



ALMA MATER STUDIORUM  
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

DEPARTMENT OF PHYSICS AND ASTRONOMY "A. RIGHI"

SECOND CYCLE DEGREE

PHYSICS

**DAL LABORATORIO BASSI-VERATTI ALLA  
LEZIONE. IL LABORATORIO COME SPAZIO  
EPISTEMICO NELLA RICOSTRUZIONE  
DELL'INSEGNAMENTO DELLA FISICA  
SPERIMENTALE NEL SETTECENTO**

Supervisor  
Prof.re Eugenio Bertozzi

Defended by  
Maddalena Guazzolini

---

Graduation Session / July/ 2026  
Academic Year 2025/2026



## Abstract

Il presente lavoro indaga il laboratorio Bassi-Veratti come spazio epistemico, per comprendere il ruolo della pratica sperimentale e didattica di Laura Bassi nello sviluppo della fisica sperimentale settecentesca.

La ricerca indaga la crescente centralità degli strumenti, delle pratiche sperimentali e delle istituzioni nella costruzione e trasmissione del sapere nella filosofia naturale del XVII e XVIII secolo. Nonostante la rilevanza di Laura Bassi nella cultura scientifica del suo tempo, le fonti dirette relative alle sue lezioni risultano estremamente scarse. Tale assenza non costituisce soltanto un limite documentario, ma si configura come un problema storiografico.

L'obiettivo del lavoro è elaborare una lente interpretativa capace di rendere metodologicamente plausibile la ricostruzione di alcuni aspetti della struttura concettuale e didattica delle lezioni di Laura Bassi. A tal fine viene sviluppata una lente fisico-epistemica che mette in relazione strumenti, fenomeni fisici, pratiche sperimentali, modelli teorici e forme di trasmissione del sapere, applicata al caso dell'ottica attraverso il confronto tra l'inventario del laboratorio Bassi-Veratti e le lezioni di fisica di Cristina Roccati. L'analisi interpreta il laboratorio Bassi-Veratti come uno spazio epistemico in cui gli strumenti, intesi come artefatti epistemici, mediano il rapporto tra teoria, esperienza e pratica sperimentale. Più in generale, il lavoro evidenzia come Laura Bassi e Cristina Roccati partecipino ai processi di diffusione e rielaborazione del newtonianesimo settecentesco, inteso non come paradigma unitario, ma come programma di ricerca aperto, caratterizzato da adattamenti, selezioni e integrazioni locali. La figura di Laura Bassi si delinea non come semplice eccezione femminile o figura simbolica del Settecento, ma come scienziata pienamente inserita nei processi di costruzione, trasmissione e trasformazione della fisica sperimentale del suo tempo.



*A Rebecca, Ester e Mafalda.  
Per aver condiviso tutti i pro e i contro  
di una madre innamorata della fisica e della didattica*



*«ogni vera storia è storia comparata, poiché implica necessariamente una comparazione  
(e un dialogo) tra le due prospettive, quella dell'osservatore e quella degli attori»*

— Carlo Ginzburg





# Sommario

|                                                                                                                                                           |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Abstract.....                                                                                                                                             | iii |
| Sommario .....                                                                                                                                            | ix  |
| Elenco delle figure .....                                                                                                                                 | xi  |
| Elenco delle tabelle.....                                                                                                                                 | xii |
| Introduzione .....                                                                                                                                        | 1   |
| 1 Le strutture concettuali della filosofia naturale e delle pratiche sperimentali nella costruzione della Fisica del XVIII secolo .....                   | 3   |
| 1.1 Esperienza, meccanicismo e costruzione del fatto sperimentale tra XVII e XVIII secolo: limiti e nodi concettuali che accompagnano il Settecento ..... | 4   |
| 1.2 L'eredità di Newton, un progetto di ricerca aperto. La trasformazione del sapere: metodo, esperienza e matematizzazione della natura.....             | 7   |
| 1.2.1 Le diverse declinazioni locali del progetto di Newton: la ricezione del newtonianesimo nel contesto italiano .....                                  | 10  |
| 1.3 L'ottica tra XVII e XVIII: spazio di confronto tra modelli teorici e pratiche sperimentali.....                                                       | 12  |
| 1.4 La Fisica Sperimentale verso lo status di disciplina tra strumenti, dimostrazione e istituzioni .....                                                 | 20  |
| 1.4.1 Il ruolo degli strumenti scientifici all'interno del cambiamento delle caratteristiche della Fisica del '700.....                                   | 20  |
| 1.4.2 L'Istituto delle Scienze e il suo ruolo nello sviluppo della Fisica sperimentale a Bologna .....                                                    | 22  |
| 2 Il laboratorio Bassi – Veratti e la costruzione del problema di ricerca .....                                                                           | 25  |
| 2.1 Laura Bassi (1711-1778) nella Bologna del Settecento: ruolo accademico e posizionamento scientifico .....                                             | 26  |
| 2.2 La pratica scientifica di Laura Bassi: ricerche, insegnamento e reti di scambio ..                                                                    | 29  |
| 2.2.1 I lavori di ricerca di Laura Bassi.....                                                                                                             | 29  |
| 2.2.2 Carteggi con allievi e scienziati: la circolazione del sapere scientifico .....                                                                     | 34  |
| 2.3 Giuseppe Veratti e le ricerche sull'elettricità nel contesto bolognese .....                                                                          | 39  |
| 2.3.1 L'elettricità nella fisica del Settecento e nel contesto bolognese.....                                                                             | 40  |
| 2.4 Il laboratorio domestico come spazio epistemico: strumenti, pratiche e produzione di conoscenza .....                                                 | 43  |

|       |                                                                                                                              |     |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 3     | “La nostra Fisica”: ricostruzione della struttura fisico-epistemica tra pratiche sperimentali e trasmissione del sapere..... | 48  |
| 3.1   | Metodologia di analisi: la lente fisico-epistemica .....                                                                     | 50  |
| 3.2   | Le lezioni di Fisica di Cristina Roccati.....                                                                                | 51  |
| 3.2.1 | Criteri di selezione del campione e costruzione del confronto.....                                                           | 52  |
| 3.3   | Analisi dei nodi fisici: pratiche sperimentali, fenomeni e modelli impliciti .....                                           | 56  |
| 3.3.1 | Costruzione dello strumento comparativo di analisi .....                                                                     | 57  |
| 3.3.2 | Rifrazione della luce .....                                                                                                  | 62  |
| 3.3.3 | Teoria del colore; interazione luce-materia .....                                                                            | 69  |
| 3.3.4 | Ottica geometrica e la visione .....                                                                                         | 75  |
| 3.3.5 | Riflessione della luce .....                                                                                                 | 83  |
| 3.3.6 | Rapporto tra rifrazione e lenti.....                                                                                         | 87  |
| 3.4   | Rilettura dei nodi fisici alla luce delle teorie fisiche moderne .....                                                       | 91  |
| 4     | Il laboratorio Bassi-Veratti come spazio epistemico: sintesi dei risultati dell’analisi ..                                   | 94  |
| 5     | Implicazioni, limiti e prospettive .....                                                                                     | 98  |
| 5.1   | Implicazioni legate alla disciplina .....                                                                                    | 98  |
| 5.2   | Implicazioni sulla figura di Laura Bassi .....                                                                               | 101 |
| 5.3   | Limiti e possibili sviluppi futuri.....                                                                                      | 103 |
| A     | Appendice.....                                                                                                               | 105 |
| B     | Appendice.....                                                                                                               | 118 |
|       | Bibliografia.....                                                                                                            | 120 |
|       | Ringraziamenti.....                                                                                                          | 126 |

## Elenco delle figure

|                                                                                                                                                     |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1: Diagramma della rifrazione e dispersione della luce attraverso un prisma, da I. Newton, Opticks (1704), Internet Archive .....            | 16 |
| Figura 2: Rifrazione e riflessione totale dei raggi luminosi in diversi mezzi con diverse densità dell'etere, in 'Hypothesis of light' (1695) ..... | 17 |
| Figura 3: I raggi trasmessi e riflessi, dando origine ad anelli scuri e chiari, in 'Hypothesis of Light' (1695).....                                | 18 |
| Figura 4: Casetina nera - Saggio Naturali Esperienze, Tav. VI - Fig.11.....                                                                         | 63 |
| Figura 5 Tavola geometrica della Lezione 003 .....                                                                                                  | 65 |
| Figura 6 Dettaglio Fig 1: costruzione geometrica della rifrazione nel passaggio tra due mezzi .....                                                 | 66 |
| Figura 7 Dettaglio Fig 1: relazione tra raggio incidente, normale e raggio rifratto .....                                                           | 68 |
| Figura 8: Lanterna magica - da Catalogo Generale dei Beni culturali.....                                                                            | 76 |
| Figura 9: Camera oscura – Saggio di Naturali Esperienze, Tav VII, Fig.3.....                                                                        | 77 |
| Figura 10 Schema ottico della formazione dell'immagine nella Lezione 004 .....                                                                      | 79 |
| Figura 11 Dettaglio dello schema ottico di Fig 4.....                                                                                               | 81 |
| Figura 12 Dettaglio della costruzione geometrica della visione in Fig 4 .....                                                                       | 81 |
| Figura 13: 'Saggio di Naturali Esperienze' di Carlo Alfonso Guadagni, Tav. VII, Fig 10 .....                                                        | 83 |
| Figura 14: Figure delle dimostrazioni geometriche della lezione 007 .....                                                                           | 85 |
| Figura 15: Tav. VI, Fig. 38-39-41 in 'Saggio de Naturali Esperienze' di Carlo Alfonso Guadagni .....                                                | 87 |

## **Elenco delle tabelle**

|                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------|----|
| Tabella 1: Strumento comparativo: lente fisico-epistemica ..... | 57 |
|-----------------------------------------------------------------|----|





## Introduzione

Questo lavoro di ricerca prende avvio dal problema della ricostruzione della pratica didattica-epistemica di Laura Bassi, così come si svolgeva all'interno del laboratorio domestico.

Delineare il contesto scientifico e filosofico dell'epoca in cui le pratiche si collocano permette di mettere in evidenza non solo i processi di trasformazione della Fisica sperimentale nel XVIII secolo, ma anche la complessità del tessuto storico entro cui emergono tensioni e discontinuità che aprono diverse prospettive di lettura del quadro teorico nel contesto bolognese.

Tuttavia, proprio nel momento in cui si va a delineare questo quadro, emerge una mancanza significativa. Se da un lato è possibile collocare Bassi all'interno della comunità scientifica del suo tempo, dall'altro risulta ancora difficile comprendere in che modo la sua pratica sperimentale e il suo insegnamento possano essere ricostruiti a partire dalle fonti disponibili. In particolare, la scarsità di fonti dirette sulla sua attività didattica non costituisce solo un limite documentario, ma si configura, nel quadro delle fonti disponibili, come un dato storiografico che richiede l'elaborazione di strumenti interpretativi, capaci di mettere in relazione fonti materiali e testuali.

A partire da questo nodo si definisce l'obiettivo generale del lavoro: indagare il laboratorio Bassi-Veratti come spazio epistemico, al fine di comprendere il ruolo della pratica sperimentale e didattica di Laura Bassi all'interno dello sviluppo della fisica sperimentale nel contesto settecentesco.

Su questa base si struttura la domanda di ricerca che guiderà il lavoro e che verrà ripresa metodologicamente nel capitolo 2. Per poter affrontare questa domanda, il lavoro si sviluppa attraverso alcuni obiettivi specifici:

- leggere la biografia bassiana non come cornice, ma come lente per far emergere il significato e le condizioni alle quali la dimensione didattica e sperimentale si legava allo spazio laboratoriale;
- analizzare l'inventario del laboratorio, in modo che gli oggetti possano essere letti anche come tracce di percorsi teorici;
- costruire una lente fisico-epistemica che consenta di mettere in relazione strumenti, fenomeni e modelli;
- confrontare il laboratorio dei coniugi Bassi-Veratti con le Lezioni di Cristina Roccati per far emergere le caratteristiche delle pratiche didattiche attraverso un lavoro di analisi parallela di diverse fonti.

Per poter iniziare questo lavoro di ricerca, è però necessario soffermarsi preliminarmente sull'evoluzione della filosofia naturale e sul ruolo del newtonianesimo, dedicando inoltre, ai fini dell'analisi delle fonti, un'attenzione specifica all'ottica.

La costruzione della lente fisico-epistemica sviluppata nel capitolo 3 non nasce soltanto dall'esigenza di colmare una lacuna documentaria, ma dalla necessità di sviluppare uno strumento interpretativo capace di leggere il laboratorio come spazio in cui strumenti, fenomeni, pratiche e modelli teorici partecipano congiuntamente alla costruzione e alla trasmissione del sapere fisico. In questa prospettiva, gli strumenti non vengono considerati come semplici oggetti tecnici o repertori dimostrativi, ma come elementi che rendono visibili specifiche modalità di organizzazione del sapere, della pratica sperimentale e della mediazione didattica. L'analisi dell'inventario viene quindi integrata con il confronto con fonti testuali coeve, in particolare con le lezioni di Cristina Roccati<sup>1</sup>, non per stabilire una dipendenza diretta tra le due esperienze, ma per costruire un quadro comparativo capace di far emergere nodi fisici, strutture argomentative e modalità di trasmissione ricorrenti nella fisica sperimentale settecentesca.

La lente interpretativa proposta mira, dunque, a mettere in relazione dimensione materiale, costruzione teorica e pratica dimostrativa, così da rendere metodologicamente plausibile una riflessione sulla struttura concettuale e didattica delle lezioni di Laura Bassi.

Su queste basi, il lavoro si articolerà in un primo capitolo dedicato al quadro teorico e sperimentale della fisica settecentesca, in un secondo capitolo volto alla costruzione del problema storico relativo al laboratorio Bassi-Veratti attraverso la dimensione biografica, in un terzo dedicato allo sviluppo della lente fisico-epistemica e all'analisi comparativa delle fonti, e in un quarto finalizzato a una rilettura trasversale dei risultati emersi. Il capitolo conclusivo discuterà infine le implicazioni dei risultati ottenuti, i limiti dell'analisi e le prospettive di ricerca aperte dal presente lavoro.

---

<sup>1</sup> Si ringrazia l'Accademia dei Concordi di Rovigo per aver autorizzato la consultazione dei documenti relativi alle lezioni di Cristina Roccati conservati presso il proprio archivio e il loro utilizzo all'interno di questa tesi.



# 1 Le strutture concettuali della filosofia naturale e delle pratiche sperimentali nella costruzione della Fisica del XVIII secolo

Quali teorie fisiche circolavano nel contesto scientifico? Quale metodo veniva adottato per lo studio della realtà e in che modo venivano convalidati i risultati? E quale ruolo assumeva la riproduzione strumentale dei fenomeni?

Tali domande permettono di ricostruire il quadro teorico e sperimentale entro cui si sviluppa la Fisica del XVIII secolo, mettendo in evidenza le differenti concezioni del metodo, il ruolo attribuito all'esperienza e la crescente centralità degli apparati strumentali nella produzione e nella validazione dei fenomeni. È infatti in questo periodo che la Fisica sperimentale acquisisce progressivamente caratteristiche disciplinari autonome, ridefinendo non solo i contenuti della ricerca, ma anche le pratiche di insegnamento e dimostrazione.

È necessario chiarire preliminarmente cosa si intenda con il termine "newtonianesimo", la cui definizione varia profondamente a seconda del contesto storico e scientifico di riferimento. Il significato che oggi attribuiamo alla fisica newtoniana non coincide infatti con quello che l'espressione assumeva tra XVII e XVIII secolo, né con le modalità attraverso cui le teorie e il metodo di Newton vennero recepiti, selezionati e rielaborati nei diversi contesti europei. Nei decenni successivi alla prima pubblicazione dei *Philosophiae naturalis principia mathematica* (1687) – in seguito citati come *Principia* - di Isaac Newton (1642-1727), il termine indicava principalmente un nuovo sistema del mondo fondato sulla legge di gravitazione universale. Con la pubblicazione di *Opticks* (1704), il quadro teorico newtoniano si ampliò includendo anche le tesi relative all'ottica e alla natura della luce.

Questo insieme assunse un carattere ancora più articolato con la seconda e la terza edizione dei *Principia*, nelle quali Newton introdusse le *regulae philosophandi*, fondamentali per la definizione di un nuovo metodo scientifico, e lo *Scolio Generale*, in cui affrontava questioni di natura ontologica relative allo spazio e al tempo, oltre a considerazioni di ordine religioso. Il newtonianesimo si configurava quindi non come una semplice teoria fisica, ma come un modo complesso e strutturato di descrivere e investigare la realtà.

Con la fine del XVIII secolo e il progressivo riconoscimento delle teorie newtoniane, a queste vennero associate le leggi che descrivono il moto dei corpi (Findlen, 1993). Nel XIX secolo, pertanto, il termine "newtonianesimo" finì per indicare principalmente lo studio della meccanica e dei fenomeni dinamici, sia terrestri sia celesti.

Successivamente, con l'avvento della relatività generale e della meccanica quantistica all'inizio del XX secolo, si riconobbe una frattura rispetto alle teorie newtoniane, che vennero così ricondotte alla cosiddetta meccanica "classica": un quadro teorico ormai superato, ma al tempo stesso fondamentale per la costruzione delle teorie successive (Hall,

Le strutture concettuali della filosofia naturale e delle pratiche sperimentali nella costruzione della Fisica del XVIII secolo

1998). In questo lavoro, il riferimento è al newtonianesimo compreso tra la fine del Seicento e la fine del Settecento, letto in relazione sia alle teorie che precedettero e accompagnarono la nascita dei *Principia* e dell'*Opticks*, sia alle modalità con cui il metodo newtoniano venne recepito e applicato sperimentalmente in Italia. Un'attenzione particolare sarà dedicata al contesto bolognese.

## **1.1 Esperienza, meccanicismo e costruzione del fatto sperimentale tra XVII e XVIII secolo: limiti e nodi concettuali che accompagnano il Settecento**

Comprendere queste trasformazioni richiede quindi di ricostruire il quadro epistemologico e sperimentale entro cui si sviluppa la filosofia naturale tra XVII e XVIII secolo.

Per ricostruire questo quadro si fa riferimento in particolare all'analisi di Steven Shapin in "La rivoluzione scientifica" (2003), i cui elementi vengono qui ripresi e riorganizzati in funzione degli obiettivi della ricerca.

Nelle sue versioni tradizionali la filosofia nel XVI e XVII secolo si configurava come un ambito fortemente segnato da divisioni e dispute, spesso legate sia al ruolo dominante delle università sia alle modalità di costruzione e giustificazione della conoscenza al loro interno. La disputa accademica costituiva una pratica centrale: i sostenitori di scuole diverse si confrontavano attraverso strumenti logici e retorici, e la validità delle posizioni veniva stabilita all'interno di un quadro prevalentemente argomentativo.

Proprio in riferimento a questo modello si collocano i filosofi della prima modernità, che criticano il carattere polemico e verbale della tradizione scolastica e rivendicano un interesse rivolto alle cose e ai fenomeni.

Tra la fine del XVI e l'inizio del XVII secolo si avvia una trasformazione profonda del modo di intendere la conoscenza naturale, che mette progressivamente in crisi l'impianto aristotelico. In questo modello, il mondo fisico era organizzato secondo principi qualitativi e finalizzati: i corpi possedevano un moto naturale orientato verso il proprio luogo e gli esperimenti artificiali non avevano valore conoscitivo, poiché non esprimevano il comportamento autentico della natura.

Questa impostazione viene messa in discussione dai filosofi della prima modernità, tra cui Galileo, che fondano la conoscenza sull'osservazione controllata e sulla matematizzazione dei fenomeni. I fenomeni artificialmente prodotti diventano strumenti privilegiati di indagine, contribuendo a superare la distinzione tra naturale e artificiale. Allo stesso tempo, l'emergere di nuovi oggetti della conoscenza, grazie sia alle esplorazioni che all'uso di strumenti come telescopio e microscopio, contribuisce a mettere in crisi l'esperienza immediata, aprendo la strada a una concezione dell'osservazione sempre più mediata.

Su queste basi si sviluppa la filosofia meccanicistica, che interpreta la natura secondo la metafora della macchina. I fenomeni vengono descritti in termini di materia e movimento,

come effetti prodotti dall'interazione tra parti materiali dotate di forma, grandezza, disposizione e moto.

Il modello dell'orologio diventa emblematico di questa concezione: un sistema complesso ma intellegibile, caratterizzato da regolarità e prevedibilità, che permette di pensare la natura come un insieme di processi determinabili. In questa prospettiva, la distinzione tra naturale e artificiale viene definitivamente superata e la conoscenza si configura sempre più come capacità di costruire, riprodurre e analizzare i fenomeni.

All'interno del meccanicismo emergono tuttavia differenze significative. Cartesio (1596–1650) sviluppa un modello fortemente esplicativo, volto a dedurre i fenomeni a partire dalle proprietà della materia, mentre Robert Boyle (1627–1691) adotta una posizione più cauta. Pur muovendosi all'interno dell'impianto meccanicistico fondato sui principi di materia e movimento, Boyle ne limita la portata esplicativa, distinguendo tra certezza dei fatti e il carattere solo probabile delle spiegazioni.

Nella sua prospettiva, la natura è costituita da particelle materiali che, attraverso forma, grandezza, disposizione e movimento, danno origine ai fenomeni osservabili; tuttavia, a differenza di Cartesio, Boyle evita di ricondurre in modo sistematico fenomeni specifici a configurazioni determinate di tali corpuscoli. Il meccanicismo non si presenta come un modello esplicativo univoco, ma come un quadro condiviso all'interno del quale si sviluppano strategie diverse, oscillando tra l'ambizione di spiegare nel dettaglio i fenomeni e un atteggiamento più prudente nei confronti delle cause. Questa tensione riflette i limiti conoscitivi legati all'inaccessibilità diretta della struttura microscopica della materia.

In questo contesto assume un ruolo centrale la distinzione tra qualità primarie — come forma, grandezza e movimento, appartenenti realmente ai corpi — e qualità secondarie, come colore o calore, che risultano invece effetti prodotti nei soggetti. Le prime costituiscono le proprietà fondamentali e ineliminabili dei corpi, attraverso cui è possibile descriverne struttura e comportamento; le secondarie derivano dalla configurazione delle prime e non appartengono agli oggetti in quanto tali, ma al modo in cui essi vengono percepiti.

Nella prospettiva corpuscolare, i corpi non sono dunque in sé né colorati né caldi o freddi: è la disposizione, la forma e il movimento delle loro parti a produrre tali effetti nell'esperienza. La conoscenza scientifica si configura così come una descrizione della struttura non direttamente osservabile della realtà, distinta dall'esperienza sensibile immediata: la realtà micromeccanica assume una priorità rispetto al senso comune, mentre l'esperienza viene ricondotta al solo effetto.

Parallelamente, si ridefinisce anche il rapporto tra matematica ed esperienza.

Sebbene il meccanicismo venga spesso associato a una concezione matematica della natura, nella pratica solo una parte limitata dei fenomeni risulta effettivamente matematizzata: autori come Bacone (1561-1626) e Boyle ne riconoscono il valore in termini di certezza, ma ne sottolineano i limiti nello studio dei fenomeni concreti, mantenendo una

distinzione tra formalizzazione e indagine empirica. Questo passaggio si accompagna a una critica all'autorità dei testi e all'affermazione del primato dell'osservazione.

Su queste basi si trasforma il modo stesso in cui i fenomeni naturali vengono osservati, descritti e legittimati come conoscenza. Un elemento decisivo riguarda la costruzione del fatto empirico: i fatti non sono più intesi come semplici dati naturali, ma come esiti di pratiche sperimentali controllate, la cui validità dipende dalle condizioni in cui vengono prodotti e descritti.

Il programma sperimentale della Royal Society, che sistematizza l'impostazione di Boyle, esemplifica questa prospettiva: la descrizione dettagliata degli esperimenti e l'uso di strumenti come la pompa pneumatica permettono di produrre fenomeni osservabili e replicabili, configurando i dispositivi sperimentali come vere e proprie "macchine produttrici di fatti" (Shapin, 2003). Un caso emblematico è quello della pressione o elasticità dell'aria, che diventa conoscibile proprio attraverso esperimenti artificiali che ne mostrano l'azione come forza reale.

Le cause vengono ricostruite in modo plausibile a partire dall'evidenza sperimentale, mantenendo tuttavia un carattere teorico e probabilistico. Questo programma non è tuttavia condiviso in modo uniforme: Cartesio e Thomas Hobbes (1588-1679) pur riconoscendo il ruolo dell'esperienza, criticano l'accumulazione sistematica di esperimenti e attribuiscono maggiore rilevanza alla deduzione razionale.

È all'interno di questo quadro della filosofia naturale, segnato dalle tensioni tra approcci deduttivi, pratiche sperimentali e ricerca di una nuova legittimazione della conoscenza naturale, che si colloca l'opera di Isaac Newton. Il suo contributo, strettamente legato sia all'introduzione di nuove teorie fisiche, sia a una profonda riorganizzazione del rapporto tra esperienza, matematica e spiegazione della natura, ridefinisce in modo significativo il quadro della filosofia naturale tra XVII e XVIII secolo. Le pratiche sperimentali e didattiche sviluppate nel Settecento, comprese quelle di Laura Bassi e Cristina Roccati, verranno interpretate alla luce di queste tensioni epistemologiche. In esse riemergono, in forme non sempre sistematiche, elementi come la distinzione tra qualità primarie e secondarie, il confronto tra modelli esplicativi diversi (Cartesio e Boyle) e l'uso di schemi teorici e sperimentali differenti, che riflettono una ricezione non unitaria del newtonianesimo.

## **1.2 L'eredità di Newton, un progetto di ricerca aperto. La trasformazione del sapere: metodo, esperienza e matematizzazione della natura**

Per comprendere il ruolo del newtonianesimo nella filosofia naturale tra XVII e XVIII secolo, è necessario soffermarsi su alcuni elementi dei *Principia* e di *Opticks*, in particolare su quegli aspetti che hanno sollevato problemi interpretativi rilevanti per l'analisi delle pratiche scientifiche. Questo perché il punto di vista da cui osserveremo tali opere, privilegia il modo in cui esse ridefiniscono il rapporto tra osservazione, costruzione sperimentale e formalizzazione matematica.

A partire dal titolo, emerge una presa di posizione precisa: i *Principia Mathematica* si distinguono dai *Principia Philosophiae* di Cartesio, segnando uno spostamento del fondamento della conoscenza naturale, dalla metafisica alla matematica (Casini, 1988).

Nella metodologia newtoniana la teoria non precede i fenomeni, ma deve emergere da essi. Newton distingue infatti un primo momento analitico, in cui l'osservazione dei fenomeni consente di ricavare leggi e principi generali, da un secondo momento sintetico nel quale tali principi vengono impiegati per spiegare e derivare nuovi fenomeni come loro conseguenze (Shapiro, 2004).

La matematica, e in particolare la geometria, è utilizzata in senso operativo, come strumento per rappresentare i fenomeni fisici attraverso relazioni tra grandezze. Nei *Principia*, la matematica viene integrata nella filosofia naturale in modo sistematico, permettendo di descrivere con le stesse leggi i fenomeni terrestri e celesti. Questo contribuisce a una visione della natura sempre più omogenea, oggettiva e indipendente dall'esperienza sensibile. Le leggi, come quella di gravitazione, vengono dedotte dall'osservazione dei fenomeni e formulate in termini matematici, consolidando il tentativo di fondere matematica e meccanicismo in una visione della natura sempre più unitaria e regolare (Cohen, 1987). In questo senso, la matematica diventa lo strumento attraverso cui costruire una certezza fisica fondata sulla regolarità dei fenomeni.

Questa impostazione apre tuttavia una tensione tra matematizzazione e spiegazione causale: da un lato la descrizione matematica dei fenomeni sembra mettere in secondo piano la ricerca delle cause meccaniche, dall'altro amplia il significato stesso di spiegazione scientifica (Shapiro, 2004). Nei *Principia* la legge di gravitazione universale viene infatti formulata come legge matematica capace di descrivere in modo unitario fenomeni terrestri e celesti, anche senza una spiegazione delle cause ultime della gravitazione (Cohen, 1987). Nella celebre affermazione *hypotheses non fingo*, Newton definisce quindi una posizione metodologica precisa: è sufficiente che le leggi descrivano correttamente i fenomeni, anche in assenza di una spiegazione causale definitiva.

Nel campo dell'ottica, tuttavia, il rapporto tra esperienza, matematica e spiegazione assume caratteristiche in parte differenti; Newton utilizza l'esperimento non solo come strumento

di osservazione, ma come fondamento di una conoscenza che aspira alla certezza. Infatti dalle scoperte di Newton sulla luce e sui colori, pubblicate inizialmente nelle *Philosophical Transactions* nel 1672 e poi confluite nell'*Opticks* (1704), emerge un ulteriore elemento rilevante: il ruolo dell'esperimento nella costruzione della conoscenza. L'*Opticks* propone infatti un'analisi fondata su una serie di dispositivi sperimentali che permettono di isolare e controllare i fenomeni luminosi, rendendoli oggetto di descrizione e generalizzazione.

Il testo conobbe una diffusione molto ampia: scritto in inglese e non in latino, richiedeva poche conoscenze matematiche e proponeva numerosi esperimenti descritti in modo chiaro, con un uso limitato di ipotesi e un'impostazione che suggeriva una costruzione induttiva della teoria. Questa accessibilità ne facilitò la diffusione presso un pubblico ampio, rendendolo un testo capace di circolare fuori dagli ambiti specialistici e rilevante non solo dal punto di vista fisico, ma anche filosofico (Cohen, 1987). Tuttavia gli esperimenti con il prisma di Newton non erano affatto semplici da replicare, e alcuni studiosi che provarono e fallirono cominciarono a considerare con scetticismo il 'dato di fatto' (Shapin, 2003).

Su questo sfondo si collocano i primi lavori di Newton sull'ottica, tra cui l'*experimentum crucis*, concepito come esperimento decisivo per stabilire la natura della luce. Proprio questa pretesa di fornire una soluzione definitiva entra in tensione con il programma boyleiano, soprattutto in un ambito, come quello della luce, meno facilmente riconducibile a un modello meccanicistico. Nel XVII secolo, la diffusione della distinzione tra qualità primarie e secondarie porta a collegare la teoria della luce a quella del colore, superando l'idea che i colori siano proprietà reali dei corpi. Cartesio propone una spiegazione meccanicistica nella quale la luce è originariamente bianca e i colori derivano da modificazioni delle particelle materiali. Newton, attraverso l'*experimentum crucis*, mostra invece che la luce bianca è composta da raggi già differenziati, ciascuno con una propria rifrangibilità. Si apre così un dibattito non tanto sull'esperimento in sé, quanto sul significato teorico e sul grado di certezza delle sue conclusioni.

In questo senso, la sua posizione si distingue da quella di Boyle (Shapiro, 2004): l'esperimento non conduce soltanto a una conoscenza probabile, ma può fondare una deduzione rigorosa. Come egli stesso afferma:

*"I shall not mingle conjectures with certainties... but shall proceed by experiments; and from them deduce the causes of things. [...] This is not an hypothesis, but most rigid consequences... deduced from Experiments"*<sup>2</sup>.

In questo contesto, la ricezione dell'ottica newtoniana non avvenne in modo lineare ma attraverso processi di selezione e rielaborazione. La sua diffusione passa anche attraverso lezioni pubbliche e opere divulgative rivolte a un pubblico non specialistico. In questi contesti le idee di Newton vengono presentate come ormai condivise e integrate con la sua meccanica, con una forte enfasi sull'approccio induttivo allo studio della natura. Nella prima metà del Settecento, le critiche all'ottica newtoniana furono relativamente limitate; la

---

<sup>2</sup> Dalla lettera del 1672 di Isaac Newton alla Royal Society (*Philosophical Transactions*)

situazione cambiò a partire dagli anni Quaranta, quando nuovi sviluppi teorici portarono alla pubblicazione di opere alternative, tra cui quelle di Euler, Knight e Hutton, segnando l'emergere di un dibattito più articolato sulle teorie della luce (Silva & Moura, 2014).

È proprio a partire da questi nodi che il newtonianesimo non si configura come un sistema unitario nel Settecento, ma come un insieme di pratiche, interpretazioni e selezioni operate all'interno delle diverse comunità scientifiche europee (Hall, 1998). In questa prospettiva, la ricezione del newtonianismo può essere interpretata non tanto come un'adesione a un paradigma contrapposto ad altri, quanto come la partecipazione a un programma di ricerca deliberatamente aperto (Guicciardini, 2020).

Come ha osservato Niccolò Guicciardini, l'eredità matematica newtoniana si presenta infatti come complessa e articolata in una pluralità di linguaggi, affidando spesso al lettore il compito di colmare passaggi dimostrativi impliciti. Nei *Principia* molte dimostrazioni richiedono conoscenze matematiche non facilmente accessibili, dalle proprietà delle coniche alle tecniche di quadratura, che misero in difficoltà anche matematici come Leibniz. Chi si confrontava con la matematica newtoniana si trovava quindi davanti a una questione cruciale: quale metodo adottare per proseguire quel lavoro? Geometria o algebra, infinitesimi o limiti?

Allo stesso tempo, Newton affrontava fenomeni di una complessità senza precedenti. In un contesto in cui la questione copernicana era ancora soggetta a censure, anche nei contesti scientifici più avanzati, l'adesione a modelli eliocentrici non poteva essere data per scontata. Lo mostra bene il caso dell'aberrazione della luce: osservata da James Bradley, fu discussa a Bologna da Eustachio Manfredi, che nel 1729 pubblicò le proprie osservazioni premettendo però una dichiarazione di adesione al geocentrismo. I *Principia* apparvero quindi fin da subito come un testo complesso e, per molti aspetti, enigmatico. Un nodo centrale riguardava la natura della gravitazione: l'idea di una forza che agisce a distanza, senza una spiegazione meccanica, risultava problematica per i lettori di formazione cartesiana (Guicciardini, 2020).

