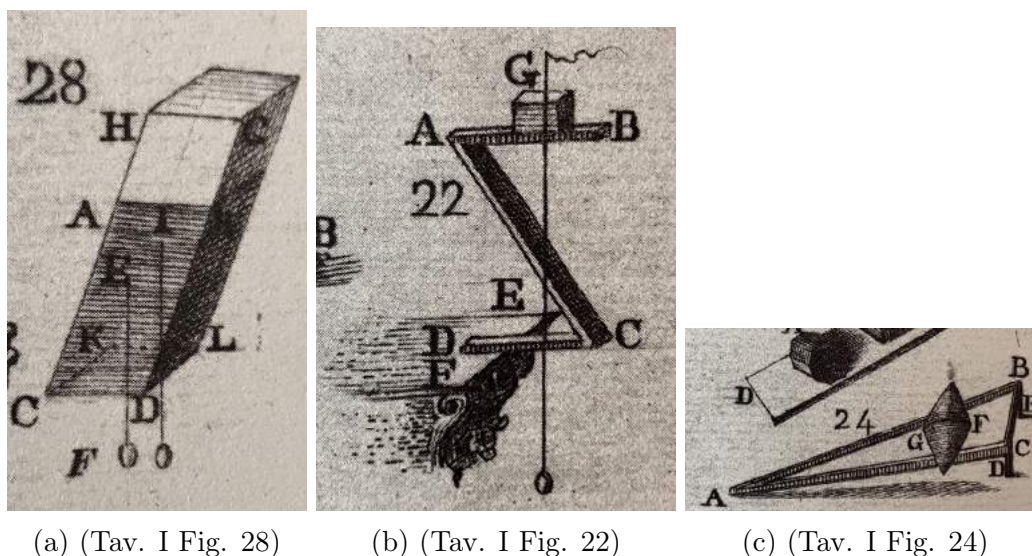


Figura 11: Illustrazioni dei tre esperimenti, Tav.I Fig. 28, 22 e 24

Questa è la struttura che governa tutta l'opera che possiamo affermare essere sistematica e ben organizzata. Ogni sezione è perciò autosufficiente, offrendo una descrizione completa dall'obiettivo iniziale ai risultati conclusivi, supportata da riferimenti visivi che arricchiscono il testo.

### 3.4 Analisi delle teorie

L'analisi condotta sulle teorie fisiche presentate nell'opera ha avuto l'obiettivo principale di confrontare tali teorie con quelle attualmente accettate nella comunità scientifica. Questo confronto ha permesso di mettere in luce sia le uguaglianze che le differenze tra le concezioni fisiche del Settecento e le moderne teorie fisiche. In particolare, si è cercato di verificare la validità delle teorie esposte, identificando le parti che ancora oggi risultano corrette e quelle che, alla luce delle scoperte scientifiche successive, sono state superate o modificate.

Quando le teorie presentate nell'opera di Guadagni sono state trovate non corrette rispetto alle conoscenze attuali, si è proceduto a evidenziare come la fisica moderna interpreta e spiega quei fenomeni. Questo processo ha incluso un'analisi dettagliata delle discrepanze tra le due visioni, cercando di comprendere le ragioni che hanno portato alle differenze osservate.

Un elemento comune rilevato nell'analisi è la minore attenzione dedicata alle proposizioni teoriche rispetto a quella riservata alle osservazioni e descrizioni sperimentali. Questo aspetto risulta coerente con quanto affermato da Guadagni nell'introduzione della sua opera e con la natura stessa di un testo di fisica sperimentale. Guadagni, infatti, sottolineava l'importanza primaria dell'esperimento come mezzo per acquisire conoscenza, un approccio che si riflette chiaramente nella struttura e nei contenuti del libro.

### 3.4.1 Principi di equilibrio e centro di gravità

La definizione data precedentemente di centro di gravità e linea di direzione può essere confrontata con delle definizioni più moderne per evidenziarne accuratezze e imprecisioni. La definizione che possiamo considerare per il centro di gravità è la seguente:

«Il centro di gravità di un oggetto è il punto in cui la risultante delle forze gravitazionali agisce e in cui il peso dell'oggetto è uniformemente distribuito. È il punto in cui l'intero peso dell'oggetto può essere considerato concentrato per scopi di calcolo del bilancio delle forze e dei momenti.»

Per la linea di direzione invece:

«La linea di direzione è una linea immaginaria che passa attraverso il centro di gravità di un corpo e si estende nella direzione della forza gravitazionale, verso il centro della Terra.»

Si vede dunque che le definizioni moderne sono sicuramente più chiare e dettagliate, inoltre, nella definizione originale non è specificato che il centro di gravità è il punto in cui si può considerare applicata l'intera forza peso dell'oggetto. Nella seconda parte della definizione originale si parla di "centro dei pesi" che è un concetto ambiguo e comunemente non utilizzato nella fisica moderna. Manca inoltre l'esplicitazione che la linea di direzione è orientata nella direzione della forza gravitazionale, cioè verso il centro della Terra.

Si può concludere dicendo che la definizione originale è sostanzialmente corretta ma sicuramente meno precisa e rigorosa di quella moderna.

### 3.4.2 Attrito

Tale sezione è incentrata sull'attrito presente nelle macchine, e nel testo se ne discute in questo modo:

*Attritus quoque in machinis adhibendis est observandus, qui ex asperitate superficierum oritur, partibus earum sese intricantibus, et impredientibus, quominus libere supra se mutuo corpora moveantur. Quare ut onus moveri possit machinarum ope, augenda paululum est ultra aequilibrium potentia, quae machinis applicatur. Varius corporum attritus ope Tribometri exploratur.*

L'attrito è anche da considerare nell'uso delle macchine, poiché nasce dall'asperità delle superfici, dalle parti che si intrecciano e si impediscono reciprocamente il libero movimento dei corpi sopra di esse. Perciò, affinché il carico possa essere mosso con l'aiuto delle macchine, è necessario aumentare leggermente la potenza oltre l'equilibrio applicato alle macchine stesse. L'attrito tra i corpi è esplorato tramite il tribometro.

Nell'epoca attuale, l'attrito è comunemente interpretato come una forza resistente che contrasta il movimento relativo tra due superfici in contatto. Questo fenomeno è modellato dalla legge di attrito di Coulomb, che distingue tra attrito statico e dinamico. La descrizione dell'attrito fornita da Guadagni conserva ancora oggi la sua rilevanza, nonostante la mancanza di formule che ne limitino l'applicabilità, si sottolinea infatti l'impossibilità di stabilire delle regole generali per definire l'attrito. L'attrito è ora studiato con metodi quantitativi e modelli matematici che permettono di prevedere il comportamento delle superfici in contatto sotto diverse condizioni.

### 3.4.3 Il moto

La definizione che nel testo viene presentata di moto è la seguente:

*Motum appellamus translationem de loco in locum. Motus quantitas plene cognoscitur multiplicando quantitatem materiae per velocitatem, ita ut exiguum corpus possit eundem habere motum, ac magnum corpus, si habeat tanto maiorem velocitatem, quanto minori constat materia.*

Chiamiamo movimento la traslazione da un luogo all'altro. La quantità di moto è completamente conosciuta moltiplicando la quantità di materia per la velocità, in modo che un corpo piccolo possa avere lo stesso moto di un corpo grande, se possiede una velocità tanto maggiore quanto minore è la sua massa.

Nella trattazione del concetto di moto, emerge una significativa distinzione tra la concezione classica e quella contemporanea. Mentre la definizione tradizionale sembra quasi completata dalla legge classica della quantità di moto, espressa dall'equazione  $p = mv$ , la prospettiva moderna delinea una visione più articolata e contestualizzata. In particolare, mentre la definizione classica si concentra principalmente sulla relazione tra velocità e massa, la definizione attuale del moto enfatizza anche la variazione di posizione nel

tempo rispetto a un sistema di riferimento definito.

Successivamente vengono presentate le leggi di Newton in riferimento al moto:

*I. Corpus omne perseverat in statu suo quiescendi, vel movendi uniformiter in directum, nisi quatenus a viribus impressis cogitur statum illum mutare.*

*II. Mutatio motus proportionalis est vi motrici impressar, et fit fecundum lineam rectam, qua vis illa imprimitur.*

*III. Actioni contraria semper, et aequalis est reactio: five corporum duorum actiones in se mutuo semper sunt aequales, et in partes contrarias diriguntur.*

I. Ogni corpo persevera nello stato di riposo o di moto uniforme in linea retta, a meno che non sia costretto a cambiare stato da forze esterne.

II. Il cambiamento del moto è proporzionale alla forza motrice impressa e avviene lungo la linea retta lungo la quale la forza è applicata.

III. Ad ogni azione corrisponde sempre una reazione uguale e opposta: le azioni di due corpi l'uno sull'altro sono sempre uguali e dirette in opposte direzioni.

Le leggi del moto di Newton rappresentano pilastri fondamentali della fisica classica, tuttavia, la fisica moderna ha progressivamente ampliato e talvolta superato alcuni dei concetti in esse contenuti. L'avvento della relatività generale di Einstein, ad esempio, ha esteso e generalizzato queste leggi, offrendo una comprensione più profonda del comportamento dei corpi in movimento, soprattutto ad alte velocità o in presenza di forti campi gravitazionali. In seguito, la meccanica quantistica ha ulteriormente arricchito questa visione, consentendo di adattare tali leggi anche al comportamento delle particelle subatomiche. Inoltre, è importante notare che in contesti avanzati come la meccanica quantistica e la teoria dei campi, l'interpretazione delle forze e delle interazioni può deviare dalla semplice formulazione delle leggi di Newton e le definizioni di azione e reazione possono risultare più sottili e complesse, richiedendo un approccio più sofisticato per comprendere appieno il comportamento dei fenomeni fisici a livelli microscopici e cosmologici.

Successivamente è presente una descrizione dei corpi che cadono in assenza di attriti presentata così:

*Velocitas corporum vi gravitatis descendentium aequalis est, si resistentia omnis tollatur*

La velocità dei corpi in caduta libera sotto l'azione della gravità è uguale se si elimina ogni resistenza.



Queste osservazioni sono in linea con la teoria moderna, sebbene oggi vengano inclusi dettagli quantitativi su come la resistenza dell'aria varia in funzione della velocità e della forma degli oggetti.

Si inizia quindi a trattare della resistenza dell'aria e, seguendo questo filo, vengono introdotti i concetti di rifrazione e riflessione. Sebbene possa sembrare una deviazione nel contesto della meccanica classica, si ritrova il tema comune dell'influenza dei mezzi sui vari fenomeni fisici. Rispetto alla fisica attuale, le affermazioni presentate contengono elementi di verità ma necessitano di alcune correzioni e precisazioni per essere completamente accurate. Innanzitutto, è necessario specificare che tali fenomeni appartengono principalmente all'ottica e l'inserimento in questo capitolo fa capire che probabilmente era ancora diffusa l'idea che concetti come la riflessione e la rifrazione potessero essere applicati anche per spiegare fenomeni meccanici. Ci sono contesti nella meccanica dove concetti di riflessione e rifrazione possono essere discussi, specialmente quando si trattano le onde meccaniche, come le onde sonore o le onde sismiche, che possono rifrangersi e riflettersi in modi simili alla luce ed è possibile che Guadagni avesse pensato a questo, dato che lo studio delle onde sonore era già stato iniziato da scienziati come Robert Hooke e anche Newton nei *Principia* includeva alcune discussioni sulla velocità del suono e sulla sua propagazione. Ciononostante, dagli esperimenti descritti a supporto delle diverse proposizioni è evidente che potrebbero essere associati più correttamente ai concetti di gravità e cinematica piuttosto che alla riflessione e alla rifrazione.

La descrizione che viene data della rifrazione è la seguente:

<p><i>Corpus mobile per directionem obliquam a medio raro in medium densum, mutat directionem suam, et discedit a perpendiculari. Mutatio haec dicitur refractio, quae vel maior, vel minor est, fecundum variam densitatem mediorum.</i></p>	<p>Un corpo in movimento lungo una direzione obliqua, passando da un mezzo rarefatto a un mezzo denso, cambia la propria direzione e si allontana dalla perpendicolare. Questa variazione è detta rifrazione, che può essere maggiore o minore a seconda della diversa densità dei mezzi.</p>
---	---

E' necessario sottolineare che quando un raggio luminoso passa da un mezzo meno denso a uno più denso, il raggio si avvicina alla perpendicolare e non allontana come scritto nel testo. Inoltre, sarebbe corretto specificare che tale fenomeno dipende dall'indice di rifrazione dei mezzi e non dalla loro densità. La legge di Snell da cui è possibile ricavare l'angolo di rifrazione, è infatti la seguente:

$$\sin\theta_r = \frac{n_i}{n_r} \sin\theta_i$$

La riflessione è invece così descritta:

<p><i>Ob nimiam incidentiae obliquitatem Refractio mutatur in Reflexionem.</i></p>	<p>A causa dell'eccessiva obliquità dell'incidenza, la rifrazione si trasforma in riflessione.</p>
--	--

Si nota l'assenza della trattazione dell'angolo critico, oltre il quale la rifrazione si trasforma in riflessione totale interna. Inoltre, non si fa menzione dei mezzi riflettenti, come ad esempio gli specchi, dove non è necessario un angolo specifico affinché si verifichi il fenomeno. Una trattazione più approfondita di questi aspetti è lasciata al capitolo dedicato all'ottica. L'ultima precisazione riguarda il fatto che, se un corpo penetra perpendicolarmente da un mezzo rarefatto a uno denso, la direzione non cambia. Prima di tutto, si nota immediatamente il termine "corpo", che rimanda a quanto detto inizialmente, e poi si può vedere che tale proposizione è oggi contenuta nella legge di Snell. Infatti, se l'angolo di incidenza è zero, anche l'angolo di rifrazione sarà zero, permettendo al corpo di continuare lungo la direzione originale.

L'argomento seguente è il moto dei gravi che cadono liberamente:

*Motus gravium libere descendantium hac lege efficitur, ut si priore tempore corpus grave transierit per unum spatium, secundo tempore tria spatia percurrat, tertio quinque, et sic deinceps per seriem numerorum imparium, temporibus semper inter se aequalibus. Consequenter spatia, quae gravia percurrunt, iis computatis ab initio temporis, sunt veluti unum, quatuor, novem. Qui numeri meri sunt quadrata temporis, et velocitatis.*

Il moto dei gravi che cadono liberamente segue questa legge, cioè che se in un primo intervallo di tempo un grave ha percorso una data distanza, in un secondo intervallo di tempo percorre tre distanze, nel terzo cinque e così via secondo la serie dei numeri dispari, per tempi sempre uguali tra loro. Di conseguenza gli spazi che i gravi percorrono, contati dall'inizio del tempo, sono come uno, quattro, nove. Questi numeri sono i quadrati del tempo e della velocità.

Questa legge riflette correttamente il moto uniformemente accelerato in caduta libera, una scoperta attribuita a Galileo Galilei. L'accelerazione dovuta alla gravità implica che in intervalli di tempo uguali, le distanze percorse aumentano secondo i numeri dispari, e le distanze totali sono proporzionali ai quadrati del tempo trascorso. La descrizione è corretta e allineata con la fisica moderna, che definisce il moto uniformemente accelerato come  $s = \frac{1}{2}gt^2$ , con  $s$  spazio percorso,  $g$  accelerazione gravitazionale e  $t$  il tempo. La trattazione non include l'accelerazione gravitazionale che dà invece una misura quantitativa del fenomeno. In riferimento a tale argomento è data anche un'ulteriore preposizione:

*Corporum, quae libere cadunt, impressiones non differunt inter se, quando altitudines sunt in ratione inversa massarum, et tunc vires sunt aequales*

Le impronte dei corpi che cadono liberamente non differiscono tra loro quando le altezze sono in rapporto inverso alle masse e allora le forze sono uguali.

Secondo la frase, se le altezze da cui cadono i corpi sono in rapporto inverso alle loro masse, allora le forze che agiscono su di essi sono uguali. Questo è errato perché le forze

gravitazionali dipendono direttamente dalle masse degli oggetti e dall'accelerazione di gravità. Quindi, l'errore nella frase originale consiste nel presupporre che l'altezza e la massa siano inversamente proporzionali per ottenere forze uguali, il che contraddice la comprensione della fisica newtoniana e della gravità.

Si prosegue con il seguente enunciato:

*Corpora, quae cadunt, diametrum circuli perpendicularem horizonti percurrunt eodem tempore, quo sigulas circuli chordas peragunt*

I corpi che cadono lungo il diametro di un cerchio perpendicolare all'orizzonte impiegano lo stesso tempo di quelli che percorrono le singole corde del cerchio.

Se consideriamo la caduta di un corpo lungo diverse corde di un cerchio disposto verticalmente, ogni corpo subisce una componente differente della forza gravitazionale lungo la corda stessa che dipenderà dall'angolo di inclinazione. Questo implica che, indipendentemente dalla lunghezza e dall'inclinazione della corda, il tempo di caduta rimane costante. Questo fenomeno può essere spiegato analizzando la componente della gravità lungo la traiettoria: per ogni corda del cerchio, la componente della forza gravitazionale che agisce lungo di essa bilancia la variazione nella lunghezza della traiettoria, risultando in tempi di caduta identici.

Ci si sofferma a questo punto sulla cicloide che è la curva tracciata da un punto fisso su una circonferenza che rotola lungo una retta.

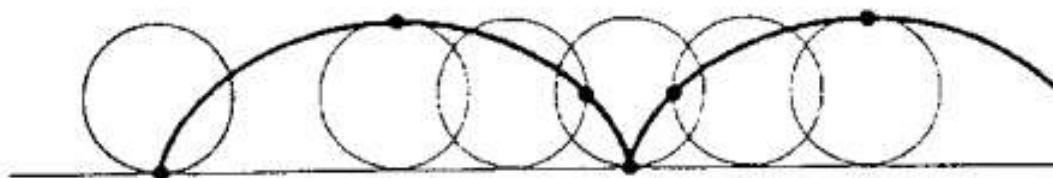


Figura 12: Cicloide

Tutta la trattazione e le affermazioni riportate sono coerenti con le teorie attuali sebbene manchi una discussione dettagliata sulla teoria brachistocrona che però si immagina essere una scelta dell'autore per evitare di appesantire il piano teorico del corso di fisica sperimentale.

Poca attenzione invece è rivolta al principio di conservazione dell'energia, che viene enunciato nel seguente modo:

*Corpus ea celeritate, quam adquisvit cadendo per quamlibet superficiem sive planam, sive curvam, adscendit per aliam similem superficiem ad eandem altitudinem.*

Un corpo, con la velocità acquisita cadendo lungo una qualsiasi superficie, sia essa piana o curva, risale per un'altra superficie simile fino alla stessa altezza.

La preposizione descrive la trasformazione nell'energia cinetica in potenziale e viceversa in modo coerente con la fisica attuale. Considerando però l'importanza di tale principio, è sorprendente notare come gli venga data così poca attenzione nel contesto della trattazione complessiva. Questo principio è alla base di molti fenomeni fisici e applicazioni tecnologiche moderne, dalla conservazione dell'energia nei sistemi meccanici alla progettazione di dispositivi che sfruttano il moto oscillatorio. La mancata enfasi su questo concetto fondamentale potrebbe riflettere una comprensione ancora in via di sviluppo delle leggi della fisica all'epoca o una diversa priorità data alle osservazioni empiriche rispetto alla formulazione teorica.

Sono ora i pendoli ad essere al centro della scena e se ne discute in relazione con la gravità e all'influenza della temperatura sui materiali. Prima di tutto viene enunciata la legge del moto armonico che afferma che il periodo di oscillazione di un pendolo dipende solo dalla lunghezza del pendolo e dalla gravità, non dalla massa del globo. La durata del moto più lunga per i pendoli con globi più pesanti può essere attribuita alla minore resistenza dell'aria relativa al peso maggiore e questo è confermato dalla fisica moderna. Successivamente l'attenzione è posta sul periodo del pendolo che si dice essere proporzionale alla radice quadrata della sua lunghezza. Sebbene ciò sia corretto, non è ancora presente la legge  $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$  che esplicita la proporzione. Rimanendo in tema del periodo si ha la seguente proposizione:

*Vibrationes pendulorum, licet inaequales, sunt isochronae: quod in horologiis conspicitur, quibus motus aequalis, adiuncto pendulo, communicatur. Neque vero in regione qualibet vis gravitatis aequalis est; constat enim, durationes vibrationum eiusdem penduli in diversis regionibus respectu temporis inaequales esse; quae gravitatis diversitas per pendula mensuratur.*

Le oscillazioni dei pendoli, sebbene disuguali, sono isocrone: questo si osserva negli orologi, ai quali si comunica un moto uniforme grazie al pendolo. Tuttavia, in ogni regione, la forza di gravità non è uguale; infatti, è noto che la durata delle oscillazioni dello stesso pendolo in diverse regioni è disuguale rispetto al tempo; questa diversità della gravità si misura tramite i pendoli.

Ad oggi, è confermata l'isocronia purché si parli di piccole oscillazioni e anche la variazione della gravità con la posizione geografica è corretta e anzi, questa può essere misurata se si possedessero dei pendoli di precisione. E' presente a questo punto una piccola digressione sulla dilatazione termica:

*Calor expandit ferreum filum, quo constant pendula horologiorum; frigus vero contrahit, breviusque illud efficit, idque Pyrometro ostenditur.*

Il calore espande il filo di ferro di cui sono costituiti i pendoli degli orologi; il freddo invece lo contrae e lo rende più corto, come mostrato dal pirometro.

Sebbene il discorso sia chiaro, il calore non espande direttamente il filo. È più preciso dire che il calore, o meglio l'energia termica trasferita al materiale, provoca un aumento della sua temperatura, il che a sua volta porta all'espansione del filo. Quindi, mentre il calore è la causa dell'espansione termica, è importante ricordare che è l'energia termica assorbita dal materiale che induce l'espansione. L'ultima sottosezione del moto è riservata ai vari fenomeni legati all'elasticità.

*Corpus perfecte elasticum illud appellatur, quod quum pressum sit exacte ad pristinam figuram restituitur. Huiusmodi est sphaera eburnea, crystallina, etc.*

Un corpo perfettamente elastico è chiamato tale perché, quando viene compresso, ritorna esattamente alla sua forma originale. Questo è il caso di una sfera di avorio, di cristallo, eccetera

La definizione di elasticità è corretta. Tuttavia, l'affermazione che sfere d'avorio e di cristallo siano perfettamente elastiche è imprecisa. Nella realtà, nessun materiale è perfettamente elastico; vi è sempre una minima perdita di energia durante la deformazione e il ritorno alla forma originale. Si continua sottolineando che l'elasticità dipende dalle proprietà intrinseche del materiale, non solo dalla massa e dal volume.

#### 3.4.4 Le forze

Il primo concetto che viene introdotto parlando di forze è quello della composizione di queste ultime:

*Corpus motum a duabus viribus, quae differentibus directionibus agant, describit diagonalem parallelogrammi; atque adeo compositio virium in differentibus directionibus, dummodo inter se oppositae non sint, novam directionem producit.*

Un corpo in movimento, influenzato da due forze che agiscono in direzioni diverse, descrive un parallelogramma diagonale; quindi, la combinazione di forze in direzioni diverse, purché non siano opposte tra loro, produce una nuova direzione.

Tale affermazione è corretta ed è un'enunciazione del principio di sovrapposizione delle forze, si allinea con la moderna legge della composizione vettoriale delle forze, dove la risultante è data dalla somma vettoriale delle forze applicate. E' bene sottolineare l'accuratezza che viene posta nel descrivere come le forze combinate determinano una nuova direzione di movimento, concetto fondamentale della meccanica classica.

Il sotto-argomento successivo sono le forze centrali di cui vengono messi in mostra tre aspetti fondamentali che devono essere osservati:

*In viribus centralibus corporum, quae moventur circum alia corpora, quae in eadem influant, tria sunt observanda:*

*I. Tempus periodicum, sive tempus, quod corpora in suis revolutionibus faciendis impendunt.*

*II. Quantitas materiae.*

*III. Distantia corporum a centro revolutionis.*

Nelle forze centrali dei corpi che si muovono intorno ad altri corpi, che influenzano nello stesso modo, ci sono tre aspetti da osservare:

I. Il tempo periodico, ovvero il tempo che i corpi impiegano a completare le loro rivoluzioni.

II. La quantità di materia.

III. La distanza dei corpi dal centro della rivoluzione.

La descrizione è coerente con le leggi di Keplero e con la legge di gravitazione universale di Newton e sebbene è assente la trattazione matematica, i principi fondamentali sono corretti. Tra le forze centrali si parla della forza centrifuga, definita nel seguente modo:

*Vis centrifuga maior est, quo maior est quantitas materiae in corpore.*

La forza centrifuga è maggiore quanto maggiore è la quantità di materia nel corpo.

Nella trattazione che viene fatta, la forza centrifuga è vista come se fosse una forza reale e gli vengono attribuiti effetti reali. Ad oggi si sa che la forza centrifuga non è una forza reale, ma piuttosto un effetto apparente causato dall'inerzia di un corpo che si muove lungo una traiettoria curva. Quindi, la proposizione non è corretta dal punto di vista fisico, si dovrebbe dire che l'effetto della forza centrifuga è maggiore quanto maggiore è la quantità di materia nel corpo.

Si continua con una descrizione dell'influenza della Luna sulle maree, in linea con le teorie attuali che spiegano come la forza gravitazionale della Luna e del Sole causa le maree sulla Terra.

A differenza del resto del capitolo, le forze di attrazione, magnetiche ed elettriche, ora in discussione, sono distintamente titolate, evidenziandole e separandole dalle altre forze trattate.

## **Attrazione**

*Vis, quaelibet qua duo libera corpora ad se invicem tendunt, sine externa ulla causa nobis saltem cognita, quae mutuo unum in aliud impellat, Attractio dici solet, non quidem ut causa, sed ut Phaenomenon designetur.*

La forza, con la quale due corpi liberi tendono l'uno verso l'altro, senza alcuna causa esterna nota per noi che spinga l'uno contro l'altro, è comunemente chiamata Attrazione, non certo come causa, ma piuttosto per designare un fenomeno.

L'attrazione è descritta come una forza per cui due corpi liberi tendono a muoversi l'uno verso l'altro senza una causa esterna apparente. Il problema principale è che la frase suggerisce che non esista una causa fisica nota per l'attrazione tra i corpi, il che, ad oggi, non è vero. Va comunque detto che lo stesso Newton quando presentò la legge di gravitazione universale non fornì una spiegazione definitiva della natura della gravità o della sua origine, la sua legge stabiliva semplicemente che c'era una forza attrattiva tra due corpi dotati di massa, ma non spiegava esattamente perché questa forza esistesse. È stato solo con i lavori successivi di scienziati come Albert Einstein e la sua teoria della relatività generale sviluppata nella prima parte del XX secolo che si è ottenuta una comprensione più profonda della natura della gravità. La teoria di Einstein ha suggerito che la gravità fosse una conseguenza della curvatura dello spazio-tempo causata dalla massa e dall'energia, un concetto molto diverso dall'idea classica di forza di attrazione tra le masse. Nell'ambito dell'elettromagnetismo, invece, la causa è l'interazione tra cariche elettriche o tra magneti.

Successivamente, l'attenzione è dedicata alla capillarità, in particolar modo alla descrizione di come i liquidi salgano nei tubi capillari, come diversi liquidi salgano a diverse altezze e come la salita del liquido sia inversamente proporzionale al diametro del tubo. Tale formulazione è corretta dal punto di vista delle teorie attuali, anche se oggi conosciamo la legge di Jurin che fornisce una formulazione matematica del problema.

Viene quindi presentata la seguente proposizione:

<p><i>Partes etiam minimae omnium sive solidorum, sive liquidorum corporum sese mutuo attrahunt. Attractio haec fortior est, quo invicem propiores sunt corporum partes</i></p>	<p>Ciascuna delle particelle anche piccole di tutti i corpi, sia solidi che liquidi, si attraggono reciprocamente. Questa attrazione è più forte quanto più vicine sono le particelle dei corpi.</p>
---	--

Attualmente, sono le forze di Van der Waals a spiegare l'attrazione tra molecole a piccole distanze ma l'idea di fondo che viene presentata risulta corretta per le conoscenze dell'epoca.

Le ultime proposizioni di questa sezione riguardano la repulsione:

<p><i>Attractio, quae in ipso particularum contactu valde magna est, eo sublato, statim decrescit ita ut ad distantiam quam minimam sub sensus cadentem non agat, ad maiorem distantiam sese mutet in vim repellentem, qua particulae inter se mutuo fugiunt.</i></p>	<p>L'attrazione, che è molto grande nel contatto stesso delle particelle, una volta rimosso, diminuisce immediatamente a tal punto da non agire a una distanza appena percepibile dai sensi, e a una distanza maggiore si trasforma in una forza repulsiva, per la quale le particelle si respingono reciprocamente.</p>
---	--

Anche qui quindi entrano in gioco le forze di Van der Waals e le forze dipolo-dipolo che spiegano l'attrazione e la repulsione tra particelle. La descrizione qui fornita è però

imprecisa. Innanzitutto, le forze attrattive non sono necessariamente "molto grandi" solo perché le particelle sono in contatto, poi, per le teorie moderne, le forze intermolecolari non scompaiono "immediatamente" ma diminuiscono con la distanza seguendo leggi specifiche, per finire, l'affermazione "si trasforma in una forza repulsiva" è generalmente scorretta. Le forze attrattive come quelle di Van der Waals non si mutano in forze repulsive a una distanza maggiore. Invece, esistono forze repulsive a distanze molto brevi dovute, per esempio, al principio di esclusione di Pauli che impedisce agli elettroni di occupare lo stesso stato quantico.

## Forza Magnetica

La prima proposizione riguarda l'attrazione e repulsione magnetica:

<p><i>Vis attrahendi et repellendi manifesto deprehenditur in Magnete in duabus oppositis partibus, quae Poli appellantur</i></p>	<p>La forza di attrazione e repulsione è chiaramente percepibile nel magnete in due parti opposte, che sono chiamate poli.</p>
---	--

Attualmente si sa che la forza magnetica è una manifestazione del campo magnetico, che è ben descritto dalle equazioni di Maxwell e che le linee di campo magnetico visualizzate dalla limatura di ferro corrispondono alle linee di forza del campo magnetico. Le osservazioni del Guadagni sono corrette ma mancano di una spiegazione teorica dettagliata, che Maxwell con le sue equazioni fornì. Il discorso continua con l'induzione magnetica, un processo attraverso il quale ad esempio il ferro diventa magnetico quando viene esposto ai campi magnetici di un magnete e acquisisce temporaneamente le sue proprietà fino a quando rimane in quella posizione. Anche l'acciaio può essere magnetizzato, solitamente strofinandolo contro un magnete, ma può anche perdere questa caratteristica se trattato in modo contrario. Ad oggi, l'induzione magnetica è spiegata dalla teoria dei domini magnetici, cioè, quando un materiale ferromagnetico come il ferro è esposto a un campo magnetico esterno, i domini magnetici si allineano con il campo e questo gli conferisce le proprietà di cui anche il Guadagni parlò. Si nota quindi un'assenza di una spiegazione dettagliata dei fenomeni a livello microscopico.