La formulazione matematica della forza di gravità permetteva di spiegare un'enorme quantità di fenomeni, ma lasciava aperta la questione delle cause e dei metodi per sviluppare questa eredità. Essere "newtoniani" nel Settecento non significa aderire all'intero sistema newtoniano, ma selezionare e rielaborare quegli elementi ritenuti compatibili con un certo ideale di spiegazione, in particolare di tipo meccanico. Questo processo è particolarmente evidente nel campo dell'ottica: l'interpretazione corpuscolare della luce e l'approccio induttivo assumono un ruolo centrale, mentre aspetti più complessi o meno facilmente integrabili vengono marginalizzati. Le *Query*, originariamente formulate come questioni aperte, vengono spesso trasformate in affermazioni, contribuendo alla diffusione dell'idea che Newton sostenesse in modo esplicito la natura corpuscolare della luce (Silva & Moura, 2014). La ricezione dell'ottica newtoniana mostra quindi come il

Le strutture concettuali della filosofia naturale e delle pratiche sperimentali nella costruzione della Fisica del XVIII secolo

newtonianesimo settecentesco si costruisca attraverso processi di adattamento, selezione e reinterpretazione.

L'impresa newtoniana non elimina le tensioni interne alla filosofia naturale del XVII secolo, ma le riorganizza: l'indagine della natura si configura come un equilibrio complesso tra osservazione, costruzione sperimentale e formalizzazione matematica, in cui la ricerca delle cause e la descrizione delle leggi convivono senza risolversi completamente l'una nell'altra (Shapiro, 2004).

### **1.2.1 Le diverse declinazioni locali del progetto di Newton: la ricezione del newtonianesimo nel contesto italiano**

La pluralità di interpretazioni sviluppate a partire dall'opera di Newton si riflette anche nei diversi contesti europei, nei quali il newtonianesimo viene recepito e rielaborato secondo esigenze teoriche, istituzionali e pratiche differenti.

La ricezione del newtonianesimo in Italia nel Settecento si sviluppa con profonde differenze, legate ai diversi contesti locali che giocano un ruolo decisivo. Come mostra Mazzotti, non esiste una linea unitaria di diffusione: tra Napoli, Milano e l'area emiliano-veneta si delineano traiettorie diverse, legate a specifiche configurazioni istituzionali e culturali. Se a Napoli il newtonianesimo entra nel dibattito illuministico e riformatore, e a Milano si lega in modo esplicito ai progetti di modernizzazione dello Stato, è soprattutto lungo l'asse Bologna–Padova–Venezia che esso trova un terreno particolarmente favorevole, grazie alla presenza di competenze matematiche e pratiche sperimentali consolidate (Mazzotti, 2004). Bologna e l'Istituto delle Scienze costituiscono, fin dalla loro fondazione, uno dei luoghi privilegiati di ricezione e rielaborazione del newtonianesimo, non tanto come sistema teorico chiuso, quanto come insieme di strumenti concettuali e pratiche applicabili a problemi concreti.

Una rilevanza decisiva è assunta dall'idrodinamica: è attraverso l'analisi matematica dei moti dei fluidi e dei problemi legati alla gestione delle acque che il paradigma newtoniano trova un ambito di applicazione privilegiato nel contesto bolognese. Il newtonianesimo si configura così meno come adesione dottrinale e più come risorsa operativa, capace di integrare formalizzazione matematica, pratica sperimentale e intervento sul territorio. In questa prospettiva, anche le esperienze sperimentali e la loro circolazione pubblica non vanno lette come semplice divulgazione, ma come parte di un più ampio processo di costruzione e legittimazione di una nuova cultura fisico-matematica. (Mazzotti, 2004).

Questa flessibilità nell'uso degli strumenti emerge anche sul piano matematico: a Bologna si fa ricorso al calcolo dei limiti, senza rinunciare alla maggiore flessibilità della notazione differenziale leibniziana. L'orientamento bolognese appare evidente anche nei lavori di Laura Bassi, che nel *De problemate quodam mechanico* combina il lessico newtoniano (usa *fluentes* per le grandezze variabili) con l'uso operativo del calcolo differenziale, secondo una scelta metodologica guidata più dalla funzionalità degli strumenti concettuali che



dall'adesione a un sistema teorico unitario (Guicciardini, 2020). L'*Opticks* costituì un punto di riferimento importante per l'ambiente bolognese almeno dagli anni in cui gli esperimenti newtoniani sulla rifrazione furono confermati, nel 1728, da Francesco Maria Zanotti e Francesco Algarotti (Guicciardini, 2020). Algarotti in particolare, svolse un ruolo attivo nella diffusione del newtonianesimo in Italia, contribuendo a consolidare l'ottica come ambito privilegiato di ricezione e rielaborazione della fisica newtoniana (Findlen, 1993).

Anche la fisica di Laura Bassi appare influenzata da *Opticks* e, più in generale, dalla pratica sperimentale newtoniana, come attestano sia i rapporti epistolari con Algarotti, sia, soprattutto, la presenza nell'inventario del laboratorio, di un'ampia sezione di strumenti dedicati allo studio dei fenomeni luminosi.

Tuttavia, come sottolinea Casini, questa rielaborazione del progetto di Newton, va letta all'interno di una rete più ampia di scambi che collega la penisola ai principali centri europei. Accademie, università, corrispondenze e circolazione di strumenti e testi contribuiscono a costruire un tessuto connettivo che rende possibile la diffusione delle idee scientifiche. Allo stesso tempo, tali idee vengono continuamente rielaborate nei diversi contesti locali (Casini, 2016). In questo quadro, il newtonianesimo italiano si configura meno come adesione a un paradigma unitario e più come un insieme di pratiche e interpretazioni, in cui la dimensione sperimentale, la prudenza metafisica e l'interazione con il contesto culturale – incluso quello cattolico – definiscono una via specifica alla scienza dei Lumi.

### **1.3 L'ottica tra XVII e XVIII: spazio di confronto tra modelli teorici e pratiche sperimentali**

Le idee di Newton esercitarono un'influenza profonda sulla filosofia naturale del Settecento, imponendosi progressivamente in diversi contesti europei. Tuttavia, ricondurre la scienza di questo periodo a un semplice trionfo del newtonianesimo rischia di restituire un'immagine troppo lineare. Accanto all'impatto delle sue conquiste matematiche e sperimentali, continuarono infatti a svilupparsi altre tradizioni teoriche, e gli stessi filosofi naturali del Settecento non si limitarono a riprendere i problemi affrontati da Newton, ma si dedicarono alla definizione di nuove questioni di ricerca (Home, 2002).

È all'interno di questa pluralità di prospettive che si colloca lo sviluppo delle teorie ottiche nel corso del XVIII secolo, che verranno ora considerate nei loro tratti essenziali. L'analisi di tali teorie, non ha qui l'obiettivo di ricostruire la storia dell'ottica settecentesca, ma di individuare alcuni nodi teorici e sperimentali rilevanti per il problema di ricerca del presente lavoro. In particolare, l'attenzione sarà rivolta a quei modelli e a quelle pratiche che riemergeranno nell'analisi degli strumenti presenti nell'inventario Bassi-Veratti e nel confronto con le lezioni di Cristina Roccati. Per questa ragione, pur richiamando sinteticamente anche interpretazioni alternative, l'analisi si concentrerà soprattutto sul modello corpuscolare della luce e sulle sue implicazioni sperimentali e didattiche, che assumono un ruolo centrale nella ricezione settecentesca dell'ottica newtoniana.

#### *Keplero*

Un contributo decisivo alla ridefinizione dell'ottica e della teoria della visione è offerto da Keplero, tra la fine del XVI e l'inizio del XVII secolo, in particolare nell'*Ad Vitellionem paralipomena*, dove rielabora in profondità la tradizione ottica precedente. Contro l'idea medievale che il cristallino fosse l'organo principale della visione, egli assume, sulla base della nuova anatomia, che la retina sia la vera sede del processo visivo, mentre il cristallino svolge la funzione di lente. In questo modo, l'occhio viene interpretato secondo un modello ottico analogo a quello della camera oscura: la pupilla corrisponde all'apertura, il cristallino alla lente e la retina allo schermo su cui si forma l'immagine.

Un elemento centrale della sua teoria è l'abbandono del modello fondato su un solo raggio proveniente da ciascun punto dell'oggetto. Keplero sostiene invece che nella formazione dell'immagine debba essere considerato un fascio, o "pennello", di raggi, che nella *Dioptrice* chiamerà *penicilli*. L'immagine si forma nel punto in cui questi raggi rifratti o riflessi convergono, o sembrano convergere. Da qui deriva la sua spiegazione della visione come formazione, sulla retina, di un'immagine reale, ma invertita, del mondo esterno.

Keplero giunge a questa conclusione attraverso una serie di esperimenti con una sfera di vetro riempita d'acqua, assunta come modello semplificato dell'occhio. Collocando la sfera dietro una piccola apertura, in configurazione simile a una camera oscura, osserva che su

uno schermo posto dietro di essa si forma un'immagine nitida. Proprio questi esperimenti lo portano a concepire l'occhio come un dispositivo diotttrico capace di produrre immagini, indipendentemente dall'atto percettivo. L'aspetto più problematico della sua teoria resta però proprio l'immagine invertita sulla retina: mentre la tradizione medievale e rinascimentale aveva cercato in ogni modo di evitare questa conclusione, Keplero la accetta come esito necessario dell'analisi geometrica. La questione di come da un'immagine rovesciata si produca poi la visione corretta non viene però risolta dall'ottica: per Keplero essa appartiene non più alla scienza della luce, ma allo studio dei nervi e del cervello. In questo senso, il contributo di Keplero non consiste soltanto in una nuova teoria della visione, ma in una trasformazione più generale dell'ottica. L'immagine non è più pensata come semplice dato percettivo, ma come entità fisica e geometrica proiettabile su uno schermo. Così facendo, Keplero separa l'ottica dal problema soggettivo del vedere e pone le basi per una nuova scienza della formazione delle immagini, destinata a orientare gli sviluppi successivi dell'ottica geometrica (Shapiro, 2002).

#### *Cartesio*

Nella *Dioptrique*, pubblicata nel 1637 come uno dei tre saggi allegati al *Discours de la méthode*, Cartesio rielabora l'ottica kepleriana costruendo un quadro in cui fenomeni, dispositivi e modelli matematici risultano strettamente intrecciati. L'obiettivo è esplicito: migliorare la visione attraverso strumenti come il telescopio. Questo orienta l'indagine verso la rifrazione, la progettazione delle lenti e la possibilità di controllare la traiettoria dei raggi luminosi. In questo contesto si colloca la formulazione della legge di rifrazione, ottenuta attraverso un'analogia meccanica che assimila il comportamento della luce a quello di una palla che attraversa mezzi diversi. Il risultato è una relazione quantitativa che stabilisce la costanza del rapporto tra i seni degli angoli di incidenza e rifrazione:

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n$$

Il passaggio è decisivo: la rifrazione non è più descritta come semplice deviazione, ma come fenomeno regolato da una legge, che consente di costruire geometricamente il comportamento della luce e di applicarlo direttamente ai dispositivi ottici.

Questa impostazione si inserisce in un quadro fisico più ampio, quello della filosofia meccanica cartesiana. La luce non è trattata come qualità, ma come effetto di un'azione trasmessa attraverso un mezzo continuo, l'etere, in cui una pressione si propaga istantaneamente in linea retta. Anche quando Cartesio ricorre a modelli corpuscolari, lo fa in forma analogica: ciò che conta è che il fenomeno sia riconducibile a movimenti e interazioni meccaniche. In questo senso, la legge della rifrazione e il modello dell'etere non sono in contraddizione, ma due modi di costruire uno stesso schema esplicativo.

Lo stesso schema si ritrova nella teoria del colore. A partire dagli esperimenti con il prisma, Cartesio interpreta i colori non come proprietà originarie della luce, ma come effetto di una sua modificazione indotta dall'interazione con il mezzo. La rifrazione altera lo stato del raggio luminoso, producendo differenze che si manifestano come colori; questi non esistono quindi autonomamente nella luce, ma emergono da una trasformazione. Il fenomeno cromatico viene così ricondotto a condizioni fisiche e geometriche, e inserito in una catena causale che lega luce, materia e percezione.

Questa separazione tra fenomeno fisico e qualità percepite diventa ancora più evidente nella teoria della visione. Pur accogliendo il modello kepleriano dell'immagine retinica, Cartesio rifiuta che la percezione si basi su una somiglianza tra immagine e oggetto: ciò che arriva al cervello è una trasformazione meccanica, non una copia del mondo. La visione viene così interpretata come esito di una catena di movimenti, spostando il problema della percezione su un piano distinto da quello ottico.

All'interno di questo quadro, anche l'arcobaleno viene ricondotto a una struttura geometrica e misurabile. Attraverso un dispositivo controllato – il globo d'acqua – Cartesio mostra che il fenomeno dipende da condizioni angolari precise (circa  $42^\circ$  e  $52^\circ$ ) e da una sequenza determinata di rifrazioni e riflessioni interne alla goccia. Il confronto con il prisma consente di interpretare i colori come effetto della rifrazione stessa, rafforzando l'idea che il fenomeno ottico sia costruito a partire dal percorso dei raggi e dalle condizioni materiali in cui si propagano.

Nel complesso, l'ottica cartesiana costruisce un modello in cui la luce è trattata come oggetto di una descrizione geometrica e meccanica: i fenomeni sono spiegati attraverso traiettorie, interazioni con i mezzi e trasformazioni regolate da leggi. Il ruolo dell'esperimento non è solo quello di mostrare, ma di isolare e controllare il fenomeno, rendendolo traducibile in un modello. È in questa integrazione tra legge, dispositivo e spiegazione meccanica che si definisce un approccio destinato a orientare profondamente lo sviluppo dell'ottica nel XVII secolo. (Shapiro, 2002)

### *Le teorie del continuum e la propagazione della luce*

Parallelamente allo sviluppo delle interpretazioni corpuscolari e della filosofia meccanicistica della luce, nella seconda metà del XVII secolo si sviluppa una diversa linea di ricerca, orientata a interpretare la propagazione luminosa come fenomeno del continuum. Un primo snodo significativo è rappresentato dal *Tractatus opticus* (1644) di Thomas Hobbes, nel quale la luce non viene interpretata come un'emissione di particelle, ma come un moto che si trasmette attraverso un mezzo continuo per contiguità. In questa prospettiva, il raggio perde progressivamente il proprio statuto fisico forte e tende a diventare una costruzione geometrica utile a descrivere la direzione della propagazione, mentre il fenomeno luminoso viene interpretato come trasformazione del moto all'interno del mezzo. Pur rimanendo priva di una vera teoria dell'onda, l'impostazione hobbesiana

introduce alcuni elementi destinati a diventare centrali nelle successive teorie ondulatorie, come l'idea di fronte di propagazione e la distinzione tra fenomeno fisico e rappresentazione geometrica. Questi temi vengono sviluppati negli anni successivi da Robert Hooke, che interpreta la luce come vibrazione propagata attraverso un mezzo e cerca di spiegare fenomeni cromatici come quelli delle lamine sottili attraverso proprietà periodiche del moto luminoso. Nella *Micrographia* (1665), Hooke distingue inoltre i colori prodotti per rifrazione da quelli generati nelle pellicole sottili, mostrando come il comportamento della luce dipenda anche dalle condizioni materiali e geometriche della propagazione. Parallelamente, le ricerche sperimentali di Francesco Maria Grimaldi sulla diffrazione evidenziano fenomeni difficilmente conciliabili con una propagazione rigidamente rettilinea della luce. Queste linee di ricerca trovano una formulazione più sistematica nelle opere di Christiaan Huygens, che alla fine del secolo elabora una teoria ondulatoria capace di descrivere la propagazione della luce attraverso il principio dei fronti d'onda. Tuttavia, nel XVII secolo il dibattito resta aperto: fenomeni come la rifrazione, i colori, la diffrazione e la doppia rifrazione continuano a ricevere interpretazioni differenti, mostrando come l'ottica si configuri sempre più come uno spazio di confronto tra modelli teorici, pratiche sperimentali e dispositivi di osservazione (Shapiro, 2002).

#### *Newton*

Gli studi di Newton sull'ottica iniziano precocemente, già negli anni della formazione a Cambridge (1664–1665) e si sviluppano lungo un arco temporale molto ampio, segnato sia da risultati sperimentali innovativi sia da una progressiva definizione del suo metodo di indagine. Già nelle *Lectiones Opticae* (1670-1672), affronta in modo sistematico fenomeni come riflessione, rifrazione e composizione della luce, utilizzando una geometria sofisticata e integrando costruzione teorica e analisi dei fenomeni.

Con la pubblicazione del saggio del 1672 nelle *Philosophical Transactions*, Newton ottiene immediata notorietà, ma anche forti critiche da parte di autori come Robert Hooke, Christiaan Huygens e Ignace Pardies. Le contestazioni riguardavano soprattutto l'interpretazione degli esperimenti con il prisma e l'idea che la luce bianca fosse una miscela eterogenea di raggi con diversa rifrangibilità.

A seguito di queste controversie, Newton adotta una posizione più cauta rispetto all'uso delle ipotesi. Nel testo del 1675, *Hypothesis of Light*, distingue esplicitamente il piano ipotetico da quello dimostrativo, chiarendo che le ipotesi possono avere una funzione esplicativa, ma non devono essere confuse con risultati fondati. Questo orientamento si consolida nella sua metodologia: la conoscenza deve derivare dai fenomeni attraverso un procedimento induttivo, senza ricorrere a ipotesi sulla natura ultima dei fenomeni stessi.

In linea con questa scelta, nell'*Opticks* Newton privilegia una presentazione fondata su esperimenti e osservazioni, evitando di impegnarsi esplicitamente in teorie sulla natura della luce. Contrariamente a una lettura diffusa, Newton non sostiene in modo esplicito una

teoria corpuscolare della luce: evita infatti di pronunciarsi sulla sua natura, preferendo utilizzare il concetto operativo di “*raggio luminoso*” per descrivere i fenomeni senza assumere un impegno teorico vincolante. Nel corso dei suoi studi, Newton elabora diversi modelli per spiegare l’interazione tra luce e materia, senza mai arrivare a una formulazione unitaria, utilizza spiegazioni diverse per fenomeni diversi, combinandole in funzione delle esigenze esplicative. Le *Query* dell’*Opticks* diventano così lo spazio in cui queste ipotesi vengono formulate senza essere assunte come definitive. (Silva & Moura, 2014)

All’interno di questo quadro si colloca la nuova teoria del colore, che rappresenta il contributo più radicale di Newton all’ottica. Riprendendo e trasformando la tradizione precedente, Newton rifiuta l’idea che i colori siano una modificazione della luce bianca prodotta dai mezzi e sostiene invece che la luce solare sia composta da raggi diversi, ciascuno caratterizzato da un proprio grado di rifrangibilità e da un proprio colore. La rifrazione non genera quindi i colori, ma li separa.

Il primo passaggio decisivo di questa riformulazione emerge nell’esperimento con il prisma. In una stanza oscurata, un raggio di luce solare entra da un piccolo foro, attraversa un prisma disposto in modo che il raggio abbia uguale inclinazione in ingresso e in uscita, e va a proiettarsi su uno schermo distante. Il risultato è noto ma, nel quadro teorico del tempo, profondamente problematico: l’immagine del Sole non appare circolare, come ci si dovrebbe aspettare, ma oblunga e colorata. Newton chiama questa immagine *spettro* e fa di questa anomalia il problema da spiegare. Per chiarire la causa dell’allungamento dello spettro, costruisce poi l’*experimentum crucis* che ha la funzione di isolare il fenomeno e mostrarne la struttura. Due tavole forate, poste a distanza, permettono di selezionare soltanto una piccola porzione dello spettro prodotto dal primo prisma; questa porzione, fatta passare attraverso un secondo prisma, viene nuovamente proiettata su uno schermo.

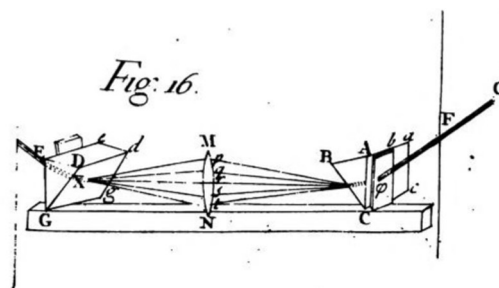


Figura 1: Diagramma della rifrazione e dispersione della luce attraverso un prisma, da I. Newton, *Opticks* (1704), Internet Archive

L’aspetto decisivo dell’esperimento è che i raggi che sono stati maggiormente rifratti nel primo prisma risultano essere anche quelli maggiormente rifratti nel secondo. Newton conclude così che la lunghezza dello spettro non dipende né dalla forma del prisma né da irregolarità accidentali del fenomeno, ma dal fatto che la luce bianca è composta da raggi

intrinsecamente diversi, cioè diversamente rifrangibili. Il prisma, quindi, non produce il colore: lo rende visibile separando componenti già presenti nella luce.

Su questa base Newton distingue tra colori semplici, costituiti da raggi omogenei con un unico grado di rifrangibilità, e colori composti, derivanti dalla loro mescolanza. La conseguenza più rilevante è il rovesciamento della concezione tradizionale: il bianco non è più semplice, ma composto, mentre i colori diventano proprietà originarie della luce. In questo modo Newton abbandona definitivamente le teorie della modificazione, comprese quelle cartesiane, e ridefinisce il rapporto tra luce e colore in termini fisici.

Un secondo ambito fondamentale della sua ricerca riguarda i colori delle lamine sottili, affrontati sistematicamente e poi confluiti nel Libro II dell'*Opticks*. Qui il problema non è più soltanto l'analisi della composizione della luce bianca, ma la determinazione quantitativa delle condizioni di comparsa dei colori. Il dispositivo adottato permette di trasformare un fenomeno difficile da misurare in un problema geometrico controllabile: una lente convessa posta sopra una lastra piana di vetro crea un sottilissimo strato d'aria, di spessore variabile dal punto di contatto centrale verso l'esterno, nel quale compaiono anelli concentrici alternativamente chiari, scuri e colorati, con una zona nera al centro. Il punto cruciale è che lo spessore della lamina d'aria non deve essere misurato direttamente, ma può essere ricavato geometricamente dalla curvatura della lente e dal diametro degli anelli, secondo la relazione:

$$d = \frac{D^2}{8R}$$

dove  $D$  è il diametro di un anello,  $d$  lo spessore dello strato d'aria corrispondente e  $R$  il raggio della lente.

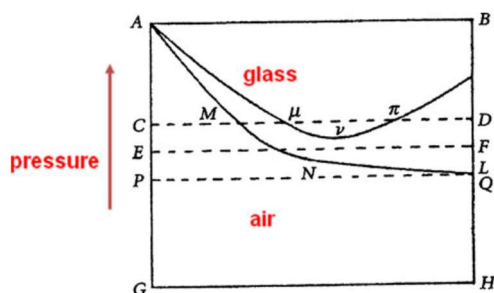


Figura 2: Rifrazione e riflessione totale dei raggi luminosi in diversi mezzi con diverse densità dell'etere, in '*Hypothesis of light*' (1695)

Grazie a questo passaggio, il fenomeno cromatico viene tradotto in una misura. Misurando i diametri di anelli successivi, Newton osserva che i quadrati dei diametri crescono secondo rapporti regolari e conclude che i colori compaiono a multipli interi dello spessore del primo anello.

Le strutture concettuali della filosofia naturale e delle pratiche sperimentali nella costruzione della Fisica del XVIII secolo

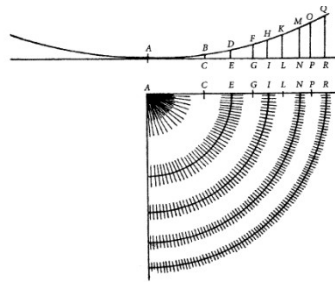


Figura 3: I raggi trasmessi e riflessi, dando origine ad anelli scuri e chiari, in '*Hypothesis of Light*' (1695)

Nell'*Opticks* (1704), Newton riorganizza questi risultati privilegiando una presentazione fondata su esperimenti e osservazioni. Ciò che emerge con maggiore chiarezza è un nuovo modo di fare ottica: selezionare i fenomeni, isolarli attraverso dispositivi sperimentali e costruire a partire da essi una descrizione quantitativa rigorosa (Shapiro, 2002).

#### *Post Newton*

Nei primi decenni del Settecento, alcuni filosofi naturali iniziano a sviluppare modelli autonomi a partire dall'ottica newtoniana, cercando di integrarla con la meccanica dei *Principia*. L'obiettivo non è più soltanto presentare le idee di Newton, ma costruire una teoria coerente dell'interazione tra luce e materia fondata su principi meccanici, in particolare sull'azione di forze a distanza. Uno dei primi tentativi in questa direzione è quello di George Cheyne, che interpreta la luce come composta da corpuscoli estremamente piccoli e considera dimostrata la loro natura materiale sulla base delle loro proprietà fisiche. In questo quadro, le *Query* dell'*Opticks*, originariamente formulate come ipotesi o questioni aperte, vengono trasformate in affermazioni: luce e corpi agiscono reciprocamente attraverso forze che regolano i fenomeni ottici e termici. Su questa linea si collocano anche autori come Wilhelm Jacob 's Gravesande e Robert Smith, che cercano di spiegare rifrazione, riflessione e altri fenomeni ottici attraverso modelli fondati su spazi di attrazione e repulsione agenti sui corpuscoli luminosi. In questi lavori l'ottica viene progressivamente reinterpretata come parte di una descrizione meccanica unificata della natura, coerente con la fisica dei *Principia*. Tuttavia, tali modelli non riescono a spiegare in modo completo tutti i fenomeni luminosi. A partire dalla metà del secolo, nuovi lavori iniziano a mettere in discussione alcuni aspetti dell'ottica corpuscolare, mentre si rafforzano interpretazioni alternative, soprattutto di tipo ondulatorio. Nel corso dell'Ottocento, grazie agli studi di Thomas Young, Augustin-Jean Fresnel e altri, le teorie ondulatorie acquisiscono una crescente capacità esplicativa, riuscendo a rendere conto di fenomeni come diffrazione, interferenza e polarizzazione (Silva & Moura, 2014).



Guardando retrospettivamente, emerge che l'ottica "newtoniana" del Settecento non coincide con quella di Isaac Newton: molti autori selezionano e rielaborano alcuni elementi dell'*Opticks*, integrandoli con la meccanica dei *Principia* e marginalizzando aspetti centrali del lavoro originale, come il concetto di *fits* e l'analisi dei fenomeni dei film sottili sviluppata nel Libro II (Silva & Moura, 2014). Proprio questa compresenza di modelli teorici differenti, dispositivi sperimentali e pratiche di osservazione rende l'ottica un terreno particolarmente significativo per il problema di ricerca qui affrontato. I fenomeni luminosi costituiscono infatti uno degli ambiti nei quali risulta evidente il rapporto tra costruzione teorica, apparato strumentale e pratica dimostrativa, elementi che riemergeranno nell'analisi dell'inventario Bassi-Veratti e nel confronto con le lezioni di Cristina Roccati.

## **1.4 La Fisica Sperimentale verso lo status di disciplina tra strumenti, dimostrazione e istituzioni**

Nel corso del XVIII secolo, ambiti come luce, calore, elettricità e magnetismo, insieme ad altri fenomeni come il suono e i fluidi aeriformi, vengono progressivamente identificati come campi centrali di una disciplina ormai definita *fisica sperimentale*. Questa nuova configurazione rende necessario chiarire e rendere più rigorosa la metodologia della ricerca, esigenza che non si era posta con la stessa urgenza all'inizio del secolo, quando la "fisica", secondo l'impostazione aristotelica, indicava ancora una scienza generale della materia e del cambiamento, all'interno della quale il ruolo dell'esperimento rimaneva incerto.

La terminologia resta tuttavia fluida: mentre in Francia si parla di *physique expérimentale*, in Inghilterra si afferma l'espressione *experimental philosophy*. Ancora alla fine del XVIII secolo, i confini tra discipline risultano poco definiti: fenomeni come luce e calore sono studiati sia in ambito chimico sia nell'ambito della filosofia sperimentale, mentre l'interesse per "elettricità animale" contribuisce a sovrapporre fisica e biologia.

In questo contesto, tendono a emergere come centrali quei problemi che appaiono rilevanti per le questioni teoriche fondamentali; tuttavia, con il progressivo riconoscimento dell'esperimento come criterio ultimo di validazione, acquistano importanza anche fenomeni che risultano effettivamente investigabili sul piano sperimentale, contribuendo a ridefinire le priorità della ricerca. (Home, 2002)

### **1.4.1 Il ruolo degli strumenti scientifici all'interno del cambiamento delle caratteristiche della Fisica del '700**

Nel XVIII secolo si assiste a una fioritura dei gabinetti scientifici e, più specificamente, dei gabinetti di fisica sperimentale. In numerose città europee si sviluppano collezioni di strumenti scientifici che rispondevano sempre più alle esigenze dell'indagine sperimentale e alla dimostrazione dei fenomeni davanti a un pubblico colto e attraverso la figura del conferenziere-dimostratore (Bennett & Talas, 2013). In questo processo non mutarono soltanto le pratiche didattiche e sperimentali, ma il significato stesso del termine fisica, i luoghi del suo insegnamento e il pubblico cui si rivolgeva, sempre meno limitato agli ambiti universitari in senso stretto (Cavazza, 2013). L'introduzione delle lezioni di filosofia naturale fondate sulle dimostrazioni sperimentali avvenne, seppur in forma ancora limitata, in alcune università europee, all'interno dei corsi di filosofia naturale.

In questi anni, la riproducibilità degli esperimenti si afferma come uno dei principali parametri di validazione della fisica, mentre i nuovi settori di ricerca si concentrano su fenomeni fino ad allora poco esplorati, resi accessibili da apparati strumentali sempre più specifici (Talas, 2020). Come osserva Golinski (2002), riprendendo Thomas S. Kuhn, l'emergere di ambiti di ricerca legati alla *physica particularis* non avvenne in assenza di

riferimenti teorici, ma in una fase in cui i quadri interpretativi risultano ancora in via di stabilizzazione e strettamente intrecciati allo sviluppo di apparati strumentali innovativi.

Nel corso del Seicento, le Accademie svolsero un ruolo centrale nel consolidamento e nella diffusione della filosofia naturale sperimentale, promuovendo pratiche dimostrative fondate sull'uso controllato degli strumenti e rivolte a pubblici differenti, dalle ostensioni pubbliche ai contesti più ristretti dei salotti e delle corti. In questo quadro si affermarono figure quali gli olandesi William Jacob 's Gravesande (1688–1742) e Pieter van Musschenbroek (1692–1761), che contribuirono alla diffusione del newtonianismo attraverso dimostrazioni rigorose, accompagnate da misure accurate e da analisi dettagliate delle leggi fisiche, rese possibili dall'impiego di strumenti realizzati da artigiani specializzati o dagli stessi autori (Talas, 2020). Su questa stessa linea si colloca l'opera di Jean-Antoine Nollet (1700-1770). Le sue lezioni, raccolte nell'opera in tre volumi, *L'art des expériences*, (1770), si basavano su un ampio repertorio di strumenti appositamente progettati (oltre 350, descritti in un trattato dedicato) ebbero una vasta diffusione in ambito europeo e contribuirono insieme a quelle dei fisici olandesi e inglesi in modo decisivo all'affermazione di un nuovo modello di insegnamento della fisica sperimentale.

Questa configurazione di forte integrazione tra sperimentazione, insegnamento e circolazione del sapere costituisce la cornice entro cui si colloca il laboratorio allestito a Bologna da Laura Bassi e Giuseppe Veratti tra il 1749 e il 1778. Un catalogo del 1820 (Allegato A) consente di ricostruirne la ricchezza e la tipologia: la maggior parte degli strumenti era destinata allo studio della *physica particularis*, cioè delle scienze che indagano le proprietà specifiche della materia, come il magnetismo, la pneumatica, la meteorologia, la calorimetria, i fenomeni luminosi, l'elettricità e la chimica, fatta eccezione per i congegni finalizzati all'insegnamento della meccanica e dell'idraulica, già noti a fini didattici (Cavazza, 1995). Il gabinetto Bassi-Veratti riflette la cultura materiale delle scienze fisiche in pieno Illuminismo combinando prototipi del XVII secolo, strumenti costruiti ad hoc da artigiani esperti per l'indagine dei fenomeni e i dispositivi destinati alla dimostrazione didattica. Gli strumenti presenti nei gabinetti di fisica non avevano tutti la stessa funzione: alcuni erano destinati a rendere possibili ricerche nuove e a esplorare fenomeni ancora poco conosciuti, altri avevano invece una funzione eminentemente didattica, volta a riprodurre e rendere visibili fenomeni ormai acquisiti, soprattutto nell'ambito della meccanica, dell'idrostatica e dell'ottica.

In questo senso, la fisica sperimentale del Settecento non si configura soltanto come un insieme di pratiche dimostrative, ma come un sistema materiale e culturale complesso, che richiede strumenti specifici, competenze tecniche e contesti istituzionali capaci di rendere possibile l'indagine dei fenomeni (Morus, 2017).

### **1.4.2 L'Istituto delle Scienze e il suo ruolo nello sviluppo della Fisica sperimentale a Bologna**

Nel contesto bolognese della prima metà del Settecento, il ruolo svolto da Prospero Lambertini, poi Benedetto XIV, risulta decisivo per comprendere le condizioni di sviluppo della Fisica sperimentale. Il suo intervento si configura come una vera e propria politica culturale orientata alla promozione di una filosofia naturale non dogmatica, in cui l'indagine dei fenomeni è resa possibile attraverso l'integrazione tra osservazione, pratica sperimentale e riflessione teorica. In questo senso, la valorizzazione delle scienze non avviene attraverso l'imposizione di un sistema dottrinale, ma mediante la costruzione di spazi e strumenti che rendano possibile l'indagine dei fenomeni (Mazzone, Dainese, & Bottanelli, 2025).

L'Istituto delle Scienze rappresenta il punto di convergenza di questo progetto: sostenuto e progressivamente arricchito attraverso finanziamenti, acquisizioni librerie e dotazioni strumentali, esso si configura come un luogo in cui ricerca, insegnamento e pratica sperimentale risultano strettamente intrecciati. La centralità attribuita agli strumenti scientifici – considerati non semplici supporti, ma condizioni operative della conoscenza – evidenzia un passaggio cruciale nella definizione della Fisica come disciplina, in cui la produzione dei fenomeni e la loro riproducibilità assumono un ruolo determinante.

In questo quadro, Bologna non appare soltanto come uno dei centri di diffusione del newtonianesimo, ma come un contesto in cui le teorie vengono selezionate e rielaborate in funzione delle pratiche sperimentali e delle esigenze istituzionali (Mazzone, Dainese, & Bottanelli, 2025).