Il discorso continua facendo notare che l'interazione tra magneti e materiali ferromagnetici è evidente nelle reciproche attrazioni: il magnete attrae il ferro e viceversa anche ad una certa distanza. In occasione di ciò, si sottolinea che un magnete e un ago magnetico hanno la particolare capacità di allinearsi con il polo magnetico terrestre:

<p><i>Magnes, et chalybs vel natura, vel arte magneticus, uterque mobilis circa suum centrum, versus mundanum polum dirigitur.</i></p>	<p>Magnetite e acciaio, sia per natura che per artificio magnetici, entrambi mobili intorno al proprio centro, si dirigono verso il polo del mondo.</p>
--	---



Va sottolineato che i magneti si orientano verso i poli magnetici della Terra, che non coincidono esattamente con i poli geografici.

Si hanno a questo punto una serie di preposizioni dove si descrive la repulsione e l'attrazione dei poli magnetici. La spiegazione di questi fenomeni si basa su una comprensione rudimentale e spesso inaccurata, come l'idea che gli "effluvi" magnetici, invisibili flussi emessi dai poli, si respingano reciprocamente.

*Si polus boreus magnetis ponatur in regione poli borei alterius magnetis, fefe invicem repellent; effluvia enim, quae ex utroque emanant, sunt invicem opposita, et in confluvio repulsus oritur.*

Così, se il polo settentrionale di un magnete è posto nella regione del polo settentrionale di un altro magnete, si respingono reciprocamente; infatti, gli effluvi emanati da entrambi sono opposti l'un l'altro, e dalla loro confluenza nasce la repulsione.

Questa concezione è una rappresentazione primitiva dei campi magnetici. Inoltre, si sostiene che i campi magnetici non siano significativamente influenzati da fenomeni esterni come fiamme o venti, confermando l'idea che tali campi siano robusti contro influenze esterne.

*Magneticorum effluviarum motus neque a velocitate flammae, neque ab alio quocumque, etiamsi veloci, intermedio motu interrumpi videtur.*

Il movimento degli effluvi magnetici non sembra essere interrotto né dalla velocità della fiamma, né da qualunque altro movimento interposto, anche se veloce.

Un altro punto significativo è l'osservazione che fulmini, colpi violenti e sfregamenti possano magnetizzare il ferro e, in certi casi, invertire i poli magnetici.

*Fulmen, percussio vehemens, fortis affrictus, vehementissima electricitas ferri imbuunt magnetica vi, et in magnete, ferroque magnetico polos mutat.*

Un fulmine, un colpo violento, un forte attrito, un'elettricità estremamente intensa imbeve il ferro di una forza magnetica, e nei magneti e nel ferro magnetizzato cambia i poli.

Tali eventi non comunicano direttamente al ferro una forza magnetica, ma possono generare campi magnetici temporanei. Quindi, è errato dire che causano una magnetizzazione permanente del ferro o un'inversione dei poli nei magneti e nei materiali magnetizzati. La comprensione moderna indica che la magnetizzazione permanente del ferro e l'inversione dei poli nei magneti sono processi associati a fenomeni magnetici specifici, come l'esposizione a campi magnetici costanti o a determinati processi fisici.

## Forza elettrica

La definizione che si dà di forza elettrica è la seguente:

*Proprietas corporum, qua si attritu aliove modo aliquatenus calefiant, trahunt et repellunt corpora leviora ad sensibilem distantiam, ac saepe, etsi non semper, lucem conspicuam spargunt, Electricitas appellatur, quoniam primum in Electro cognita fuit.*

La proprietà dei corpi per cui, quando per l'attrito o altro motivo, diventano caldi, sono in grado di attirare e respingere altri corpi più leggeri a una distanza che può essere percepita e, talvolta, emettono luce visibile, è chiamata elettricità, poiché è stata per la prima volta identificata nell'*Electro* (ambra).

L'elettricità è vista come la proprietà di certi corpi che, dopo sfregamento o riscaldamento, attraggono o respingono corpi leggeri e spesso emettono luce. In realtà, oggi si sa che l'elettricità statica è il risultato di un squilibrio di cariche elettriche sulla superficie di un materiale. Il fenomeno descritto è tutto sommato corretto, ma oggi sappiamo che è dovuto al trasferimento di elettroni tra materiali con differente affinità elettronica. Si hanno a questo punto una serie di proposizioni che enunciano le proprietà elettriche dei materiali:

*Corpora quaedam electricitatem per se habent* Alcuni corpi possiedono naturalmente elettricità.

Oggi sappiamo che alcuni materiali, come l'ambra e il vetro, sono migliori isolanti e possono accumulare cariche statiche, mentre altri, come i metalli, sono conduttori e permettono il libero flusso di elettroni, ma non è corretto dire che i corpi "possiedono" elettricità come se fosse una caratteristica intrinseca o una proprietà fisica del materiale stesso. L'elettricità è piuttosto una condizione o un fenomeno che può manifestarsi in determinate circostanze, ad esempio quando i corpi vengono caricati elettricamente per attrito, contatto o induzione.

*Quaedam corpora electricitatem recipiunt per communicationem.* Alcuni corpi acquisiscono elettricità per contatto.

Questo riflette la comprensione dell'epoca della conduzione elettrica, oggi ben spiegata dalla teoria degli elettroni liberi nei conduttori. Si pensava infatti che l'elettricità fosse una sorta di "fluido elettrico" che poteva essere trasferito da un corpo all'altro attraverso il contatto con un materiale caricato elettricamente. In realtà, quando due corpi vengono messi in contatto, possono scambiare cariche elettriche, ma questo processo non implica che i corpi acquisiscano elettricità come una sorta di accumulo permanente o caratteristica intrinseca, piuttosto, durante il contatto, le cariche elettriche possono essere trasferite tra i corpi a causa delle differenze di potenziale elettrico o della differenza di affinità per gli elettroni tra i materiali coinvolti.

*Vis electrica per flammam transit.*

La forza elettrica passa attraverso la fiamma.

L'errore principale qui è nell'interpretare la fiamma come un conduttore dell'elettricità, il che non è corretto secondo la nostra comprensione moderna. Attualmente, sappiamo che le fiamme sono costituite principalmente da gas ionizzati e particelle in combustione, che non sono in grado di supportare il passaggio di corrente elettrica come farebbe un conduttore solido o liquido. Invece, le fiamme tendono ad agire come isolanti elettrici e possono essere ionizzate solo in presenza di un campo elettrico esterno intenso.

*Vis electrica auget cursum liq uorum in siphonibus.*

La forza elettrica aumenta il flusso dei liquidi nei sifoni.

Tale fenomeno è spiegabile con la tensione superficiale modificata da cariche elettriche che influenzano il comportamento dei fluidi. La forza elettrica infatti può influenzare il comportamento dei liquidi conduttivi o ionizzati, ma non è una forza direttamente responsabile dell'aumento del flusso nei sifoni tradizionali. All'epoca si riteneva che siccome l'elettricità potesse chiaramente influenzare il movimento di oggetti leggeri attraverso attrazione e repulsione, allora sembrava ragionevole supporre che potesse anche influenzare il movimento delle molecole liquide, che erano viste come particelle molto piccole e leggere. La mancanza di una chiara distinzione tra diversi tipi di forze e interazioni portava a credere che se l'elettricità poteva far muovere oggetti solidi leggeri, poteva anche accelerare o modificare il flusso dei liquidi. L'affermazione sopra riportata deriva quindi dalla tendenza a generalizzare le osservazioni dell'elettricità statica e del suo effetto su piccoli oggetti a fenomeni più complessi come il flusso dei liquidi, bisognerà aspettare Coulomb, Volta, Ohm, Faraday e Maxwell per poter allontanarsi dalle idee primitive riguardanti l'elettricità.

*Corpora per electricitatem lumen exhibent, et phosphorum in vacuo; insignem vero aliis corporibus motum excitant.*

I corpi manifestano luce per effetto dell'elettricità e fosforescenza nel vuoto; inoltre, provocano un notevole movimento in altri corpi.

Innanzitutto, non tutti i corpi manifestano luce per effetto dell'elettricità. Sebbene alcuni materiali possano emettere luce quando sono attraversati da una corrente elettrica (come nei casi di incandescenza o elettroluminescenza), questo non è un fenomeno universale applicabile a tutti i materiali. La produzione di luce per effetto dell'elettricità dipende dalle proprietà specifiche del materiale. Va poi detto che affermare che i corpi elettrizzati provochino un notevole movimento in altri corpi non è corretta in termini generali. Gli effetti di attrazione e repulsione elettrostatica sono reali, ma sono generalmente limitati a piccoli oggetti leggeri. Non tutti i corpi elettrizzati causano un "*notevole movimento*" in altri corpi, e l'entità del movimento dipende dalle specifiche condizioni e dalle proprietà

dei materiali coinvolti.

Infine, si ha la descrizione della materia del fulmine che produce forza elettrica e si riconosce che i fulmini sono scariche elettriche atmosferiche che trasferiscono grandi quantità di carica, ma il brano non spiega i processi di ionizzazione dell'aria, che è quando le molecole d'aria vengono eccitate a tal punto da perdere elettroni, creando un plasma che rende l'aria conduttiva. Inoltre, non descrive come si formano i canali conduttivi che permettono al fulmine di viaggiare attraverso l'aria, un processo che oggi conosciamo come il percorso di scarica del fulmine.

In generale, questa sezione riflette una comprensione empirica e qualitativa dell'elettricità tipica del XVIII secolo, con osservazioni valide ma senza il rigore teorico e matematico sviluppato dalla fisica moderna.

### 3.5 Analisi degli esperimenti e degli apparati

L'obiettivo di questa sezione è analizzare in che modo sia stata affrontata la parte più pratica dell'opera. Come precedentemente menzionato, il testo in esame è un manuale di fisica sperimentale, caratteristica evidente dalla cura e dall'attenzione dedicate alla trattazione di questi argomenti. Rilevante è sicuramente stata la decisione di riportare una descrizione dettagliata esclusivamente degli esperimenti che sembrano essere i più rilevanti<sup>111</sup>. In particolare, sono stati inclusi quegli esperimenti che coinvolgono apparati sui quali lo stesso Guadagni ha lavorato direttamente, oltre a quelli notoriamente famosi e a quelli che si basano su fraintendimenti o interpretazioni errate. Per questi ultimi, è stata condotta un'analisi approfondita allo scopo di individuare una motivazione plausibile che potesse spiegare il fenomeno osservato da Guadagni, utilizzando le conoscenze fornite dalla fisica contemporanea. Questo approccio ha permesso non solo di chiarire i malintesi storici, ma anche di contestualizzare le osservazioni di Guadagni alla luce delle teorie e delle leggi fisiche attuali. Oltre a ciò, si è cercato di inserire riferimenti alla fisica moderna in generale, stabilendo collegamenti con concetti e principi attuali. Questo non solo per fornire una spiegazione dei fenomeni studiati, ma anche per evidenziare la continuità e l'evoluzione del pensiero scientifico nel tempo. Tale processo di integrazione tra passato e presente ha l'obiettivo di mostrare come le intuizioni di Guadagni possano essere reinterpretate alla luce delle conoscenze attuali, offrendo una comprensione più completa e accurata degli esperimenti analizzati.

Uno dei punti comuni che si è trovato è quello della metodologia sperimentale che si basa sull'osservazione empirica. La scelta di adottare questa metodologia non rappresenta una novità per il periodo storico in questione. Un esempio emblematico è quello di Galileo Galilei, il quale, attraverso l'uso del telescopio, effettuò una serie di osservazioni empiriche che trasformarono radicalmente la comprensione contemporanea del sistema

---

<sup>111</sup>Gli esperimenti presentati nel corso del paragrafo se riportati tra virgolette sono ciò che il Guadagni stesso scrisse, se invece si trovano nel testo scritti in corsivo, sono una traduzione e parafrasi.

solare.

Si riportano alcune caratteristiche di tale metodologia che accomuna tutti gli esperimenti:

- Si ha sempre il coinvolgimento dei sensi (vista, udito, tatto, ecc...) o l'utilizzo di strumenti che permettono di amplificare le capacità sensoriali.
- La descrizione dell'apparato sperimentale e dell'esperimento in sé è estremamente minuziosa, arricchita da dettagli accurati che non solo favoriscono una comprensione approfondita del processo sperimentale, ma garantiscono anche la replicabilità dell'esperimento stesso. Questo livello di precisione è cruciale per permettere ad altri ricercatori di riprodurre l'esperimento nelle stesse condizioni e verificare i risultati ottenuti, contribuendo così alla solidità e alla verificabilità della conoscenza scientifica.

Un aspetto particolarmente degno di nota riguarda i disegni degli apparati sperimentali, inclusi nelle tavole illustrate alla fine dell'opera. L'utilizzo di queste tavole è di fondamentale importanza per la comprensione del testo, poiché fornisce una rappresentazione visiva chiara e dettagliata degli strumenti utilizzati e delle loro configurazioni. La presenza di tali disegni facilita la visualizzazione delle descrizioni scritte, permettendo ai lettori di avere un riferimento concreto che chiarisce eventuali ambiguità testuali. La cura posta nella realizzazione di queste tavole è notevole. Ogni dettaglio è rappresentato con precisione, evidenziando le caratteristiche salienti degli apparati. Questo livello di dettaglio nei disegni assicura che chiunque intenda replicare l'esperimento possa farlo con un alto grado di accuratezza, riducendo il rischio di errori dovuti a interpretazioni errate delle descrizioni verbali. Questa cura nei dettagli, probabilmente, non era solo destinata a scopi didattici interni al corso, ma rispondeva anche a un'esigenza più ampia. È plausibile che Guadagni avesse previsto che il suo lavoro potesse essere utile anche a un pubblico più vasto. Durante il Settecento, la diffusione della conoscenza scientifica era in crescita e c'era un grande interesse per la replicazione degli esperimenti da parte di studiosi, dilettanti e appassionati di scienza. La precisione dei disegni degli apparati sperimentali avrebbe quindi permesso non solo agli studenti di replicare gli esperimenti all'interno di un ambiente accademico, ma avrebbe anche reso possibile per studiosi e appassionati di altre istituzioni, o persino di altre città, riprodurre con successo le stesse condizioni sperimentali.

- Si basa su ciò che è direttamente osservabile, senza deduzioni o inferenze preliminari che potrebbero influenzare la percezione dei dati raccolti.
- Sebbene le osservazioni empiriche siano generalmente quantificabili, consentendo una descrizione precisa attraverso dati numerici misurati con accuratezza, nel testo analizzato ci si imbatte in un'interessante assenza di dettagli numerici o stime.

Questa scelta stilistica e metodologica è probabilmente dettata dalla preferenza dell'autore per stime qualitative piuttosto che quantitative. Invece di fornire valori esatti, l'autore sembra prediligere descrizioni più narrative e concettuali delle osservazioni, probabilmente per enfatizzare le caratteristiche generali e le tendenze osservate piuttosto che focalizzarsi su misurazioni precise. Questa metodologia, sebbene possa apparire meno rigorosa agli occhi della scienza moderna, era comune nell'epoca in cui il testo è stato scritto e riflette un approccio alla scienza che valorizzava l'intuizione e la comprensione qualitativa dei fenomeni naturali. Tale pratica potrebbe essere interpretata come un tentativo di rendere le scoperte più accessibili a un pubblico più ampio, non necessariamente esperto in matematica o nelle tecniche di misurazione più avanzate.

### 3.5.1 Principi di equilibrio e centro di gravità

Gli esperimenti trattati in questa sezione sono volti a illustrare i concetti di centro di gravità e linea di direzione e una descrizione più dettagliata è riportata nel paragrafo 3.3. La metodologia rispecchia appieno le caratteristiche elencate in precedenza, si utilizzando modelli fisici semplici come ad esempio corpi inclinati, tavole congiunte, triangoli di legno, gli esperimenti sono descritti con precisione, indicando i materiali e le configurazioni necessarie per replicarli anche se non sono fornite le misure dei vari elementi utilizzati. I risultati ottenuti dagli esperimenti sono coerenti con i principi della meccanica classica e possono essere generalizzati con accuratezza.

### 3.5.2 Macchine semplici

In questa sezione vengono descritti in modo sistematico i principi e l'uso delle macchine semplici. Al di là degli esperimenti, in questa sezione si nota una particolare attenzione proprio nella descrizione della macchine, e quindi degli apparati, e delle leggi fisiche che si celano dietro.

#### Le leve

La definizione che viene fornita è la seguente:

<p><i>"Inter simplices machinas primum habet locum Vectis, Graeco vocabulo μοχλος, qui est linea inflexibilis apta ad pondera sustinenda, sive elevanda. Vecte opus est, ubi ad parvum usque altitudinis modum elevanda sunt pondera."</i></p>	<p>"Tra le macchine semplici ha il primo posto la leva, in greco <i>moclos</i>, che è una linea inflessibile adatta a sostenere o sollevare pesi. La leva è necessaria quando è necessario sollevare pesi fino a una modesta altezza."</p>
--	--

Gli elementi su cui viene suggerito di porre l'attenzione sono tre:

- il peso che deve essere alzato o sostenuto
- la forza che permette al peso di alzarsi o di essere sostenuto
- il fulcro che è il punto sul quale la leva si poggia e ruota

Viene poi esplicitato il motivo per cui le leve sono così utili:

*“Potentiae momentum E applicatum Vecti AB eo magis augetur, quo magis distat ab hypomochlio C, ut experimentis constat [Tav. 1. Fig. 1]. Consequens inde est, ut vis tenuissima ope longioris Vectis superare possit vim infinite maiorem”*

"La forza del momento E applicata al braccio AB aumenta tanto più, quanto più si allontana dal fulcro C, come dimostrato dagli esperimenti [Tav. 1. Fig. 1]. Di conseguenza, risulta che una forza molto piccola può superare una forza infinitamente maggiore mediante l'uso di un braccio più lungo."

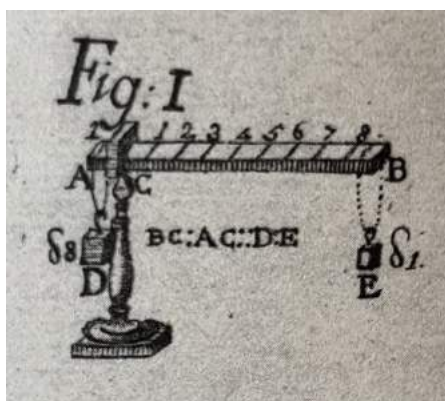


Figura 13: [Tav. 1. Fig. 1]

Quindi, più si allontana il punto di applicazione della forza dal fulcro della leva, maggiore è l'effetto della forza. Così facendo, una forza piccola può diventare molto più grande. Si ha quindi una suddivisione nei 3 tipi di leve, classificate in base alla posizione relativa del fulcro, della forza applicata e del peso:

- le leve di primo tipo sono quelle in cui il fulcro è posizionato tra la forza applicata e il peso
- le leve di secondo tipo sono quelle in cui il peso è posizionato tra il fulcro e la forza applicata
- le leve di terzo tipo sono quelle in cui la forza applicata è posizionata tra il peso e il fulcro

Successivamente viene presentata la proporzione che lega le forze in gioco e le distanze di queste ultime dal fulcro. Si afferma che tale proporzione implica l'equilibrio e può essere provata con ognuno dei 3 tipi di leve sopra elencati. Vengono quindi presentati diversi esempi per ogni tipo di leva. Per il primo tipo si cita il martello che estrae un chiodo, sottointendendo il vantaggio di tali tipi di leve. Per quanto riguarda il secondo tipo si ha l'esempio dei remi delle barche, mentre gli esempi del terzo tipo di leva sono quasi tutti riferiti all'anatomia di un corpo umano. Un esempio può essere quello dell'osso come leva, l'articolazione come fulcro e la forza del muscolo.

Viene poi enfatizzato che se due forze devono sostenere un peso, è fondamentale che il peso si trovi tra le due forze e che le loro distanze dal peso siano inverse rispetto all'intensità delle forze.

Una macchina semplice che può essere vista come esempio di una leva del primo genere è l'asse nella ruota che viene così definita:

*"Altera machina simplex est Axis in peritrochio, dictus a Graecis ονος, a Latinis fucula; Est autem circulus cylindro affixus, quocum circa commune centrum potest converti. Conflat cylindro, seu Tympano, cui axis infixus est. Habet etiam Scytalas, seu radios vel immediatae infixos Tympano, vel infixos peripheriae rotae maioris, qui quum a potentia moventur, circulum deferibunt. Circa Tympanum circumvolvitur funis, cui pondus est alligatum. Ex maiori magnitudine rotae, seu circuli maior fit potentia, cuius actio in eadem ratione cum rotae diametro augeatur. [...]"*

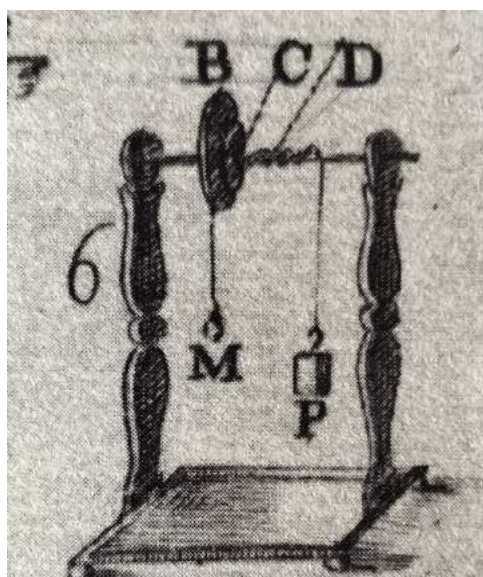
"Un'altra macchina semplice è l'Asse nel peritrochio, chiamato dai Greci ονος, e dai Latini *argano*; è un cerchio attaccato a un cilindro che può ruotare attorno a un centro comune. È formato da un cilindro o Tympanum, al quale è fissato l'asse. Ha anche delle Scytalas, o raggi sia immediatamente fissati al Tympanum, sia fissati alla periferia di una ruota più grande, che quando sono mossi da una potenza, gireranno intorno al cerchio. Attorno al Tympanum è avvolta una corda, alla quale è legato un peso. Con la maggiore grandezza della ruota o del cerchio, la potenza diventa maggiore, e la sua azione aumenta nella stessa proporzione del diametro della ruota.[...]"

Affinché ci sia equilibrio viene richiesto che (Tav. 1. Fig. 6):

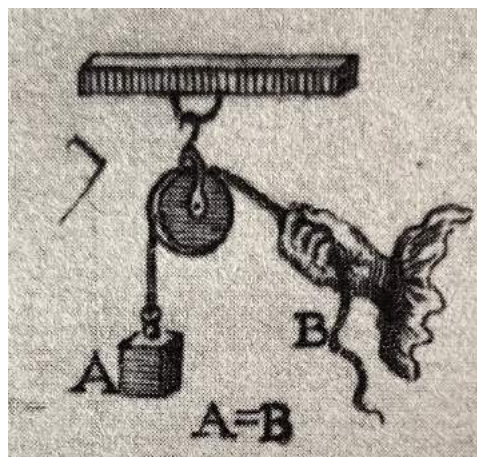
$$M : P = DC : CB$$

L'utilizzo principale di tale macchina è nelle miniere e nelle cave, oppure nei pozzi profondi e nei porti per sollevare le ancore.





(a) [Tav. 1. Fig. 6]



(b) [Tav. 1. Fig. 7]

Figura 14: Illustrazioni dei due esperimenti, Tav.I Fig. 6, e 7

Un'altra macchina semplice che può essere vista come una leva di secondo ordine è la carrucola, così definita (Tav. 1. Fig. 7):

*"Tertia simplex machina dicitur Trochlea, quae est orbiculus, seu rotula circa axem suum versatilis, cui circumpositus est funis ductarius dictus, quo pondera trahimus, aut elevamus [Tav. 1. fig. 7.]. Machina haec, quum valde simplex sit, et persaepe in compositione aliarum reperitur, plurimum ideo affert utilitatis ad pondera trahenda, aut elevanda: Etenim fungitur vice Vectis, qui perpetuus vocari potest, quoniam a fulcro dividitur in duas partes aequales, licet pondus elevetur, et differentes potentiae, et ponderis directiones neutrius eorum vim augere possint."*

"La terza macchina semplice è detta Trochlea, che è un cerchio o rotella che può ruotare intorno al suo asse, a cui è avvolta una fune detta conduttore, con la quale tiriamo o solleviamo pesi [Tav. 1. fig. 7.]. Questa macchina, pur essendo molto semplice e spesso trovata nella composizione di altre, offre molto nell'alzare o spostare pesi: infatti agisce come una Leva, che può essere chiamata perpetua, poiché è divisa da un fulcro in due parti uguali, anche se il peso viene sollevato, e le diverse potenze e le direzioni del peso non possono aumentare la forza di nessuna di esse."

## Il cuneo

La quarta macchina semplice citata è il cuneo, definito come segue:

*“Quarta est Cuneus E (Tav. 1. Fig. 9); idest prisma triangulare, cuius duo rectangula desinunt in communem lineam retam, aciem Cunei appellatam: sed et quodcumque corpus ex basi lata in acumen definit, Cuneus vocatur. Cunei bases sunt triangula aequicrura. Eadem est altitudo trianguli, et Cunei. Basis trianguli dicitur etiam basis Cunei.”*

“Il cuneo (Tav. 1. Fig. 9); è quindi un prisma triangolare, i cui due rettangoli terminano in una linea retta comune, chiamata spigolo del Cuneo. Inoltre, qualsiasi corpo che si restringe da una base larga fino a una punta è chiamato Cuneo. Le basi del Cuneo sono triangoli isosceli. L'altezza del triangolo è uguale a quella del Cuneo. La base del triangolo è anche chiamata base del Cuneo.”

Il cuneo è uno strumento utilizzato per separare due parti di un corpo, funzionando grazie alla forza applicata sul dorso, che viene trasferita alle parti da separare creando una frattura. In particolare, per l'equilibrio, vale la seguente proporzione:

*forza applicata : resistenza delle pareti da separare = altezza del cuneo : base del cuneo.*

L'utilizzo di questa macchina semplice si riscontra nella spaccatura del legno o delle pietre, così come nei coltelli, nei pugnali e nelle spade.

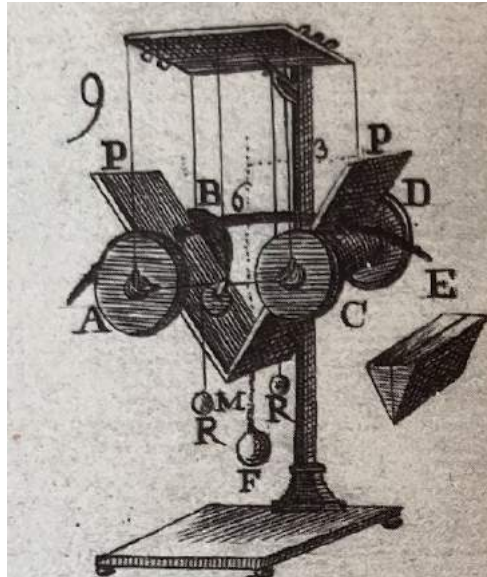


Figura 15: [Tav. 1. Fig. 9]

## La vite

Un'ulteriore macchina semplice è la vite.

*"Si ex charta construatur triangulum rectangulum ACB ( Tav. I. Fig 10.), et circumductum in orbem applicetur cylindro, orietur Spiralis. Quinta vero machina est Cochlea , quae duabus constat partibus, quarum una dicitur Cochlea interior, quae est cylindrus ad formam helicis, seu spirae sulcatus: altera, quae Cochlea exterior nuncupatur, est solidum cylindrice excavatum, cuius concava superficies eodem modo sulcata est, ita ut huius eminentiae cavitatibus cylindri interioris exacte congruant [Tav. 1. Fig. 10.]. Earum partium una circa alteram convertitur, alterutra vero esse debet fixa, et immobilis. Potentia, qua Cochlea movetur, manubrio, aut seytalae applicatur. In hac simplici machina observandum est, dum potentia applicata B semel vertit lignum A B, ideoque describit circumulum, cuius radius est BA, helicem unam descendere. [...]"*

"Se si costruisce un triangolo rettangolo ACB con della carta (Tav. I. Fig. 10) e lo si fa ruotare attorno a un cilindro, si otterrà una spirale. La quinta macchina semplice è la vite (Cochlea), che è composta da due parti: una chiamata vite interna, che è un cilindro solcato a forma di elica o spirale; l'altra, chiamata vite esterna, è un cilindro cavo la cui superficie concava è solcata allo stesso modo, in modo che le sporgenze di questa combacino esattamente con le cavità della vite interna (Tav. 1. Fig. 10). Una delle due parti ruota intorno all'altra, mentre l'altra deve essere fissa e immobile. La forza che muove la vite viene applicata con una manovella o una leva. In questa semplice macchina, è importante osservare che, quando la forza applicata B ruota una volta attorno al legno AB, descrivendo quindi un cerchio con raggio BA, la vite scende di una spira.[...]"

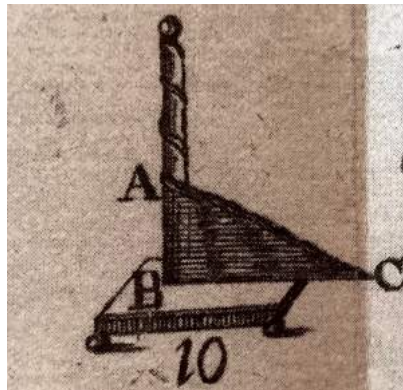


Figura 16: [Tav. 1. Fig. 10]

Questo è dunque un esempio di come una forza rotazionale possa essere convertita in una forza lineare. L'efficienza della vite è influenzata dalla distanza tra le spire: più queste sono vicine, maggiore è la forza applicata. Vale quindi la seguente proporzione:

$$\text{forza applicata} : \text{resistenza} = \text{distanza tra le spire} : \text{raggio del cerchio descritto dalla forza applicata.}$$

L'utilizzo della vite può essere ritrovato sia per stringere dei corpi che per sollevare dei pesi.

Un esempio particolare di vite è quella di Archimede (Tav. 8. Fig. 3) costituita da un cilindro intorno al quale è avvolto un tubo a spirale. Se tale dispositivo è inclinato di  $45^\circ$  e una sua parte è immersa in acqua, può sollevare l'acqua da un livello più basso a uno più alto. Il principio di funzionamento della vite di Archimede si basa sul movimento elicoidale: quando la vite viene fatta ruotare, la forma elicoidale crea delle camere chiuse che intrappolano il liquido o il materiale solido. Queste camere, essendo inclinate, spingono il contenuto verso l'alto ad ogni rotazione. L'utilizzo di questa macchina è stato essenziale per l'irrigazione e nelle miniere.

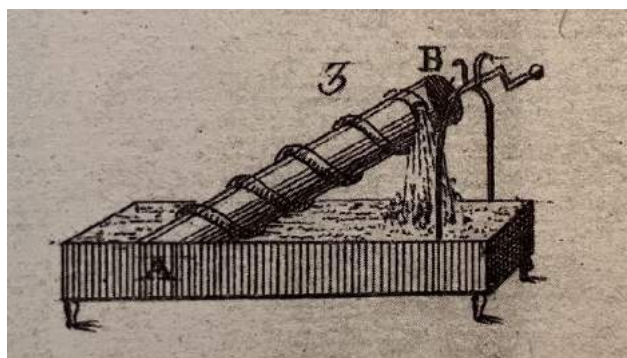


Figura 17: [Tav. 8. Fig. 3]

La descrizione degli apparati nelle sezioni dedicate alle macchine semplici riflette un'attenzione particolare alla struttura e al funzionamento di questi dispositivi, evidenziando un approccio sistematico e dettagliato che era fondamentale per l'epoca: ogni macchina semplice viene presentata non solo attraverso la definizione teorica, ma anche mediante una descrizione pratica e visiva dei suoi componenti principali e del loro funzionamento. Questo metodo didattico permette di comprendere non solo il principio fisico che governa ciascuna macchina, ma anche come queste possano essere applicate in contesti reali.