La vicenda dell'Istituto si inserisce tuttavia in un equilibrio complesso tra progetto e realizzazione. Fondata da Luigi Ferdinando Marsili e inaugurata nel 1714, l'Istituto nasce come centro di ricerca sperimentale e di confronto accademico, ispirato a modelli europei e trova le sue radici nell'integrazione tra insegnamento teorico, pratica sperimentale e ostensione pubblica dei fenomeni. Il progetto marsiliano, spesso paragonato dai contemporanei alla "Casa di Salomone" baconiana, mirava infatti a concentrare in un unico luogo ricerca teorica, sperimentazione, costruzione di strumenti e trasmissione del sapere, secondo un modello che attribuiva alla scienza una precisa utilità pubblica e sociale (Cavazza, 2013). Nonostante l'ampiezza del progetto, l'Istituto attraversò fin dagli esordi difficoltà organizzative e carenze strumentali, che ne limitarono a lungo le potenzialità operative. A partire dal 1742, l'intervento di Benedetto XIV, avviò una riorganizzazione scientifica e didattica volta a sviluppare appieno le potenzialità dell'Istituto. Questo processo si tradusse in un significativo potenziamento delle dotazioni materiali, in particolare nell'acquisizione di macchine fisiche indispensabili a una pratica sperimentale collettiva e fondata sulla produzione artificiale dei fenomeni. In questo quadro si inserisce l'aggiornamento, nel 1744, dell'apparato della Camera di Fisica, attraverso acquisizioni provenienti sia da artigiani olandesi, sia dall'officina di ottica di Giuseppe Campani,

accompagnate all'arricchimento delle dotazioni librerie a supporto dell'insegnamento e della ricerca (Mazzone, Dainese, & Bottanelli, 2025). Nonostante il significativo ammodernamento delle infrastrutture e l'offerta di corsi sperimentali rivolti agli studenti dell'Università, la didattica rimase tuttavia soggetta a vincoli istituzionali stringenti: le lezioni pratiche o *ostensioni*, separate dall'insegnamento dello Studio, erano limitate temporalmente e prive di inquadramento teorico. Anche dopo la riforma del 1737, che aveva formalmente aperto i programmi universitari ai metodi moderni, la distinzione tra insegnamento teorico e pratica sperimentale, continuò a caratterizzare l'assetto della fisica bolognese fortemente segnata dall'ambito medico (Angelini, 2025).

Nell'Istituto nel 1776 si formalizzò la distinzione tra una fisica di impianto geometrico e una fisica fondata sulla sperimentazione, istituendo due corsi distinti di fisica generale e di fisica sperimentale, affidati rispettivamente a Sebastiano Canterzani (1734-1818) e a Laura Bassi. Questa distinzione non era soltanto organizzativa, ma epistemologica: come chiariva Canterzani, la fisica particolare non poteva procedere senza il continuo appoggio dell'esperimento, mentre la fisica generale, una volta accertati alcuni fatti fondamentali, poteva svilupparsi in larga misura attraverso la teoria (Cavazza, 2013). Come ha mostrato Marta Cavazza, le pagine introduttive con cui Sebastiano Canterzani inaugurava i suoi corsi di fisica generale presso l'Università di Bologna, conservate nelle lezioni manoscritte (*Lezioni di fisica*, Biblioteca Universitaria di Bologna, ms. 4172), testimoniano il crescente interesse della comunità scientifica bolognese per l'approccio della *experimental philosophy*, così come definito da Newton nel *General Scholium* dei *Principia*. È proprio questa integrazione tra dimensione teorica, apparati strumentali e organizzazione del sapere a costituire il terreno su cui diventa possibile collocare l'attività di Laura Bassi. In questa prospettiva, il laboratorio domestico può essere interpretato non come spazio marginale, ma come luogo di elaborazione e trasmissione della conoscenza fisica, nel quale la dimensione sperimentale non è separata dalla costruzione teorica, ma partecipa direttamente alla costruzione del sapere.

Le strutture concettuali della filosofia naturale e delle pratiche sperimentali nella costruzione della Fisica del XVIII secolo

## **2 Il laboratorio Bassi – Veratti e la costruzione del problema di ricerca**

Nel capitolo precedente è stato delineato il quadro teorico e istituzionale entro cui la fisica settecentesca si struttura come disciplina in progressiva definizione, tra manualistica, gabinetti e pratiche sperimentali in Europa e in particolare a Bologna. In tale contesto, il laboratorio domestico di Laura Bassi e Giuseppe Veratti rappresenta un caso significativo, ma non pienamente indagato nelle sue implicazioni didattiche.

Il capitolo che segue nasce da una constatazione semplice: ricostruire l'insegnamento di Laura Bassi significa confrontarsi con una documentazione disomogenea. Disponiamo dell'inventario del laboratorio Bassi–Veratti e di una serie di fonti indirette, ma non di un corpus organico di lezioni manoscritte che permetta di seguire in modo lineare l'articolazione dei contenuti.

Questa situazione non impedisce l'indagine, ma ne orienta il metodo. Se non è possibile descrivere puntualmente le lezioni, possiamo tuttavia interrogarci sulla loro possibile struttura concettuale e didattica a partire dal contesto biografico e di ricerca dei coniugi, dagli strumenti, dai fenomeni fisici a cui rimandano e dal confronto con fonti testuali coeve. In questo senso la domanda che guiderà il lavoro è la seguente: in che modo l'analisi dell'inventario del laboratorio Bassi–Veratti, integrata con il confronto con fonti testuali coeve, permette di ricostruire la struttura concettuale e didattica dell'insegnamento di Laura Bassi e la rende metodologicamente plausibile?

La risposta a tale interrogativo esige l'esame di fonti dirette e indirette relative alle attività che i coniugi Veratti svolgevano nel loro laboratorio. La natura delle fonti individuate suggerisce che l'insegnamento scientifico di Laura Bassi avesse una natura performativa e situata, fondata sulla centralità dell'esperimento, dell'osservazione e dello strumento. Ricostruire in termini teorici il laboratorio e le lezioni didattiche svolte in e con questo, significa collocarlo all'interno del processo di formazione metodologica della fisica, un processo che andrà definendosi fino ad assumere i contorni con cui oggi lo riconosciamo. Intrecciare le scelte biografiche e professionali di Bassi con la struttura dell'inventario e con i riferimenti teorici a lei disponibili permette infine di restituire con maggiore nitidezza il volto di scienziata e ricercatrice propri di Laura Bassi.

Le sezioni successive delineano tale profilo scientifico e il contesto del laboratorio. Questo permetterà di chiarire le condizioni storiche e documentarie entro cui tale problema si colloca e di far emergere alcune caratteristiche utili per rispondere alla prima parte della domanda di ricerca.

## **2.1 Laura Bassi (1711-1778) nella Bologna del Settecento: ruolo accademico e posizionamento scientifico**

Il problema del passaggio da “donna dottoressa” a “donna professore”, ben sintetizzato dalla storiografia recente (Muceni, 2023), restituisce bene l’ambiguità con cui la presenza di Laura Bassi veniva percepita all’interno degli spazi accademici tradizionalmente maschili. La carriera pubblica di Laura Bassi ebbe inizio nel 1732, anno che segnò il suo ingresso ufficiale nella vita accademica bolognese, e che la storiografia ha spesso indicato come un vero e proprio *annus mirabilis*. Il 17 aprile 1732 Bassi discusse pubblicamente quarantanove tesi filosofiche; poche settimane dopo, il 12 maggio dello stesso anno, conseguì il dottorato in filosofia presso l’Università di Bologna. L’evento ebbe grande risonanza pubblica e fu accompagnato dalla pubblicazione di diversi componimenti celebrativi in suo onore. Nello stesso anno Bassi ricevette *ex officio* una cattedra all’Archiginnasio, e il 27 giugno sostenne una seconda discussione pubblica, difendendo dodici tesi di filosofia naturale; l’esito di questa discussione indusse il Senato di Bologna ad assegnarle una lettura onoraria retribuita di *Philosophia universa*. La sua lezione inaugurale, intitolata *De aqua corpore naturali elemento aliorum corporum parte universi*, segnò l’avvio della sua attività di docente pubblica (Muceni, 2023). In occasione dell’inizio delle lezioni come «Pubblica Docente e Collegiata» fu inoltre coniata una medaglia commemorativa in bronzo che riportava il motto *Soli cui fas vidisse Minerva*, contribuendo a costruire la rappresentazione simbolica della studiosa (Cavazza, 2020).

Nonostante il grande clamore che accompagnò il suo debutto accademico, le normali lezioni universitarie della Bassi continuarono solo per un periodo limitato. È stato spesso sostenuto che ella fosse stata esclusa dall’insegnamento ordinario dell’Archiginnasio a causa del suo sesso; questa interpretazione si basa su un verbale delle deliberazioni del senato accademico del 29 ottobre 1732. Tuttavia i *rotuli* universitari dell’epoca continuano a registrare la presenza delle sue lezioni, il che suggerisce che la situazione fosse più complessa: è plausibile che Bassi tenesse effettivamente lezioni all’Archiginnasio, ma con una frequenza inferiore rispetto ai colleghi maschi e soprattutto in occasioni particolari. La riduzione della frequenza delle lezioni può essere ricondotta non solo alla sua condizione di genere, ma probabilmente anche al fatto che tra il 1738 e il 1754 Bassi ebbe otto parti; Fantuzzi nei *Notiziari* parla di dieci gravidanze (*Notizie degli scrittori bolognesi*, 1781-1794). Queste lezioni suscitarono grande interesse nell’ambiente intellettuale bolognese, ma non esaurirono l’attività scientifica della studiosa. Per molti anni, soprattutto dopo il matrimonio con Giovanni Giuseppe Veratti (1707–1793), medico e lettore di anatomia allo Studio, celebrato il 7 febbraio 1738 nella basilica di San Petronio, Bassi svolse infatti un’intensa attività didattica e sperimentale anche nella propria abitazione (Elena, 1991).

Come ha mostrato Marta Cavazza, la vita pubblica della Bassi può essere suddivisa in due fasi differenti, separate dalla sua nomina all’Accademia Benedettina nel 1745. Nel periodo



compreso tra il 1732 e il 1745 il ruolo pubblico della studiosa fu in gran parte costruito dall'esterno e ruotò intorno alla figura della "donna prodigio", dotata di un ingegno considerato eccezionale per il suo sesso e di una solida formazione culturale. L'immagine di Bassi venne frequentemente associata alla figura mitologica di Minerva, simbolo della città di Bologna stessa. In questo contesto la studiosa divenne anche un elemento centrale dell'immagine culturale che la città intendeva proiettare verso l'esterno. Dietro questa operazione vi fu il sostegno decisivo di Prospero Lambertini, futuro papa Benedetto XIV, che fu tra i suoi primi esaminatori e rimase a lungo uno dei suoi principali protettori.

Accanto agli elogi non mancarono tuttavia critiche e perplessità. Alcuni ambienti cittadini guardavano con sospetto alla presenza di una giovane donna negli spazi accademici tradizionalmente maschili, mentre altri sollevavano dubbi sulla legittimità delle cariche a lei attribuite. Nella delibera di conferimento della cattedra, come citato sopra, il Senato specificò infatti che si trattava più di un riconoscimento onorifico che di un incarico di insegnamento ordinario: la Bassi poteva tenere lezioni all'Archiginnasio solo con autorizzazione dei superiori (*ratione sexus*). Questo episodio riflette un clima culturale più ampio: nel Settecento italiano l'accesso delle donne alla cultura superiore continuava a essere percepito come potenzialmente destabilizzante per l'ordine sociale e per la tradizionale divisione dei ruoli di genere (Findlen, 2003).

Nonostante questi limiti istituzionali, Laura Bassi riuscì progressivamente a costruire uno spazio scientifico autonomo all'interno della comunità bolognese. Come osservano diversi studiosi di Bassi, la studiosa adottò una serie di strategie volte ad aggirare gli ostacoli legati alla sua condizione di genere, sfruttando al contempo la rete di relazioni che la sua posizione le garantiva (Findlen, 2020). Un passaggio importante fu il progressivo distacco dal suo primo maestro Gaetano Tacconi, medico di famiglia che le aveva insegnato logica, metafisica e filosofia naturale. Negli anni successivi Bassi si avvicinò invece a studiosi più aggiornati, come Jacopo Bartolomeo Beccari (1682-1766) e Gabriele Manfredi (1681-1761), che la introdussero alla fisica newtoniana e al calcolo infinitesimale. Lo studio dell'algebra e della matematica differenziale contribuì a formare quello che Alberto Elena definisce l'*habitus mentale* dello sperimentatore moderno. In un contesto in cui molti cultori della fisica provenivano da una formazione medica, la preparazione fisico-matematica della Bassi costituiva un elemento relativamente raro e le consentì di occupare uno spazio didattico specifico, offrendo corsi di fisica sperimentale molto seguiti.

Questa evoluzione emerge anche da una fonte anonima conservata presso la Biblioteca Comunale dell'Archiginnasio (Elena, 1991), intitolata *Notizie riguardanti la Signora Laura Bassi Veratti*, secondo cui negli anni successivi al dottorato la studiosa fu istruita in algebra da Gabriele Manfredi e si dedicò con crescente interesse alla fisica sperimentale, seguendo le scoperte di Newton e di altri autori contemporanei. La stessa fonte ricorda inoltre i suoi rapporti epistolari con studiosi europei, tra cui l'abbé Nollet.

Con l'ingresso nell'Accademia Benedettina la sua attività si struttura in modo più pienamente istituzionale e si intensificano gli scambi scientifici, consolidando il passaggio da figura pubblica "eccezionale" a protagonista attiva della pratica sperimentale settecentesca. Questo si accompagnò anche alla costruzione di un nuovo spazio di attività didattica e sperimentale. Rendendosi conto che difficilmente avrebbe potuto ottenere un insegnamento universitario regolare, la studiosa decise insieme al marito di incrementare l'apparato di macchine e strumenti fisici e di istituire nella propria casa una scuola di fisica sperimentale aperta a studenti universitari, curiosi e amateurs. L'iniziativa incontrò notevole successo e rispondeva a una domanda di insegnamento sperimentale che né l'Università né l'Istituto delle Scienze riuscivano pienamente a soddisfare. Sebbene queste lezioni private non abbiano ricevuto per molti anni un sostegno finanziario significativo, esse contribuirono a rafforzare la posizione accademica della studiosa (*Elena, 1991*). In una lettera indirizzata a Petronio Matteucci il 23 febbraio 1756, Laura Bassi utilizza l'espressione «La nostra Fisica» per designare la pratica di Fisica sperimentale che prendeva forma nel suo laboratorio domestico bolognese (*Melli, 1960*). Questa formulazione mostra come la Fisica sperimentale non costituisca soltanto uno dei suoi ambiti di interesse, ma l'asse portante della sua attività intellettuale. Il laboratorio rappresenta infatti un caso singolare non tanto per la quantità e la qualità degli strumenti che vi erano raccolti, né per la dedizione trentennale e i sacrifici che Bassi gli consacrò, o per il flusso continuo di visitatori, allievi e viaggiatori stranieri, quanto piuttosto per la funzione più profonda che esso svolgeva. Non semplice mezzo per sostenere una carriera, ma manifestazione concreta della volontà della Bassi di esercitare un insegnamento che le era stato per lungo tempo precluso. In un passo della lettera del 14 giugno 1755 indirizzata a Scarselli, amico e segretario d'ambasciata per il Reggimento bolognese presso Benedetto XIV, emergono con chiarezza la dedizione e i sacrifici che Laura Bassi e il marito consacrarono alla loro attività sperimentale, impegno che sarebbe stato riconosciuto in seguito anche sul piano economico e professionale dal Senato. Il laboratorio, integrato negli spazi domestici dei coniugi Veratti, permeava la loro vita quotidiana. Intorno al 1760 lo stipendio della Bassi risultava il più alto tra quelli pagati dall'Università di Bologna, segno del forte valore simbolico che la sua figura continuava a rappresentare per l'istituzione. Il riconoscimento formale della sua attività giunse infine nel 1776, quando, alla morte di Paolo Battista Balbi, l'Università istituì due cattedre distinte di Fisica teorica e sperimentale e affidò alla Bassi quella sperimentale. Veratti, già assistente di Balbi, divenne assistente della moglie e le succedette dopo la sua morte, avvenuta il 20 febbraio 1778. Nonostante questo riconoscimento finale, gran parte dell'attività scientifica e didattica di Laura Bassi si svolse negli anni precedenti all'interno dell'insegnamento privato e dell'ambiente scientifico che ella e il marito avevano costruito nella loro casa.

## **2.2 La pratica scientifica di Laura Bassi: ricerche, insegnamento e reti di scambio**

Il ruolo di Laura Bassi come scienziata non derivò soltanto dai riconoscimenti istituzionali ottenuti nel 1732, ma fu progressivamente costruito attraverso una combinazione di attività scientifiche, reti intellettuali e pratiche di insegnamento. La documentazione disponibile mostra, infatti, come la sua presenza nella comunità scientifica bolognese emerga da fonti diverse: dissertazioni accademiche, testimonianze di studenti, corrispondenze con studiosi europei e resoconti di viaggiatori stranieri.

Un elemento centrale di questa costruzione fu l'attività di insegnamento e sperimentazione svolta nella casa della famiglia Bassi-Veratti.

Le lettere e i contatti scientifici mostrano l'inserimento di Bassi in una rete internazionale di scambi intellettuali. Tra i suoi corrispondenti figurano studiosi come Jean-Antoine Nollet (1700-1770), Alessandro Volta (1745-1827) e Lazzaro Spallanzani (1729-1799), mentre altri scienziati e viaggiatori visitarono il laboratorio domestico durante il loro passaggio a Bologna.

La storiografia ha sottolineato come proprio questa combinazione di insegnamento sperimentale, partecipazione alle reti scientifiche e attività di ricerca su problemi di ottica, idraulica ed elettricità abbia permesso a Bassi di trasformare un ruolo inizialmente simbolico in una partecipazione effettiva alla vita scientifica della città e al processo di diffusione del metodo scientifico e delle teorie fisiche nella cultura italiana del XVIII secolo.

### **2.2.1 I lavori di ricerca di Laura Bassi**

Le fonti dirette relative alla produzione scientifica di Laura Bassi sono estremamente limitate. Sebbene tra il 1746 e il 1777 ella abbia presentato numerose dissertazioni all'Accademia delle Scienze di Bologna, solo una piccola parte di questi testi è giunta fino a noi. Le ricerche archivistiche indicano infatti che solo alcuni manoscritti sono conservati negli archivi accademici, mentre molti altri risultano attestati soltanto nei cataloghi ottocenteschi o in riferimenti indiretti (Berti Logan, 1994). Questo limita la ricostruzione dell'orientamento del suo lavoro scientifico. Oltre alle dispute pubbliche del 1732, si conservano due trattati principali nei *Commentarii* dell'Accademia (vol. IV, 1757): *De problemate quodam hydrometrico* e *De problemate quodam mechanico*, cui si aggiungono due resoconti su fenomeni di pneumatica e idraulica: *De aeris compressione* e *De immixto fludis aere*. Questi testi rappresentano solo una parte dell'attività scientifica che Bassi svolse in Accademia tra il 1746 e il 1777 (Elena, 1991). L'analisi dei lavori di Laura Bassi adottata in questo paragrafo si basa in modo prevalente sulla ricostruzione proposta da Beate Ceranski (2020). Dei quattro lavori menzionati, i due di argomento meccanico risalgono alle conferenze accademiche tenute da Bassi tra la fine degli anni Quaranta e

l'inizio degli anni Cinquanta, quindi nel primo terzo del suo mandato come membro retribuito dell'Accademia. In entrambi si tratta di argomenti teorici.

Nel *De problemate quodam mechanico* Bassi introduce il problema del movimento del centro di massa di due o più punti materiali come caso particolare di un teorema di portata più generale, chiarendo sin dall'inizio il metodo adottato. Sebbene l'impostazione iniziale abbia natura geometrica, l'analisi è costantemente orientata a questioni fisiche e alla comprensione del moto reale dei corpi. Nella formulazione del problema, il riferimento esplicito al centro di massa scompare: Bassi considera due masse che si muovono su un piano, congiunte in ogni istante da una retta, sulla quale giace un punto. L'obiettivo è determinare la tangente alla curva descritta da tale punto. La soluzione viene costruita attraverso una combinazione di strumenti eterogenei, che vanno dalla geometria all'analisi, mostrando un uso flessibile dei diversi linguaggi matematici. Pur richiamandosi più volte al lessico newtoniano, definendo le equazioni del moto come *fluttuantis* e citando esplicitamente il Lemma XXIII dei *Principia*, Bassi impiega in modo sistematico il calcolo differenziale di Leibniz e il concetto di spostamento infinitesimale, chiarito attraverso il ricorso al disegno geometrico. La soluzione non assume la forma di un'unica equazione risolutiva, ma si articola in una sequenza di indicazioni operative accompagnate da esempi concreti. In questo contesto Bassi assume come esempio il caso del centro di massa, che acquista significato fisico attraverso la formulazione di ipotesi sul moto uniforme di due masse con velocità in rapporto costante. La plausibilità della soluzione non è garantita da una dimostrazione rigorosa in senso formale, bensì dal confronto tra il formalismo matematico, il disegno geometrico e le proprietà del moto considerate fisicamente rilevanti. Già in questo primo lavoro emerge così una postura propriamente Fisica di Bassi, in cui assiomi e procedimenti matematici funzionano come strumenti per chiarire i concetti e orientare la comprensione dei fenomeni naturali.

Nel *De problemate quodam hydrometrico*<sup>3</sup> Laura Bassi affronta un problema di idrometria attraverso un'impostazione che consente di cogliere alcuni tratti centrali della sua epistemologia. Da un lato, l'adozione sistematica dell'analisi matematica come strumento privilegiato per lo studio dei fenomeni fisici; dall'altro, un impianto metodologico in cui, nei casi di indeterminazione formale, la scelta della soluzione ha una dimensione pragmatica.

---

<sup>3</sup> Come osservato da Ceranski, l'introduzione del *De problemate quodam hydrometrico* consente di collocare il lavoro di Bassi all'interno di una comunità scientifica di riferimento. Bologna vantava infatti una lunga storia di ricerche nel campo dell'idromeccanica, caratterizzate da un forte impianto matematico (cfr. Mazzotti (2004) e Clericuzio&Ricci (2013)). I riferimenti espliciti di Bassi rimandano in particolare a tre studiosi attivi nel contesto bolognese, Hermann, Zendrini e Bernoulli, mentre non viene citato il professore padovano Giovanni Poleni. Tale assenza può essere interpretata come indicativa di una differenza di impostazione: l'idromeccanica bolognese appare maggiormente orientata verso l'elaborazione analitico-matematica dei problemi, mentre Poleni risulta più concentrato sugli aspetti applicativi. Di particolare interesse è infine la strategia linguistica adottata da Bassi nell'introduzione: da un lato ella sottolinea la difficoltà del problema, dall'altro afferma che gli strumenti dell'analisi comune sono sufficienti per affrontarlo. Questo equilibrio fa riemergere il tratto della *modestia* come descritta in E. Muceni (2023).

Il problema affrontato è strutturato secondo lo schema “dato–cercato”: assegnate due o più aperture e la loro posizione al di sotto della superficie dell’acqua, si tratta di determinare dimensioni e collocazione di un’ulteriore apertura tale che la quantità d’acqua che la attraversa sia equivalente a quella delle aperture date. Bassi riprende da Domenico Guglielmini (1655-1710) e Bernardino Zendrini (1679-1747) le formule relative alla quantità d’acqua che scorre attraverso un’apertura e alla sua velocità media. La portata risulta dal prodotto della velocità media per l’area dell’apertura, la quale, nel caso di un foro circolare, dipende dal quadrato del raggio.

Bassi indica la velocità con la lettera  $c$ , la quantità d’acqua che defluisce dipende poi anche dall’area dell’apertura, che nel caso di un foro circolare è proporzionale al quadrato del raggio. Per la velocità media ella indica:

$$\frac{\frac{2}{3}(a+c)\sqrt{a+c} - \frac{2}{3}(a-c)\sqrt{a-c}}{2c}$$

Dove  $a$  indica la distanza del centro dell’apertura dalla superficie dell’acqua. Occorre determinare due incognite, cioè il raggio  $x$  dell’apertura cercata e la sua distanza dalla superficie dell’acqua (calcolata dal centro), indicata con  $y$ .

Ceranski mostra come Bassi trasformi il problema che nasce dalla Fisica sperimentale del deflusso dell’acqua in un problema matematico con due incognite, il raggio dell’apertura  $x$  e la sua distanza dalla superficie  $y$ . La prima formulazione conduce a un’equazione relativamente complessa nelle due variabili, che Bassi stessa giudica non adatta alla pratica comune (*ad vulgarem praxim accommodata*). Per rendere il problema più facilmente risolvibile, introduce allora una trasformazione delle variabili del tipo  $y = px$ , che permette di ridurre l’equazione e di ottenere una forma più adatta al calcolo numerico.

La soluzione analitica conduce a un’equazione la cui risoluzione implica una radice quinta, introducendo così una forma di ambiguità matematica.

$$x^5 = \frac{9m^4n^2}{2} \frac{p^2 3p \pm \sqrt{(p^2 - 1)^3}}{(3p^2 + 1)^2}$$

È in questo passaggio che si rende visibile la postura epistemologica di Bassi: davanti a una soluzione matematicamente ambigua, richiama la necessità di un criterio esterno di selezione, legato alla possibilità di ottenere una soluzione concretamente utilizzabile. La validità del risultato è così ancorata alla sua praticabilità e alla sua coerenza con il problema fisico considerato, riconducendo la soluzione analitica a una procedura di calcolo concretamente applicabile.

L’analisi riporta come la scelta di sottolineare la possibilità concreta di calcolo della soluzione e di esplicitare alcuni passaggi matematici, pur tralasciandone altri, indica inoltre un orientamento verso un pubblico eterogeneo e una concezione della scienza come strumento di utilità e di verifica pratica. L’interesse dell’articolo risiede nell’affermazione

di una concezione della conoscenza scientifica in cui l'analisi, l'esperienza e l'applicazione concreta concorrono alla definizione della verità fisica.

Il testo *De aeris compressione*, dedicato all'elasticità dell'aria, non è un lavoro teorico originale di Laura Bassi<sup>4</sup>, ma presenta una descrizione dell'attività sperimentale che consente di cogliere con chiarezza il suo modo di intendere il ruolo dell'esperimento nella costruzione della conoscenza Fisica. L'analisi sperimentale è preceduta da una lunga introduzione, in cui la legge di Boyle-Mariotte<sup>5</sup> viene presentata come ampiamente accettata dalla comunità dei fisici, e assume esplicitamente la funzione di verifica sperimentale di tale legge. All'interno del testo risulta complesso distinguere con precisione i contributi originali di Bassi, tuttavia, come osservato da Ceranski, l'interesse di Bassi per la replicabilità dell'esperimento di Boyle appariva strettamente legato alla possibilità di riutilizzarne i risultati in altri contesti sperimentali. I risultati complessivi degli esperimenti non confermano pienamente la legge di Boyle-Mariotte. In particolare, alcuni esiti relativi a singole prove mostrano deviazioni dai valori teorici, che vengono messe in relazione con le condizioni atmosferiche: le discrepanze risultano minori in giornate serene, mentre l'umidità dell'aria viene indicata come una possibile causa delle deviazioni osservate in giornate piovose. Questa attenzione alle condizioni ambientali, formulata in una fase ancora precoce rispetto allo sviluppo di una teoria compiuta della pneumatica, testimonia una sensibilità sperimentale rivolta all'analisi concreta dei fenomeni. L'esperimento svolge una funzione centrale di controllo, confronto e validazione. Pur in una configurazione ancora embrionale e diversa nelle forme, tale approccio non appare distante dai meccanismi di conferma scientifica che caratterizzano la pratica sperimentale moderna.

*De immixto fluidis aere*<sup>6</sup> risulta particolarmente significativo perché consente di osservare, nello studio dell'aria, una pratica sperimentale articolata da parte di Laura Bassi. Il fenomeno osservato viene indagato mediante un dispositivo relativamente semplice: un liquido è posto in un recipiente collegato a una pompa ad aria, così che la rimozione dell'aria sovrastante provochi la formazione e la crescita di bolle lungo le pareti e sul fondo del contenitore. A partire da questa osservazione, Bassi formula una prima questione cruciale: se l'aria liberata derivi esclusivamente dal liquido o se sia in parte aderente alle pareti del recipiente. L'ipotesi viene messa alla prova variando i materiali del contenitore e ripetendo l'esperimento in condizioni differenti, secondo una logica di confronto e

---

<sup>4</sup> Bassi, L. & Zanotti, F.M.. (1745). "De aeris compressione" *De bononiensi scientiarum et artium Instituto atque Academia commentarii*, 2(1), 347-353.

<sup>5</sup> Per l'esperimento sull'elasticità dell'aria e la formulazione della legge che mette in relazione pressione e volume di un gas a temperatura costante, si veda R. Boyle, *New Experiments Physico-Mechanical, Touching the Spring of the Air*, Oxford, 1660. La legge verrà successivamente riformulata e sistematizzata da E. Mariotte (*Traité de la nature de l'air*, Paris, 1676).

<sup>6</sup> Si fa riferimento alla versione pubblicata in L. Bassi e S. Canterzani, "De immixto fluidis aere", *De bononiensi scientiarum et artium Instituto atque Academia Commentarii*, 7 (1791), pp. 44-47. Come indicato da Ceranski, l'argomento era stato oggetto di due conferenze tenute da Bassi nel 1747 e nel 1748.

controllo delle condizioni osservative. La ricerca si sposta quindi su un problema di natura più generale, che necessita di più esperimenti: quale forza agisca sulle particelle d'aria. Bassi ricorre qui a un procedimento analogico dove il comportamento delle particelle d'aria viene messo in parallelo con il comportamento della luce dei fenomeni luminosi. Come i corpuscoli di luce nella teoria newtoniana, anche le particelle d'aria, attraversando interfacce tra mezzi di diversa densità, sarebbero soggette a forze attrattive o repulsive. L'analogia non ha funzione puramente illustrativa, ma orienta la progettazione di ulteriori esperimenti, anche mediante l'uso del sottovuoto, per mettere alla prova le ipotesi formulate. Sebbene le osservazioni di Bassi appaiano, a uno sguardo contemporaneo, eterogenee e non esenti da limiti concettuali – in particolare per l'assenza di un'analisi quantitativa delle proprietà dell'aria – dal punto di vista metodologico emerge un'articolazione significativa. Il procedimento seguito combina formulazione di ipotesi, osservazione ripetuta del fenomeno e ricorso a quadri teorici consolidati per rendere intelligibile l'ignoto. Portare il fenomeno sconosciuto entro il dominio del conosciuto, circoscrivendolo alle condizioni dell'osservazione, diventa così una strategia epistemica centrale. In questo contesto, la ripetibilità dell'esperienza assume un ruolo fondamentale, aumentando la plausibilità delle ipotesi e configurandosi come un vero e proprio processo di costruzione della conoscenza fisica.

Gli elementi metodologici che emergono dall'analisi dei lavori di Bassi non si esauriscono in questa breve rilettura proposta da Ceranski, ma rinviano a pratiche scientifiche più ampie, ricostruibili attraverso la storiografia e le testimonianze epistolari. Accanto agli aspetti messi in luce sopra, lo studio di Berti Logan consente di cogliere l'ampiezza e la varietà delle ricerche sperimentali di Laura Bassi. In ambiti diversi, dall'ottica all'elettricità fino allo studio dei fenomeni atmosferici, la sua attività mostra una costante integrazione tra elaborazione teorico-matematica e sperimentazione. Nel campo dell'ottica, Bassi svolse numerosi esperimenti sui colori della luce e sui fenomeni di rifrazione e riflessione, utilizzando materiali come la cosiddetta "pietra di Bologna" per dimostrazioni di fosforescenza e affrontando problemi legati alla formazione dell'immagine. Accanto alla riproduzione degli esperimenti newtoniani con il prisma, destinati all'insegnamento nella scuola domestica e alle dimostrazioni nel gabinetto di Fisica dell'Istituto, si collocano i lavori dedicati al vetro islandico (1762) e alla correzione dell'aberrazione cromatica nei telescopi (1763), presentati più volte all'Istituto.<sup>7</sup>

Anche nel campo dell'elettricità l'attività di Bassi si caratterizza per una forte impronta sperimentale e per un lavoro condotto in collaborazione con altri protagonisti del contesto scientifico bolognese. Sostenitrice del sistema frankliniano, ella partecipò alle ricerche

---

<sup>7</sup> Come osservato da Berti Logan, alcune delle soluzioni esplorate da Bassi in relazione ai problemi di rifrazione e aberrazione presentano analogie con sviluppi successivi della letteratura settecentesca, tra cui quelli di Ruggero Giuseppe Boscovich. Tuttavia, allo stato attuale delle fonti, non mi è stato possibile documentare un rapporto diretto tra Bassi e Boscovich.

sull'elettricità atmosferica e, negli anni Settanta, insieme a Giuseppe Veratti realizzarono uno studio sistematico dei fenomeni elettrici.

### 2.2.2 Carteggi con allievi e scienziati: la circolazione del sapere scientifico

L'intreccio tra le diverse dimensioni della sua attività — dalle dimostrazioni pubbliche offerte ai visitatori stranieri alle lezioni rivolte a un pubblico colto e agli allievi, fino alla pratica di ricerca condotta insieme al marito — si riflette in un possibile metodo di insegnamento coerente. A partire dal 1749 le 'lezioni casalinghe' avevano cadenza settimanale e vertevano su filosofia, geometria e Fisica sperimentale. Una lettera di Bassi indirizzata a Scarselli del 14 giugno 1755 (Melli, 1960), testimonia la continuità dell'insegnamento negli anni precedenti, la durata annuale dei corsi e l'investimento personale nelle attrezzature sperimentali, oltre alla presenza di un pubblico colto e internazionale. Le *Notizie* (1748) attestano che Bassi *'ha insegnato per quattro anni parte geometria e parte filosofia, e continuamente si esercita nelle fisiche ricerche col mezzo delle sperienze, per lo qual effetto tiene pronto qualche buon numero di macchine'*. Cavazza segnala inoltre una comunicazione all'Assunteria di Studio che attesterebbe attività didattica domestica già nel 1739, presentandola come parte dei doveri connessi alla sua posizione di lettrice stipendiata, in una fase che precede la piena strutturazione dei corsi di Fisica sperimentale (Cavazza, 2013). La lettera di Laura Bassi a Scarselli del 1755, che retrodata l'inizio dell'insegnamento sperimentale di sei anni, costituisce tuttavia la testimonianza diretta più precisa sull'avvio dei corsi strutturati nel laboratorio domestico

*"Sono sei anni che ho iniziato a tenere lezioni private di fisica a casa mia ogni giorno, per otto mesi all'anno. Le sostengo io stessa, pagando tutte le attrezzature necessarie, ad eccezione di quelle che mio marito aveva fatto realizzare quando insegnava filosofia. Le lezioni hanno acquisito un tale slancio che ora sono frequentate da persone di notevole istruzione, compresi stranieri, piuttosto che da giovani"* (Melli, 1960)

I resoconti dei viaggiatori del Grand Tour restituiscono l'immagine di casa Bassi-Veratti come luogo di incontro, insegnamento e sperimentazione. Le testimonianze di Charles de Brosses o del Dr John Morgan riportano laboratori ben attrezzati e la capacità di Laura Bassi di spiegare fenomeni complessi e ci restituiscono un'immagine di casa Bassi-Veratti come un luogo di incontro tra studiosi interessati ad approfondire la conoscenza della Fisica.