### 3.5.3 Le macchine composte

Si passa a questo punto alle macchine composte (Tav. 1. Fig. 12, 13, 14, 15), definite come la combinazione di più macchine semplici. Si rientra sempre all'interno della descrizione degli apparati e dei principi fisici che li descrivono. Il vantaggio delle macchine composte è che quando una forza è applicata a una macchina semplice, questa forza può essere trasferita e amplificata dalla successiva macchina, creando così un effetto cumulativo. Un esempio significativo è la combinazione di leve e carrucole, che permette di sollevare pesi considerevoli con una forza relativamente piccola.

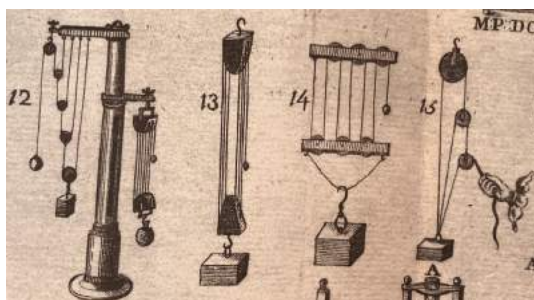


Figura 18: [Tav. 1. Fig. 12, 13, 14, 15]

### La vite infinita

Tale macchina (Tav. 1. Fig. 19) è composta dall'unione di una vite ordinaria e una ruota dentata. La rotazione della vite fa muovere la ruota dentata, generando così una grande forza. Questa configurazione permette di sollevare grandi pesi con una forza minima, grazie alla moltiplicazione della forza attraverso i denti della ruota.

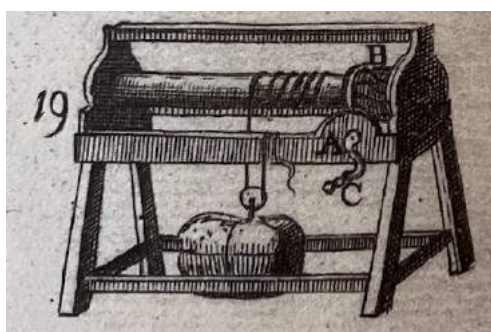


Figura 19: [Tav. 1. Fig. 19]

### 3.5.4 Il moto

Uno dei primi esperimenti riguarda la dimostrazione della legge di caduta libera dei gravi in assenza di resistenza dell'aria. *Un pezzo d'oro e una piuma vengono fatti cadere nello stesso momento in una macchina pneumatica. Si osserva che, in assenza di aria, entrambi raggiungono il fondo simultaneamente* (Tav. 1. Fig. 17).

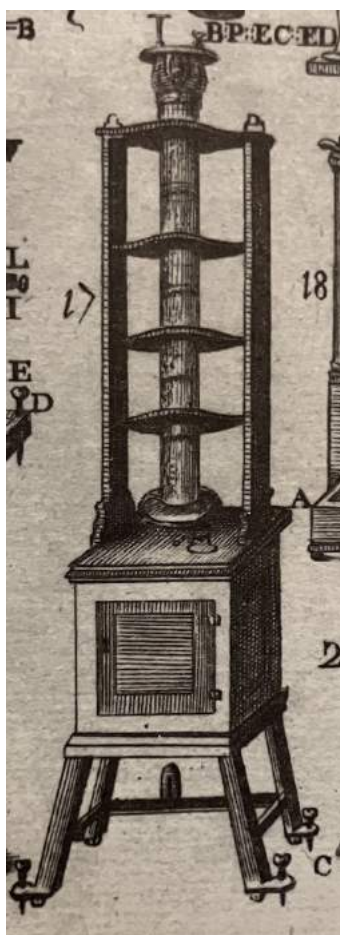
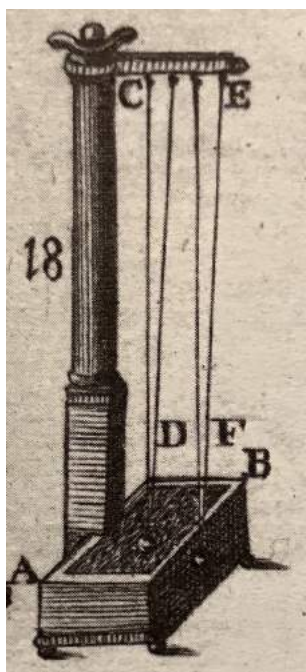


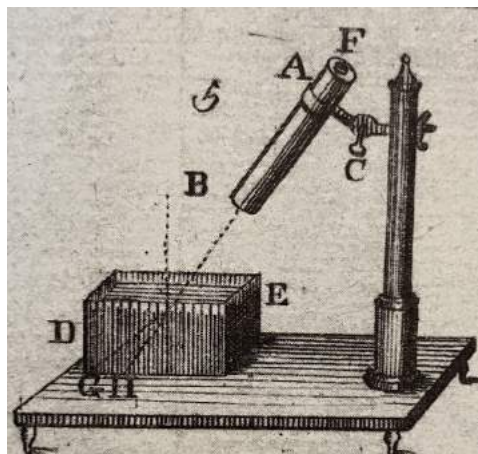
Figura 20: [Tav. 1. Fig. 17]

Un'aggiunta va sicuramente fatta sulla macchina pneumatica. La sua storia ha origine con Otto von Guericke, un fisico e inventore tedesco che dimostrò che era impossibile separare le due semisfere di ottone che costituivano la Sfera di Magdeburgo anche con l'uso di cavalli e uomini, creando così una dimostrazione visiva dell'effetto della pressione atmosferica. Fu poi Robert Boyle nel suo lavoro del 1659 a descrivere degli esperimenti che aveva condotto utilizzando una pompa a vuoto per studiare il comportamento dei gas. Fu però Guadagni uno dei primi a utilizzare la macchina pneumatica per condurre

esperimenti scientifici rigorosi nel campo della fisica. Costui lavorò per migliorare la robustezza e l'affidabilità della macchina, introducendo nuovi materiali e sviluppando nuove tecniche per controllare e regolare la pressione all'interno della macchina pneumatica. Questo fu cruciale per poter ottenere degli esperimenti accurati e riproducibili. L'esperimento successivo è un confronto della perdita di velocità di due pendoli, uno oscillante in aria e l'altro in acqua. Entrambi i pendoli hanno la stessa lunghezza, massa e volume. *Si osserva che il pendolo nell'acqua perde velocità molto più rapidamente rispetto a quello nell'aria* (Tav. 1. Fig. 18). L'osservazione che il pendolo perde velocità più rapidamente nell'acqua rispetto all'aria è un chiaro esempio di come la resistenza di un fluido influenzi il moto di un corpo. Nel Settecento, tale esperimento dimostrava empiricamente che fluidi con densità e viscosità maggiori, come l'acqua, oppongono una resistenza maggiore rispetto a fluidi meno densi, come l'aria. Questo principio è spiegato oggi dalla dinamica dei fluidi, dove la resistenza dipende dalla densità del fluido, dalla superficie del corpo e dalla velocità relativa tra corpo e fluido. La maggiore densità dell'acqua rispetto all'aria provoca un aumento della forza di resistenza, rallentando il pendolo più rapidamente. Attualmente, si utilizzano equazioni più sofisticate come quella di Navier-Stokes per modellare il comportamento dei fluidi in dettaglio, ma il concetto fondamentale osservato nell'esperimento rimane valido.



(a) [Tav. 1. Fig. 18]



(b) [Tav. 8. Fig. 5]

Figura 21: Illustrazioni dei due esperimenti, Tav. 1. Fig. 18 e Tav. 8. Fig. 5

Seguono i due esperimenti che riguardano la rifrazione e riflessione (Tav. 8. Fig. 5).

In entrambi viene utilizzato un tubo metallico obliquo e in uno viene lasciato cadere un globo in una cassetta di cera (senza e con fluido) per osservare la traccia lasciata dal globo. Nell'altro il tubo è in posizione perpendicolare e il globo viene fatto cadere prima in una cassetta vuota e poi in una piena d'acqua. Sebbene nel primo esperimento lo scopo sia verificare la rifrazione e nel secondo che se un corpo penetra perpendicolarmente in un mezzo più denso la direzione non cambia, questi esperimenti sembrano più verificare gli effetti della variazione della traiettoria a seguito del cambio di densità del mezzo.

Per quanto riguarda la verifica della legge che oggi si conosce come  $s = \frac{1}{2}at^2$  viene proposto il seguente esperimento: un lungo legno  $AB$  con una scanalatura al centro è diviso in nove parti e sorretto da più sostegni in modo da poter essere inclinato. All'estremità della prima, quinta e nona parte del legno sono collocati campanellini sospesi a sostegni di bronzo, ciascuno con una lamina elastica che, colpita da globi posti sul legno, fa suonare i campanellini. Due globi sono posti sul legno: uno comincia a scendere e, nel momento in cui raggiunge la fine della prima parte, l'altro globo viene messo in movimento. Quando il primo globo raggiunge la fine della quarta parte, l'altro avrà completato solo la prima parte; e quando il primo ha percorso le ultime cinque parti, l'altro ne avrà percorse solo tre (Tav. 2. Fig. 9).

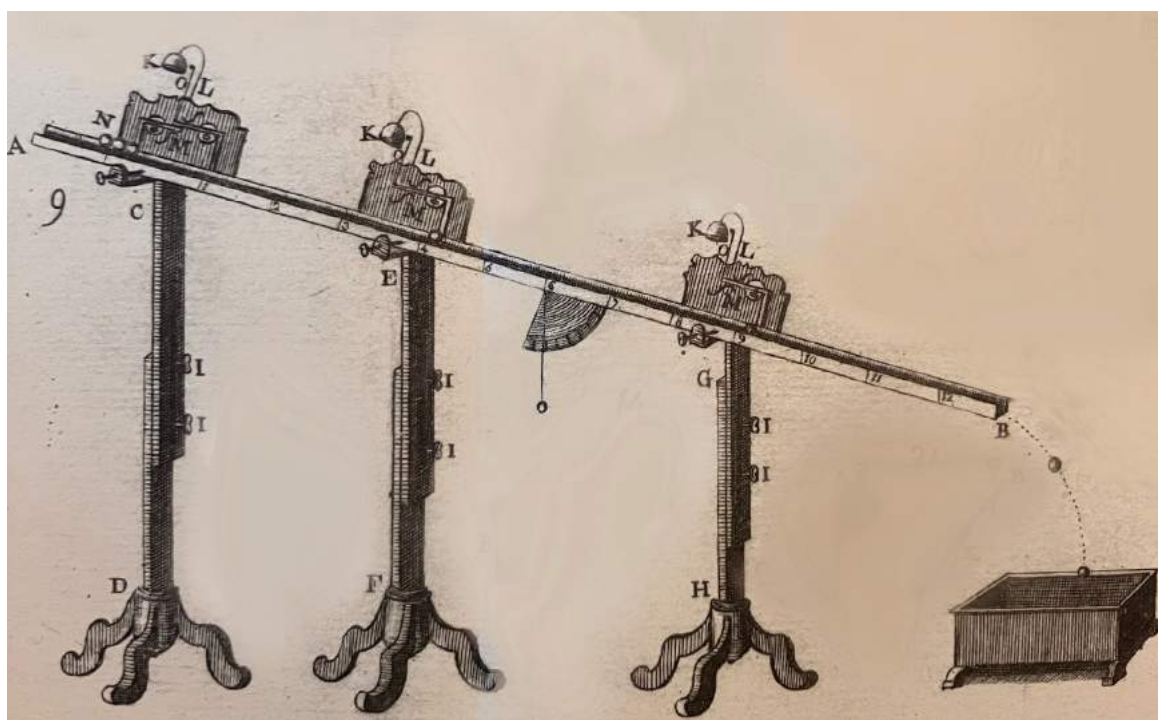


Figura 22: [Tav. 2. Fig. 9]

L'esperimento proposto ricorda quello presentato da Galileo Galilei il quale utilizzò



un piano inclinato per rallentare il movimento di una sfera e renderne così più facile le varie misurazioni. Questo piano inclinato consisteva in una lunga tavola di legno con una scanalatura al centro, nella quale una sfera poteva rotolare<sup>112</sup>. La tavola era inclinata con un angolo molto piccolo rispetto all'orizzontale per ridurre la velocità della sfera e facilitare le osservazioni e le misurazioni del tempo. In entrambi gli esperimenti, l'uso dei campanellini per segnare il passaggio dei globi alle estremità delle diverse parti del legno, è un metodo ingegnoso per sincronizzare i tempi e misurare le distanze percorse. Tuttavia, la precisione di questo metodo dipende dalla sensibilità delle lamine elastiche e dalla costanza della forza applicata ai globi.

Un'altro esperimento rilevante è il seguente: *un globo di bronzo D, perforato al centro, scorre lungo un filo di bronzo AB steso perpendicolarmente all'orizzonte e disposto lungo il diametro di un cerchio di legno ACB. Un altro globo di bronzo E, identico al primo, scorre lungo un filo di bronzo AF disposto lungo la corda del cerchio. I globi sono trattieneuti da una lamina elastica G nel punto in cui la corda e il diametro si incontrano. Se la lamina elastica viene rilasciata in modo che i globi cadano contemporaneamente, entrambi i globi raggiungeranno i rispettivi estremi (uno lungo il diametro e l'altro lungo la corda) nello stesso momento, colpendo un corpo sonoro A posto alle estremità (Tav. 2. Fig. 8).*

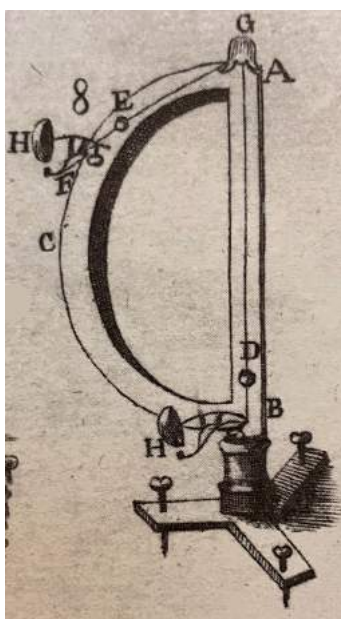


Figura 23: [Tav. 2. Fig. 8]

<sup>112</sup>Su come era davvero fatto questo piano inclinato ci sono molte congetture perchè Galileo non lasciò dei dettagli precisi su come aveva costruito l'apparato sperimentale. Non è neanche certo se la pallina si trovasse completamente dentro la scanalatura o se si muoveva su una sorta di binario, se rotolasse o strisciasse.