*'After Breakfast paid a Visit to the celebrated Doctress & Professor of Natural Philosophy Laura Bassi Maria Catherina Bassi, who has acquired so great a Reputation throughout Europe for her Knowledge in Philosophy and Mathematics. She received us in her own House, where she has a very neat Laboratory well furnished with the principal Apparatus for making Experiments in Electricity, Pneumatics, & other Parts of Natural Philosophy. She was then employed in giving a Lecture on Light & Colours to a Number of her Pupils, and obligingly repeated before us several Experiments relating to that Subject. She converses*



*with great Readiness upon every Branch of Physical Science, and appears to have a singular Facility in explaining the most abstract Parts of it. Her Manner is modest & engaging, and she seems as much distinguished by the Mildness of her Disposition as by the Elevation of her Genius.’ (Morgan, 1907)*

*‘This Morning again waited on Madam Bassi, being desirous of seeing more of her Experiments. She showed us several curious Trials with the Phosphorus and some Electrical Experiments made with a large Cylinder of Glass, which she manages with remarkable Dexterity. I could not help reflecting that it does Honour to Bologna to cherish so extraordinary a Woman, who in any Country would be esteemed a Prodigy.’ (Morgan, 1907)*

Tra i visitatori del laboratorio domestico dei coniugi Bassi–Veratti figurano Horace-Bénédict de Saussure (1740-1799) e Casimiro Gómez Ortega (1741 -1818) (che diventerà professore nel giardino botanico di Madrid), come descritto nella lettera di Giuseppe Ortega del 12 Settembre 1757:

*“Portasi costì Casimiro Gomez Ortega mio Nipote, e Servidore di V.S.Ill.ma, per imparare la Fisica, Medicina e Istoria naturale: con questo intenderà V.S. Ill.ma il mio giusto motivo di raccomandarlo alla saggia direzione di V.S. Ill.ma, e mi permeterà pregarla di volerlo accogliere con quella benevolenza d’un Discepolo...” (Lettere inedite alla celebre Laura Bassi scritte da illustri italiani e stranieri con biografia, 1883)*

Se cerchiamo tra gli allievi, come ricostruisce Cavazza (2020), tra i più noti di Laura Bassi vi fu Lazzaro Spallanzani, che nella nota introduttiva al proprio testo le dedica un esplicito riconoscimento. Il rapporto tra i due sembra tuttavia aver assunto nel tempo una configurazione più articolata rispetto alla semplice relazione tra maestra e allievo. Con il consolidarsi della carriera scientifica di Spallanzani, Bassi svolse infatti anche una funzione di mediazione tra il giovane studioso e l’ambiente scientifico bolognese, facilitandone l’inserimento nelle reti accademiche locali, oltre a collaborare fattivamente con ricerche sperimentali su animali.

Spallanzani non rappresenta un caso isolato. Cavazza (2020) ricorda come Bassi abbia svolto un ruolo analogo anche nei confronti di altri studiosi, tra cui Minasi, Bovi, Landriani e Volta. Questi episodi suggeriscono che la sua posizione all’interno della comunità scientifica bolognese non fosse limitata all’attività di insegnamento o di ricerca, ma comprendesse anche una capacità riconosciuta di sostenere e accompagnare giovani studiosi nel loro percorso scientifico, favorendone l’accesso ai circuiti di relazioni accademiche. In questo senso, la sua autorevolezza si manifestava non solo sul piano della produzione scientifica e dell’insegnamento, ma anche nella funzione di intermediazione che esercitava all’interno dell’ambiente scientifico cittadino.

Inoltre, le relazioni che Bassi intratteneva con allievi e giovani studiosi erano spesso caratterizzate da una dimensione pedagogica e protettiva particolarmente marcata, che l'autrice definisce come un'impronta "materna" (Cavazza, 2020). Questa caratterizzazione contribuiva a delineare una figura percepita contemporaneamente come autorevole sul piano scientifico e come punto di riferimento per studenti e famiglie, che vedevano in lei una docente affidabile a cui affidare la formazione dei propri figli.

La funzione pubblica della scuola è evidente: era la risposta a una domanda culturale diffusa non solo a Bologna che le istituzioni pubbliche non riuscivano a soddisfare, perché il nuovo modello di insegnamento richiedeva all'università una didattica capace di integrare saperi diversi. La formazione di Bassi includeva tali competenze.

Questo emerge anche dall'elogio postumo composto da Ignazio Odoardi, ex allievo del Collegio di Montalto, nella sua orazione per la morte di Laura Bassi, che restituisce un'immagine significativa della Bassi insegnante:

*"Voi l'avreste veduta circondata da una numerosa corona di scolari che pendevano dalle sue labbra, dare in prima de' stabiliti sperimenti la teoria, ma la più esatta, la più ricolma di fisiche erudizioni, [...] Quindi dalla teoria passare agli esperimenti, e quivi oprar tutto con la più scrupolosa esattezza, notare le minime differenze, rilevare quelle circostanze che più dimostrano la verità del Fenomeno, formarvi sopra de' raziocinj degni di quella gran mente, tirarne le più giuste conseguenze."* (Odoardi)

In questa testimonianza sul metodo di insegnamento di Bassi emergono elementi importanti che identificano un modello di insegnamento. In primo luogo, emerge che Bassi partiva dalla teoria per poi passare agli esperimenti. Esperimenti che per essere eseguiti richiedono precisione e capacità di osservazione e attenzione alle differenze. Si introduce anche la necessità di identificare le condizioni dell'esperimento e come dall'insieme di queste osservazioni sia importante costruire dei ragionamenti rigorosi deducendone infine le conclusioni scientifiche.

La combinazione tra riconosciuta competenza scientifica, capacità didattica e atteggiamento pedagogico contribuì così a rendere la sua figura relativamente inusuale nel panorama accademico del tempo.

Le attività di ricerca e sperimentazione della coppia Bassi–Veratti si inseriscono in una rete di scambi con corrispondenti italiani ed europei, che consente di ricostruire il funzionamento del laboratorio come spazio di pratica sperimentale continua. Se si presta attenzione alla corrispondenza e agli incontri con figure di primo piano come Jean-Antoine

Nollet<sup>8</sup>, Giovanni Battista Beccaria<sup>9</sup>, Lazaro Spallanzani e Alessandro Volta<sup>10</sup>, alla consistenza dell'inventario degli strumenti, alle testimonianze sulla partecipazione alle sue lezioni, agli scambi di apparecchiature, emerge un quadro più articolato.

Tra il 1753 e il 1767, la circolazione di strumenti e conoscenze documenta un'attività costante, come mostra, ad esempio, il lavoro di Bassi del 1759 sulla macchina delle forze centrali, affidando a Petronio Matteucci i contatti con l'artigiano Paganuzzi. Riceve da Ortega due prismi d'Inghilterra. Anche da Nollet riceve una lente per concentrare i raggi rifratti e alcune lettere, in una delle quali descrive la procedura per realizzare un'esperienza in cui, grazie all'uso dell'elettricità è possibile riprodurre figure luminose su un quadrante. L'indicazione dettagliata del procedimento, finalizzata alla riproduzione autonoma dello strumento, lascia intendere le competenze tecniche e sperimentali della scienziata (Lettera di Nollet a Bassi (senza data), in *Lettere inedite alla celebre Laura Bassi*, 1883, pp. 99-102). Il rapporto di Bassi con Jean Antoine Nollet emerge dai carteggi e mostra il progressivo consolidarsi di una stima reciproca sia sul piano sperimentale che sul confronto sulla strumentazione scientifica. La stessa Bassi rivela, in una lettera a Flaminio Scarselli datata 12 novembre 1755, che ci fu un incontro anche personale, ma non ebbe luogo alcuna sessione sperimentale: *"Il suddetto abate mi aveva detto, poco dopo il suo arrivo, che desiderava visitare la nostra casa un giorno, per effettuare alcuni esperimenti. In risposta, gli dissi che ciò mi avrebbe fatto molto piacere. Tuttavia, in seguito non tornò più sull'argomento"* (Melli, 1960). Mentre in una lettera del 30 marzo 1753 (*Lettere inedite alla celebre Laura Bassi scritte da illustri italiani e stranieri con biografia*, 1883) ritroviamo come Nollet stesso si confronti con Bassi in merito a prismi e lenti. Inoltre, in una lettera di Francesco Odoardi viene riportata la gratitudine per aver supportato Nollet nel suo soggiorno bolognese.<sup>11</sup>

Lo scambio con Felice Fontana (1730-1805) e Spallanzani, che le fornisce strumenti come il *Microscopio di Lyonnet*, mostra inoltre come il laboratorio fosse uno spazio polivalente, attraversato da pratiche sperimentali eterogenee. Nella lettera del 22 agosto 1769 di Felice

---

<sup>8</sup> Sulla corrispondenza con Jean-Antoine Nollet, relativa allo scambio di strumenti e alla diffusione delle pratiche sperimentali di area franco-olandese, e la specifica descrizione dell'uso di un apparato e della relativa pratica sperimentale, in *Lettere inedite alla celebre Laura Bassi scritte da illustri italiani e stranieri*, 1883, pg 95-102.

<sup>9</sup> Per il contesto scientifico e istituzionale con Giovanni Battista Beccaria, relativa agli esperimenti elettrici e meteorologici e alla circolazione di strumenti e modelli teorici di area frankliniana, si veda, P. Bertucci, *Enlightening Towers: Public Opinion, Local Authorities, and the Reformation of Meteorology in Eighteenth-Century Italy*, Isis, New Series, vol. 99, n. 5, *Playing with Fire: Histories of the Lightning Rod* (2009), pp. 25–44.

<sup>10</sup> Sulla corrispondenza con Lazaro Spallanzani relativa allo scambio di strumenti (come microscopi del Lyonnet o lenti) e alla ricerca scientifica e con Alessandro Volta sulla descrizione della strumentazione scientifica (come la pistola o lanterna ad aria infiammabile) e la condivisione di testi scritti dallo stesso si veda *Lettere inedite alla celebre Laura Bassi scritte da illustri italiani e stranieri*, 1883, pg 125-144;157-159; 216-218

<sup>11</sup> In archivio digitale della Stanford University Libraries – Bassi-Veratti Collection, Series 6, Documents referring to Laura Bassi. 1732-1836, Box 6, Folder 7, Lettera di F. Ortolani a Laura Bassi, Venezia, 1749 ago. 2 (<https://exhibits.stanford.edu/bassi-veratti/catalog/jk868xc0901>);

Fontana a Laura Bassi (Lettere inedite alla celebre Laura Bassi scritte da illustri italiani e stranieri con biografia, 1883) leggiamo:

*“Unitamente a questa mia lettera spedisco a V.S. Ill.ma una Balla marcata L.B., la quale avrà la bontà di recuperare da codesta Dogana, dove sarà consegnata dall’Agresti Vetturale di Firenze. Contiene una macchinetta Elettrica a piatto di nuova invenzione d’Inghilterra dal celebre Signor Ingenhonsz, che V.S. Ill.ma ebbe la gentilezza di farmi conoscere e che dopo mille onori qui ricevuti è partito per la Lombardia.”*

Le lettere scambiate con Alessandro Volta testimoniano l’interesse verso settori disciplinari innovativi (pistola e lucerna ad aria infiammabile). Anche figure come Giovanni Battista Beccaria risultano coinvolte nel circuito di relazioni che ruota attorno al laboratorio, la cui attività emerge più dalle testimonianze coeve e dallo scambio di strumenti che da una corrispondenza diretta con Laura Bassi.<sup>12</sup> Nell’archivio digitale della Stanford University Libraries – Bassi-Veratti Collection si ritrovano diversi riferimenti al ruolo di Bassi-Veratti come sperimentatori nel campo dell’elettricità. Una lettera senza data riporta sia la stima che la condivisione di un esperimento e delle osservazioni seguenti sugli effetti dell’elettricità su una persona. Mentre in una seconda lettera di Francesco Anton Maria da Pistoja, frate cappuccino a Bassi, si parla della macchina elettrica e di alcune modifiche e materiali.<sup>13</sup> Bassi e Veratti sostenevano la teoria del fluido elettrico unico proposta da Franklin e sistematizzata da Beccaria stesso (Cavazza, 2009) .

---

<sup>12</sup> Per lo scambio di strumenti e per le attività sperimentali qui richiamate si vedano le lettere raccolte in *Lettere inedite alla celebre Laura Bassi*, 1883. Le informazioni relative ai rapporti Ortega (pp. 79–82) e Fontana provengono dalla corrispondenza indirizzata direttamente a Laura Bassi. Fontana compare inoltre nella corrispondenza con Giuseppe Veratti, relativa al laboratorio condiviso e alle attività sperimentali comuni (pp. 210–215).

<sup>13</sup> In Series 6, Documents referring to Laura Bassi. 1732-1836, Box 6, Folder 7: Lettera a Laura Bassi s.d. (<https://exhibits.stanford.edu/bassi-veratti/catalog/mc107wh5731>); Lettera di Francesco Anton Maria da Pistoja, cappuccino, a Laura Bassi, Urbino, 1776 feb. 29 (<https://exhibits.stanford.edu/bassi-veratti/catalog/bz067my0714>)

## 2.3 Giuseppe Veratti e le ricerche sull'elettricità nel contesto bolognese

Giuseppe Veratti (1707–1793), medico e naturalista bolognese, fu docente universitario di fisica e anatomia e assistente di Jacopo Bartolomeo Beccari presso l'Istituto delle Scienze. Risulta inoltre direttamente coinvolto negli esperimenti sull'elettricità atmosferica, ripetendo in ambito bolognese l'esperimento che Dalibard fece a Marly in Francia, che permise di ricondurre l'elettricità 'naturale' a quella 'artificiale', e partecipò alla realizzazione di un parafulmine presso l'osservatorio di Palazzo Poggi, a conferma della sua competenza sperimentale e del riconoscimento istituzionale del suo ruolo (Bertucci, 2009). Seguendo le indicazioni di Franklin, e avvicinando un'asta alle nuvole temporalesche e a un conduttore vicino al suolo, vennero estratte scintille. Veratti e altri ricercatori bolognesi lo ripeterono realizzando un parafulmine sulla torre dell'osservatorio di Palazzo Poggi. In una lettera di Francesco Maria Zanotti (22 novembre 1749) e in quella di Francesco Algarotti (3 luglio 1751) (Lettere inedite alla celebre Laura Bassi scritte da illustri italiani e stranieri con biografia, 1883) troviamo due riferimenti importanti. Nella prima si lascia intendere che l'argomento sia la disputa relativa agli esperimenti di alcuni studiosi italiani (tra cui il veneziano Gianfrancesco Pivati), i quali ritenevano che l'elettricità potesse fungere da veicolo per introdurre nel corpo umano prodotti farmaceutici contenuti in tubi di vetro sigillati per il trattamento di alcune malattie. L'Accademia fu direttamente coinvolta nelle discussioni sull'uso dell'elettricità nella terapia medica. Queste discussioni, che ebbero luogo in Italia negli anni 1747-1749, divennero oggetto di dibattito in tutta Europa, grazie a Nollet. La presenza nel laboratorio Bassi-Veratti di una sezione dedicata agli strumenti pneumatici, con pompe ad aria e barometri, conferma inoltre l'attenzione verso lo studio sperimentale dei fenomeni atmosferici e dell'elettricità in relazione all'aria. Nella corrispondenza con Algarotti sopracitata, troviamo invece il testo scritto da Veratti stesso (*Osservazioni fisico-mediche intorno all'elettricità*, 1748). Questo testo è il frutto delle ricerche sperimentali di Veratti al quale era stato commissionato dall'Accademia stessa di verificare le teorie di Pivati. Troviamo infatti le osservazioni in merito agli effetti benefici riscontrati in diversi soggetti con diverse malattie croniche, l'obiettivo è quello di dimostrare la tesi con cui Veratti apre il libro subito dopo i riferimenti al lavoro di Pivati:

“Uno de' principali punti, necessari a chiarirli intorno al buon ufo della Elettricità in Medicina, mi parve certamente essere quello d'indagare per via di replicate esperienze, se la semplice forza della Elettricità valesse da se fola a produrre o in tutti, o in parte quegli effetti, che alla virtù de' rimedi ad essa congiunti, erano per lo più attribuiti” (Veratti, 1748)

Il testo di Veratti consente anche di cogliere l'impostazione metodologica che abbiamo già osservato in Bassi. Il testo è composto nella maggior parte da osservazioni in merito agli

effetti benefici dell'elettricità applicata a soggetti affetti da malattie. Ma la questione è di natura epistemica: la formulazione delle ipotesi risulta intrecciata strettamente alla pratica sperimentale ripetuta, finalizzata a isolare il ruolo dell'elettricità nel processo di cura. L'elettricità è già pensata come oggetto di una pratica sperimentale controllata. Si osserva come la medicina (e anche l'astronomia) siano i primi ambiti a rendere operativo il metodo scientifico galileiano. Il testo si conclude con un capitolo in cui emerge la relazione tra ambito medico e indagine fisica; infatti quest'ultima disciplina ha un ruolo fondativo nella definizione delle cause dei fenomeni e nella definizione della natura dell'elettricità.

*“...sono però portato a credere che ciò derivi da un'altra causa primaria[...], cioè dall'attrazione[...], così come, per l'opposto, dalla forza di repulsione è costretta a scostarsi e a fuggire da alcuni altri” (Veratti, 1748)*

Veratti descrive un processo di astrazione che conduce alla formulazione di modelli esplicativi generali sul funzionamento dell'elettricità nei corpi. Ricorre a un modello idraulico dell'elettricità, concepita come fluido che passa da un corpo a un altro, integrandolo con l'idea della tendenza all'equilibrio. Introduce inoltre un linguaggio fondato sulle forze di attrazione e repulsione esteso per analogia alla gravità. Prima descrive i fenomeni elettrici sulle barre metalliche, poi analizza cosa accade se si avvicina del carbone ai corpi elettrizzati; rende conto delle osservazioni usando termini geometrici. Con questa operazione si rifà al quadro concettuale delle forze, che assume un ruolo centrale nella descrizione, fino ad arrivare all'analogia esplicita con la luce e al riferimento newtoniano. Il ricorso alla modellizzazione teorica si inserisce nella stessa pratica di indagine, in cui osservazione, sperimentazione ed elaborazione concettuale risultano strettamente intrecciate nel contesto del laboratorio Bassi-Veratti.

### **2.3.1 L'elettricità nella fisica del Settecento e nel contesto bolognese**

Negli anni Quaranta del Settecento la casa dei Bassi-Veratti era l'unico luogo privato di Bologna in cui si potessero svolgere esperimenti elettrostatici. La macchina elettrica posseduta dalla coppia era probabilmente una versione migliorata del modello inventato da Francis Hauksbee all'inizio del XVIII secolo. Il fisico francese Jean-Antoine Nollet, che visitò il laboratorio nel 1749, la descrisse come una macchina con più globi, simile a quella progettata dal professore tedesco Johann Heinrich Winkler negli anni 1743-1745 (Cavazza, 2009).

Fino ad allora i fisici bolognesi si erano occupati soprattutto di: pneumatica, idraulica, meccanica, ottica; l'interesse per l'elettricità si sviluppò quindi relativamente tardi rispetto ad altri centri europei. Nel corso degli anni Quaranta del Settecento l'elettricità divenne uno dei campi più dinamici della ricerca Fisica europea, soprattutto dopo la diffusione degli esperimenti di Benjamin Franklin e l'invenzione della bottiglia di Leida.

Secondo Veratti, la ricerca sull'elettricità a Bologna seguiva tre linee principali (Proverbio, 1994):

1. Approccio epistemologico newtoniano. Seguendo le *Queries* dell'*Opticks*, si cercavano principi comuni capaci di collegare fenomeni fisici (luce, calore, elettricità, magnetismo) e fenomeni organici.
2. Effetti del fluido elettrico sugli organismi. Gli studiosi indagavano: gli effetti dell'elettricità sui muscoli, la crescita delle piante, fenomeni biologici come i pesci elettrici. Questa linea di ricerca portò progressivamente agli studi di Galvani.
3. Teoria del fluido elettrico unico. L'Accademia di Bologna sostenne la teoria di Franklin, sviluppata in chiave newtoniana da Giambattista Beccaria. Beccaria aveva come riferimento il contesto internazionale e contribuì a consolidare lo studio dell'elettricità in Italia attraverso una sistematica attività sperimentale e teorica.

Anche quando molti fisici italiani, come Felice Fontana, aderirono alla teoria dei due fluidi di Symmer, i ricercatori bolognesi rimasero fedeli alla teoria del fluido unico. (Cavazza, 2011).

La teoria di Beccaria si basava sull'idea che l'elettricità fosse un fluido unico diffuso nella materia, responsabile dei fenomeni di attrazione e repulsione osservati nei corpi elettrizzati. Se un corpo avesse posseduto una quantità normale di fluido, esso avrebbe avuto uno stato neutro; se vi era un eccesso di fluido, allora l'elettricità era positiva, viceversa se vi era un deficit di fluido allora l'elettricità era negativa. L'elettricità non era qualcosa di diverso nei due casi, ma lo stesso fluido, solo in quantità differente. Da questa concezione derivava che i fenomeni elettrici fossero interpretabili come effetti del movimento del fluido elettrico oppure dalla ridistribuzione del fluido tra i corpi. Per esempio, se si fosse strofinato un corpo, si sarebbe creato un accumulo del fluido o una perdita; mentre la scintilla rappresentava il riequilibrio del fluido tra due corpi.

Questa concezione si opponeva sia alle interpretazioni meccanicistiche, sia alla successiva teoria dei due fluidi proposta da Robert Symmer. Symmer considerava l'esistenza di due fluidi elettrici distinti, uno positivo e uno negativo. Ogni corpo neutro contiene entrambi in equilibrio; durante l'elettrizzazione, uno dei due fluidi prevale, oppure i due fluidi si separano.

Nel Settecento questo non era un dettaglio teorico, ma una questione enorme perché riguardava: la natura della materia, la struttura delle forze naturali e l'interpretazione dei fenomeni elettrici.

Lo stesso Beccaria propose successivamente una revisione della teoria del fluido unico introducendo il concetto di "*elettricità vindice*", con cui cercava di spiegare i fenomeni di repulsione tra corpi caricati negativamente (Cavazza, 2009).

L'influenza di Beccaria sull'ambiente bolognese fu rafforzata dal suo soggiorno a Bologna nel 1755. In quell'occasione egli ripeté presso l'Istituto delle Scienze alcuni degli esperimenti descritti nella sua opera *Elettricismo naturale ed artificiale* (1753), con la

collaborazione di Laura Bassi e Giuseppe Veratti. Tra gli esperimenti ricordati vi era, ad esempio, una prova sugli effetti motori degli stimoli elettrici: facendo passare una scarica elettrica attraverso fili di rame collegati ai tendini e ai muscoli della coscia di un pollo vivo, si osservava una contrazione muscolare provocata dalla scintilla elettrica. Questo tipo di esperimenti anticipava in parte le ricerche che Luigi Galvani avrebbe sviluppato alcuni decenni più tardi sull'elettricità animale (Cavazza, 2009) .

Infatti, il laboratorio dei Bassi-Veratti divenne negli anni Cinquanta un punto di riferimento per giovani studiosi come Leopoldo Caldani e Felice Fontana, sostenitori delle teorie fisiologiche di Albrecht von Haller. Haller distingueva tra sensibilità come proprietà dei nervi e irritabilità come proprietà dei muscoli. Gli esperimenti condotti nel laboratorio della coppia utilizzavano stimolazioni elettriche su animali, per studiare la risposta dei tessuti. Sebbene l'elettricità fosse considerata uno stimolo molto potente, Caldani e Fontana rifiutarono l'idea che il fluido nervoso fosse identico a quello elettrico. Esperimenti successivi di Veratti sugli effetti delle scariche elettriche sugli animali continuarono a muoversi all'interno della fisiologia halleriana. Mentre di fatto con Galvani, nel 1791, si giunse all'interpretazione della contrazione muscolare come effetto dell'elettricità animale, cioè di un fluido elettrico presente nei tessuti viventi. (Cavazza, 2011).



## **2.4 Il laboratorio domestico come spazio epistemico: strumenti, pratiche e produzione di conoscenza**

I quadri teorici legati agli sviluppi concettuali della Fisica newtoniana nel contesto europeo e, in particolare, in quello italiano, insieme all'evoluzione della pratica sperimentale e all'affermarsi del metodo scientifico consentono di delineare l'ambiente scientifico in cui Bassi e Veratti condussero le loro ricerche e strutturarono le attività didattiche. Le testimonianze coeve e gli scambi epistolari contribuiscono a restituire una dimensione concreta del ruolo delle lezioni domestiche di Bassi e definiscono la cornice di un luogo -il laboratorio- come spazio plurifunzionale, in cui ricerca, insegnamento e dimostrazione pubblica concorrevano alla costruzione del sapere fisico.

Nel 1818 Paolo Veratti, unico tra i figli di Giuseppe Veratti e Laura Bassi a proseguire l'attività scientifica dei genitori, decise di vendere al conte Carlo Filippo Aldrovandi Mariscotti il gabinetto scientifico (vedi Allegato A) che era appartenuto alla coppia e che egli stesso aveva utilizzato per anni. Come ricostruito da Cavazza (2020), il destino del laboratorio si discostò significativamente dall'intento celebrativo che aveva accompagnato l'acquisto. Aldrovandi dispose infatti che il gabinetto fosse lasciato in eredità ad Angiola Campeggi, figlia del suo servitore, con l'idea di perpetuare il mito di Laura Bassi attraverso l'istruzione di una giovane allieva dotata. Alla morte del conte, tuttavia, gli eredi non diedero seguito a tale progetto e richiesero una perizia degli strumenti, affidata a due artigiani della Pontificia Università di Bologna. La valutazione del 1827 ne attestò lo stato di conservazione precario e l'obsolescenza, giudicandoli ormai inutilizzabili e prescindendo dal loro valore storico e simbolico come parte del laboratorio della coppia Bassi-Veratti. A seguito delle controversie giudiziarie e sulla base di tale perizia, la famiglia Campeggi di umili origini ricevette una liquidazione di entità modesta.

Secondo l'inventario, il laboratorio comprendeva circa 250 strumenti e diversi componenti destinati alla realizzazione di esperimenti. L'analisi della loro distribuzione consente di coglierne l'organicità e di individuare gli ambiti sperimentali a cui il gabinetto era principalmente destinato. L'inventario non rappresenta soltanto un elenco di strumenti, ma costituisce una traccia indiretta dell'organizzazione della pratica sperimentale del laboratorio. Il gabinetto risulta organizzato, nell'inventario, in undici settori relativi alle applicazioni sperimentali che notiamo subito essere maggiormente indirizzati a fisica e chimica dei gas, luce e fenomeni ottici e l'elettricità. Rispetto ai costruttori: probabilmente la maggior parte fu fatta costruire per le dimostrazioni o gli esperimenti di ricerca da artigiani specializzati o religiosi di cui si serviva anche l'Istituto; di altri sappiamo perché riportano il nome del produttore (Nollet, Micheli, Musschenbroek,...). Per quanto riguarda i luoghi di provenienza, le indicazioni sono invece rare e probabilmente non sempre attendibili. Di altre invece è possibile recuperare dai carteggi la provenienza o l'utilizzo come

nel caso delle lettere scambiate con Nollet per i prismi di cristallo o per le macchine di Volta (Cavazza, 2020).

Nella sezione ‘Luce’ sono presenti circa cinquanta apparati. Considerata sia la consistenza della loro presenza all’interno dell’inventario, sia la centralità degli studi di ottica nel Settecento, l’analisi si concentrerà su questo insieme, che costituirà la base per il confronto sviluppato nel capitolo seguente. Nell’inventario di Bassi sotto la voce luce troviamo alcuni prismi inglesi, il cui uso era effettivamente quello dello studio dei colori. La terminologia ‘inglesi’ deriva dal fatto che erano prodotti in Inghilterra (spesso in vetro Flint o Crown di alta qualità, come quelli di Dollond o Nairne) erano considerati superiori per purezza ottica e rifrazione ed erano i più adatti a riprodurre i famosi esperimenti di Newton sulla scomposizione della luce. Era possibile fare tre tipi di esperimenti: la scomposizione della luce bianca; proiettare un fascio di luce (di solito da una finestra o da una candela collimata); ottenere lo spettro dei colori (da rosso a violetto). Inoltre usandone due era possibile ricombinare i colori mostrando che lo spettro torna alla luce bianca e usando prismi diversi è possibile osservare variazioni di ampiezza dello spettro; infatti, si mostra che l’angolo di deviazione dipende dal vetro e dalla geometria (Cavazza, 2020).

Tra i nove tipi di lenti e gli otto diversi specchi, rileviamo un telescopio acromatico con due diversi obiettivi per le osservazioni differenziate e 7 diversi tipi di microscopi. Proseguendo tra microscopi, specchi e telescopi, troviamo anche questa descrizione *“macchinetta di pero nero coi piedi ove sono i colori newtoniani con fili neri per la riflessione, adoperando la lente con la fiamma di una candela”*, di cui non possiamo definire con esattezza l’uso in quanto non rintracciabile con la stessa descrizione in altri cataloghi. Molto probabilmente era un oggetto specifico delle dimostrazioni ottiche di riflessione e rifrazione della luce: una scatola per esperimenti di mescolanza dei colori e la riflessione.

Il laboratorio Bassi-Veratti è diviso nelle seguenti sezioni concettuali (vedi Allegato A):

- Proprietà generali dei corpi
- Attrazione e repulsione
- Calamita (magnetismo)
- Gravità
- Meccanica e moto
- Idrostatica e idraulica
- Aria atmosferica e pneumatica
- Barometri, termometri, igrometri
- Calorico

- Luce (ottica)
- Elettricità

Possiamo già notare come la suddivisione dell'inventario ci indichi la direzione del programma didattico e ci illustri le piste di ricerca. Sono solo orientamenti, perché non essendo stato redatto da Bassi o Veratti non riflette l'organizzazione delle lezioni, ma permette di individuare i fenomeni fisici che il laboratorio rendeva sperimentalmente accessibili. Intanto Bassi e Veratti si presentano come ricercatori sperimentali protagonisti di una pratica sperimentale pienamente inserita nella tradizione della filosofia naturale settecentesca ed è plausibile affermarlo sia dagli scritti personali che dalle sezioni inventariali. Accanto ai temi noti della filosofia naturale, l'attività sperimentale del laboratorio appare orientata anche verso ambiti di ricerca allora particolarmente innovativi, nei quali la verifica sperimentale svolgeva un ruolo decisivo nella discussione e nella valutazione di nuove ipotesi teoriche. Prendiamo ad esempio il lavoro sull'elettricità medica di Veratti, ma soprattutto lo scambio epistolare di Bassi, in particolare con Spallanzani e il lavoro sulla riproduzione di parti animali in campo biologico, e degli studi dell'aria. È possibile sottolineare l'attenzione e l'importanza che Bassi dava agli strumenti, come già mostrato nello scambio con Nollet e Petronio Matteucci o con Fontana (Melli, 1960).

Dai lavori prodotti da Bassi e Veratti, è possibile sottolineare un'impostazione matematica e sperimentale che si intrecciano e completano.

La Fisica sperimentale quindi non si riduce, per Bassi, alla semplice realizzazione di esperimenti o alla dimostrazione di fenomeni naturali. Gli strumenti e le pratiche sperimentali diventano parte integrante della costruzione del sapere: la pratica sperimentale svolge al tempo stesso una funzione didattica, come supporto alla costruzione di teorie, e una funzione di ricerca, orientata all'indagine dei fenomeni e alla formulazione di nuove ipotesi e interpretazioni.

In questa prospettiva lo strumento scientifico si configura come artefatto (tecnicamente, culturalmente, storicamente e socialmente definito) capace di mediare tra fenomeno osservato, teoria e pratica sperimentale.

A partire dal ruolo centrale del laboratorio Bassi-Veratti, esso può dunque essere interpretato come uno spazio in cui l'attività di ricerca, la dimostrazione sperimentale e la trasmissione del sapere fisico risultano strettamente intrecciate.

In assenza di fonti didattiche dirette, l'inventario del laboratorio costituisce una delle poche tracce materiali attraverso cui è possibile individuare i fenomeni fisici che gli strumenti rendevano osservabili e sperimentabili.

A partire da questa base, diventa metodologicamente plausibile interrogarsi su quali fenomeni potessero essere effettivamente oggetto di dimostrazione e insegnamento nel laboratorio domestico. Il capitolo seguente propone quindi un'analisi degli strumenti presenti nell'inventario, mettendoli in relazione con le lezioni di Fisica di Cristina Roccati,

Il laboratorio Bassi – Veratti e la costruzione del problema di ricerca

una fonte coeva che conserva invece una forma testuale sistematica dell'insegnamento della Fisica sperimentale.



### **3 “La nostra Fisica”: ricostruzione della struttura fisico-epistemica tra pratiche sperimentali e trasmissione del sapere**

Il presente capitolo, attraverso l'analisi specifica e l'integrazione di due fonti dirette differenti, vuole far emergere aspetti metodologicamente plausibili delle lezioni di Fisica di Laura Bassi. L'inventario degli strumenti del laboratorio costituisce la fonte più consistente di cui disponiamo, ma non offre indicazioni sulle modalità di insegnamento né sull'organizzazione dei contenuti. La ricognizione condotta sulle fonti disponibili, inclusa la consultazione dell'archivio digitale della Stanford University Libraries – Bassi-Veratti Collection<sup>14</sup>, ha confermato l'assenza di testimonianze dirette sulla struttura delle lezioni e sulla composizione del laboratorio. Questo ha reso necessario il confronto con le lezioni di Cristina Roccati, che restituiscono una trattazione descrittiva e concettualmente fondata dei principi fisici del Settecento. Per fare questo è stata costruita una lente d'indagine, che per rispondere alla domanda che sta alla base della presente tesi, non si limitasse a una descrizione materiale degli oggetti. È stato necessario interrogare gli strumenti come indizi di fenomeni fisici, di modelli teorici e di pratiche sperimentali possibili. In questa prospettiva, la Fisica stessa – nelle sue leggi, nei suoi apparati concettuali e nei suoi dispositivi sperimentali – diventa il punto di accesso privilegiato alla ricostruzione.

Come abbiamo avuto modo di indagare, l'ottica settecentesca era una disciplina strutturata che affrontava argomenti come la rifrazione, riflessione, analisi della luce e dei colori, privilegiando lo studio di lenti e specchi, si trattava di un settore disciplinare importante negli studi dell'epoca. Come visto nel capitolo uno, l'ottica costituisce a Bologna uno dei principali ambiti di ricezione del newtonianesimo, come mostra anche la ripresa degli esperimenti newtoniani sulla luce nella prima metà del Settecento.

Il campione scelto indaga quindi l'approccio metodologico e didattico di questo settore.

Per rendere controllabile l'ipotesi ricostruttiva, l'inventario viene messo in dialogo con le lezioni, che offrono un esempio testuale strutturato di insegnamento della fisica nello stesso contesto storico e accademico e permettono, pur senza implicare una dipendenza diretta, di individuare nodi concettuali condivisi e modalità argomentative ricorrenti.

Il capitolo presenta quindi la lente metodologica adottata e sviluppa un'analisi comparativa di alcuni nodi fisici selezionati – rifrazione della luce, teoria del colore e ottica geometrica – con l'obiettivo di mettere in evidenza il possibile rapporto tra modello e pratica sperimentale che poteva caratterizzare le lezioni di Bassi e il suo modo di fare Fisica.

---

<sup>14</sup> Stanford University Libraries. (n.d.). Bassi-Veratti Collection. Recuperato da: <https://exhibits.stanford.edu/bassi-veratti>, in particolare Series 5, Documents referring to Giuseppe Veratti, 1734-1742; Series 6, Documents referring to Laura Bassi, 1732-1836; Series 9, Documents referring to Paolo Veratti, 1765-1832

“La nostra Fisica”: ricostruzione della struttura fisico-epistemica tra pratiche sperimentali e trasmissione del sapere

In questo senso, il capitolo non si limita a presentare i materiali, ma costruisce un dispositivo di analisi che consente di metterli in relazione.

La sezione dedicata alla Fisica moderna ha lo scopo di mostrare alla luce dei modelli attuali l’orientamento dei paradigmi e delle teorie fisiche settecentesche chiarendo la portata concettuale dei fenomeni fisici discussi.

### **3.1 Metodologia di analisi: la lente fisico-epistemica**

L'analisi assume come punto di partenza i fenomeni fisici concretamente messi in gioco nelle pratiche sperimentali e nelle descrizioni didattiche. Nel caso di Bassi, l'analisi formula ipotesi sui percorsi tematici e sulle modalità di accesso ai fenomeni, attraverso gli strumenti disponibili nell'inventario. Nel caso delle lezioni di Cristina Roccati, l'esame del testo mira a ricostruire i nodi concettuali e il percorso logico, attraverso cui i contenuti fisici vengono ordinati e trasmessi, mettendo in evidenza la descrizione sperimentale mediante apparati che ritroviamo anche nell'inventario. Il confronto tra queste due modalità di trasmissione consente di mettere in relazione testi e strumenti non come fonti equivalenti, ma come mediazioni differenti di contenuti fisici potenzialmente analoghi.

La scelta di costruire una lente interpretativa fisico-epistemica articolata su più livelli tra loro interconnessi, consente di strutturare l'analisi in modo integrato.

Partendo dai nodi concettuali, essa permette di evidenziare come il fenomeno fisico viene reso osservabile, analizzabile e trasmissibile: nel caso delle lezioni di Roccati attraverso la descrizione procedurale degli esperimenti, nel caso del laboratorio Bassi-Veratti attraverso gli strumenti presenti e i dispositivi sperimentali ricostruibili a partire dall'inventario.

Un secondo livello di analisi riguarda la forma di trasmissione del sapere scientifico andando a esaminare il processo logico interno della lezione, le dimostrazioni e l'uso dell'esperimento, valutando come ciascuna modalità orienti l'accesso ai fenomeni fisici e la costruzione del significato scientifico. Tale ricostruzione, pur non sempre supportata da indicazioni esplicite d'uso, consente di formulare ipotesi controllate sulle pratiche sperimentali effettivamente adottate. Per alcuni strumenti selezionati è inoltre possibile sviluppare un approfondimento rispetto alla descrizione sperimentale e a un possibile uso didattico, anche ricercando la stessa descrizione in altre fonti (cataloghi museali odierni o fonte coeve).

Infine, la lente mira a far emergere la conoscenza dei principi fisici che sottende tali pratiche. In particolare:

1. Il ruolo della quantificazione e della matematizzazione dei fenomeni;
2. Il confronto tra i modelli fisici o della filosofia naturale conosciuti all'epoca;
3. Il ruolo attribuito all'esperimento nel rapporto tra teoria ed esperienza, la funzione dimostrativa delle prove e alla verifica empirica come criterio di validazione del sapere fisico o di apertura di nuove piste di ricerca.

Questo livello interpretativo si colloca in continuità con i capitoli precedenti, dove il laboratorio Bassi-Veratti emerge come luogo di costruzione del sapere.

In questa prospettiva è possibile sottolineare come gli strumenti del laboratorio non vengano considerati come semplici oggetti tecnici, e l'analisi di alcuni di essi consentirà così di trasformare l'inventario da elenco descrittivo a fonte storica dinamica, attraverso cui ricostruire le modalità concrete della ricerca e dell'insegnamento di Laura Bassi.



### 3.2 Le lezioni di Fisica di Cristina Roccati

La ricostruzione biografica della vita di Roccati consolida l'ipotesi che le sue lezioni siano un elemento di paragone strutturato in quanto ritroviamo elementi comuni con Bassi e Veratti. Nel contesto culturale bolognese del Settecento, caratterizzato da una relativa apertura alla partecipazione femminile alla vita scientifica, Cristina Roccati (1732–1797) rappresenta una figura particolarmente significativa per lo studio della trasmissione del sapere fisico in forma testuale. Favorita dalle reti aristocratiche cittadine e dall'interesse riformatore promosso da Prospero Lambertini, Roccati si laureò all'Università di Bologna dove portò a termine gli studi tra il 1747 e il 1750, entrando in contatto con l'ambiente scientifico animato da Laura Bassi e Giuseppe Veratti. Studiò e partecipò alla vita sociale della città sostenuta dalle famiglie aristocratiche e questo le permise di apprendere le discipline comuni anche a Bassi, ma anche di vedere come venivano tenute le lezioni, come venivano svolte le ricerche e come le donne si muovevano dal punto di vista sociale e politico alla ricerca di quelle conferme professionali che venivano loro spesso negate (Canadelli, 2024). La sua formazione comprendeva logica, metafisica, filosofia naturale, matematica e astronomia, discipline che riflettono l'orizzonte scientifico moderno allora in affermazione. Era a Bologna quando Bassi discuteva pubblicamente *De problemate quodam mechanico*, prima che uscisse nei commentari. In occasione della sua laurea nel 1751, Laura Bassi fu chiamata a partecipare ufficialmente alla cerimonia, mentre Giuseppe Veratti contribuì direttamente alla sua preparazione, a testimonianza della continuità intellettuale tra le due figure. Dopo il rientro a Rovigo, Roccati assunse un ruolo centrale nell'Accademia dei Concordi, dove le fu affidata la cattedra di Fisica e dove svolse un'intensa attività didattica (Findlen, 2024).

Di tale insegnamento restano oggi cinquantuno lezioni manoscritte, che costituiscono una testimonianza della sistematizzazione scritta della Fisica sperimentale in ambito accademico nel secondo Settecento. Le lezioni non presentano una numerazione cronologica unitaria, verosimilmente a causa di successive riorganizzazioni manoscritte; per l'analisi si farà riferimento ai progressivi archivistici recuperati su concessione dell'Accademia dei Concordi di Rovigo. Possiamo categorizzarle in base agli argomenti trattati e alle date (quando specificate): prima lezione (1751); lezioni sui corpi e la materia (1752); lezioni di meccanica, statica e moto (tra il 1752 e il 1756); lezioni sui vapori e gli effluvi (1757-1758); lezioni sulla natura della luce e sull'ottica (dal 1759 al 1765); lezioni sui principi sensibili delle cose: udito, tatto e vista (dal 1756 al 1767); lezioni sui principi sensibili del mondo: zolfo, mercurio, acqua, maree (dal 1767 al 1769); lezioni sulla natura della materia e difesa del sistema newtoniano (1774). A differenza di Laura Bassi, Cristina Roccati non si dedicò alla ricerca sperimentale originale, ma orientò il proprio lavoro alla diffusione e alla comunicazione della Fisica (Boniolo, 2024). Le sue lezioni coprono un ampio spettro di argomenti, dalla meccanica all'ottica, dalla natura della materia ai fenomeni sensibili, e riflettono con buona probabilità programmi affini a quelli delle università di Bologna e

Padova. Elemento centrale dell’insegnamento di Roccati è il ricorso sistematico all’esperimento, descritto come strumento privilegiato per l’accesso ai fenomeni fisici e per la comprensione delle leggi naturali (Crippa & Sgarbi, 2024) e lo ritroviamo in quasi tutte le lezioni.

La forma testuale delle lezioni, fondata sulla descrizione procedurale delle prove sperimentali e sull’organizzazione logica dei contenuti, offre così un termine di riferimento particolarmente adatto al confronto con la pratica laboratoriale di Laura Bassi. L’ottica era un ambito di studio importante e lo ritroviamo particolarmente rilevante sia nell’inventario degli strumenti del laboratorio Bassi–Veratti, sia nelle lezioni di Cristina Roccati, dove le tematiche relative alla luce, alla visione e all’ottica occupano una parte consistente del corpus pervenuto (tredici lezioni su cinquantuno). Essa costituisce pertanto un punto di partenza naturale per l’analisi comparativa.

### **3.2.1 Criteri di selezione del campione e costruzione del confronto**

Tutte le tredici lezioni richieste dall’Accademia dei Concordi sono riconducibili al tema dell’ottica e della visione nel sistema di archiviazione di DeVitt (vedi Allegato B). La richiesta di un campione ampio ha permesso di ottenere una panoramica complessiva sull’ottica e procedere successivamente a una selezione basata sul tema della luce e dei fenomeni connessi. L’analisi delle lezioni è stata condotta partendo prima da un esame complessivo del corpus disponibile, che comprende testi relativi alla natura della luce, ai fondamenti dell’ottica e ai principali fenomeni luminosi. Questa ricognizione preliminare ha permesso di individuare una struttura interna ricorrente nell’organizzazione dell’insegnamento, che si sviluppa nel corso di diversi anni, ed è articolata attorno ad alcuni nodi fondamentali dell’ottica: la rifrazione, la riflessione, la formazione delle immagini e la teoria dei colori.

La selezione del campione di lezione analizzate non è avvenuta in modo arbitrario, né secondo un criterio cronologico o archivistico, ma sulla base della rappresentatività fisica ed epistemica delle lezioni rispetto a tali nodi. Sono state così individuate cinque lezioni principali: la lezione sulla rifrazione (003), quella sui colori (004), quella sull’ottica geometrica (005), la lezione sulla riflessione (007) e quella sulle lenti (008). Queste consentono di coprire in modo coerente i principali ambiti dell’ottica settecentesca, mettendo in evidenza sia le leggi fondamentali sia le loro applicazioni in dispositivi concreti. Le altre lezioni del corpus – dedicate, ad esempio, alla natura della luce, alle teorie della visione, alla struttura dell’occhio o alla formalizzazione geometrica dei raggi – sono state utilizzate come quadro teorico e interpretativo. Esse permettono infatti di comprendere il contesto entro cui si collocano le lezioni selezionate, mostrando come Roccati costruisca sia un quadro concettuale, attraverso il confronto con i principi di filosofia naturale e i modelli di diversi autori, sia una trattazione che parte da una definizione della luce intesa come entità fisica fino a un’analisi sistematica dei suoi comportamenti nei diversi fenomeni ottici.

In questo senso, il campione scelto è un’articolazione interna al corpus di lezioni, che fa emergere la struttura fisico-epistemica dell’ottica nell’approccio di Roccati nella sua presentazione archivistica e non secondo una ricostruzione cronologica che probabilmente mette in luce altri aspetti didattico-epistemici.

Elenco di seguito l’intero corpus delle lezioni, riportando il nodo fisico attorno a cui si sviluppa la lezione:

- 003 (progressivo 47), 1760: teoria della rifrazione luce e modello geometrico.
- 004 (progressivo 48) Lezione Prima di me Cristina Roccati dell’anno 1762, 7.12.1762: i colori e la natura della luce.
- 005 (progressivo 49) Lezione prima della Sig.ra Dott.sa Cristina Roccati, recitata nella sala dell’Accademia il giorno x. Di Dicembre dell’anno 1762, Intorno alla vista, 10.12.1762: il modello della propagazione dei raggi in ottica geometrica.
- 006 (progressivo 50), Lezione Terza del 13 Maggio 1762: la vista viene trattata come dispositivo fisico di mediazione tra fenomeno e percezione, articolato tra anatomia, leggi della visione e fenomenologia.
- 007 (progressivo 51), Lezione Terza dell’anno 1763, 16.05.1763: la riflessione viene trattata come ambito autonomo dell’ottica, regolato da principi specifici (catottrica) che spiegano la formazione delle immagini negli specchi.
- 008 (progressivo 52), Lezione della Sig.ra Prof.ssa Roccati letta il dì 12 Marzo, 1764: la rifrazione viene qui formalizzata nel caso delle lenti, mostrando come le leggi geometriche e fisiche determinino la formazione dell’immagine attraverso la convergenza dei raggi.
- 026 (progressivo 70) Lezione Seconda, 1.3.1762: i colori (in particolare bianco e nero) sono spiegati come effetti della struttura microscopica dei corpi e della modalità con cui riflettono la luce. Nodo fisico: approccio fisico materico ai colori bianco e nero
- 029 (progressivo 73) Lezione seconda della Vista, 3.3.1763: la lezione discute criticamente le teorie antiche della visione (emissione vs emanazione), per chiarire i principi corretti del processo visivo. E’ una trattazione teorico/filosofica in base alle teorie esistenti, non è una trattazione fenomenologica.
- 033 (progressivo 77), 1759: è una lezione introduttiva sulla natura della luce.
- 034 (progressivo 78), 1759: analisi delle sue proprietà dinamiche della luce.
- 037: (progressivo 81) Lezione di me Cristina Roccati, n.d.: la teoria newtoniana della luce viene esposta mostrando come la diversa rifrangibilità dei raggi produca la dispersione e quindi i colori.
- 042 (progressivo 86), n.d.: l’ottica viene formalizzata attraverso un linguaggio geometrico che definisce i comportamenti dei raggi (divergenza, convergenza, fuoco) come base per l’analisi dei fenomeni luminosi.

“La nostra Fisica”: ricostruzione della struttura fisico-epistemica tra pratiche sperimentali e trasmissione del sapere

- 046 (progressivo 90): Roccati struttura l’ottica come sistema tripartito (ottica, catottrica, diottrica), definendo il quadro teorico entro cui si collocano i singoli fenomeni. E’ la mappa della sezione di ottica della Fisica settecentesca.

Osservando brevemente le fonti secondo un punto di vista cronologico, si evincono alcuni elementi che servono per identificare una struttura didattica. Due lezioni (042 e 046) non riportano la data, mentre altre due, successive nella numerazione, sono datate 1759 e quindi risultano antecedenti.

Una breve descrizione di queste lezioni permette di ricostruire la mappa concettuale e didattica entro cui si inserisce l’insegnamento di Roccati.

Nella lezione 042 Roccati costruisce il lessico geometrico indispensabile per l’analisi successiva dei fenomeni ottici: raggio divergente e convergente, punto raggiante, fuoco reale e di fuoco immaginario, mostrando come il comportamento dei raggi cambi al variare della superficie e del mezzo attraversato. Su questa base, la lezione passa poi alla rifrazione su superfici piane e sferiche, introducendo con andamento dimostrativo i rapporti tra angolo d’incidenza, angolo di rifrazione, distanza dal fuoco e densità del mezzo. La parte finale estende il discorso a casi applicativi come vetro, acqua, lenti convesse e concave, fino a toccare la diversa rifrangibilità dei raggi colorati. Roccati costruisce il vocabolario teorico e geometrico che renderà possibile la trattazione ordinata di rifrazione, lenti e colori e riflessione.

La Lezione 046 sistematizza invece questi strumenti concettuali all’interno di un quadro disciplinare più ampio, presentando l’ottica come sistema articolato nei suoi diversi rami (ottica, catottrica e diottrica) e chiarendo il rapporto tra visione, riflessione e rifrazione. In questo contesto, la diottrica viene esplicitamente definita come ambito fisico deputato allo studio della luce rifratta e dei suoi effetti, con particolare attenzione ai fenomeni che emergono nel passaggio tra mezzi diversi.

Considerate insieme, queste due lezioni non introducono nuovi fenomeni, ma costruiscono i riferimenti concettuali e terminologica entro cui si collocano le trattazioni successive su rifrazione, colori, riflessione e lenti.

La Lezione 033 (progressivo 77), è una lezione introduttiva sulla natura della luce, e mostra come Roccati costruisca un quadro teorico entro cui si collocano le lezioni successive. Analizza il dibattito tra aristotelici, cartesiani, newtoniani, ma anche seguaci di Malebranche e la tradizione atomistica di Democrito ed Epicuro. Espone le teorie con precisione di Cartesio rispetto ai temi della materia sottile e della propagazione come pressione meccanica, senza accettarla. Espone anche l’ingegnosità della teoria malebranchiana rispetto all’analogia con il suono. E’ però nella presentazione della teoria newtoniana che Roccati diventa più chiara rispetto allo sposare una posizione corpuscolare della luce che fonda all’interno di un ragionamento ontologico forte: la luce non è presentata come semplice qualità del mezzo né come accidente, ma come realtà fisica composta di particelle sottilissime in moto velocissimo. Partendo dall’assunzione che Roccati scelga una

trattazione teorica relativa al Newtonianesimo a lei noto, possiamo osservare come lavori per confronto storico e teorico e, anche se non parte dall'esperimento in questa lezione, la radice della causa sta nella natura del fenomeno.

Segue la Lezione 034 (progressivo 78) in cui passa dalla discussione ontologica della luce all'analisi delle sue proprietà cinematiche. Riprende la concezione corpuscolare (citando Newton direttamente), distingue luce e calore e introduce i due fenomeni fondamentali della propagazione luminosa: riflessione e rifrazione. La luce è trattata come composta da particelle in moto che, attraversando mezzi diversi, subiscono una variazione di direzione dovuta a un'azione del mezzo stesso. Tale azione viene descritta come una “forza attrattiva”, più intensa nei mezzi più densi, che agisce lungo la direzione perpendicolare alla superficie di separazione. La deviazione del raggio è quindi interpretata come risultato della combinazione tra il moto rettilineo della luce e questa azione attrattiva, secondo uno schema compatibile con la scomposizione del moto. La trattazione non assume ancora una forma dinamica formalizzata, ma utilizza il linguaggio della forza come supporto del comportamento del raggio. Le lezioni 026 e 037 sono lezioni nuovamente sui colori, sia come approfondimento del rapporto tra luce e materia che come interpretazione della composizione della luce newtoniana. La 026 è anche coeva della lezione che è stata analizzata in dettaglio (lezione 004), come se l'argomento fosse declinato in diversi aspetti più o meno specifici e in diversi momenti didattici.

In questo contesto si inserisce l'analisi comparativa sviluppata di seguito.

### **3.3 Analisi dei nodi fisici: pratiche sperimentali, fenomeni e modelli impliciti**

La lente di analisi, schematizzata nella Tab.1, rende esplicito il percorso interpretativo adottato per mettere in relazione strumenti, fenomeni fisici e modelli teorici. Per ogni nodo concettuale vengono quindi descritti alcuni degli strumenti presenti nell’Inventario Bassi-Veratti (cfr. Allegato A) evidenziandone costruzione, materiali, possibile uso, contesto storico e la funzione didattica, con particolare attenzione al modello fisico implicito. A questa analisi dello strumento segue l’esame dettagliato delle lezioni di Roccati, così da mettere in relazione la modalità laboratoriale e quella testuale come due possibilità differenti, ma potenzialmente convergenti di costruzione del sapere fisico settecentesco.

Le ricostruzioni operative degli strumenti sono basate sull’inventario e sulla letteratura storico-scientifica relativa alla strumentazione didattica e sperimentale del XVIII secolo. Quando disponibile, la ricostruzione è verificata tramite trattati coevi di Fisica sperimentale come quello di Nollet, ’s Gravesande e Guadagni. In assenza di schede museali specifiche, l’identificazione degli oggetti è un’ipotesi ragionata, fondata sugli elementi osservabili nell’inventario e su analogie funzionali con altri strumenti.

Per ciascuna lezione invece viene ricostruito il processo logico interno con particolare attenzione alla struttura dimostrativa, al ruolo dell’esperimento e ai riferimenti teorici espliciti e impliciti. Le citazioni riportate hanno la funzione di rendere visibili tali passaggi e di sostenere l’interpretazione proposta. Il lavoro sulle lezioni di Roccati ha previsto una mia trascrizione per poter effettuare l’analisi approfondita. Solo la lezione 004-progressivo 48 è stata tradotta e pubblicata da D.Crippa e M. Sgarbi (2024).

### 3.3.1 Costruzione dello strumento comparativo di analisi

Tabella 1: Strumento comparativo: lente fisico-epistemica

| Nodo concettuale             | Bassi Inventario - Sezione Ottica                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                | Lezione Roccati                                                    |                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                              |
|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                              | Strumenti                                                                                                                                | Pratica sperimentale/operativa                                                                                                                                                                                                           | Modelli di Fisica impliciti                                                    | N. lezione                                                         | Tesi Fisica centrale                                                                                                                                                           | Procedure dimostrative e sperimentali                                                                                                                                                                             | Modelli teorici di riferimento                                                                                                                                                                               |
| <b>Rifrazione della luce</b> | 1. cubo grande di cristallo spianato per le rifrazioni<br>2. casetina nera con lastre di vetro, che si riempie d'acqua per le rifrazioni | 1. Rifrazione della luce: variazione di direzione del raggio al passaggio tra mezzi diversi (aria/cristallo,..) in base alla legge di Snell.<br>2. Dispositivo con vaschetta riempibile per osservare la deviazione del raggio incidente | Modello luce come raggio rettilineo; descrizione geometrica della propagazione | 003 - progressivo<br>47 del 4 dic<br>1760 - Lezione prima del 1760 | La rifrazione è effetto dell'interazione tra luce e mezzo, interpretata come azione del mezzo sul raggio (modello attrattivo), con dipendenza non riducibile alla sola densità | 1.Costruzione geometrica del raggio (modello cartesiano)<br>2. confronto tra casi materiali<br>3.uso di esempi sperimentali come controllo delle ipotesi<br>4.integrazione tra spiegazione teorica e osservazione | Integrazione di modelli diversi:<br>-geometria cartesiana<br>-approccio dinamico (Fermat: tempo/velocità)<br>- legge quantitativa (Snell)<br>-interpretazione corpuscolare newtoniana (attrazione del mezzo) |

“La nostra Fisica”: ricostruzione della struttura fisico-epistemica tra pratiche sperimentali e trasmissione del sapere

|                                                    | Strumenti                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Pratica sperimentale/operativa                                                                                                                                                                                                              | Modelli di Fisica impliciti                                                                                                | N. lezione                                                     | Tesi Fisica centrale                                                                                                                                                                                                                  | Procedure dimostrative e sperimentali                                                                                                                                                                                                                                                       | Modelli teorici di riferimento                                                                                                                                   |
|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Teoria del colore; interazione luce-materia</b> | <p>1. Due telarmi con i colori di Neutroniani in vetro, altri due in legno di rimonta</p> <p>2. Macchinetta di pero nero con i piedi, ove sono i colori Neutroniani con fili neri per la riflessione, adoprando la lente con la fiamma si una candela.</p> <p>3. Prismi inglesi<br/>Prismi Islandici<br/>Prismi di venezia<br/>Sezioni presmatiche di Cristallo di Rocca<br/>Prisma Inglese<br/>Prisma triangolare di Cristallo<br/>Prismi inglesi n.2 di lunghezza 4.1 pollici/3<br/>Prisma inglese non montato</p> | <p>1. e 3. Riproduzione della scomposizione dello spettro e studio della sequenza cromatica<br/>Ricomposizione della luce (bianco)</p> <p>2. Non riconducibile a strumenti noti, ma probabilmente utile per lo studio della riflessione</p> | <p>Modello corpuscolare della luce<br/>interazione luce-materia (selezione dei raggi in base alle proprietà del mezzo)</p> | <p>004 - progressivo<br/>48 del 7 dic 1761 - lezione prima</p> | <p>Il colore non è proprietà intrinseca degli oggetti, ma effetto dell'interazione tra luce, materia e percezione; ogni colore corrisponde a una specifica "disposizione" del raggio luminoso e a una risposta del sistema visivo</p> | <p>- Distinzione tra qualità fisica e percezione;<br/>- uso dell'esperimento del prisma come prova della composizione della luce<br/>- costruzione di catene causali (luce → materia → percezione)<br/>- generalizzazione a diversi materiali (riflessione, assorbimento, trasmissione)</p> | <p>Confronto tra teoria di Cartesio, Malabranche e Newton. Ricorso alla teoria della luce come particella. Ricorso a esempi sperimentali noti in letteratura</p> |



|                                                                                                            | <b>Strumenti</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <b>Pratica<br/>sperimentale/operativa</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | <b>Modelli di<br/>Fisica<br/>impliciti</b>                                                                                                            | <b>N. lezione</b>                                                                                                                                                                                                                 | <b>Tesi Fisica<br/>centrale</b>                                                                                                                                                               | <b>Procedure<br/>dimostrative e<br/>sperimentali</b>                                                                                                                                                                                                                         | <b>Modelli teorici di<br/>riferimento</b>                                                                                                                                                                                                  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Ottica<br/>geometrica e<br/>possibile<br/>collegamento<br/>con la<br/>spiegazione<br/>della visione</b> | 1.Lenti varie<br>2.lanterna magica<br>fatta con lenti<br>inglesi. 3. Una<br>cassetta con entro la<br>Camera optica<br>4. Una cassetta nera<br>entro la quale vi<br>sono due tavolette<br>per formare l'occhio<br>artificiale<br>5. Sportellino con<br>lamina circolare di<br>ottone con due fori,<br>il quale si aplica alla<br>seraglia<br>della/finestra, per<br>introdurre il raggio<br>nella Camera<br>6 camera optica | 1. Uso dispositivi ottici<br>(lenti e camera oscura)<br>per la formazione<br>dell'immagine<br>2. visualizzazione<br>dell'immagine<br>attraverso un sistema di<br>lenti. E visualizzazione<br>della propagazione e<br>deviazione dei raggi<br>3. analgia con la camera<br>oscura (che si ritrova<br>anche descritta in<br>Roccati)<br>4. occhio per lo studio<br>della visione | Ottica<br>geometrica:<br>propagazione<br>rettilinea dei<br>raggi e<br>formazione<br>dell'immagine<br>nell'occhio<br>per<br>proiezione<br>sulla retina | 005-<br>progressivo<br>49<br>traduzione<br>lezione prima<br>della sig.ra<br>dott.ssa<br>Cristina<br>Roccati<br>Recitata nella<br>sala<br>dell'Accad.ia<br>il giorno X. di<br>Dicembre<br>dell'anno<br>1762. Intorno<br>alla vista | La visione è<br>spiegata<br>mediante l'ottica<br>geometrica:<br>l'immagine si<br>forma per<br>proiezione dei<br>raggi sulla retina<br>secondo un<br>modello analogo<br>alla camera<br>oscura. | Costruzione di un<br>impianto<br>dimostrativo<br>basato su<br>definizioni,<br>dimostrazioni e<br>principi<br>uso di dispositivi<br>(camera oscura,<br>lenti) come<br>modelli esplicativi<br>integrazione tra<br>rappresentazioni<br>geometriche e<br>fenomeni<br>osservabili | Modello di ottica<br>geometrica di<br>matrice euclidea<br>(raggi, angoli,<br>proporzioni)<br>applicata alla<br>fisiologia della<br>visione;<br>integrazione tra il<br>modello ottico e<br>quello anatomico<br>settecentesco<br>dell'occhio |

“La nostra Fisica”: ricostruzione della struttura fisico-epistemica tra pratiche sperimentali e trasmissione del sapere

|                    | Strumenti                                                                   | Pratica sperimentale/operativa                                                                                                               | Modelli di Fisica impliciti                                                                       | N. lezione                   | Tesi Fisica centrale                                                                                                                                                  | Procedure dimostrative e sperimentali                                                                                                                                                                                              | Modelli teorici di riferimento                                                                               |
|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Riflessione</b> | 1.serie di specchi piani e non<br>2. Una casetta con entro la Camera optica | 1-Usò di specchi per osservare la riflessione dei raggi<br>2. Esperimenti con camera oscura per verificare la traiettoria dei raggi riflessi | Modello corpuscolare della luce e descrizione meccanica della riflessione; principi di catottrica | Lezione 007 – progressivo 51 | La riflessione della luce segue una legge determinata (angolo di incidenza = angolo di riflessione), interpretabile come urto elastico e descrivibile geometricamente | -dimostrazione geometrica della legge di riflessione;<br>-interpretazione meccanica del fenomeno (scomposizione del moto);<br>-uso di esperimenti (camera oscura) come verifica<br>-costruzione geometrica dell'immagine apparente | Meccanica del moto (scomposizione nelle sue componenti); modello corpuscolare della luce; geometria euclidea |

|                                        | Strumenti                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Pratica sperimentale/operativa                                                                                                                                                                                                                                                                               | Modelli di Fisica impliciti                                                                                      | N. lezione                          | Tesi Fisica centrale                                                                                                                                                         | Procedure dimostrative e sperimentali                                                                                                                                                                                                                                                                 | Modelli teorici di riferimento                                                                     |
|----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Rapporto tra Rifrazione e lenti</b> | <p>1. Lenti varie:<br/>2. una cassetta nera, ove si sono formati due vetri uno concavo l'altro convesso per la convergenza o divergenza dei raggi.)<br/>3. Telescopio acromatico.<br/>4. Microscopio grande di Lyonnet.<br/>Microscopio grande Inglese.<br/>Microscopio in legno scuro tornito fatto con lenti d'Inghilterra.<br/>Microscopi vari dall'America<br/>Microscopio semplice.<br/>Microscopio solare con specchio di metallo.</p> | <p>1. Uso di lenti (convesse/concave) per osservare convergenza, divergenza e formazione dell'immagine<br/>2. Applicazione della rifrazione a dispositivi reali (lanterne, strumenti ottici)<br/>3. Osservazione degli effetti: fuoco, immagine rovesciata, variazione apparente di distanza e grandezza</p> | <p>Ottica geometrica: rifrazione dei raggi e relazione tra geometria della lente, e formazione dell'immagine</p> | <p>Lezione 008 – progressivo 52</p> | <p>Le leggi della rifrazione, applicate alla geometria delle lenti, permettono di determinare quantitativamente fuoco, traiettoria dei raggi e formazione dell'immagine.</p> | <p>Alternanza tra dimostrazioni geometriche e osservazione fenomenologica; applicazione della legge della rifrazione a configurazioni strumentali; identificazione del fuoco e analisi della struttura della lente; studio degli effetti percettivi: distanza apparente, grandezza e inversione..</p> | <p>Ottica geometrica di matrice euclidea e legge di rifrazione applicato agli strumenti ottici</p> |

### 3.3.2 Rifrazione della luce

In questa sezione viene analizzato il nodo concettuale della rifrazione della luce attraverso gli strumenti elencati nell’inventario che sono non solo esempi, ma probabilmente ciò che potrebbe accompagnare a livello sperimentale la teoria Fisica sottesa che è possibile ritrovare nella lezione di Cristina Roccati o invece, ciò che esplicitamente l’autrice descrive. La lezione riportata mette in evidenza la relazione e la strutturazione didattica tra dimostrazione geometrica, riferimento sperimentale e ricerca della causa fisica del fenomeno.

#### 3.3.2.1 Selezione strumenti dall’inventario Bassi-Veratti

- ‘Casetina nera con lastre di vetro, che si riempie d’acqua per le refrazioni’

*Descrizione tecnica.* Piccola scatola parallelepipedica in legno, dipinta di nero all’esterno, chiusa lateralmente da lastre di vetro trasparente. Poteva essere riempita d’acqua o di altri liquidi, così da costituire un mezzo trasparente di diverso indice di rifrazione rispetto all’aria; in alcuni esemplari era presente un’apertura superiore per versare i liquidi e un tappo di scarico.

*Pratica.* Permetteva di mostrare la deviazione dei raggi luminosi tra mezzi differenti, riproducendo gli esperimenti classici sulla legge della rifrazione attribuiti a Snell e Cartesio sulla legge della rifrazione. Era così possibile dimostrare visivamente la scomparsa parziale di oggetti immersi in acqua, per via della rifrazione. Era anche possibile confrontare la rifrazione con diversi liquidi (olio, alcol, acqua colorata).

*Uso didattico e ambientazione scientifica.* Strumento didattico diffuso nel XVIII secolo, impiegato anche da Nollet nelle sue lezioni di Fisica sperimentale. Deriva dalle classiche vaschette ottiche già usate nel Seicento per lo studio della rifrazione (es. nei gabinetti cartesiani). Utilizzato per mostrare al pubblico i fenomeni di rifrazione in modo semplice e visivo.