Analizzando l'esperimento si nota che quando la lamina elastica viene rilasciata, entrambi i globi iniziano a muoversi simultaneamente e se si ignora l'attrito e altre eventuali forze esterne, la velocità con cui i globi si muovono lungo i fili sarà determinata dalla componente della gravità lungo ciascun filo. Il globo D si muove lungo il diametro verticale quindi l'accelerazione che risente è quella di gravità. Il globo E, muovendosi lungo una corda che forma un certo angolo con la direzione orizzontale, risentirà di un'accelerazione che sarà minore rispetto a quella dell'altro globo, ovvero sarà  $g \sin \theta$ . Ci si concentra ora sui tempi di percorrenza supponendo un moto di caduta libera. Il globo D percorrerà il diametro  $d$  in un tempo pari a  $t_{diam} = \sqrt{\frac{2d}{g}}$ , il globo E impiegherà invece  $t_{corda} = \sqrt{\frac{2c}{g \sin \theta}}$  essendo  $c$  la lunghezza della corda. Imponendo l'uguaglianza fra questi due tempi si ottiene che:

$$\sqrt{\frac{2d}{g}} = \sqrt{\frac{2c}{g \sin \theta}} \quad (1)$$

Che semplificando porta a:

$$c = d \sin \theta \quad (2)$$

Infatti, dalla geometria è noto che ogni triangolo inscritto in una semicirconferenza è un triangolo rettangolo. Dalla similitudine fra triangoli si osserva anche che l'angolo che il cateto forma con l'orizzonte è lo stesso che si forma tra il diametro e il congiungimento di quest'ultimo con il cateto e dunque vale proprio che  $c = d \sin \theta$ .

Si ritiene importante anche presentare l'unico esperimento che viene mostrato per dimostrare la conservazione dell'energia: *due lastre piane di cristallo AB e BC sono disposte orizzontalmente e inclinate ad angoli uguali. Se una sferetta di avorio viene lasciata cadere lungo una lastra, risale lungo l'altra lastra opposta fino a raggiungere circa la stessa altezza* (Tav. 8 Fig. 8).

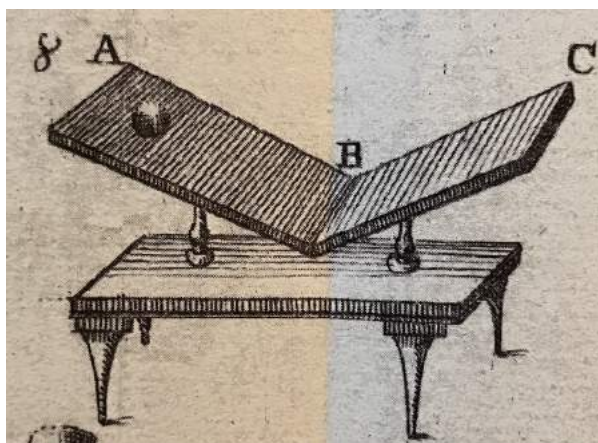


Figura 24: [Tav. 8 Fig. 8]

L'esperimento è corretto nel dimostrare che una sferetta che cade lungo una lastra inclinata risale a un'altezza simile lungo una lastra opposta. Questo conferma il principio di conservazione dell'energia, dove l'energia potenziale iniziale viene convertita in energia cinetica e poi di nuovo in energia potenziale.

### 3.5.5 Le forze

Per quanto riguarda le forze, è sicuramente interessante vedere come vengono presentati gli esperimenti riguardanti la forza centrifuga.

Nel primo esperimento, (Tav. 2 Fig. 91), *una tavola rotonda orizzontale viene fatta girare velocemente intorno al proprio asse. Su di essa si pongono obliquamente due regoli scavati A, B, ciascuno dei quali contiene un tubo di vetro CD, CD ermeticamente chiuso, con liquidi di uguale volume ma peso diverso. Durante il moto rotatorio, i liquidi più leggeri convergono verso il centro, mentre i più pesanti se ne allontanano.* Secondo Guadagni, la spiegazione dietro tale esperimento si cela nella forza centrifuga. Quest'ultima agisce in modo proporzionale alla massa dei liquidi: i liquidi più pesanti, avendo una massa maggiore, sperimentano una forza centrifuga maggiore e tendono a spostarsi verso l'esterno. Oggi potremmo dire che nel sistema di riferimento rotante, la forza centrifuga spinge i liquidi verso l'esterno. I liquidi più pesanti sperimentano una forza centrifuga maggiore e quindi si spostano più lontano dal centro, mentre i liquidi più leggeri sperimentano una forza minore e rimangono più vicini al centro. In un sistema di riferimento inerziale, questo effetto si spiega con l'accelerazione centripeta necessaria per mantenere il liquido in movimento circolare.

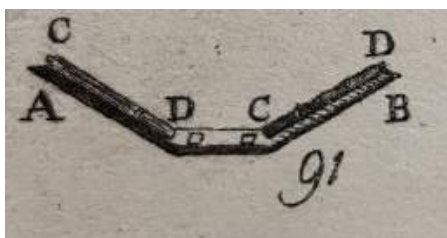


Figura 25: [Tav. 2 Fig. 91]

Nel secondo, (Tav. 2 Fig. 81), *due tavole inclinate A, B sono collocate con tubi CD, CD contenenti globi C, C. Le aperture dei tubi sono connesse a una capsula E piena d'acqua. Dopo aver prodotto un moto rotatorio, i due globi si riempiranno con il fluido.* L'idea che il moto rotatorio possa causare il riempimento dei globi con il fluido è plausibile, ma non è completamente chiaro il meccanismo dettagliato senza ulteriori informazioni. Sembra che la forza centrifuga possa contribuire a questo effetto, spingendo il fluido nei globi, tuttavia, la descrizione è meno chiara rispetto al primo esperimento. La rotazione, in un sistema di riferimento rotante, induce quindi una forza centrifuga

che causa il movimento del fluido nei globi. In un sistema inerziale, invece, questa è una conseguenza della necessità di una forza centripeta per mantenere il fluido in movimento circolare.



Figura 26: [Tav. 2 Fig. 81]

*Si ha poi (Tav. 2 Fig. 16) un globo di vetro AB quasi pieno d'acqua che viene fatto ruotare intorno al proprio asse AB tramite una macchina di rotazione CDEF. L'acqua si allontanerà dal centro, lasciando uno spazio libero GH da un polo all'altro del globo. L'idea è che nel sistema di riferimento rotante, la forza centrifuga spinge l'acqua verso l'esterno ma in un sistema inerziale, si vede che l'acqua si muove verso l'esterno perché richiede una forza centripeta per rimanere in rotazione.*

*Infine, (Tav. 2 Fig. 16), un circolo metallico IK viene ruotato tramite la macchina CDEF. Il circolo assume una forma ellittica, schiacciata ai poli e allargata all'equatore, simile al moto del globo terrestre. La spiegazione può essere la seguente: nel sistema rotante, la forza centrifuga agisce in modo più intenso all'equatore, spingendo il materiale verso l'esterno. Mentre in un sistema inerziale, questa deformazione è dovuta alla distribuzione delle forze necessarie per mantenere la rotazione uniforme del circolo.*

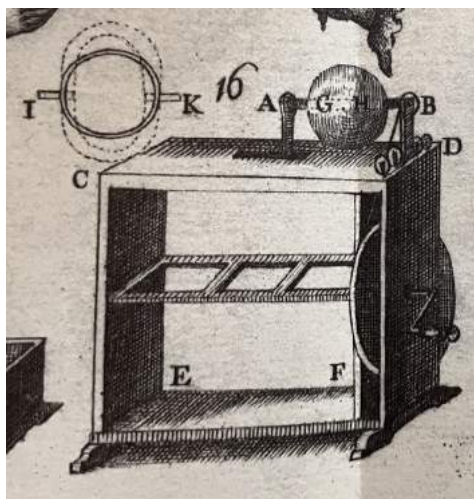


Figura 27: [Tav. 2 Fig. 16]

## Attrazione

In questa sezione sono sicuramente interessanti alcuni esperimenti riguardanti la capillarità. Nel primo, (Tav. 2 Fig. 10), *due tubi capillari di diametro diverso immersi in un liquido vedono il liquido salire in proporzione quasi tripla nel tubo più stretto.*

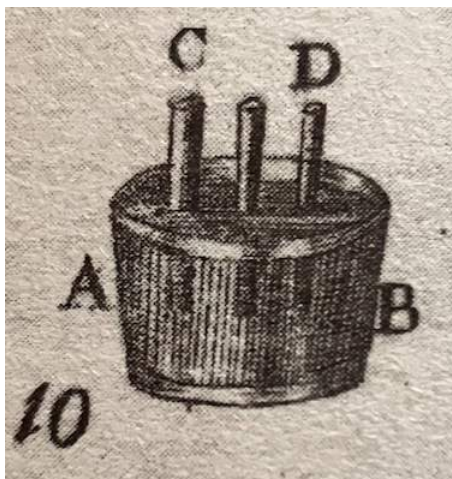


Figura 28: [Tav. 2 Fig. 10]

Come detto precedentemente, è la legge di Jurin, formulata dal fisico e matematico inglese James Jurin nel 1718, a descrive la risalita o la discesa di un liquido in un tubo capillare, in particolare,

$$h = \frac{2\tau \cos\alpha}{\rho g R} \quad (3)$$

dove:

- $h$  è l'altezza raggiunta nel tubo capillare
- $\tau$  è la tensione superficiale
- $\alpha$  è l'angolo di contatto
- $\rho$  è la densità del liquido
- $g$  è l'accelerazione di gravità
- $R$  è il raggio del tubo capillare

Quindi, la proporzionalità tripla di cui si parlava, dovrebbe essere verificata con precisione sperimentale.

In un altro esperimento, si faccia riferimento ancora alla figura precedente, *un tubo capillare a forma di spirale immerso in un liquido vede il liquido salire fino alla bocca del*

*tubo*. Questo fenomeno è noto come risalita capillare e si verifica quando la tensione superficiale del liquido e l'angolo di contatto tra il liquido e la superficie del tubo permettono al liquido di risalire attraverso il tubo capillare, cioè quando la forza capillare supera quella gravitazionale e quindi permette al liquido di risalire. Tutto ciò si verifica solamente se le condizioni sono corrette.

### La forza magnetica

Per quanto riguarda la forza magnetica, ci sono alcuni esperimenti significativi che fanno emergere gli errori concettuali dell'epoca.

*Una lamina d'acciaio AB strofinata su un magnete GD dal polo boreale a quello australe acquisisce forza magnetica (Tav. 3 Fig. 3).*

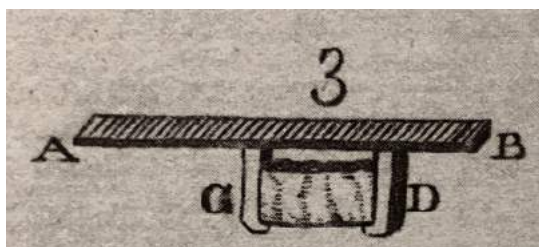


Figura 29: [Tav. 3 Fig. 3]

*La stessa cosa accadrà anche se si curva un filo di ferro ABC (Tav. 3 Fig. 4) in modo che una delle sue estremità tocchi l'altra.*

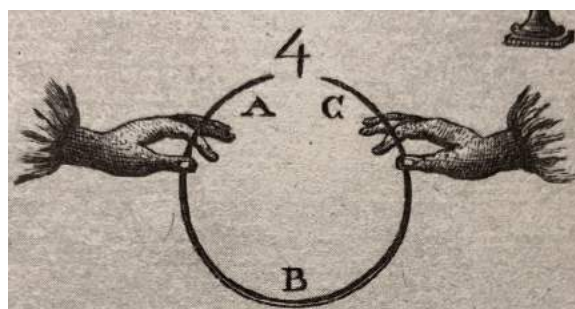


Figura 30: [Tav. 3 Fig. 4]

*Anche il fuoco rimuove le forze magnetiche, ma refrigerando l'acciaio incandescente in posizione meridiana o perpendicolare, acquisisce forza magnetica.*

Ci si rende conto che innanzitutto la direzione dello strofinamento non influisce sull'inversione dei poli e che curvare un filo di ferro non influisce sulla sua magnetizzazione. Oggi si sa che la magnetizzazione si ottiene allineando i domini magnetici del materiale

e che strofinare un magnete può magnetizzare ad esempio l'acciaio, ma la direzione dello strofinamento non ne inverte la magnetizzazione. Inoltre, il riscaldamento a temperature elevate e il successivo raffreddamento in un campo magnetico possono allineare i domini, ma questo dipende dalle proprietà intrinseche del materiale.

Si hanno poi due esperimenti per dimostrare che il campo magnetico non è influenzato da interferenze come il movimento rapido della fiamma o altri moti interposti. Il primo è il seguente: *Un ago magnetico in una campana di vetro vicino a una fiamma di spirito di vino non è influenzato dalla forza magnetica di un magnete distante sei pollici* (Tav. 3 Fig. 10).

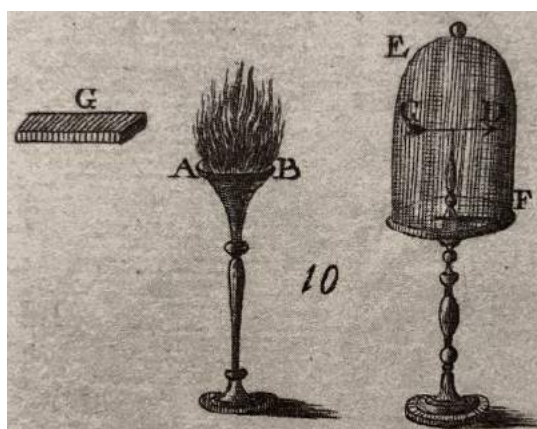


Figura 31: [Tav. 3 Fig. 10]

Il secondo: *Un vaso pieno d'aria condensata non impedisce l'azione del magnete su un ago magnetico* (Tav. 3 Fig. 11).

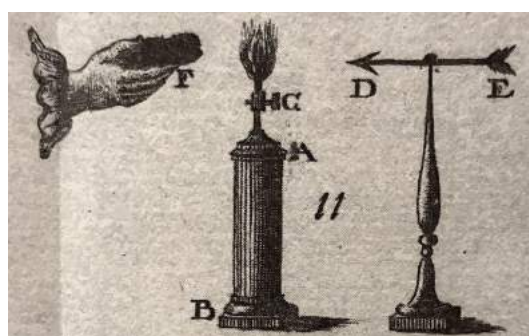


Figura 32: [Tav. 3 Fig. 11]

Oggi sappiamo che le onde elettromagnetiche, comprese quelle magnetiche, possono essere influenzate da vari fenomeni: ad esempio, una fiamma calda può ionizzare

l'aria, creando un plasma che può influenzare la propagazione delle onde elettromagnetiche attraverso rifrazione o assorbimento. Inoltre, si sa che i campi magnetici sono generalmente poco influenzati da materiali non magnetici come l'aria, solo materiali con proprietà magnetiche possono alterare i campi magnetici in modo evidente.

Un altro esperimento interessante è il seguente: *muovendo un'asta di ferro verso un polo magnetico, questa mostra attrazione o repulsione, e invertendo l'asta l'attrazione si inverte* (Tav. 3 Fig. 8). Anche qui come prima, si sa che la polarità magnetica dell'asta non cambia semplicemente invertendo l'asta, bensì allineando i domini magnetici.

Anche l'esperimento successivo si basa su un malinteso simile: *colpendo violentemente un'asta di ferro, i poli magnetici possono essere invertiti* (Tav. 3 Fig. 9).

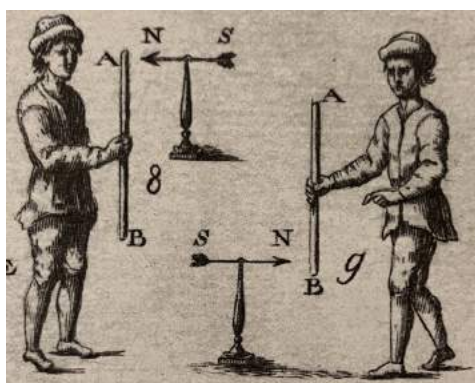


Figura 33: [Tav. 3 Fig. 8, 9]

In realtà, l'inversione dei poli richiede specifiche condizioni di campo magnetico e temperatura.

La stessa idea ad oggi non corretta è alla base anche di questo esperimento: *Un magnete tra due aste magnetiche aumenta l'efficacia dei poli se allineati correttamente, o inverte i poli se non allineati*.



Figura 34: [Tav. 3 Fig. 16]

L'ultimo esperimento che ad oggi risulterebbe errato è quello secondo cui *strofinando dei magneti su un'asta di alluminio, l'asta acquisisce forza magnetica*.



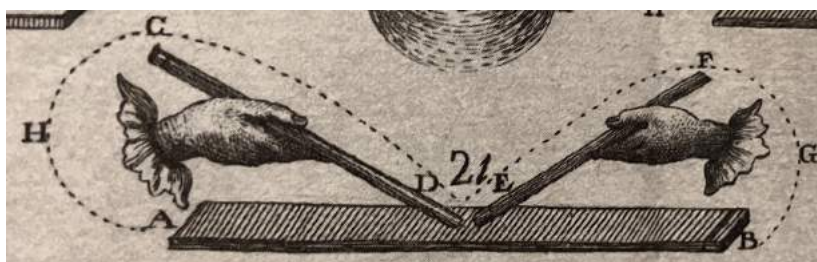


Figura 35: [Tav. 3 Fig. 21]

L'errore fondamentale è che l'alluminio non è ferromagnetico e non può essere magnetizzato in modo permanente.

### La forza elettrica

La sezione dedicata alla forza elettrica riflette accuratamente la comprensione scientifica dell'epoca riguardo ai fenomeni elettrostatici. Ad esempio, il primo esperimento descrive come *l'ambra strofinata possa attrarre e respingere corpi leggeri*, anticipando il concetto di elettrizzazione per strofinio (Tav. 3 Fig. 24).

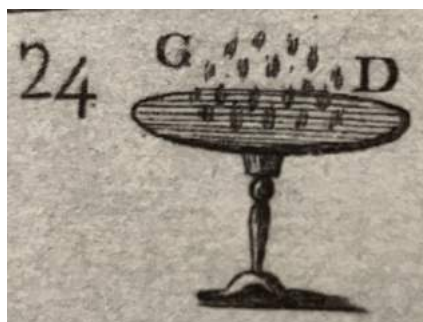


Figura 36: [Tav. 3 Fig. 24]

Questo fenomeno è oggi spiegato attraverso il trasferimento di elettroni tra materiali, che causa l'accumulo di cariche statiche.

Successivamente, si osserva che *lo zolfo liquefatto e successivamente raffreddato in un cono di vetro manifesta elettricità senza alcun attrito* (Tav. 3 Fig. 25).

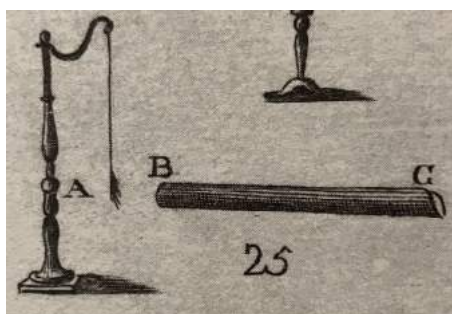


Figura 37: [Tav. 3 Fig. 25]

Questo esperimento anticipa la comprensione moderna delle proprietà triboelettriche dei materiali, dove lo zolfo può diventare carico elettricamente attraverso un processo di elettrizzazione che non necessariamente richiede attrito diretto, ma piuttosto il contatto e la separazione di superfici diverse.

Degno di nota è sicuramente l'esperimento in cui si introduce il concetto di elettroforo, una macchina che Guadagni descrive come capace di generare scintille elettriche mediante un semplice meccanismo di contatto e separazione di materiali. *Si versa della resina o zolfo in un vaso metallico alto circa mezzo pollice. Poi, si pone una lamina rotonda di ferro, di un pollice più piccola del vaso, connessa ad un cilindro di vetro C, sopra la resina. Ogni volta che la lamina viene sollevata dopo essere stata a contatto con la resina, essa mostra segni di elettricità producendo una scintilla evidente* (Tav. 9 Fig. 9).

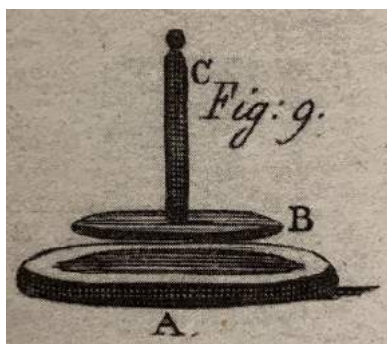


Figura 38: [Tav. 9 Fig. 9]

Questo dispositivo è uno dei primi esempi di un generatore elettrostatico, e la sua descrizione è coerente con la comprensione moderna della separazione delle cariche e del campo elettrico generato. Successivamente, il Guadagni illustra *un sistema dove un dischetto di legno con fili di lino viene posto all'interno di un globo di vetro vuoto, montato su un asse e capace di ruotare. All'esterno del globo si trova un filo di bronzo con fili di lino pendenti. Quando il globo viene fatto ruotare e viene toccato con la mano,*

*i fili all'interno del globo si dirigono verso la superficie interna, mentre i fili esterni si dirigono verso il centro del globo (Tav. 3 Fig. 28).*

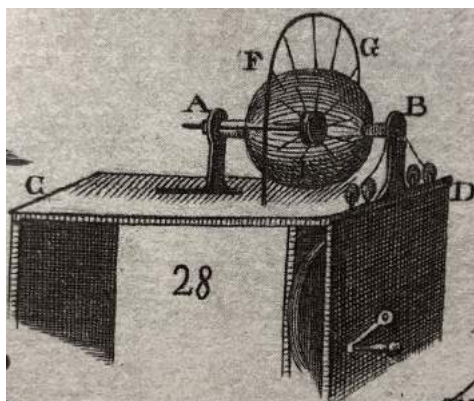


Figura 39: [Tav. 3 Fig. 28]

Questo fenomeno si spiega oggi con la teoria del campo elettrico, dove le linee di forza del campo influenzano la disposizione dei fili carichi.

Gli esperimenti successivi, come quello che *coinvolge l'uso di una lastra di cristallo strofinata per generare elettricità*, (Tav. 3 Fig. 26) e quello che *descrive l'uso di un disco di cristallo rotante per produrre effetti elettrici*, (Tav. 9 Fig.10) mostrano un'approfondita esplorazione dei metodi per generare e osservare l'elettricità statica.



(a) [Tav. 3 Fig. 26]



(b) [Tav. 9 Fig.10]

Figura 40: Disegni dei due esperimenti

Andando avanti, Guadagni descrive come *se in una macchina elettrica* (Figura 43: Tav. 4 Fig. 6) *viene fatta girare una ruota e si appoggia ad esempio un mano sopra ad una sfera di vetro che giri insieme alla ruota velocissima intorno al proprio asse per mezzo di una fune di trasmissione, allora si genererà una notevole forza elettrica che verrà comunicata agli altri corpi: un'asta di ferro, o un cono, o un tubo metallico sostenuto da fili di seta..* Questo è un chiaro precursore dei moderni generatori di Van de Graaff, che utilizzano meccanismi simili per accumulare cariche. Poi, sicuramente rilevante è l'esperimento in cui *due aste metalliche AB e CD sospese da fili di seta e una tavola con candele accese E ed F mostrano forza elettrica su una piuma K quando una candela viene rimossa* (Tav. 4 Fig. 7).

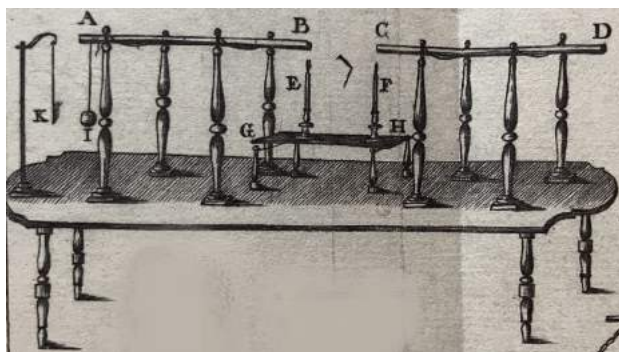


Figura 41: [Tav. 4 Fig. 7]

Questo evidenzia come l'elettricità possa influenzare oggetti a distanza ed è fondamentale per comprendere il concetto di campo elettrico e l'influenza a distanza delle cariche elettriche.

Si trova poi un esperimento particolarmente interessante poiché descrive la famosa esperienza in cui *due uomini che partecipano a un circuito elettrico sperimentano una scintilla e un colpo violento quando uno tocca un'asta elettrica.* (Tav. 4 Fig. 1)

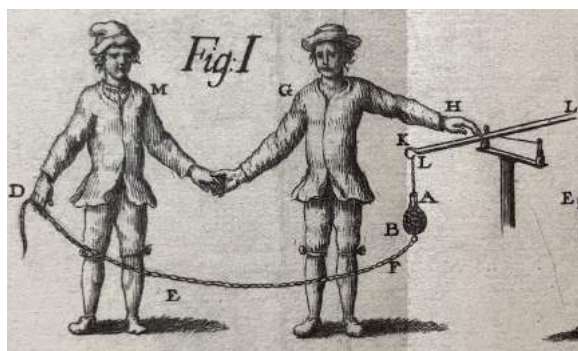


Figura 42: [Tav. 4. Fig. 1]

Questo esperimento è un classico esempio di induzione elettrostatica e illustra come le cariche possano essere trasferite tra corpi umani, anticipando la comprensione delle scariche elettriche e dei circuiti chiusi.

Seguono una serie di esperimenti in cui si dimostrano varie applicazioni dell'elettricità nel generare calore, luce e reazioni chimiche. Nel primo si evidenzia come *un corpo che sfiora un vortice elettrico produce una scintilla e un rumore, accendendo uno stoppino di una candela spenta.*, anticipando i moderni accenditori elettrici (Tav. 4 Fig. 4).

Nel secondo si mostra come *l'elettricità statica possa infiammare lo spirito di vino*, precludendo alle applicazioni di accensione elettrostatica (Tav. 4 Fig. 2).

Nel terzo si dimostra come *un globo elettrificato possa infiammare liquidi infiammabili*, rinforzando la comprensione dell'elettricità nell'interagire con sostanze chimiche (Tav. 4 Fig. 3).

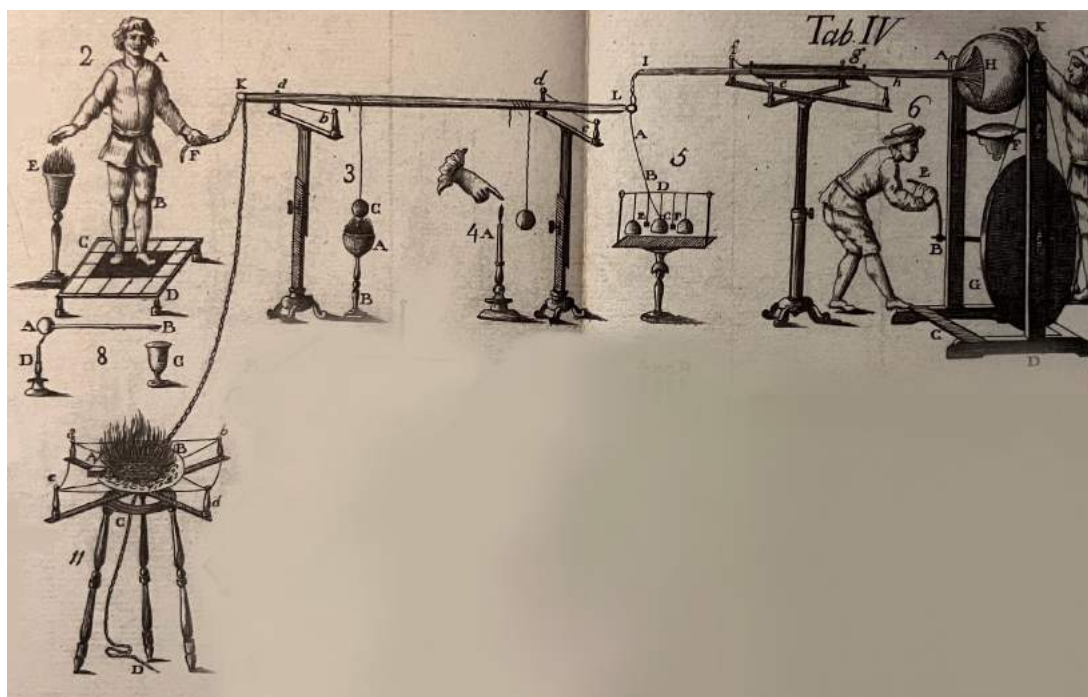


Figura 43: [Tav. 4 Fig. 2, 3, 4, 6, 11]

Nell'ultimo, si descrive un esperimento che prevede *l'impiego di una cassa di legno con un fondo metallico, al cui interno sono posizionati ottanta o cento vasi cilindrici rivestiti di metallo sia all'esterno che all'interno e interconnessi da fili metallici*. Quando questa cassa viene caricata di materia elettrica e viene soggetta a colpi, genera una forza così intensa da causare una serie di fenomeni straordinari. Questi fenomeni comprendono *l'incendio della polvere pirica, la morte di un animale, la perforazione di fogli di carta,*

la fusione di metalli ed è per questo motivo che le viene dato un nome che sottolinea la sua straordinaria potenza, "macchina elettrica" (Tav. 4 Fig. 21).



Figura 44: [Tav. 4 Fig. 21]

Questa sezione termina con un esperimento in cui si esplora l'elettricità atmosferica e la relazione tra fulmini e forza elettrica: *utilizzando un'asta metallica elevata e un globo metallico, si osserva la manifestazione della forza elettrica quando un fulmine colpisce l'asta* (Tav. 9 Fig. 11).

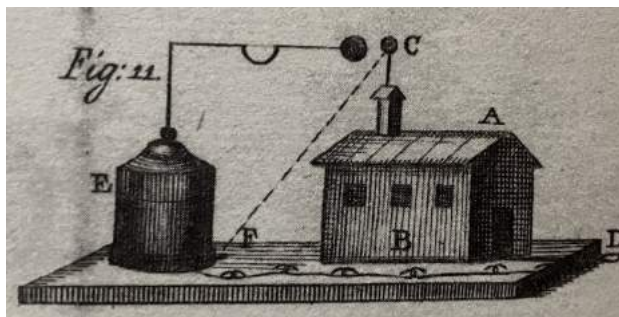


Figura 45: [Tav. 9 Fig. 11]

Questo esperimento, benché pericoloso, anticipa gli studi di Benjamin Franklin e la comprensione del fulmine come un fenomeno elettrico naturale.

## 4 Conclusioni

La presente tesi ha esplorato l'evoluzione delle dimostrazioni scientifiche nel Settecento attraverso un'attenta analisi dell'opera "*Specimen Experimentorum Naturalium*" di Carlo Alfonso Guadagni contestualizzandola nell'evoluzione delle dimostrazioni scientifiche del Settecento. Questo studio ha evidenziato il ruolo cruciale delle dimostrazioni scientifiche e dei gabinetti di fisica nel progresso scientifico dell'epoca, nonché il rapporto dinamico tra teoria ed esperimento.

Si è evidenziato come, durante il XVIII secolo, le dimostrazioni scientifiche abbiano acquisito una crescente importanza, passando da semplici esibizioni a strumenti essenziali per la validazione delle teorie scientifiche e per l'educazione dei giovani scienziati. In questo contesto, i gabinetti di fisica hanno giocato un ruolo cruciale, fungendo non solo da spazi espositivi ma anche da veri e propri laboratori attivi. Questi gabinetti, presenti sia in Italia che in tutta Europa, sono stati fondamentali per la formazione dei fisici e per la diffusione delle conoscenze scientifiche, offrendo un ambiente dove le teorie potevano essere testate e dimostrate attraverso un'ampia varietà di strumenti scientifici. Inoltre, la collaborazione di Guadagni con Lord Cowper ha messo in luce come il mecenatismo e l'accesso a strumenti avanzati abbiano facilitato il progresso scientifico. Il gabinetto di fisica di Lord Cowper, utilizzato da Guadagni per le sue lezioni e dimostrazioni, è stato un esempio di come le risorse e le reti di conoscenze potessero potenziare la ricerca scientifica.