*Altre fonti:* Ne ‘Saggio de Naturali Esperienze’ di Carlo Alfonso Guadagni, sono riportati esperimenti con strumenti di ottica analoghi a quelli riportati in inventario Bassi-Veratti. In questo caso specifico ritroviamo la casettina in Tav VI, Fig 11 – descrizione esperimento CCCLXVII e seguenti. CVIII

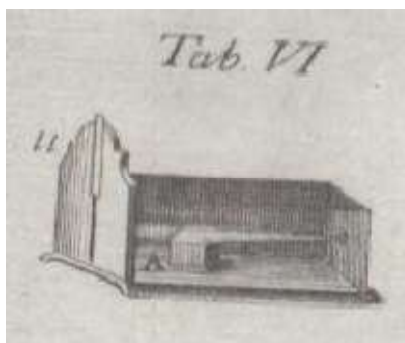


Figura 4: Casetina nera - Saggio Naturali Esperienze, Tav. VI - Fig.11

### 3.3.2.2 Lezione 003 progressivo 47 – Lezione del 04.12/1760 – Lezione prima dell'anno 1760

Analisi della struttura logica della lezione:

1. Nell'introduzione troviamo la tesi che si vuole dimostrare e che fa riferimento agli studi di Musschenbroek: *“Ora vengo a dimostrarvi le altre varie opinioni de' filosofi intorno l'origine della rifrazione della luce. La rifrazione della luce in primo luogo vuole il celebre Musschenbroek che dalle forze attraenti de' mezzi abbia il suo principio, le quali forze sono molte volte in proporzione delle densità; ma però ciò non accade, che egli nei corpi oleosi ed accendibili, come a suo luogo vedremo.”*
2. Introduce di seguito le leggi della rifrazione e le pone in linguaggio geometrico: *“cioè la luce passando da un mezzo più raro in un più denso si toglie più dal suo sentiero, ossia si rifrange accostandosi alla linea perpendicolare; se poi da un mezzo più denso passa in un più raro si rifrange discostandosi dalla perpendicolare.”*
3. Segue una prima dimostrazione geometrica per confermare la legge di rifrazione.
4. Svolta la dimostrazione, Roccati torna alla Fisica dei materiali, quindi nella pratica sperimentale, come passaggio di controllo causale: *“Dunque da qui si ricava che in tutti i corpi la rifrazione non è sempre in ragione del peso. Quindi è manifesta la differenza che passa tra la rifrazione della luce e dei corpi tutti”*. In questa sezione della lezione Roccati ricerca la causa del fenomeno rifrattivo. Fa due operazioni importanti: chiaramente tratta la luce come se fosse sottoposta a forze e la resistività dei materiali incide sulla velocità. Importante è anche notare che nel Settecento la terminologia non è analoga alla nostra attuale per cui quando dice peso probabilmente fa riferimento al peso specifico e lo mette in analogia alla densità. Usa e cita gli esperimenti e i risultati di Newton come se fossero un elemento di conferma della teoria che sta dimostrando per via geometrica e afferma che la causa è riscontrabile nella dimensione sperimentale. Introduce una seconda sezione dimostrativa geometrica relativa alla variazione della velocità della luce nei mezzi densi e rari e per svilupparla combina la scomposizione geometrica cartesiana del

moto con il ragionamento temporale di Fermat e la legge dei seni come formalizzazione quantitativa, realizzando una stratificazione concettuale dei diversi riferimenti vengono integrati come strumenti complementari per leggere lo stesso fenomeno. *“Quindi è facile avvisarsi che senza ragione il celebre Cartesio è ripreso dal Fermazio, quando dice che la luce in un mezzo più denso con un moto più veloce cammina di quella che in un mezzo più raro, la qual cosa invero è certa e verissima. Ma Fermazio non intese la vera ragione perchè la luce sia più veloce in un mezzo più denso che in un più raro: dipende ciò dalla maggiore attrazione del mezzo più denso. Altri filosofi sono di opinione che la rifrazione della luce dipenda dalla resistenza del mezzo, che posero maggiore nei fluidi, che ne’ solidi oppure contraria. Altri poi vollero che si dovesse ascrivere la rifrazione ad un principio meccanico.”*

5. Usa le proporzioni per dimostrare la legge di Snell nei diversi materiali e quindi sperimentalmente con cui conclude la lezione.

Il percorso logico interno alla lezione lo possiamo così riassumere: principio e legge (sulla rifrazione) che ne deriva → dimostrazione geometrica → uso dei casi sperimentali ed esempi notevoli alla ricerca della causa (la causa è dentro il fenomeno fisico osservabile) → dimostrazione geometrica per spiegare i riferimenti ad altre proposizioni sulla rifrazione utilizzando in modo sinergico diversi riferimenti: Cartesio, Fermat e il moto, legge di Snell → ritorno al caso sperimentale per la dimostrazione Fisica della legge di Snell e conclusioni .

Oltre alla citazione dei passaggi sopra riportati, per dimostrare come la matematica svolga un ruolo importante e come avviene la diversa stratificazione delle teorie fisiche, analizzo dettagliatamente alcuni passaggi della lezione.

E’ importante sottolineare che le tavole di rappresentazione geometrica riportano figure numerate. Ma dopo un’analisi delle dimostrazioni in base alle figure citate all’interno della lezione, si nota che non solo la numerazione non è coincidente (fig.2 e 3 non coincidono con le figure I/II/III delle tavole; riporto le tavole in figura 2 di seguito), ma anche il lettering non lo è nonostante sia chiara la trascrizione (BO ma nel disegno compare RO). Per questo ritengo che non ci sia una corrispondenza precisa. E’ possibile ipotizzare che le tavole siano aggiunte dopo la lezione o che sia stata ricopiata/riordinata con lettere diverse. In ogni caso i disegni possono fungere da riferimento per le diverse dimostrazioni.

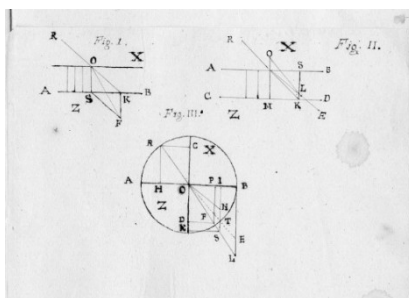


Figura 5 Tavola geometrica della Lezione 003

- Analisi punto 2 e 3, prima dimostrazione geometrica

*“La rifrazione della luce in primo luogo vuole il celebre Musschenbroek ...Da qui poi ne nascono le leggi notissime e chiare della rifrazione della luce, cioè la luce passando da un mezzo più raro in un più denso si toglie più dal suo sentiero, ossia si rifrange accostandosi alla linea perpendicolare; se poi da un mezzo più denso passa in un più raro si rifrange discostandosi dalla perpendicolare.*

*Con dimostrazione geometrica la prima proposizione si dimostri (sia dunque fig. 2). Il mezzo più denso Z, che abbia forza attraente più grande che il mezzo X, questo mezzo più denso attragga a sé perpendicolarmente il raggio BO nella linea OS. Il medesimo raggio poi BO essendo diretto per OK necessariamente fa d'uopo che passi di mezzo fra OS ed OK, e per ciò si accosti alla perpendicolare OS.*

*All'altra proposizione venghiamo: essendo la forza attraente (fig. 2) del mezzo Z più raro minore e maggiore quella del mezzo X più denso, genera che il raggio esca fuori dal mezzo X più denso, contattociò quel raggio dalla forza KL, viene spento a quel mezzo e così per la linea OL camminando, si scosterà dalla perpendicolare OM.”*

Osserviamo la figura. 3 (Fig. I / “fig. 2” della lezione) riportata di seguito:

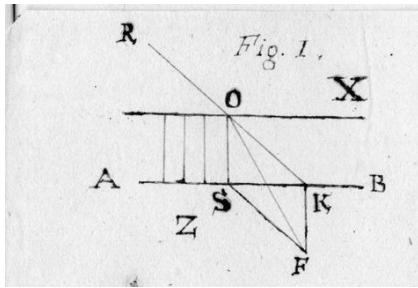


Figura 6 Dettaglio Fig 1: costruzione geometrica della rifrazione nel passaggio tra due mezzi

- O è il punto d'incidenza sulla superficie di separazione.
- OS è la perpendicolare (la “normale” alla superficie nel punto O).
- BO/RO è il raggio incidente, che arriva obliquo su O.
- OK è la direzione del raggio rifratto che, nel caso raro→denso, deve risultare più vicino alla perpendicolare di quanto fosse il raggio incidente.

Quando Roccati scrive: “...attrae a sé perpendicolarmente il raggio BO nella linea OS...”, sta introducendo l'idea “fisica” (newtoniana/corpuscolare) che nel mezzo più denso agisca una forza verso la normale, che “tira” il raggio verso di sé. Poi aggiunge la frase: “il medesimo raggio BO essendo diretto per OK necessariamente fa d'uopo che passi di mezzo fra OS ed OK, e per ciò si accosti alla perpendicolare OS”. Questa frase, osservando la figura, probabilmente significa che se una forza spinge il raggio verso la normale, allora la direzione finale deve cadere tra la direzione iniziale e la normale. Quindi l'angolo con la normale diminuisce, pertanto il raggio si rifrange “accostandosi” alla perpendicolare. Qui non sta introducendo ancora una legge quantitativa, ma costruisce una giustificazione qualitativa del comportamento del raggio.

Il ricorso al termine “forza” non indica qui una forza nel senso della dinamica newtoniana, ma una modalità esplicativa qualitativa dell'interazione tra luce e mezzo. La costruzione della spiegazione rimane infatti geometrica e fenomenologica: la deviazione del raggio viene resa attraverso le proporzioni e la costruzione dei raggi, più che attraverso una formalizzazione dinamica.

- Analisi punto 4: introduzione degli aspetti sperimentali e alla causa dei fenomeni di rifrazione

Per introdurre questo punto Roccati riprende la dimostrazione precedente con un giro di parole ‘a elastico’ e passa a identificare la “causa”: la rifrazione è effetto di una forza attrattiva del mezzo sulla luce. Questa spiegazione fa riferimento alla teoria corpuscolare della luce di origine Newtoniana. Ma aggiunge: “la rifrazione non è sempre in ragione del peso”. Se è plausibile pensare che stia usando peso (intendendo peso specifico), allora sta descrivendo di quanto un mezzo è “carico di materia” per volume. Se la rifrazione dipendesse solo dalla densità, allora a ‘più denso’ corrisponderebbe sempre ‘più rifrazione’, ma gli esperimenti mostrano che: per il vetro e il cristallo è circa proporzionale; per gli oli e le sostanze sulfuree invece rifrangono molto di più anche a parità di densità.



Quindi la rifrazione non segue una proporzionalità semplice con la densità, presentando una proprietà del materiale non riconducibile a una grandezza macroscopica unica. E' possibile dire che per Roccatti la causa non è la densità (grandezza misurabile), ma una proprietà del mezzo che vediamo sperimentalmente, cioè dall'interazione (attrazione) luce-mezzo.

- Analisi punto 5: seconda dimostrazione geometrica

*“...nella esperienza che il raggio della luce (fig. 2) RO entrando obliquamente nel punto O della superficie AB cade s'inclina per la linea ON discostandosi dalla perpendicolare OK se il mezzo X sia più denso del mezzo Z. All'incontro se il mezzo X sarà più raro del mezzo Z, il raggio della luce RO s'incammina per la linea OS accostandosi alla perpendicolare OK, così che nel primo caso l'angolo NOK è maggiore dell'angolo TOK, ossia dell'angolo opposto al vertice ROC. Nel secondo caso poi l'angolo SOK è minore dell'angolo medesimo TOK, o sia ROC; che se poi si distingue il moto obliquo RO della luce in due moti RH e RC, uno de' quali sia perpendicolare alla superficie AB e l'altro parallelo alla medesima superficie.*

*Allora è manifesto che la superficie del mezzo non resiste al moto della luce RC essendo essa superficie al moto stesso parallela. Nella linea AB dunque si prenda una porzione di linea OI uguale alla linea RC; il raggio dopo la rifrazione andrà con quella velocità colla quale nel medesimo tempo col quale avanti la rifrazione pervenne dal punto R al punto O perco lo spazio OI.*

*Sia il mezzo Z più raro dell'altro X, la linea ON sia la strada del raggio rifratto che si discosta dalla perpendicolare OK. Colla linea poi ON strada del raggio rifratto che si scosta dal perpendicolo OK dal punto N al punto I s'incontri la perpendicolare NI scorso il medesimo tempo la particella della luce si troverà nel punto N. Sono dunque gli spazi RO e ON dalla luce tanto avanti quanto dopo la rifrazione in tempi eguali percorsi, e perciò come le velocità avanti e dopo la rifrazione medesima. Ma la linea ON è minore della linea OI, o sia della linea RO dunque che il moto della luce rifratta è più lento nel mezzo Z più raro di quello che nel mezzo X più denso.*

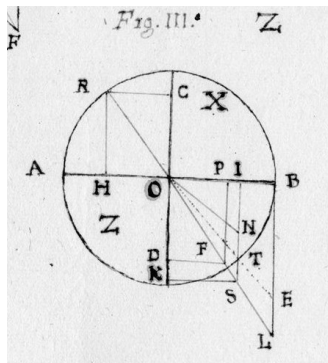
*Se poi il mezzo Z più denso dell'altro mezzo X, la strada del raggio rifratto che si accosta alla linea perpendicolare sia OS, alla quale si conduca dal punto O la linea IS perpendicolare, saranno RO, OS gli spazi con eguali tempi e con eguali velocità descritti tanto avanti quanto dopo la rifrazione, e perché la linea OS è maggiore della linea OI, ossia OR le quali due linee sono eguali essendo raggi del medesimo cerchio, sarà ancora il moto della luce rifratta nel mezzo Z più denso più gagliardo di quello che nel mezzo X più raro.”*

Introduce Cartesio, ma come strumento geometrico e non come causa, facendo una cosa precisa: la strada del raggio si può scomporre in componente parallela e una componente

“La nostra Fisica”: ricostruzione della struttura fisico-epistemica tra pratiche sperimentali e trasmissione del sapere

perpendicolare. Roccatti non accetta la causa cartesiana (etere agitato, pori ecc.), ma salva la sua costruzione matematica. Poi usa Fermat: parla di spazi uguali in tempi uguali e del confronto delle velocità nei mezzi. Usa questo ragionamento sui tempi per collegare geometria e velocità. Infine, introduce la legge di Snell: “*il rapporto costante dei seni degli angoli*”.

Osservando la Fig 4 (Fig. III nel testo originale) è possibile analizzare come procede matematicamente la dimostrazione:



- AB = superficie tra due mezzi
- O = punto d'incidenza
- RO = raggio incidente
- OK = perpendicolare (normale)

Figura 7 Dettaglio Fig 1: relazione tra raggio incidente, normale e raggio rifratto

Caso A: mezzo X più denso di Z. Il raggio si allontana dalla normale. Se il mezzo X è più denso del mezzo Z; il raggio segue ON discostandosi dalla perpendicolare OK. E quindi: l'angolo dopo la rifrazione è più grande, cioè  $\text{NOK} > \text{TOK}$  (angolo rifratto maggiore dell'angolo incidente).

Caso B: mezzo X più raro di Z. Il raggio si avvicina alla normale. Se il mezzo X sarà più raro del mezzo Z, il raggio seguirà OS accostandosi alla perpendicolare OK. E quindi: l'angolo rifratto è più piccolo, cioè  $\text{SOK} < \text{TOK}$ .

Poi introduce la parte “cartesiano-fermatiana” sul moto. Scomponi il raggio RO in due componenti, perpendicolare e una parallela alla superficie in quanto la rifrazione agisce solo nella direzione normale.

Il passaggio successivo riguarda la costruzione dei tempi uguali. Prende su AB un segmento:  $\text{OI} = \text{RC}$ , cioè lo spazio percorso prima dell'urto. In quello stesso tempo la luce dopo la rifrazione percorre: ON nel mezzo raro e OS nel mezzo denso. E fa un passaggio che prevede il confronto delle lunghezze come confronto delle velocità. Caso raro:  $\text{ON} < \text{OI}$ , la luce va più lenta; caso denso:  $\text{OS} > \text{OI}$ , la luce va più veloce.

Roccatti vuole dimostrare con la geometria che la rifrazione cambia direzione alla luce, perché cambia la velocità della luce nel mezzo e il tutto si può leggere con la costruzione geometrica di triangoli e con la legge del moto. Roccatti assume implicitamente un modello di tipo corpuscolare, di matrice newtoniana, nel quale la velocità della luce aumenta nei mezzi più densi, in quanto effetto di una maggiore forza attrattiva del mezzo. La costruzione

geometrica consente così di integrare il modello cinematico con la legge quantitativa dei seni, mostrando come la rifrazione possa essere letta simultaneamente come fenomeno geometrico e come effetto fisico di interazione tra luce e materia.

- Analisi punto 6: uso sperimentale della legge di Snell

Ora deve mostrare che tutto questo obbedisce a una legge stabile, ed è qui che entrano i numeri e i rapporti riportati sono proprio la legge di Snell in forma sperimentale. Quando scrive:

*“La ragione del seno dell’angolo d’inclinazione al seno dell’angolo rifratto è ferma e costante: cioè se la rifrazione è fuori dell’aria nel vetro, ella si trova maggiore che come 114 a 76, ma minore che 115 a 76, cioè quasi come 3 a 2.*

*Questa ragione assegnata dall’Hugens s’accorda con un’altra del sig. Isacco Newton, il quale fa che il seno dell’angolo d’inclinazione stia al seno dell’angolo rifratto come 3 a 2, il che è egualmente quasi come 31 a 20. V’è però qualche differenza nella quantità della rifrazione in differenti sorte di vetro, ma in materia fisica la precisione non è necessaria.*

*Imperocché il celebre Cartesio ha trovato che nell’acqua piovana la ragione del seno dell’angolo d’inclinazione sta al seno dell’angolo rifratto come 250 a 187, quasi come 4 a 3. La qual cosa s’accorda coll’osservazione del sig. Isacco Newton che se fa come 5 a 3...”*

Roccati sta lavorando con i rapporti matematici:

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} \approx \text{costante}$$

e quindi vuole dimostrare che l’indice di rifrazione è costante per ogni coppia di mezzi. Osservando i numeri riportati possiamo dire che i numeri non sono precisi e quindi non definiscono una conferma sperimentale. Tale imprecisione è riferibile ad alcuni motivi storici: misuravano angoli con strumenti ottici non di alta precisione, per cui errori di qualche grado erano probabilmente normali; spesso lavoravano con tabelle, corde, segmenti geometrici; cercavano regolarità, non decimali. Roccati introduce i rapporti numerici non per ottenere valori esatti, ma per mostrare la stabilità proporzionale del fenomeno, ossia l’esistenza di una legge quantitativa della rifrazione.

### 3.3.3 Teoria del colore; interazione luce-materia

In questa sezione viene analizzato il nodo concettuale della teoria del colore e dell’interazione della luce con la materia.

### 3.3.3.1 Selezione Strumenti dall'inventario Bassi-Veratti

- “Due telarmi con i colori Neutoniani in vetro, altri due in legno di rimonta”

*Descrizione tecnica.* Serie di piccoli telai mobili (telarini), concepiti per inserire e mostrare lastre colorate o dischi cromatici. Le lastre di vetro venivano dipinte con i colori fondamentali dello spettro newtoniano, di solito dipinti a mano. Venivano realizzati su lastre trasparenti con pigmenti o vernici traslucide. Quelli in legno di rimonta erano più robusti e potevano montare dischi opachi o superfici dipinte a mano.

*Pratica.* I telarini venivano fissati a sostegni o introdotti nella serraglia ottica per far passare attraverso di essi i raggi luminosi e osservare gli effetti cromatici. Mostrare i sette colori newtoniani dello spettro (rosso, arancio, giallo, verde, azzurro, indaco, violetto). Se si usavano più lastre si potevano eseguire esperimenti di sovrapposizione dei colori e far vedere la differenza tra i colori prodotti dalla dispersione (prismi) e quelli prodotti artificialmente con i telarini.

*Uso didattico e ambientazione scientifica.* Strumenti introdotti da Nollet e altri divulgatori francesi e italiani nel XVIII secolo. Utili per stabilizzare l'esperimento ottico e renderlo accessibili anche in condizioni non ottimali di luce solare. Strumenti molto semplici, ma di grande efficacia visiva: permettevano di fissare e “rendere tangibile” lo spettro cromatico osservato con i prismi. Qui emerge una prima forma di controllo sperimentale, una volta stabilizzato il fenomeno è ripetibile e comparabile. Infatti, dal fenomeno naturale (dispersione prismatica) al modello stabile (con la sequenza delle lastre) fino al confronto tra riflessione e trasparenza.

*Altre fonti.* I telarini erano probabilmente usati da Nollet come un supporto per dimostrare la circolarità e l'ordine dei colori, secondo la teoria di Newton. J.-A. Nollet, *Leçons de physique expérimentale*, Paris, Chez les frères Guérin & Louis-François Delatour, 1743–1764, vol. IV, sezione “Optique / Théorie des couleurs”.

- “Prismi inglesi n.2 di lunghezza Pollici 4.1/3 l'uno, guarniti, di ottone, e montati in casettine di noce con fori per diverse esperienza... Prismi Islandici, Prismi di venezia, Sezioni presmatiche di Cristallo di Rocca, Prisma Inglese composto da prismi Crounglas per la corezione Doloniana in custodia di sacriano nero, mandato in dono da Newton”<sup>15</sup>

*Descrizione tecnica.* Due prismi in vetro di qualità inglese, ciascuno lungo circa 4,1 pollici (circa 10,4 cm), montati in cassette di noce dotate di guarnizioni in ottone e fori regolabili per il fissaggio e l'orientamento dei prismi. Le cassette servivano anche a proteggere i prismi e a facilitare la manipolazione sicura probabilmente durante le lezioni.

*Pratica.* Basati sul principio della rifrazione e dispersione, i prismi separano la luce bianca nei suoi colori componenti, deviando i raggi differenti angoli in funzione della lunghezza

---

<sup>15</sup> Probabilmente è il residente inglese a Firenze, Henry Newton e non l'autore di *Optiks*, cfr. M.Cavazza (2020).

d’onda, e del materiale attraversato. Essi permettevano inoltre di misurare gli angoli di deviazione dei raggi e di confrontare le proprietà ottiche di vetri diversi.

*Uso didattico e ambientazione scientifica.* L’ampia presenza di prismi di varia tipologia nell’inventario suggerisce una pratica sistematica e ripetuta degli esperimenti newtoniani sulla scomposizione della luce, probabilmente includendo *l’experimentum crucis*. Tale varietà indica un’attenzione alla riproducibilità e al controllo delle condizioni sperimentali, coerente con un approccio alla Fisica fondato sulla verifica empirica delle teorie piuttosto che sulla loro semplice assunzione.

*Altre fonti.* I manuali di Fisica sperimentale come *Leçons de physique expérimentale* di Jean-Antoine Nollet (Parigi) e *Physices elementa mathematica, experimentis confirmata* di Willem Jacob ’s Gravesande (Leida) dedicano sezioni specifiche agli esperimenti con prismi e alla scomposizione della luce in colori secondo l’interpretazione newtoniana. Gli strumenti utilizzati — prismi, schermi e telai per colori — sono descritti come apparati sperimentali standard volti a rendere visibile e didatticamente fruibile la spettroscopia della luce

### 3.3.3.2 Lezione 004, progressivo 48 - LEZIONE PRIMA DI ME CRISTINA ROCCATI NELL’ANNO 1761 7 DICEMBRE

Riportiamo l’analisi del percorso logico della lezione:

1. La lezione inizia con un riferimento a lezione precedente (teorie dei colori di altri filosofi) e la percezione del colore (occhio, sensazione, analogia con il suono).
2. Introduce un principio che riguarda la natura ontologica del colore, che infatti viene definito come apparenza, contrariamente all’idea che sia una caratteristica della materia. Per poterlo fare lo paragona alla percezione del suono: *“Non sono mica i raggi realmente colorati, ma perché causano una apparenza di color piuttosto che un’altra. Una specie di raggio produce negli organi de sensi delle vibrazioni di una certa grandezza, e le vibrazioni di una certa grandezza producono nell’anima la sensazione di un certo colore in quella guisa che le vibrazioni di una certa grandezza nell’aria fanno sorgere nell’anima la sensazione di un certo suono.”* Lavora quindi sulla scomposizione della luce attraverso la dimensione sperimentale, citando sia Newton che Gauge. Descrive minuziosamente l’esperimento crucis del prisma di Newton nella sua forma completa (doppio passaggio) e descrive il meccanismo fisiologico.
3. introduce una spiegazione causale del colore osservato come effetto della disposizione e tessitura delle particelle dei corpi, che selezionano i raggi incidenti.
4. Mette a confronto altre teorie come quella di Cartesio e Malebranche
5. Presentazione della teoria di Newton e dimostrazione sperimentale dettagliata.
6. Ritorna alla pratica sperimentale e osservativa; generalizza ai diversi materiali;

7. Descrive i casi estremi bianco/nero;
  - il bianco come mescolanza dei colori e dimostrazione sperimentale con il prisma
  - perché i corpi compaiono di diversi colori: la tessitura e la consistenza dei pori dei corpi riflettono, tramettono o assorbono i raggi
  - esempi sperimentali e accademia di Parigi a convalida
  - esempi con liquidi e neve
  - che cosa forma il corpo bianco: la forma delle particelle e disposizione
  - perché i corpi appaiono neri? E riflessione sui materiali
8. Introduce le proprietà dei materiali che possono interagire con la luce: porosità, assorbimento

Riassumiamolo schematicamente: richiamo alle lezioni precedenti e alla percezione di chi ascolta → diversi riferimenti teorici e adozione del quadro teorico newtoniano e tesi sui colori apparenti → dimostrazione, attraverso la descrizione sperimentale → estensione causale attraverso la pratica osservativa del fenomeno.

Analizziamo in dettaglio alcuni passaggi.

- Il modello della luce è meccanicistico corpuscolare

Nella tesi di questa lezione troviamo non solo newtonianesimo ottico, ma Fisica corpuscolare, introduzione interazione luce-materia e generalizzazione causale, ed è ciò che permette di spiegare: colori, trasparenze, bianco/nero, materiali diversi.

“Si possono considerare i colori primo per rapporto all’anima e non sono che sensazioni per rapporto agli oggetti colorati non sono che certe disposizioni e certa tessitura di particelle. Il colore che fa divenire rossi i gamberi, non essendo che un moto, non può dar loro che una nuova disposizione, che un nuovo ordine, una nuova situazione di parti e per rapporto all’impertitibile fluido da agli oggetti sino all’organo della vista disperso. E di questo noi specialmente ragioneremo”

Come nella precedente lezione emerge l’articolazione tra descrizione teorica e dell’esperimento. Particolarmente rilevante è l’uso dell’esperimento cruciale di Newton come riferimento associato sulla composizione della luce. La descrizione è minuziosissima, come se chi legge vedesse davanti a sé lo sperimentatore eseguirlo:

*“vi sia una camera oscurissima e un buco rotondo in un balcone largo un terzo di pollice circa per cui si ricercano i raggi del sole. Fate che ad una certa distanza da una carta che i raggi del sole rotti o separati rifletta, si esponga a raggi del sole un prisma triangolare, poi vedrete uscire colori sulla carta molto distinti (...) Fate poi nella carta un picciolo buco, per dove non possa passare se non una specie di raggio, che sia per esempio il rosso, o il violetto, rompete di bel nuovo il raggio con un secondo prisma, o con un terzo ancora e fate girare questi prismi sul loro asse, il raggio differentemente rotto e differentemente riflettuto sempre il suo color rosso...”*

La descrizione è meticolosa ed è legata alla procedura e non allo strumento, dando per scontato che sia noto quale lente e quale prisma sia meglio usare. Diventa così punto di partenza per un'estensione teorica sulla composizione della materia.

- La causalità è materiale (pori, particelle, disposizione)

La parte che segue inizia ponendo una domanda come se fosse un possibile uditor della lezione in presenza a porla. La domanda riguarda come la materia interagisce con il colore. In questa lunga parte, si evince la conoscenza di Roccatti in merito ad altri aspetti della disciplina.

*“Potrebbe qui alcuno domandare, donde addivenga che i corpi compariscono a nostri occhi di differente colore. La ragione è questa, perché la figura de' loro pori, la tessitura, e la consistenza delle loro parti riflettono maggior quantità di raggi di una specie, mentre ne trasmettono o assorbono la maggior parte degli altri.*

*I corpi rossi per esempio maggior quantità di raggi rossi riflettono. Così immersi ne' raggi omogenei di questo colore compariscono d'un più vivo e risplendente rosso vestiti. Un vermiglio non è giammai più brillante in un rosso omogeneo e semplice. Brilla egli meno in una luce verde, e meno ancora in una azzurra. L'oro riflette i raggi gialli, quando permette libero il passaggio agli altri. Imperocché se si ponga tra la luce, e l'occhio una lamella d'oro sottilissima, la luce la luce l'attraversa ed azzurra, o verde apparisce. Quanti vetri non trasmettono altri colori, in tempo che ne rifletton degli altri. Tale effetto dalla somma porosità de corpi ha la sua sorgente.”*

Infatti introduce aspetti chimici e anche legati alla Fisica della pressione e dell'aria e cita indirettamente Boyle.<sup>16</sup>

*“Se mescoleremo diversi liquori chiari e trasparenti colori differenti produrranno. Imperocché se si porrà Ud. dell'acqua forte sopra i colori, questi tantosto svaniscono, e riprendono i liquori la loro trasparenza primiera. Donde nasce cotale effetto? Eccone le ragioni. In primo luogo questi liquori oleosi, o salini a prima vista chiari e trasparenti, perché aprono i passi liberi a differenti specie de' raggi. In secondo luogo i sali taglienti, e le punte dell'acqua forte che sulla mistura de' colori si sparge dividono e dissipano le particelle e aprono nuovi passaggi alla luce, e così sparir fanno i colori, ed ai liquori colorati rendono la loro trasparenza se l'acqua o altri colori grandemente e fortemente si agiteranno, cresceranno in una bianca spuma. [...]il vetro, il cristallo, ed altri corpi molto facili a rompersi frangendosi in una polvere minutissima si riducono, ch'è bianchissima ciascuna particella della polvere terminando in liscj piani e levigati, ed essendo tanto vicine l'une all'altre, oltre i piccioli spazj che sono di mezzo tra esse particelle isfugono, ~~il~~*

---

<sup>16</sup> Cfr. Boyle, *Experiments and Considerations Touching Colours*, 1664

“La nostra Fisica”: ricostruzione della struttura fisico-epistemica tra pratiche sperimentali e trasmissione del sapere

*ne si distinguono; per questo motivo quella minutissima polvere a noi sembra bianca come dottamente scrisse di Boyle.”*

- Processo di generalizzazione

La lezione prosegue nella dimostrazione di come la definizione della causa (disposizione delle particelle) può essere generalizzata anche a casi sperimentali che Newton non aveva considerato: casi estremi (bianco e nero) e casi con materiali particolari. Generalizza così la valenza della teoria stessa e l'esperimento diventa strumento di costruzione teorica e non solo di verifica.

Si nota anche come la lezione inizi con osservazioni percettive (la fisiologia dell'occhio resta ed è l'elemento che collega ancora la pratica sperimentale alla medicina) per poi orientare la dimostrazione della tesi in modalità legate alla disciplina Fisica.

Il linguaggio che usa Roccati fa riferimento alla teoria corpuscolare del Settecento ed intrecciata a modelli meccanicistici ereditati da Descartes e Malebranche, probabilmente perché il pubblico che la sta ascoltando (che è un pubblico colto) ha riferimenti filosofici e medici.

Possiamo notare che l'impostazione di Roccati introduce il modello del colore come fenomeno fisico-relazionale: non qualità degli oggetti, ma risultato misurabile dell'interazione tra radiazione luminosa, struttura della materia e sistema percettivo. L'idea corpuscolare della luce di Newton viene integrata in una spiegazione causale più ampia, non semplicemente ripetuto.

- viene esteso ai casi non trattati direttamente (bianco/nero, materiali e porosità)
- integrato in una Fisica corpuscolare più ampia: dalla spiegazione della luce newtoniana, all'estensione dei concetti alla Fisica della materia e lo ritroviamo nei seguenti passaggi: *“i colori ... non sono che certe disposizioni e certa tessitura di particelle”, “la figura de' loro pori, la tessitura, e la consistenza delle loro parti riflettono maggior quantità di raggi di una specie”*
- Nei passaggi della lezione *“i corpi bianchi esposti al sole non tanto presto asciugheranno quanto i negri”, “i corpi negri più facilmente si riscaldano”,* ritroviamo invece la teoria ottica dei raggi per spiegare effetti termici osservabili.

In questa lezione possiamo dire che Roccati parte dalla spiegazione dei colori con l'esperimento cruciale di Newton per spiegare lei stessa perché i materiali hanno certi colori, perché alcuni riflettono e assorbono e perché alcuni si scaldano di più

*“I corpi bianchi bagnati se si esporranno al sole non tanto presto asciugheranno quanto i negri. Perocché i raggi del sole vengono meno assorbiti dai corpi bianchi di quello che dai*



*corpi negri (...) quindi pare è facile cosa da intendere, perché i corpi bianchi sono più difficili a riscaldarsi esposti ai raggi solari, e più facili i corpi negri...”*

In questo modo la descrizione sperimentale è un tassello chiave per la costruzione di catene causali teoriche e viene usato per collegare fenomeni diversi sotto un unico modello.

Differentemente dalla lezione precedente emergono alcune dimensioni didattiche interessanti:

- le domande “simulate” degli uditori
- la progressione delle lezioni: non solo sono collegate alla precedente e alla successiva, ma ci sono riferimenti a un piano didattico più ampio. Questo fa convalida l’ipotesi che le lezioni di Roccati nel suo insieme siano organicamente costruite, o che ci sia l’intenzione da parte della professoressa di sviluppare i diversi temi (luce, colori, ottica geometrica,...) in modo organico e approfondito;
- la descrizione sperimentale intrecciata alla dimensione quantitativa è forma di trasmissione e costruzione del sapere scientifico.

### 3.3.4 Ottica geometrica e la visione

In questa sezione viene analizzato il nodo concettuale dell’ottica geometrica e viene qui analizzato mettendo in relazione strumenti e trattazione di Roccati.

#### 3.3.4.1 Selezione strumenti dall’inventario Bassi-Veratti

- *“Lanterna magica fatta con lenti Inglesi. Vedute di Germania dipinte in vetro n.4. Lastra di Cristallo nella quale sono dipinte quattro teste per la fantasmagoria fatte a Firenze.”*

*Descrizione tecnica.* L’inventario menziona una lanterna magica dotata di lenti di produzione inglese, accompagnata da lastre di vetro dipinte destinate alla proiezione di immagini, tra cui vedute paesaggistiche e figure per effetti di fantasmagoria. La lanterna era costituita da una sorgente luminosa interna, da un sistema di lenti convergenti e da un supporto per le lastre trasparenti dipinte.