Il secondo obiettivo della tesi ha riguardato il rapporto tra teoria ed esperimento, utilizzando l'opera di Guadagni come caso di studio emblematico. Guadagni, attraverso lo "*Specimen Experimentorum Naturalium*", ha dimostrato come l'osservazione e la sperimentazione fossero strettamente integrate con il ragionamento teorico, seguendo i principi newtoniani. La sua opera ha anticipato studi successivi sottolineando l'importanza delle dimostrazioni pratiche per corroborare le teorie scientifiche del tempo. L'analisi ha mostrato che Guadagni non solo descriveva esperimenti, ma li utilizzava attivamente per dimostrare le sue teorie, contribuendo in modo significativo al progresso scientifico dell'epoca. Dall'analisi del testo emerge una marcata attenzione verso la parte sperimentale. Questo sembra riflettere il pensiero scientifico dell'epoca che vide l'emergere di una nuova concezione scientifica basata sull'osservazione sistematica e la verifica empirica. Questa enfasi sull'esperimento come fondamento della conoscenza scientifica si riflette vividamente nell'opera esaminata, dove ogni concetto teorico è accompagnato da dettagliate prove empiriche che ne convalidano la validità. Attraverso una serie di esperimenti ben documentati e analizzati con rigore metodologico, Guadagni non solo illustra i principi fondamentali della fisica, ma conferma l'importanza cruciale dell'approccio sperimentale nel processo di scoperta scientifica.

## Riferimenti bibliografici

- 's Gravesande, G.J. (1717). *De matheseos in omnibus scientiis praecipue in physicis usu*.  
— (1720). *Physices elementa mathematica*.
- 's Gravesande to Newton (1718). “Letter from Gravesande to Newton”. In: *Further Newton correspondence*.
- Allamand, J. N. S. (1774). *Oeuvres philosophiques et mathématiques de Mr. G. J. Gravesande*.
- Andrés, J. (2008). *Lettere familiari. Corrispondenza di viaggio dall'Italia del Settecento*. Panozzo.
- Anonimo (1766a). “n.10”. In: «*Gazzetta patria*».
- (1766b). “n.25”. In: «*Gazzetta patria*».
- (1773). “n.30”. In: «*Gazzetta Toscana*».
- (1778). “n. 73”. In: «*Gazzetta universale*».
- (s.d.). *Istoria dell'ultima malattia sofferta da Sua Altezza Lord Principe di Cowper*. Stampato senza data e né luogo dopo la morte di Lord Cowper.
- Antonicek, T. (1966). *Zur Pflege Händelscher Musik in der 2. Hälfte des 18. Jahrhunderts*. Hermann Böhlaus Nachf.
- Archivio di Stato di Pisa (n.d.[a]). *Inventari, Univ 2, G5, c.1*.
- (n.d.[b]). *Inventari, Univ. 2. G6, ordini e negozi, c. 732*.
- (n.d.[c]). *Inventari, Univ.2, A, III, 1, cc 15-25*.
- (n.d.[d]). *Inventari, Univ.2, Sed. B. I. 3. Affari dell'Università, carte non numerate*.
- Bennett, J. e S. Talas (2013). *Cabinets of Experimental Philosophy in Eighteenth-Century Europe*. Brill.
- Berry, M. (1865). *Extracts from the Journals and Correspondence of Miss M. Berry*. ongmans-Green.
- Beßle, G. (2009). *Wunderkammern. Weltmodelle von der Renaissance bis zur Kunst der Gegenwart*. Reimer.
- Bicchierai, A. (1788). *Dei bagni di Montecatini*.
- Bieliński, F. (2011). *Journal des voyages, 1782-1792*. A cura di B. Donderi. Manoscritto inedito. CIRVI.
- Brenni, P. (2002). *Jean Antoine Nollet e gli strumenti di fisica*. Septentrion.
- Burchard de Volder (n.d.). Ritratto di Burchard de Volder. URL: <https://alchetron.com/Burchard-de-Volder#burchard-de-volder-a5e9571a-0519-474f-8890-747f6bda04f-resize-750.jpeg>.
- Carranza, N. (1974). *Monsignor Gaspare Cerati provveditore dell'Università di Pisa nel Settecento delle riforme*. Pacini.
- Cohen, M. (1996). *Fashioning Masculinity: National Identity and Language in the Eighteenth Century*. Routledge.
- Collet, D. (2012). “Kunst- und Wunderkammern”. In: *Europa und die Welt. Europäische Erinnerungsorte* 3, pp. 157–171.



- de Clercq, P. R. (1997). “At the Sign of the Oriental Lamp: The Musschenbroek Workshop in Leiden, 1660-1750”. Tesi di dott. Awarding Institution University of Twente.
- De Hoog, A. C. (1974). “Some Currents of Thought in Dutch Natural Philosophy: 1675–1720”. Tesi di dott. Oxford.
- de Pater, C. (1988). *Welzijn, wijsbegeerte en wetenschap: Willem Jacob 's Gravesande*. Baarn : Ambo.
- Del Negro, P. (1985). “L’università”. In: *Storia della cultura veneta*.
- Department of Manuscripts, Secretary of State (1787). *Correspondence, Add. Ms 28062, cc.334r-335v, lettera dell’8 settembre 1787*.
- Doran, J. (1876). *Mann and Manners at the court of Florence, 1740-1786*. London, R. Bentley e Son.
- Dragoni, G. (1995). “Vicende dimenticate del mecenatismo bolognese dell’ultimo ’700: l’acquisto di strumentazioni scientifiche di Lord Cowper”. In: *Il Carobbio*.
- Dumont, Q. e R. B. Cole (2014). “Jean-Antoine Nollet: The father of experimental electrospray”. In: *Mass spectrometry reviews*.
- Ellis, C. S. e P. Gibbin (2022). *Lord Cowper: Un conte inglese a Firenze nell’età dei Lumi*. Edizioni Polistampa.
- Fabroni, Monsignor Angiolo (n.d.). *Frammenti del Volume IV della Storia dell’Università di Pisa*. Biblioteca di casa Franceschi. Trascritti dall’autografo esistente nella biblioteca di casa Franceschi dal Prof. Michele Ferrucci, e inseriti nel Tomo XXX degli Annali delle Università Toscane, a pagine 85 e 86, in nota.
- Ferrini, Giuseppe (1784). *DE/P/AF238/24*. Hertfordshire Archive e Local Studie.
- (fine sec. XVIII). *Statua in cera di donna giacente, detta “Venerina”*. Bologna, Museo di Palazzo Poggi.
- Ford, B. (1974). “Thomas Jenkins, banker, dealer and unofficial English agent”. In: *Apollo*.
- Gibbon, E. (1965). *Gibbon’s Journey from Geneva to Rome: his journal from 20 April to 2 October 1764*. ed. O. Nemi. Edizioni del Borghese.
- Goldsmith, S. (2020). *Masculinity and Danger on the Eighteenth-Century Grand Tour*. University of London Press.
- Golinski, J. (1999). *Science as Public Culture: Chemistry and Enlightenment in Britain, 1760-1820*. Cambridge University Press.
- Gooding, D., T. Pinch e S. Schaffe (1989). *The Uses of Experiment: Studies in the Natural Sciences*. Cambridge University Press.
- Greatbach, Engraver William (n.d.). *Horace Mann*. URL: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sir\\_Horace\\_Mann,\\_1st\\_Baronet.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sir_Horace_Mann,_1st_Baronet.jpg).
- Hazard, P. (2019). *La crisi della coscienza europea*. UTET.
- Hertfordshire Archives and Local Studies (1789). *Inventaire General des Effets trouves existants ce 22 Decembre 1789 Jour de la mort de Sua Altezza le Prince Cowper dans*

- le Palais de Florence, Ecurie et Maisons de Campagne*. Hertfordshire Archives and Local Studies.
- Holland, H.R.V. (1905). *Further memoirs of the whig party, 1807-1821*. ed. by Lord Stavordale. John Murray.
- Hooijmaijers, H. e A. Maas (2013). "Entrepreneurs in Experiments: The Leiden Cabinet of Physics and the Motives of its Founders (1675–1742)". In: *Cabinets of Experimental Philosophy in Eighteenth-Century Europe*.
- Ingamells, J. (1997). *A dictionary of British and Irish travellers in Italy, 1701-1800. Compiled from the Brisley Ford Archive*. s. d. "Gore, Hannah". Yale University press.
- Inventario 1790 Die 20 Mensis Decembris Donatio Celebris Musei Cowper Instituto Scientiarum et Artium Bononie ab E.mo et R.mo D.no Cardinale Andrea Gioanetti Bononie Archiepiscopo* (n.d.). Archivio di Stato di Bologna. Assunteria di Istituto, Diversorum, B. 10, n. 14.
- Jorink, E. e H. Zuidervaart (2013). "The Miracle of Our Time: How Isaac Newton was fashioned in the Netherlands". In.
- La Roche, S. V. (1933). *Sophie in London, 1786*.
- Lastri, M. (1806). *Efemeridi*. Fondo Frullani.
- Limborch, Hendrik van (17XX). *Willem Jacob 's Gravesande*. URL: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gravesande.jpg>.
- Massbarger, R. (2020). *From the body to the body politic. Peter Leopold's Florentine Enlightenment state*. in Florence after the Medici.
- Milford, J. (1818). *Observations, moral, literary and antiquarian made during a tour through the Pyrenees, South of France, Switzerland, the whole of Italy and the Netherlands, in the years 1814 and 1815*.
- Molhuysen, P. C. (1913-24). *Bronnen tot de geschiedenis der Leidsche Universiteit*.
- Morelli Timpanaro, M.A. (1996). *Per una storia di Andrea Bonducci (Firenze 1715-1766). Lo stampatore, gli amici, le loro esperienze culturali e massoniche*. Istituto storico italiano per l'età moderna e contemporanea.
- Morosini, G. F. (1738). "Lettera a Poleni". In.
- Münter, F. (1937). *Aus den Tagebüchern Friedrich Münters. Wander- und Lehrjahre eines Dänischen Gelehrten*. Haase-Harassowitz.
- Newton, I. (1713). *Philosophiae naturalis principia mathematica*.
- Nollet, J. A. (1738). *Programme ou idee generale d'un cours de physique experimentale*.
- Paroldi, S. (1983). *Catalogo degli Accademici dalla fondazione*. presso l'Accademiadella Crusca.
- Patch, Thomas (tra il 1763 e il 1765). *British Gentlemen at Sir Horace Mann's Home in Florence*. Yale Center for British Art, New Haven, CT. URL: [https://it.m.wikipedia.org/wiki/File:Thomas\\_Patch\\_-\\_British\\_Gentlemen\\_at\\_Sir\\_Horace\\_Mann%27s\\_Home\\_in\\_Florence\\_-\\_Google\\_Art\\_Project.jpg](https://it.m.wikipedia.org/wiki/File:Thomas_Patch_-_British_Gentlemen_at_Sir_Horace_Mann%27s_Home_in_Florence_-_Google_Art_Project.jpg).

- Piozzi, H. L. (1789). *Oservations and reflections made in the course of a journey through France, Italy and Germany*. A. Strahan-T. Cadell.
- (1989–2002). *The Piozzi letters: the correspondence of Hester Lynch Piozzi, 1784–1821 (formerly Mrs Thrale)*. A cura di E.A. Bloom e L.D. Bloom. University of Delaware Press - Associated University Presses.
- Poleni, G. (1761). *Lettera ai riformatori*.
- Pompa a vuoto* (n.d.). URL: <https://www.msf.sma.unipi.it/il-museo-in-pillole/>.
- Prezziner, G. (1810). *Storia del Pubblico Studio e delle Società Letterarie di Firenze*. Carli.
- Redford, B. (1996). *Venice and the Grand Tour*. Yale University Press.
- Registro battesimale* (1721). Manoscritto.
- Ritratto di Giovanni Poleni* (n.d.). URL: <https://www.historybit.it/timeline/giovanni-poleni/>.
- Schofield, R. E. (1997). *Thee Enlightenment of Joseph Priestley: a study in his life and work from 1733 to 1773*. University Park.
- Sharp, S. (1767). *Letters from Italy*.
- Sheail, P. (2020). *The third Earl Cowper and his Florentine househol*. Hertfordshire Record Society.
- Somerset, F. e H. L. Fermor (1805). *Correspondence between Frances, countess of Hartford, (afterwards duchess of Somerset,) and Henrietta Louisa, countess of Pomfret, between the years 1738 and 1741*. London : R. Phillips.
- Stokes, J. (2009). *The Life of John Theophilus Desaguliers*.
- Sutton, G. V. (1995). *Science for a polite society: gender, culture and the demonstration of Enlightenment*. Boulder.
- Sweet, R. (2007). “British perceptions of Florence in the long Eighteenth century”. In: *The historicaljournal*.
- (2012). *Cities and the Grand tour. The British in Italy*. Cambridge University press.
- Talas, S. (2013). “New Light on the Cabinet of Physics of Padua”. In: *Cabinets of Experimental Philosophy in Eighteenth-Century Europe*.
- Torlais, J. (1954). *Un physicien au siècle des lumières*.
- Turner, G. L'E. (2002). *The Practice of Science in the Nineteenth Century. Teaching and Research Apparatus in the Teyler Museum*.
- Uccelli, G.G. (1798). *Elogio di Alessandro Bicchierai*. Giovacchino Pagani.
- Vadalá, E. (2017). *Girolamo dei Bardi (1777-1829). Collezionismo librario e educazione popolare agli inizi del XIX secolo*. Accademia Bardi.
- van Bunge, W. (2001). *From Stevin to Spinoza: An Essay on Philosophy in the Seventeenth-Century Dutch Republic*. Brill.
- Verbeek, T. (1988). *La querelle d'Utrecht: René Descartes et Martinus Schoock*. Impressions nouvelles, Paris.

- Verbeek, T. (1992). *Descartes and the Dutch: Early Reactions to Cartesian Philosophy, 1637-1650*. Southern Illinois University Press.
- Vermij, R. (2002). *The Calvinist Copernicans: The reception of the new astronomy in the Dutch Republic 1757-1750*. Amsterdam: Edita KNAW.
- Vlahakis, G. N. (1998). "An outline of the Introduction of Classical Physics in Greece. The Role of the Italian Universities and Publications". In: *History of the University*.
- Volta, A. (1949-1955). *Epistolario*. Zanichelli.
- Walpole, H. (1954-1971). *Horace Walpole's correspondence with Sir Horace Mann (ed. di W.S. Lewis, W.H. Smith)*. Yale University press.
- Whiston, W. (1748). *Memoirs of the Life and Writings of Mr William Whiston*.
- Wiesenfeldt, G. (2002). *Leerer Raum in Minervas Haus: Experimentelle Naturlehre an der Universität Leiden, 1675-1715*.
- Winckelmann, J. J. (1760). *Description des pierres gravées du feu Baron de Stosch*. A. Bonducci.
- Zoffany, Johann (after 1772). *George Nassau Clavering, 3rd Earl of Cowper (1738-1789), Florence beyond*. URL: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:George\\_Nassau\\_Clavering,\\_3rd\\_Earl\\_of\\_Cowper\\_\(1738-1789\)\\_by\\_Studio\\_of\\_Johann\\_Zoffany.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:George_Nassau_Clavering,_3rd_Earl_of_Cowper_(1738-1789)_by_Studio_of_Johann_Zoffany.jpg).
- Zuidervaart, H. J. (2013). "Cabinets for experimental philosophy in the Netherlands". In: *Cabinets of Experimental Philosophy in Eighteenth-Century Europe*.