*Pratica.* La luce prodotta dalla lampada attraversava la lastra di vetro e veniva quindi raccolta e focalizzata dal sistema di lenti, formando un’immagine reale ingrandita proiettata su una parete o su uno schermo. Variando la distanza tra sorgente, lastra e lente era possibile regolare la messa a fuoco e le dimensioni dell’immagine, rendendo direttamente osservabili le leggi della formazione delle immagini nei sistemi ottici.

*Uso didattico e ambientazione scientifica.* Sebbene impiegata anche in contesti di intrattenimento, la lanterna magica costituiva nel Settecento uno strumento didattico per lo studio dell’ottica geometrica, in particolare per la comprensione dei fenomeni di proiezione, ingrandimento e focalizzazione. Essa permetteva di visualizzare il comportamento dei raggi luminosi attraverso le lenti e di collegare tali principi ai meccanismi della visione e alla formazione dell’immagine sulla retina.

“La nostra Fisica”: ricostruzione della struttura fisico-epistemica tra pratiche sperimentali e trasmissione del sapere

*Altre fonti.* *Leçons de physique expérimentale* di Jean-Antoine Nollet , tomo 5, “Lanterne magique” (p. 567). Catalogo Generale dei Beni Culturali, ritroviamo una lanterna magica della seconda metà del XVII secolo , figura 5 (<https://catalogo.cultura.gov.it/detail/ScientificOrTechnologicalHeritage/1300287302>)

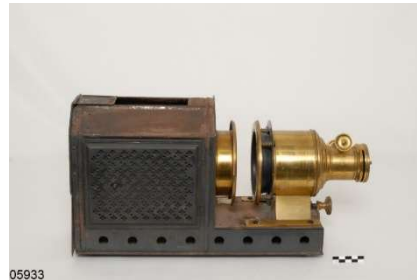


Figura 8: Lanterna magica - da Catalogo Generale dei Beni culturali

- “Una casetta con entro la Camera optica”

*Descrizione tecnica.* Riconducibile a una camera oscura portatile in legno, dotata di un’apertura con lente convergente e di uno specchio inclinato, che rifletteva l’immagine verso uno schermo o piano traslucido interno. Il sistema consentiva la formazione di un’immagine reale e rovesciata della scena esterna, regolabile tramite la messa a fuoco della lente.

*Pratica.* permetteva di osservare direttamente i fenomeni di rifrazione e riflessione responsabili della formazione delle immagini, rendendo visibile il percorso dei raggi luminosi e il principio di focalizzazione.

*Uso didattico e ambientazione scientifica.* lo strumento costituiva un modello fisico della visione umana, mostrando l’analogia tra il funzionamento della camera oscura e quello dell’occhio, in cui il cristallino agisce come lente convergente proiettando l’immagine sulla retina. Essa consentiva di collegare la teoria dell’ottica geometrica, sviluppata a partire da Keplero e Cartesio, all’esperienza osservabile, rafforzando la comprensione dei meccanismi di formazione dell’immagine senza ricorrere necessariamente alla formalizzazione matematica. Possiamo dire che rappresenta l’erede sperimentale della camera oscura rinascimentale, trasformata in dispositivo scientifico e didattico.

*Altre fonti.* *Leçons de physique expérimentale* di Jean-Antoine Nollet , tomo “Description & usage d’une chambre noire” (p. 532). Catalogo Generale dei Beni Culturali, camera oscura, sec. XVIII prima metà (<https://catalogo.cultura.gov.it/detail/ScientificOrTechnologicalHeritage/1300286994>)

‘Saggio di Naturali Esperienze’ di Carlo Alfonso Guadagni, Tav. VII, Fig 3, esperimento descritto numero CCCLXXXVI pp CX

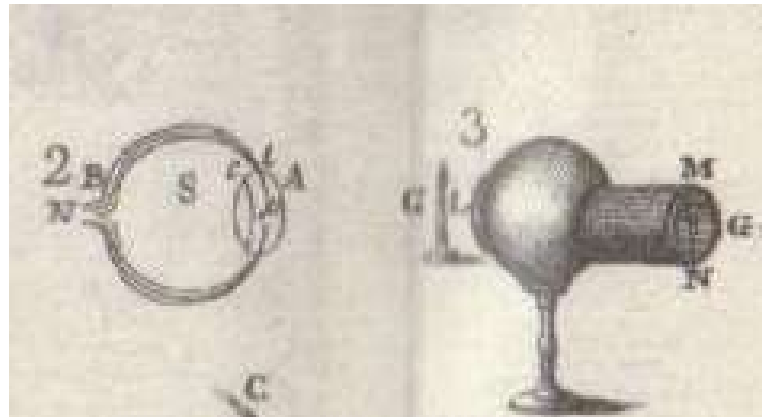


Figura 9: Camera oscura – Saggio di Naturali Esperienze, Tav VII, Fig.3

3.3.4.2 Lezione 005 – progressione 49 – Lezione prima della Sig.ra Dott.ssa Cristina Roccati recitata nella sala dell’Accad.ia il giorno X. di Dicembre dell’anno 1762. Intorno alla vista

Si riporta lo schema logico della seguente lezione:

1. La lezione si apre con la dichiarazione di ciò che Roccati vuole dimostrare, cioè come funziona il ‘vedere direttamente’ e di quale relazione c’è con gli oggetti: *“ dicemmo ancora che in tre maniere può l’oggetto irraggiar l’occhio, e per questo si può acconciamente distinguere il vedere in diretto, in riflesso ed in refratto. In che maniera poi la visione in queste tre maniere opera nei oggetti ora alla meglio per me si potrà ve dimostrerò. Ora primieramente intorno della vista dei corpi diretta terrò ragionamento e stabilirò ancora i principj dell’ottica”*.
2. Passa alla definizione della disciplina di ottica come la disciplina Fisica che spiega il modo in cui si osservano le immagini. E descrive in dettaglio l’esempio sperimentale: camera oscura con lente.
3. Da questo però deduce che da ogni punto dell’oggetto proviene un fascio di raggi luminoso. Discute su come avere un’immagine distinta in base alla distanza dalle lenti in particolare dalla sua convessità. Sta introducendo implicitamente il punto di convergenza dei raggi della lente quando scrive :*“ tanto più presto si farà l’unione de’ raggi dalla quale necessariamente fa d’uopo che distinta appaisca l’immagine”*
4. Definisce gli elementi di ottica (raggio, asse, pennello, angolo ottico) necessari poi a introdurre i principi della visione e il modello di produzione dell’immagine nell’occhio.
5. Dalla sezione introdotta con ‘in secondo luogo....’fino a ‘in sesto...’ introduce una serie di dimostrazioni geometriche che servono a dimostrare che la grandezza

apparente dipende dall'angolo ottico, motivo per cui abbiamo i casi strani della visione.

6. Torna sui principi dell'ottica. Il primo: l'immagine la vediamo ribaltata nell'occhio. Collega la parte fisiologica con la parte di ottica geometrica appena dimostrata
7. introduce un secondo principio della visione: ciò che vediamo non è l'oggetto in sé, ma l'immagine prodotta nell'occhio, cioè una modificazione dell'organo visivo generata dalla luce (immagine o suono). Pone un controesempio sperimentale.
8. Confuta esplicitamente i modelli emissivi della visione (stoici e pitagorici), consolidando una concezione in cui la visione dipende dalla propagazione della luce dall'oggetto all'occhio: *“Dunque queste immagini soltanto non le cose che fuori di noi esistono, sono quella cosa che a guisa d'oggetto ci si rappresenta e immediatamente si apprende. Gli stoici una volta erano di opinione che la visione si facesse per mezzo dè raggi, che dagli occhi escissero fuori”* Usa l'esempio della scarsità della luce come controprova della falsità di queste teorie stoiche e pitagoriche. Convalida così l'idea settecentesca della propagazione della luce come raggi che dall'oggetto arrivano all'occhio.
9. Qui fa un parallelo tra lente concava e convessa e umor cristallino e riconduce agli esempi geometrici gli aspetti fisiologici.

Il percorso logico interno alla lezione lo possiamo così riassumere:

Roccati costruisce il quadro teorico dell'ottica geometrica → applica le leggi alla fisiologia dell'occhio, interpretato come dispositivo ottico analogo alla camera oscura con lente convessa → spiega come l'ottica forma l'immagine per la proiezione geometrica dei raggi e introduce le definizioni (raggio ottico, asse ottico, pennello di raggi, angolo visorio) → stabilisce i principi della visione che trovano causa nell'ottica geometrica e nella propagazione rettilinea dei raggi e nella formazione dell'immagine → Confuta vecchi modelli della formazione dell'immagine, consolidando una concezione della percezione fondata sulla Fisica della luce.

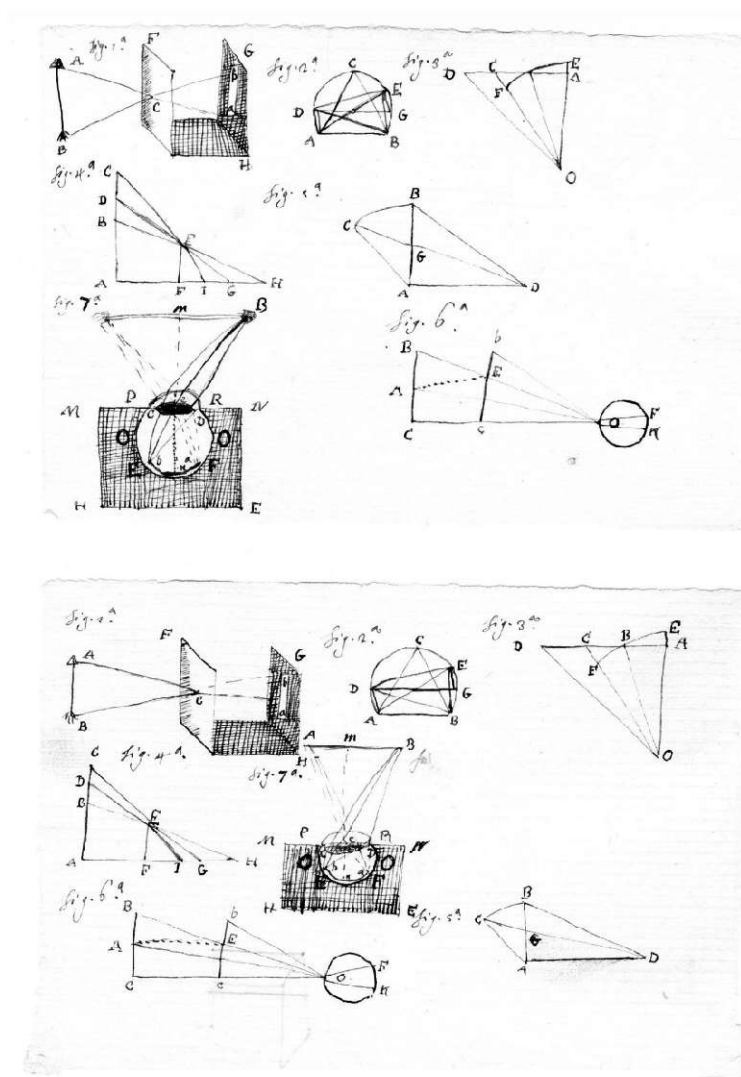


Figura 10 Schema ottico della formazione dell'immagine nella Lezione 004

Riporto la descrizione della Camera oscura che, come si osserva, è meticolosa e precisa, come se osservassimo lo svolgersi dell'esperimento, inoltre per descriverlo utilizza una rappresentazione e una terminologia che si rifanno alla geometria:

*“Al buco C (fig. 1a) di una camera alquanto oscura FGH s’addatti una lente convesso-convessa; in quella lente irraggi un oggetto AB fuori della detta camera posto, e sufficientemente illuminato e chiaro. Ciò fatto si è ritrovato, che se il piano bianco GH in una certa distanza sarà rivolto verso la lente C dentro la stessa camera in tal maniera che sia parallelo alla medesima lente, si pringerà una chiarissima immagine come ab dello stesso esterno oggetto con i suoi nativi colori nello stesso piano. Dunque qualunque raggio di luce che viene dall’oggetto AB ed entra nella lente C, e che si attacca al piano GH, quasi dipinge nello stesso piano l’immagine del punto, dal quale deriva. [...] . Perché distinta sia l’immagine ab dell’oggetto AB sul bianco piano GH quasi dipinta, fa d’uopo che tutti i raggi*

*li quali provengono da caduni punti dello stesso oggetto, e ch'entrano nella lente C, insieme si uniscono, e si congiungano in tutti i distinti punti dello stesso piano GH. Imperocché se si faccia questa unione de raggi fuori, o di là di quel piano, sarà senza verun fallo l'immagine confusa, e non distinta. La ragione manifesta è questa: perché onde sia l'immagine dell'oggetto distinta e chiara debbono cadauni punti dello stesso oggetto un distinto luogo di quell'immagine occupare. La cosa poi dirimenti succederebbe, se i raggi, li quali derivano da ciascuno punti dell'oggetto lucido e chiaro, fra se stessi si unissero di là o fuori del (??) piano, nel quale si dipinge l'immagine di quell'oggetto. Quanto più vicino poi sarà l'oggetto AB al buco, o alla lente C, tanto più si deve il piano GH allontanare, e tanto meno vicino sarà, quanto più lontano sarà dalla lente, perchè distinta l'immagine ab si dipinga nello stesso piano dello stesso oggetto.*

*Quaonde quanto più vicino l'oggetto sarà alla lente convessa, il quale oggetto nella medesima lente risplende, tanto più tarda sarà l'unione de' raggi, all'incontrario poi tanto più mesta e veloce quanto più lontano distante sarà dalla stessa lente l'oggetto. Quanto più poi sarà convessa la lente C al buco applicata, tanto più a quel da vicino, o all'incontrario tanto più da quello lontano, quanto più sarà piana la medesima lente, dovrà porsi il piano GH, onde l'oggetto AB, che irraggiava lasci la distinta sua immagine su d'esso piano. Quindi quanto più convessa è la lente, tanto più presto si farà l'unione de' raggi dalla quale necessariamente fa d'uopo che distinta apparisca l'immagine, la quale l'oggetto lucido e chiaro dipinge in quella unione del piano, e all'incontro tanto più piana è la lente, tanto più tardi si fa quell'unione.”*

Se ci si sofferma sulle dimostrazioni geometriche del punto 4, vediamo che Roccati fa un'azione molto specifica dal punto di vista teorico. Il modello è ottica geometrica e l'idea è di definire gli elementi per strutturare i principi della vista.

L'analisi delle dimostrazioni ha mostrato come sia possibile far riferimento alle immagini che troviamo in allegato alla lezione. Anche in questo caso i numeri che si trovano nella lezione non sembrano essere riconducibili ai numeri di riferimento delle immagini disegnate. Nuovamente si ipotizza siano postume o ricopiate in modo non esatto, ma in ogni caso sono utili come riferimenti perché potenzialmente sono riconoscibili come rappresentazioni grafiche delle dimostrazioni:

- “In terzo luogo”: perché i teatri sono curvi.

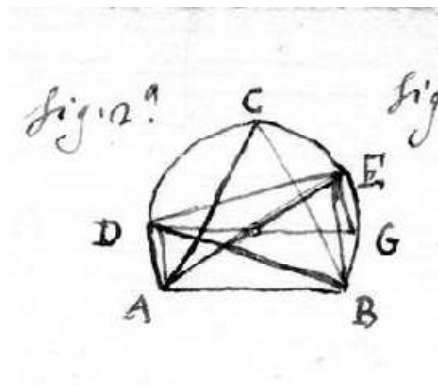


Figura 11 Dettaglio dello schema ottico di Fig 4

*“In terzo luogo si tiri la linea chiamata sottesa AB in tutti i punti D,C,E (fig. 2a ). L’arco del segmento ACB apparisce uguale , il diametro poi GD sempre si vedeo (?) della medesima grandezza da qualunque punto della periferia. Imperocchè tutti gli angoli ADB, ACB, AEB, sotto li quali dai punti D,C,E, si vede la linea sottesa AB, sono quegli angoli per la preposizione 2i del libro terzo di Euclide eguali. L’angolo parimente, sotto il quale il diametro DG da qualunque punto della circonferenza apparisce è sempre retto per la preposizione 32 del medesimo libro.”*

Prendo una linea AB (gli attori sul palco). Prendo vari punti sulla circonferenza (gli spettatori). Tutti vedono AB sotto lo stesso angolo ottico perché tutti gli angoli che insistono sullo stesso arco sono uguali (teorema di Euclide).

- “In quarto luogo” e le grandezze uguali che sembrano diverse.

Prende 3 segmenti uguali  $AB=BC=CD$  poste a diverse distanze dall’occhio. Costruisce i triangoli e mostra come quello più vicino sottende un angolo maggiore e quello più lontano un angolo minore. Quindi AB sembra più grande di BC e BC più grande di CD, pur essendo uguali nella realtà. Poi fa l’esempio della vista da lontano e da vicino e come si riduca la porzione visiva man mano che ci si allontana.

- “In sesto luogo”: stesso oggetto visto obliquo e diritto.

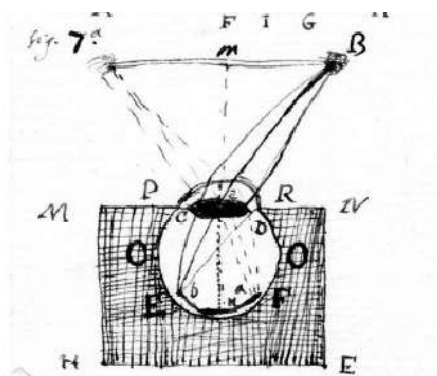


Figura 12 Dettaglio della costruzione geometrica della visione in Fig 4

“La nostra Fisica”: ricostruzione della struttura fisico-epistemica tra pratiche sperimentali e trasmissione del sapere

Usando la figura 8, Roccati costruisce in modo geometrico l'immagine nell'occhio. Prende due oggetti uguali alla stessa distanza uno dritto davanti all'occhio e uno visto di sbieco, quello obliquo sembra più piccolo, perché sottende un angolo ottico minore. Dimostra quindi: “la grandezza apparente è in ragione reciproca della distanza dall'occhio e in funzione dell'angolo ottico”, dicendo quindi che più lontano equivale a più piccolo e più inclinato corrisponde a più piccolo.

Usa il modello a proiezione dell'ottica geometrica passando alla retina e dicendo che l'immagine sulla retina è proporzionale alla distanza  $BC:KF=CO:OF$ , cioè:

oggetto : immagine = distanza oggetto: distanza retina

*“Con la ragione poi in cotesta maniera si dimostra ciò che noi dobbiamo provare. Imerocchè la struttura dell'occhio è tale quale deve essere, che siccome l'oggetto AB (fig.1a) che risplende per la lente C nella camera oscura FG dipinge inversamente l'immagine sua ba nella bianca carta GH, così l'oggetto AB (fig 7a?) che risplende nella pupilla dell'occhio OO deve formare l'immagine sua ba nel nel fondo dello stesso occhio EF in modo inverso. Conciosiacchè quella membrana, che selerotica si appella insieme con la membrana cornea fa la volta dell'occhio, l'avea con la cornide rende opaca la stessa volta. La pupilla fa le veci del buco, per il quale la luce dell'oggetto fuori mandata entra nell'occhio. L'umor cristallino CD fa lo stesso con la sua figura convesso convessa, che fa la lente di vetro applicata al buco della camera oscura. Siccome nel fondo di una camera oscura, così ancora sul fondo dell'occhio deve l'esterno oggetto che in quello risplende, e che da noi si osserva formare e dipingere l'immagine sua in modo inverso nel fondo dell'occhio.”*

In modo simile al caso di Bassi-Veratti, ci troviamo nella situazione in cui la fisica-matematica ha un'applicazione pratica. Per Bassi lo ritroviamo in *De problemate hydrometico*, e in Veratti nell'ultimo capitolo del saggio *Osservazioni medico scientifiche sull'elettricità*. Come Bassi-Veratti utilizzano i principi fisici e matematici proprio per la descrizione e la ricerca della causa di situazioni pratiche problematiche, così anche Roccati usa l'ottica come modello causale della percezione e dimostra che la nostra visione è tale perché i raggi obbediscono alle leggi geometriche della luce. L'occhio funziona come dispositivo ottico.

Il modello teorico adottato è quello dell'ottica geometrica di matrice euclidea, esplicitamente fondato su definizioni e dimostrazioni tratte dagli *Elementi* di Euclide. Scrive che fenomeni come la grandezza apparente è spiegabile dalla dipendenza con l'angolo ottico; la distanza e l'inclinazione riducono l'angolo e l'immagine sulla retina si forma in base alla proiezione geometrica e che quindi il fenomeno prospettico è legato alla legge Fisica dei raggi.

Da questa struttura arriva a formulare un principio in cui asserisce che il modello percettivo dell'organo della vista funziona come la creazione dell'immagine con le lente, convalidando



il modello fisico della formazione dell'immagine basato sulla propagazione rettilinea dei raggi.

La camera oscura e l'occhio animale funzionano come due dispositivi analoghi che permettono di rendere visibile il meccanismo della proiezione dei raggi. In questo modo, la percezione visiva viene ricondotta allo stesso modello fisico-matematico che descrive la propagazione della luce.

### 3.3.5 Riflessione della luce

In questa sezione viene analizzato il nodo concettuale della riflessione mettendo in relazione strumenti e trattazione di Roccati.

#### 3.3.5.1 Selezione strumenti dall'inventario Bassi-Veratti

- *Specchi*

Tipo di strumentazione semplice. Voglio però segnalarne la presenza anche in numerosi esperimenti descritti ne *'Saggio de Naturali Esperienze'* di Carlo Alfonso Guadagni, nella sezione di ottica riportati diversi set-up sperimentali descritti (pp CXI – CXIII) e nelle tavole disegnate.

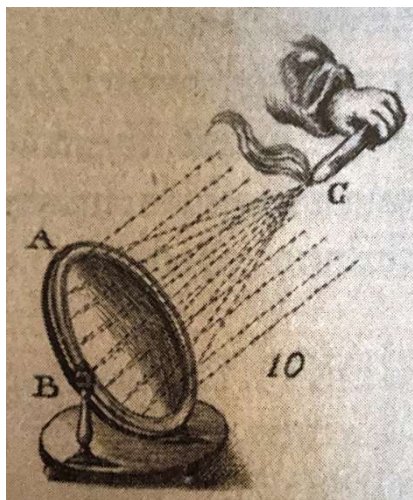


Figura 13: *'Saggio di Naturali Esperienze'* di Carlo Alfonso Guadagni, Tav. VII, Fig 10

3.3.5.2 *Lezione 007* – progressione 51 – Lezione terza della Sig.ra Dott.ssa Cristina Roccati di Rovigo Recitata nella sala dell'Accad.ia dè SS. Concordi il giorno 16 di Maggio di Lunedì dell'anno 1763.

La lezione è riassumibile in questo modo:

1. Tesi: dopo aver parlato della rifrazione ora espone i principi della catottrica e lo fa con dimostrazioni geometriche. L'uso della rappresentazione geometrica è fondamentale per rendere più facili e perché è un linguaggio che chiarisce e

spiega. *“Siccome l’ottica circa la visione diretta dè corpi versa, così la Catoptrica circa la riflessa. Opera la catroptica intorno alla visione degli oggetti nelli specchi: e la riflessione nella Catoptrica è il ritorno di un raggio di luce dalla superficie lustrata d’uno specchio, o simili, indi cacciato da qualche potenza che vi risiede. Il raggio così ritornato, un raggio riflesso, o raggio di riflessione s’appella, o il punto dello specchio, donde il ritorno comincia, il punto di riflessione. “*

2. Definisce cos’è la catottrica e usa una rappresentazione geometrica per definire raggio incidente, riflesso, angolo di incidenza e riflessione. Usando la Figura 10 – ‘fig.1’. Roccati definisce: raggio e angolo di incidenza (AB, ABD) e di riflessione (CB e CBG); definisce i cateti di riflessione e di incidenza (AF e CG) e anche l’inclinazione dei raggi in base all’angolo compreso tra raggio e la perpendicolare alla tangente allo specchio nel punto di incidenza B. Generalizza anche al caso concavo e convesso.
3. Inserisce un ‘assioma’ che però dimostra. Questa dimostrazione fa due cose: prima assume un modello corpuscolare della luce e tratta il raggio come un corpo perfettamente elastico. Quindi scompone il moto del raggio in componente parallela DE e perpendicolare DG, costruendo una descrizione meccanicistica della riflessione. La seconda cosa che fa è dare per scontato che esista una ‘forza’. Questa poi verrà trattata, ancora una volta, attraverso la scomposizione del moto del raggio e asserendo che l’ostacolo si oppone a una sola componente che è quella perpendicolare.
4. Introduce la parte sperimentale della camera oscura che lega al fenomeno e nuovamente dimostra l’assioma usando una rappresentazione geometrica semplificata del fenomeno all’interno della camera oscura. In questo passaggio Roccati usa la visione dell’essere umano come criterio di verità e la riflessione diventa condizione necessaria per vedere.
5. *“Un raggio come AB non può esser riflesso a due o più punti, perché in qual cosa i suoi angoli di riflessione sarebbero uguali allo stesso angolo d’incidenza, la qual cosa non può succedere; e perciò il raggio BC (fig.3a) colla medesima forza dal punto C che riflette ritorna colla quale si era ivi abbattuto”*. In questa parte della descrizione Roccati vuole dimostrare che non solo gli angoli di incidenza sono uguali, ma anche che la componente perpendicolare si conserva in modulo (invertendosi). Per farlo usa una dimostrazione sempre per via geometrica e per assurdo.
6. Introduce il principio della catottrica: l’immagine in uno specchio piano appare dietro lo specchio, alla stessa distanza dell’oggetto. Tramite la dimostrazione che fa costruendo il percorso dei raggi arriva alla conclusione per cui l’immagine si forma a distanza uguale e opposta rispetto allo specchio lungo la perpendicolare
7. Affronta il tema dell’inclinazione dello specchio e di come cambia l’immagine quando lo specchio è inclinato. In questo passaggio Roccati usa prima una simmetria

rispetto allo specchio e poi introduce l’osservazione per cui l’immagine mantiene la simmetria rispetto allo specchio anche se inclinato e non rispetto l’orizzonte. Conclude con i saluti e i ringraziamenti al pubblico che la ascolta.

Possiamo generalizzarlo:

Tesi e introduzione dei termini → dimostrazione teorica → descrizione dell’esperimento (camera oscura) che serve per rendere visibile e credibile la dimostrazione → costruzione geometrica di controllo → la riflessione è un processo determinato: date le condizioni fisiche corrisponde una sola traiettoria possibile (un quadro meccanicistico, in cui il fenomeno è determinato da condizioni fisiche) → dimostrazione per assurdo sulla dinamica → introduce il principio per cui l’immagine si forma a distanza uguale e opposta rispetto allo specchio lungo la perpendicolare e lo dimostra geometricamente e in questo modo distingue tra la percezione (posizione dell’immagine apparente) da fenomeno (traiettoria dei raggi) → nell’ultima parte dell’inclinazione dello specchio, Roccati introduce come orientare l’immagine chiudendo la catottrica di base.

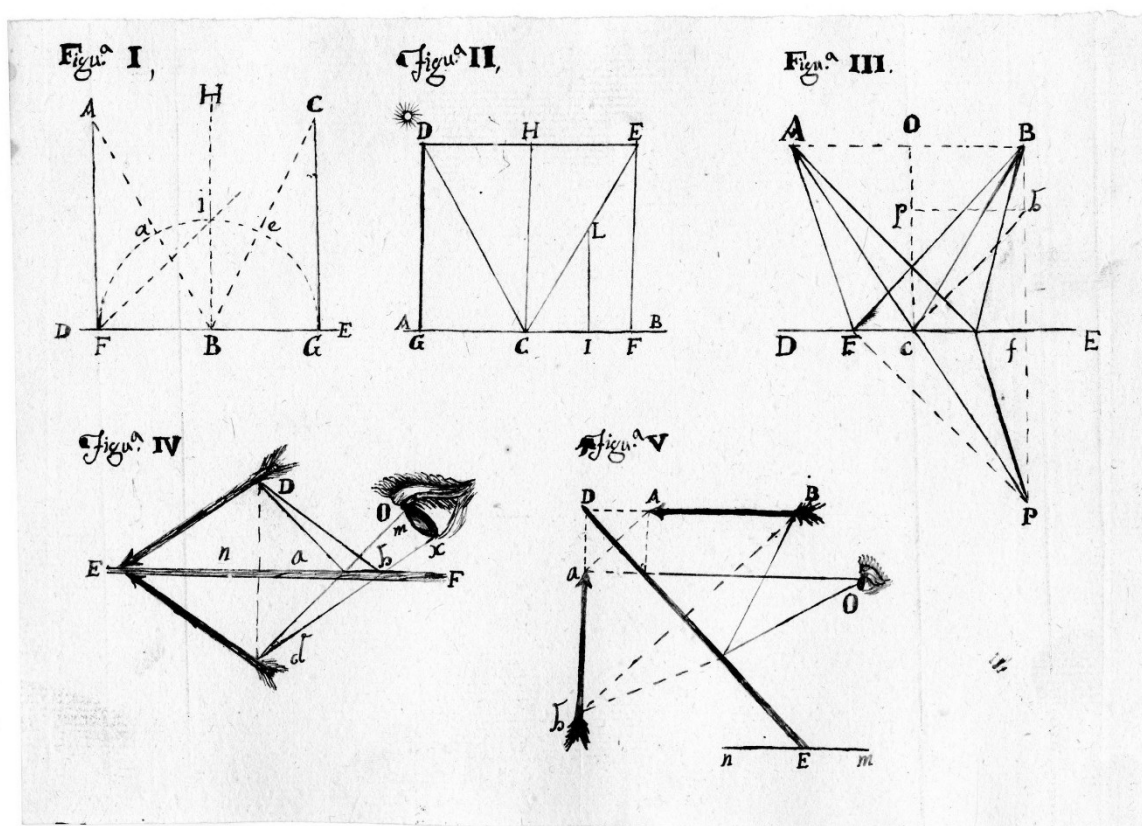


Figura 14: Figure delle dimostrazioni geometriche della lezione 007

Analizziamo alcuni passaggi nel dettaglio che ci daranno elementi utili per l’analisi della lente:

- Punto 3.

Parte asserendo un ‘assioma’ che poi dimostra sia per via geometrica che descrivendo l’esperimento nel puto 4. La legge di partenza è nota: angolo di incidenza è uguale all’angolo di riflessione. Roccati rilegge la riflessione come un urto elastico che è la causa fisica e quindi non si limita a usare la dimostrazione geometrica come parametro di veridicità. Dalla scomposizione del moto nell’urto elastico, costruisce due triangoli che dimostra essere uguali e pertanto dimostra l’assioma per cui angolo di incidenza è uguale a quello di riflessione. Per farlo descrive il raggio di luce in un corpo che urta contro una superficie. Usa come riferimento la ‘fig.2’ che si ritrova in Figura 10 sopra. Il raggio che arriva obliquo lungo DC non ha un solo “movimento”, ma due componenti: una parallela alla superficie (DE) una perpendicolare alla superficie (DG). In questo modo Roccati introduce la scomposizione del moto. Lo specchio blocca solo la componente perpendicolare (DG), la componente parallela non viene disturbata. Poi introduce un’altra idea: la luce è un corpo perfettamente elastico, per cui la componente “persa” nell’urto (DG) viene restituita uguale ma invertita. Quello che risulta dopo l’urto è che la componente parallela, resta uguale, mentre la componente perpendicolare cambia verso per cui il raggio esce lungo CE. Con la geometria dimostra che triangoli uguali hanno angoli uguali, da cui l’assioma.

- Punto 5.

Usa come riferimento la ‘fig.3’ che si ritrova in Figura 10 sopra. In questa parte della descrizione Roccati vuole dimostrare che non solo gli angoli di incidenza sono uguali, ma anche che componenti del moto si conservano. Per farlo usa una dimostrazione sempre per via geometrica e per assurdo.

Inizialmente dimostra che se un raggio è perpendicolare torna indietro identico: *“dallo stesso punto... molti raggi non possono esser riflessi allo stesso punto”*, cioè non esistono più traiettorie possibili per collegare A e C via riflessione. Quando introduce la parola ‘forza’ in realtà sta dimostrando che la componente del moto perpendicolare si conserva in modulo, cioè: il raggio arriva con una certa “forza” (velocità/componente) dopo l’urto deve tornare con la stessa. Poi passa alla dimostrazione per assurdo: suppone che la componente OC diminuisca, allora il raggio non tornerebbe lungo CB, ma lungo una direzione diversa (Cp), da cui si ricaverebbe che l’angolo di riflessione sarebbe diverso dall’angolo di incidenza che aveva dimostrato sopra non essere possibile. Per cui siccome si sa che gli angoli sono uguali, allora la componente parallela resta invariata e la componente perpendicolare si inverte, ma mantiene il modulo.

- Punto 6.

La formazione dell’immagine nello specchio piano viene ricostruita a partire dal percorso dei raggi che raggiungono l’occhio. L’immagine non è concepita come un’entità situata nello specchio, ma come il punto in cui convergerebbero i raggi riflessi se prolungati all’indietro. La dimostrazione geometrica mostra inoltre che tale punto si trova lungo la perpendicolare allo specchio e a distanza uguale rispetto all’oggetto, configurando lo specchio piano come dispositivo di simmetria rispetto alla superficie riflettente.

Questa lezione sottolinea nuovamente l’influenza e l’importanza della quantificazione (intesa come forma, dimensione e proprietà) della luce, che diventa appunto un corpo elastico.

Questa lezione riproduce una struttura già individuata nelle lezioni di Roccati, la quale si articola attraverso dimostrazione geometrica, riferimento sperimentale e generalizzazione del fenomeno. Le dimostrazioni geometriche sono sempre ancorate al piano osservativo/fenomenologico. Le usa non in modo consequenziale, ma alternandole in modo che esse siano spiegazione, ma che la causa sia sempre di natura Fisica.

Notazione sull’uso del termine forza del raggio di luce. Nella lettura del testo viene usata la parola forza associandola sia al raggio incidente che al raggio riflesso. Ma vediamo in due chiari passaggi come il termine venga poi descritto come una grandezza direzionale, scomponibile e ricomponibile.

*“l’ostacolo GF s’oppone soltanto ad una delle determinazioni, cioè quella lungo DG”*

e

*“rimarrà intera quella forza lungo DH... il raggio recupererà la forza DG”*

Roccati, quindi, scompone il moto del raggio in due componenti: una parallela alla superficie riflettente, che si conserva invariata, e una perpendicolare, che viene temporaneamente annullata nell’urto e successivamente restituita in direzione opposta secondo il modello dell’urto elastico.

### 3.3.6 Rapporto tra rifrazione e lenti

In questa sezione viene analizzato il legame tra rifrazione e lenti mettendo in relazione strumenti e trattazione di Roccati

#### 3.3.6.1 Selezione strumenti dall’inventario Bassi-Veratti

- Lenti

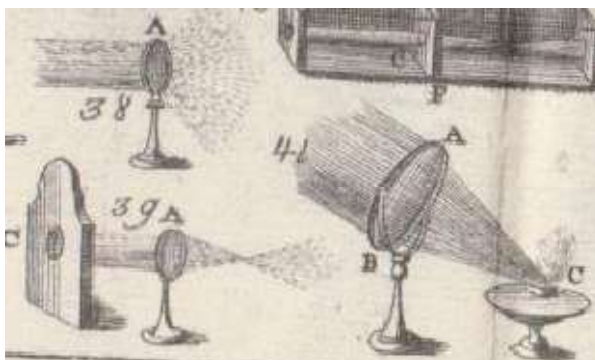


Figura 15: Tav. VI, Fig. 38-39-41 in ‘Saggio de Naturali Esperienze’ di Carlo Alfonso Guadagni

“La nostra Fisica”: ricostruzione della struttura fisico-epistemica tra pratiche sperimentali e trasmissione del sapere

Tipo di strumentazione semplice. Voglio però segnalarne la presenza anche in numerosi esperimenti descritti ne ‘Saggio de Naturali Esperienze’ di Carlo Alfonso Guadagni, nella sezione di ottica riportati diversi set-up sperimentali descritti (pp CIX – CX) e nelle tavole disegnate:

- *Microscopio di Lyonet (riportato “Lionnet”)*

*Descrizione tecnica:* erano generalmente microscopi semplici a lente singola e montate su un braccio mobile. Pierre Lyonet (1708–1789) era un naturalista e microscopista olandese noto per gli studi anatomici sugli insetti e in particolare per le osservazioni estremamente dettagliate che della struttura interna dei bruchi, che pubblicò nel *Traité anatomique de la chenille* (1762).

*Pratica.* I microscopi a lui attribuiti permettevano un ingrandimento maggiore e una migliore definizione delle strutture anatomiche

*Uso didattico:* Probabilmente usati per approfondire le ricerche sperimentali di Bassi.

*Altre fonti.* Un esempio documentato è il simple dissecting microscope attribuito al progetto di Pierre Lyonet, probabilmente costruito dall’ottico inglese George Adams Jr. nel XVIII secolo. La descrizione museale indica che lo strumento era montato su una base di legno con cassetto per i campioni, con una colonna in ottone che sosteneva il tavolino di osservazione. Sotto il tavolino era presente uno specchio orientabile per illuminare il campione, mentre la lente montata su un braccio articolato permetteva di muoverla sopra il tavolo di dissezione per osservare con precisione piccoli organismi o parti anatomiche.

Museum of Microscopy,  
<https://micro.magnet.fsu.edu/primer/museum/georgeadamsdissectinglate1700s.html>

### 3.3.6.2 Lezione 008 – progressione 52 – Lezione della Sig.ra Dott.ssa Roccati letta il 12 Marzo 1764

Di seguito viene analizzato il processo logico di questa lezione. Non ci sono immagini nell’incarto della lezione pervenuta, anche se nella lezione stessa vengono citate e descritte diverse figure relative a dimostrazioni. Altro elemento è il riportare per tre volte riferimenti ad altre lezioni. Questo mostra l’esistenza per Roccati di un piano didattico strutturato anche con obiettivi rispetto al pubblico di discenti.

1. Tesi: la legge di rifrazione definiscono il comportamento delle lenti e permettono di prevederne gli effetti (fuoco, convergenza, formazione dell’immagine)
2. Apre la lezione con una dimostrazione sulle lenti convesse e inizia da un caso semplice: Perché un raggio parallelo all’asse in una lente piano-convessa converge nel fuoco. Il raggio entra perpendicolarmente nella lente non deviato e viene deviato all’uscita sulla superficie convessa. Attraverso una costruzione geometrica, e richiamando la dimostrazione della legge di rifrazione in termini di rapporto tra i seni, mostra che il raggio rifratto incontra l’asse in un punto determinato, il fuoco.

La dimostrazione viene usata da Roccati per collegare il fenomeno della rifrazione descritto in una precedente Lezione al caso delle lenti.

3. Di seguito Roccati sempre partendo dalla legge della rifrazione la applica a configurazioni concrete di strumenti per mostrare tre effetti fondamentali delle lenti: determinazione del fuoco, collimazione dei raggi e formazione dell'immagine rovesciata. Il primo è quello di una lente convessa riempita di acqua. Questo esempio di doppia rifrazione le serve per esplicitare il rapporto quantitativo 4:3 tra le distanze geometriche legate alla lente. Il fuoco quindi, non viene assunto come dato empirico, ma emerge come conseguenza della legge di rifrazione applicato allo strumento. Un secondo caso è quello della lente come dispositivo di collimazione. Pone una sorgente luminosa nel fuoco di una lente convessa e dimostra che i raggi che ne escono sono paralleli. Questo effetto viene osservato in strumenti come alcune lanterne che venivano usate per proiettare luce intensa a grande distanza. Roccati passa poi a descrivere un terzo caso per dimostrare un'altra proprietà delle lenti: *“Le immagini degli oggetti opposti in una qualche maniera ad una lente convessa vengono rappresentate inversamente o rovesciate sul suo foco.”* Per farlo descrive l'esperienza della camera oscura e la proiezione dell'immagine del sole mostrano come i raggi convergano formando un'immagine reale e colorata.
4. Roccati analizza un ulteriore effetto delle lenti convesse, mostrando che gli oggetti osservati attraverso di esse appaiono più lontani di quanto siano in realtà. La dimostrazione geometrica mette in evidenza che, dopo la rifrazione, i raggi emergono con minore divergenza e quindi vengono letti dall'occhio come provenienti da un punto più distante. La lente modifica il percorso dei raggi e la posizione apparente dell'oggetto.
5. Un ulteriore dimostrazione viene utilizzata da Roccati per dimostrare che attraverso le lenti convesse gli oggetti appaiono più grandi se fossero osservati a occhio nudo. La dimostrazione geometrica evidenzia che, a causa della rifrazione, i raggi emergenti formano nell'occhio un angolo visivo maggiore rispetto a quello che si avrebbe senza lente. Poiché la grandezza apparente dipende dall'ampiezza di tale angolo, l'oggetto viene percepito come ingrandito.
6. Roccati parla poi delle lenti concave: i raggi paralleli dopo la lente divergono e definisce così il concetto di fuoco virtuale come il punto da cui 'sembrano' provenire. Passa poi a descrivere due effetti: il meccanismo di dispersione dei raggi paralleli e gli effetti percettivi. Attraverso la lente gli oggetti osservati appaiono più piccoli e vicini. Il confronto con le lenti convesse permette di completare il quadro che mette in relazione la curvatura della lente, andamento dei raggi e percezione visiva. In questo passaggio Roccati dichiara esplicitamente di rinunciare alla dimostrazione geometrica proprio in virtù della coerenza tra fenomeni osservati e dispositivo strumentale.

7. Introduce poi gli strumenti di diottrica. Descrive gli occhiali con le lenti concave e convesse e come vengono usati per correggere miopia e presbitismo. Ma cita alcune macchine composte da lenti come i microscopi e i telescopi di cui rimanda la descrizione in una successiva lezione (non appartenente al gruppo di Lezioni di Roccate conservate in Accademia).

Da questa lezione emerge come la lente, pur essendo uno strumento semplice, sia già utilizzata in modo consolidato per fare due diversi tipi di passaggi concettuali: da un lato articolare quantitativamente i fenomeni, dall'altro permettere l'osservazione e la descrizione dei fenomeni attraverso una loro rappresentazione. Inoltre emerge l'importanza che anche per Roccati rivestono l'osservazione fenomenologica e l'utilizzo di apparati strumentali non solo ai fini dimostrativi. E' possibile osservare questo nel passaggio in cui la dimostrazione geometrica, inizialmente centrale, viene progressivamente sostituita dalla coerenza tra fenomeno e dispositivo. La formalizzazione matematica viene così posta sullo stesso piano della dimensione sperimentale, sia come strumento di descrizione sia come criterio di validità generale.



### 3.4 Rilettura dei nodi fisici alla luce delle teorie fisiche moderne

- **Rifrazione della luce**

Nella Lezione 003 il tentativo è dimostrare e generalizzare il fenomeno della rifrazione. Nonostante la teoria ondulatoria di Huygens fosse già formulata, resta assente nel quadro di riferimento dominante di Roccati (e dall’analisi degli strumenti, potremmo dire anche di Bassi), come anche una concezione della luce come fenomeno elettromagnetico.

In termini moderni, la legge di Snell trova la propria interpretazione nell’ambito dell’ottica ondulatoria ed elettromagnetica, dove la variazione della velocità di propagazione della luce nei mezzi è descritta attraverso l’indice di rifrazione del materiale. La “forza attrattiva” attribuita da Roccati ai corpi, pur espressa in un linguaggio premoderno, svolge così un ruolo concettualmente analogo a ciò che oggi viene interpretato come interazione tra radiazione elettromagnetica e struttura microscopica del mezzo. Tale modello è assente nel Settecento e pertanto non è possibile comprendere l’origine Fisica dell’indice di rifrazione che verrà formalizzato nell’ambito della teoria del campo elettromagnetico.

- **Teoria del colore e interazione luce-materia**

Nella lezione di Cristina Roccati il colore emerge come fenomeno fisico risultante dall’interazione tra la luce e la struttura della materia. Proprio per l’appartenenza storica è assente un modello elettromagnetico o quantistico capace di spiegare l’origine della selettività e la descrizione è in termini qualitativi.

Nella Fisica moderna questa intuizione trova una formulazione più precisa attraverso il concetto di spettro elettromagnetico: la luce visibile è costituita da onde elettromagnetiche caratterizzate da diverse lunghezze d’onda, che l’occhio umano percepisce come colori differenti. I materiali appaiono colorati perché la loro struttura elettronica assorbe selettivamente alcune frequenze della luce incidente e ne riflette o trasmette altre. Il colore di un oggetto è quindi determinato dallo spettro di riflettanza della sua superficie, direttamente legato alle transizioni energetiche degli elettroni negli atomi e nelle molecole che lo compongono.

I casi estremi discussi da Roccati, bianco e nero, corrispondono modernamente a comportamenti ottici opposti: superfici bianche diffondono in modo quasi uniforme tutte le lunghezze d’onda della luce visibile, mentre i corpi neri assorbono in larga misura la radiazione incidente, trasformandola in energia interna. Il concetto di corpo nero, sviluppato nella Fisica del Novecento, formalizzerà proprio questo limite ideale di assorbimento totale della radiazione

- **Ottica geometrica e la visione**

Nella lezione sulla vista, Roccati utilizza in modo sistematico l’ottica geometrica dei raggi per spiegare la formazione dell’immagine visiva, adottando un modello coerente con la propagazione rettilinea della luce e con la proiezione su un piano focale. Le nozioni di raggio

ottico, pennello di raggi e angolo visorio corrispondono direttamente alla formalizzazione moderna dei fasci luminosi e dell'apertura angolare sotto cui un oggetto viene osservato, mentre la dipendenza della grandezza apparente dall'angolo ottico anticipa la descrizione geometrica della visione prospettica. In linguaggio moderno, il funzionamento dell'occhio descritto da Roccati coincide con il modello di un sistema diottrico centrato, assimilabile a una lente sottile convergente che forma un'immagine reale, capovolta e ridotta sul piano della retina. La proporzionalità tra dimensione dell'oggetto e dimensione dell'immagine discende dalla similitudine dei triangoli ottici utilizzata oggi nella trattazione dei sistemi di formazione dell'immagine. L'analogia con la camera oscura non assume pertanto un valore meramente illustrativo, ma rappresenta un vero modello fisico del processo visivo, coerente con i principi dell'ottica geometrica contemporanea. Sebbene dalla trascrizione delle lezioni emergano ulteriori trattazioni sulla rifrazione e riflessione, come anche dall'inventario Bassi-Veratti, la trattazione dell'ottica resta parziale rispetto a fenomeni come la diffrazione e interferenza che verranno sviluppati nell'Ottocento. Il modello adottato da Roccati resta legato alla spiegazione causale dell'ottica a raggi, mancando una descrizione fisiologica dettagliata dell'occhio come sistema ottico complesso.

- **Riflessione della luce**

Nella lezione dedicata alla riflessione, Roccati interpreta il fenomeno all'interno di un quadro meccanicistico, in cui il raggio di luce è trattato come un ente dotato di moto che interagisce con la superficie dello specchio. La legge dell'uguaglianza tra angolo di incidenza e angolo di riflessione viene ricondotta a una scomposizione del moto in due determinazioni, una parallela e una perpendicolare alla superficie riflettente, mostrando come la prima si conservi mentre la seconda si inverte nel processo di riflessione. Questa costruzione consente di fondare la legge non solo su una dimostrazione geometrica, ma su una spiegazione causale del fenomeno, coerente con una Fisica di tipo corpuscolare ed elastico.

In termini moderni, la riflessione della luce non è descritta come un urto tra corpi, ma come conseguenza delle condizioni imposte alla propagazione di un'onda elettromagnetica all'interfaccia tra due mezzi. La direzione del raggio riflesso si determina a partire dalla conservazione della componente tangenziale del vettore d'onda, da cui segue geometricamente l'uguaglianza tra gli angoli di incidenza e riflessione. In questo quadro, la legge non è il risultato di una dinamica meccanica, ma una proprietà generale della propagazione ondulatoria della luce

“La nostra Fisica”: ricostruzione della struttura fisico-epistemica tra pratiche sperimentali  
e trasmissione del sapere

## 4 Il laboratorio Bassi-Veratti come spazio epistemico: sintesi dei risultati dell'analisi

Se nel capitolo precedente l'analisi ha sviluppato un piano di approfondimento verticale dei singoli nodi concettuali, un'osservazione trasversale attraverso la lente metodologica – articolata nelle categorie di strumenti, fenomeni fisici, forme di trasmissione e modelli impliciti – permette ora di individuare elementi ricorrenti sia nella struttura delle lezioni di Roccati che nella dimensione strumentale e biografica di Bassi. Tali elementi appartengono a un preciso impianto formativo e risultano, come si mostrerà, metodologicamente riconducibili anche alla pratica didattica di Bassi. Tre sono gli elementi principali trasversali individuati.

Un primo elemento ricorrente è la struttura che soggiace ai processi logici delle lezioni: identificazione di un quadro teorico in cui inserire la tesi, dimostrazione geometrica, descrizione sperimentale e generalizzazione.

Nella lezione dedicata alla rifrazione, Cristina Roccati costruisce una spiegazione del fenomeno che integra osservazione sperimentale, formalizzazione geometrica e ipotesi causale sulla propagazione luminosa. La deviazione del raggio è messa in relazione con una variazione della velocità della luce nei diversi mezzi, dedotta attraverso una costruzione cinematica basata sull'uguaglianza dei tempi di percorrenza e sul confronto geometrico degli spazi attraversati. L'introduzione del rapporto costante tra i seni degli angoli di incidenza e rifrazione corrisponde alla formulazione empirica della legge di Snell–Cartesio come regolarità Fisica stabile tra materiali differenti. Similmente nella lezione sulla riflessione ritroviamo una struttura in cui la dimostrazione geometrica coincide con la spiegazione e le cause del fenomeno sono ricondotte a condizioni fisiche verificabili sperimentalmente.

I lavori di Bassi, specialmente in *De problemate quodam hydrometico* e *De problemate quodam mechanico*, evidenziano strutture concettuali e costruzione di modelli fisici utilizzati in modo analogo, pur afferendo a testi legati all'ambito della ricerca sperimentale. Infatti, ritroviamo l'uso di diversi strumenti matematici correlati alla strutturazione di ipotesi fisiche nel primo. Nel secondo una struttura metodologica: “dato-cercato” che struttura un'analisi matematica la quale viene ricondotta a soluzioni verificate in campo applicativo sperimentale. Dall'analisi proposta di questi testi emerge un metodico e preciso uso della matematica e del processo di astrazione del fenomeno. Inoltre, poiché Odoardi descrive una didattica che intreccia teoria e pratica, risulta metodologicamente plausibile ipotizzare che le lezioni di Bassi fossero strutturalmente compatibili con quelle di Roccati.

Un secondo elemento riguarda la creazione o il ricondurre l'esperienza a un modello fisico. Questo è molto chiaro nella terza lezione della visione, in cui il modello fisico della

percezione visiva è costruito attraverso l'integrazione tra propagazione dei raggi e la ricostruzione fisiologica associata al funzionamento delle lenti. Lo stesso processo è visibile anche nella lezione dei colori dove il modello dell'interazione luce-materia è causa generante l'effetto del colore.

Nella lezione sul colore, seguendo l'impostazione di Newton, la luce viene concepita come composta da raggi di diversa natura, ciascuno associato a una specifica sensazione cromatica, mentre i corpi materiali selezionano tali componenti tramite riflessione, trasmissione o assorbimento in funzione della loro costituzione e disposizione interna. Il colore non è dunque una proprietà semplice dell'oggetto, ma l'effetto fisico emergente di un processo di interazione luce-materia mediato dalla percezione.

Questa modalità l'abbiamo già riscontrata in *De aeris compressione*, nell'articolazione tra fenomeno e teoria, in cui l'aspetto sperimentale non solo fungesse da convalida della teoria boyleiana, ma anche da apertura di nuove piste per la ricerca.

In questo contesto il confronto con le lezioni di Roccati non appare metodologicamente arbitrario. Le due studiose operano infatti all'interno di un medesimo ambiente scientifico e condividono quadri concettuali analoghi, come emerge dalle rispettive biografie e dalla comune appartenenza al contesto culturale della Fisica sperimentale settecentesca. Se si considera inoltre che il pubblico di riferimento è verosimilmente simile – colto, maschile e aggiornato sui temi della filosofia naturale – diventa plausibile ipotizzare che anche le lezioni di Laura Bassi, svolte nel laboratorio domestico e caratterizzate da dimostrazioni sperimentali, presentassero un analogo impianto di inquadramento teorico e di articolazione dimostrativa e di riproduzione sperimentale, dove la dimensione osservativa si intrecciava con la parte teorica.

Un terzo elemento che emerge dal confronto tra analisi strumentale, nodi concettuali e approfondimento delle lezioni riguarda il ruolo degli strumenti.

L'analisi dei nodi concettuali mostra non solo una struttura teorica, ma anche una specifica modalità di incorporazione materiale del sapere fisico. La lente fisico-epistemica proposta consente di leggere l'inventario non più come una semplice elencazione archivistica di oggetti, ma come una struttura dotata di significato. Attraverso gli strumenti il fenomeno è reso manipolabile: la scomposizione della luce, le immagini proiettate e la focalizzazione dei raggi diventano ripetibili permettendo di fondare le condizioni di validità Fisica.

Similmente ritroviamo l'utilizzo e la descrizione della procedura sperimentale in *De immixto fluidis aere* e del processo analogico attraverso cui i risultati dell'esperimento vengono riletti all'interno di un quadro teorico noto.

La lente ha permesso di aggiungere livelli di senso allo strumento attraverso la descrizione dell'esperimento: nelle lezioni di Roccati il fenomeno viene generalizzato.

Se Bassi lavora sul caso osservabile, attraverso esperimenti concreti all'interno di situazioni costruite, Roccati sviluppa diversi livelli di astrazione, facendo uso di diverse rappresentazioni e di una stratificazione di strumenti concettuali settecenteschi.

Lo strumento incarna quindi nella pratica sperimentale le teorie fisiche, orienta le pratiche stesse e media la conoscenza. Tramite l'osservazione della rifrazione era possibile ricondurre il fenomeno a leggi matematiche; l'uso del prisma consentiva di confrontare i modelli di composizione della luce e discuterne sue proprietà intrinseche; la camera ottica, riproponendo il modello di formazione dell'immagine, consolidava la struttura dell'ottica geometrica e il modello di propagazione rettilinea della luce. Si nota l'assenza nelle fonti della raccolta di dati sperimentali, che permettessero una quantificazione del fenomeno. L'esperimento attraverso gli strumenti riproduce il fenomeno stesso, generando il dato osservativo, mentre nelle lezioni fonda la validità del modello teorico.

Un'interpretazione del laboratorio in termini di spazio di produzione dei fenomeni trova riscontro anche in alcune riflessioni epistemologiche contemporanee sul ruolo dell'esperimento nella Fisica. In particolare, Koponen e Mäntylä hanno proposto di interpretare l'attività sperimentale non soltanto come momento di verifica delle teorie, ma come un processo generativo nella costruzione della conoscenza scientifica. In questa prospettiva gli esperimenti permettono di produrre e stabilizzare fenomeni, di trasformare proprietà qualitative in grandezze misurabili e di individuare relazioni quantitative che vengono progressivamente integrate nella teoria. Il laboratorio appare così come uno spazio in cui fenomeni, strumenti e concetti interagiscono nella formazione della conoscenza Fisica (Koponen, 2006). Pur riferendosi alla riflessione epistemologica contemporanea e alla didattica della Fisica, questa prospettiva risulta in linea con quanto emerge dall'analisi delle pratiche sperimentali settecentesche, nelle quali il laboratorio di Bassi-Veratti non sembra riducibile a un luogo di semplice dimostrazione, ma si configura piuttosto come ambiente di esplorazione dei fenomeni e di costruzione progressiva delle relazioni fisiche che li descrivono

In questa prospettiva, l'analisi condotta nei capitoli precedenti consente quindi di formulare una risposta alla domanda di ricerca posta nel capitolo 2. In che modo l'analisi dell'inventario del laboratorio Bassi-Veratti, integrata con il confronto con fonti testuali coeve, permette di ricostruire la struttura concettuale e didattica dell'insegnamento di Laura Bassi e la rende metodologicamente plausibile?

L'inventario può essere interpretato come un insieme di artefatti epistemici che rendono operativa la costruzione del sapere fisico. Se il confronto con Roccati rende plausibile la struttura delle lezioni di Bassi dal punto di vista di contenuto e metodo scientifico settecentesco, le testimonianze hanno sottolineato la relazione tra insegnamento, apprendimento e inserimento nel contesto scientifico dell'epoca. Gli scambi epistolari e di strumenti, insieme alla breve descrizione del lavoro di Veratti, mostrano il laboratorio come uno spazio in cui la ricerca è parte delle attività e del confronto scientifico, a partire dal

piano sperimentale. In questa prospettiva, il laboratorio domestico non appare soltanto come luogo di dimostrazione o di insegnamento, ma come uno spazio epistemico nel quale fenomeni, strumenti e modelli teorici vengono articolati all'interno di una pratica scientifica coerente e condivisibile a livello anche europeo.

Non si tratta quindi di due didattiche separate quelle di Bassi e Roccati, ma di due modalità di articolazione della conoscenza Fisica che, tra Settecento e primo Ottocento, contribuiscono al consolidamento della Fisica sperimentale come disciplina autonoma.

## 5 Implicazioni, limiti e prospettive

### 5.1 Implicazioni legate alla disciplina

Le trasformazioni epistemologiche e metodologiche analizzate nel capitolo 1 trovano nel caso del laboratorio Bassi-Veratti una concreta articolazione storica e materiale. L'analisi comparativa ha mostrato che gli strumenti dell'inventario non possono essere interpretati come semplici oggetti tecnici. Essi emergono piuttosto come veri e propri artefatti epistemici, la cui funzione diventa pienamente comprensibile solo se collocata all'interno della trasformazione della Fisica sperimentale tra XVII e XVIII secolo.

Nel corso del Settecento, il rapporto tra teoria ed esperienza si trasforma progressivamente: il fenomeno diventa sempre più costruibile sperimentalmente e gli strumenti assumono una funzione epistemica condivisa all'interno della comunità scientifica. Alla luce di questo quadro, l'analisi sviluppata nel capitolo 4 mostra come anche la didattica di Bassi risulti compatibile con una struttura propria della fisica sperimentale settecentesca, nella quale osservazione, teoria, dimostrazione e riproduzione del fenomeno appaiono fortemente integrate.

All'interno del quadro presentato nel capitolo 1, l'analisi dell'ottica newtoniana e della sua ricezione nel Settecento permette di mettere in discussione alcune immagini semplificate della scienza e del lavoro scientifico. In particolare, emerge come il ruolo delle ipotesi nella costruzione delle teorie sia molto più centrale di quanto suggerisca l'immagine tradizionale di Newton e come la pratica sperimentale mostri che l'osservazione non sia mai completamente neutra, ma venga organizzata attraverso modelli interpretativi, procedure e aspettative teoriche. (Silva & Moura, 2014).

In questo contesto si inserisce l'ottica che diventa uno spazio privilegiato di confronto tra modelli fisici differenti. In modo complementare l'analisi e la selezione stessa dei nodi fisici del capitolo 3 riflettono alcuni dei principali problemi della fisica del tempo, mantenendo tracce anche di teorie pre-newtoniane, come la distinzione tra le qualità primarie e secondarie, o il ricorso a modelli di interazione luce-materia. L'analisi della fonte testuale e degli apparati strumentali dell'inventario Bassi-Veratti permette di far emergere concretamente alcuni degli elementi discussi nel capitolo 1, come i riferimenti concettuali, le modalità argomentative e l'impostazione sperimentale attraverso cui i fenomeni vengono costruiti e interpretati.

Il confronto con Cristina Roccati assume quindi significato proprio perché inserito all'interno del quadro della *experimental philosophy* e della fisica dimostrativa settecentesca. Le sue lezioni mostrano come l'eredità newtoniana venga acquisita, rielaborata e trasmessa attraverso pratiche didattiche e sperimentali. In questo processo, il peso della figura di Newton non rappresenta un elemento secondario: al momento della pubblicazione dell'*Opticks*, Newton gode già di una forte autorità scientifica e istituzionale, che



contribuisce alla diffusione delle sue teorie e al consolidamento di un'immagine di scienza (Silva & Moura, 2014).

Un ulteriore elemento riguarda il ruolo degli scienziati successivi nella trasformazione delle teorie. Nel corso di pochi decenni, le idee di Newton vengono selezionate, semplificate e rielaborate: le ipotesi formulate nelle *Query* vengono trasformate in affermazioni, mentre aspetti centrali del suo lavoro vengono progressivamente abbandonati, risultando, quindi, significativamente diverso da quello originario. È un processo di selezione degli elementi ritenuti compatibili con il quadro teorico dominante e di conseguenza trascurato non solo dai contemporanei, ma anche dalla tradizione successiva (Silva & Moura, 2014). Anche da questa prospettiva possiamo interpretare il caso di Laura Bassi. Dall'analisi biografica e dalla presenza dei diversi strumenti descritti possiamo inquadrare come incerta un'adesione acritica a un'immagine definita della teoria newtoniana. Ad esempio, come emerge dall'analisi dei suoi lavori e dagli studi sull'elettricità, aderisce a modelli teorici specifici senza però rinunciare al confronto continuo con la pratica sperimentale, lasciando a quest'ultima un ruolo decisivo nella validazione delle spiegazioni fisiche.

Se il capitolo 1 ha mostrato quali tensioni hanno caratterizzato la nascita della fisica sperimentale organizzata attorno a pratiche dimostrative, strumenti e dispositivi, il laboratorio dei coniugi Bassi-Veratti emerge come ambiente di produzione della conoscenza fisica. In questo senso, il laboratorio non costituisce soltanto uno spazio di osservazione dei fenomeni, ma un ambiente in cui essi vengono costruiti sperimentalmente, controllati e resi riproducibili attraverso strumenti, procedure condivise e pratiche dimostrative, all'interno di quella cultura sperimentale orientata alla costruzione del fatto scientifico discussa nel capitolo 1.

Uno dei risultati centrali emersi dall'analisi del capitolo 4, consiste nel riconoscimento, già all'interno della fisica sperimentale settecentesca, di una vera e propria modellizzazione dei fenomeni. Pertanto è possibile dire che in questo senso Bassi partecipa al processo di istituzionalizzazione della Fisica sperimentale non soltanto attraverso l'insegnamento, ma anche tramite la costruzione di uno spazio in cui venivano costruite rappresentazioni fisiche coerenti dei fenomeni.

Le pratiche analizzate mostrano inoltre come la fisica sperimentale settecentesca non separi rigidamente descrizione matematica, costruzione teorica e pratica dimostrativa.

È possibile dire che la possibilità di costruire e riprodurre sperimentalmente il fenomeno contribuisca alla progressiva definizione di leggi fenomenologiche, nelle quali le proprietà del fenomeno diventano misurabili. Parallelamente emergono principi fisici sempre più generalizzabili, che permettono di interpretare i fenomeni (Bernardini, 2013). In questo senso il laboratorio di casa Bassi-Veratti emerge come luogo in cui i fenomeni vengono costruiti come oggetti teoricamente interpretabili. Infatti, le teorie vengono controllate,

precisate, verificate, rese operative e talvolta, corrette nei limiti sperimentali, nonché insegnate e divulgate, creando le condizioni per la costruzione di leggi fenomenologiche, e l'apertura a teorie di principi.

Risulta quindi metodologicamente plausibile ipotizzare che anche le lezioni svolte nel laboratorio Bassi-Veratti partecipassero a questo processo di costruzione, controllo e trasmissione della conoscenza fisica.

In questo l'inventario mostra come gli strumenti non svolgano soltanto una funzione tecnica o dimostrativa, ma contribuiscano a rendere il fenomeno osservabile, e riproducibile all'interno della pratica scientifica.

La ricostruzione proposta appare quindi coerente con il quadro epistemologico e scientifico delineato nei capitoli precedenti e consente di riconoscere il laboratorio Bassi-Veratti non soltanto come luogo privato di insegnamento o sperimentazione, ma come spazio inserito nei processi attraverso cui la fisica sperimentale settecentesca si struttura progressivamente come disciplina autonoma, fondata sulla relazione tra pratica sperimentale, strumenti, dimostrazione e trasmissione del sapere.

## 5.2 Implicazioni sulla figura di Laura Bassi

Se osserviamo nel loro insieme le fonti e le analisi riportate nel capitolo 2 e 3, è possibile affermare che Laura Bassi costruisca il suo ruolo scientifico e la propria autorità attraverso tre ‘spazi’ diversi, ma strettamente interconnessi: lo spazio pubblico istituzionale, quello della rete scientifica e quello della pratica sperimentale. L’uso della metafora dello spazio non rimanda soltanto al laboratorio domestico, ma permette di leggere le diverse dimensioni attraverso cui si struttura la sua attività scientifica.

Un primo ‘spazio’ è quello pubblico istituzionale. In una fase iniziale, la figura di Bassi viene costruita e legittimata dalle istituzioni cittadine e religiose. È questa dimensione che Cavazza descrive come la costruzione della “Minerva bolognese”: una figura simbolica capace di accrescere il prestigio culturale della città. Diversamente, Muceni sottolinea come già in questa fase emerga una solida formazione filosofica e accademica. In ogni caso, tale riconoscimento istituzionale, che inizialmente offre a Bassi visibilità e legittimità pubblica e successivamente protezione e sostegno, non le garantisce uno spazio autonomo di lavoro scientifico. Dall’excursus bibliografico sviluppato nel capitolo 2 e dall’analisi dei suoi lavori emerge tuttavia come Laura Bassi costruisca progressivamente il proprio ruolo scientifico non soltanto attraverso il riconoscimento istituzionale, ma anche tramite una partecipazione attiva alla cultura sperimentale del suo tempo. La presenza nelle principali istituzioni scientifiche bolognesi, le dispute pubbliche, l’attività accademica e il confronto con differenti modelli teorici mostrano infatti una figura capace di inserirsi criticamente nei dibattiti scientifici contemporanei. Anche gli assunti teorici studiati da Bassi in ambito cartesiano e malebranchiano, così come le teorie di filosofia naturale relative all’elettricità o alla legge di Boyle, non vengono accettati come in modo rigidamente dogmatico, ma utilizzati nella misura in cui risultano operativi all’interno della teoria e della pratica sperimentale.

Un secondo ‘spazio’ è quello della rete scientifica. Parallelamente alla costruzione della sua figura pubblica, Bassi costruisce una rete di relazioni scientifiche evidenzia una partecipazione concreta ai circuiti europei della fisica sperimentale. Nel capitolo 2 emergono figure come Beccari, Manfredi, Nollet, Beccaria, Volta e Spallanzani, legate a Bassi attraverso rapporti di corrispondenza, scambi di strumenti e circolazione di pratiche sperimentali. Questi elementi mostrano una partecipazione attiva ai dibattiti scientifici del tempo e testimoniano il suo inserimento nella comunità scientifica europea.

Un terzo ‘spazio’ è quello che riguarda la pratica scientifica: il laboratorio domestico. Il laboratorio Bassi-Veratti è il luogo dove Bassi fa realmente scienza che poi discute in università e dove produce pubblicazioni per l’Accademia e Istituto delle Scienze. Questo laboratorio diventa: scuola privata, luogo di sperimentazione, punto di incontro scientifico

internazionale. L'intreccio tra questi tre spazi permette quindi di far emergere un'immagine di Laura Bassi non soltanto come figura simbolica o eccezione culturale del Settecento, ma come scienziata pienamente inserita nei processi di costruzione, trasmissione e trasformazione della fisica sperimentale del suo tempo.

### 5.3 Limiti e possibili sviluppi futuri

La ricostruzione proposta in questa ricerca si fonda su una letteratura storiografica e su un insieme di fonti storiche che ne rendono metodologicamente plausibile l'impianto interpretativo, pur senza pretenderne un carattere esaustivo o definitivo. La ricerca di ulteriori fonti presso archivi e biblioteche, così come l'analisi diretta e sistematica dei lavori prodotti da Laura Bassi, potrebbe aprire a considerazioni più approfondite sia sul piano teorico sia su quello sperimentale.

Un ulteriore ambito di sviluppo riguarda l'analisi degli strumenti dell'inventario. In linea con quanto discusso nel capitolo 1 sul ruolo epistemico degli strumenti nella fisica sperimentale settecentesca, la ricerca potrebbe essere approfondita attraverso un confronto più sistematico con strumenti presenti in altri inventari, trattati e collezioni storiche coeve. L'analisi degli strumenti settecenteschi presenta infatti difficoltà specifiche: le descrizioni risultano spesso parziali, soggettive e non sempre chiaramente riferite ai fenomeni fisici a cui gli strumenti erano associati.

Anche per quanto riguarda Cristina Roccati, il lavoro si è limitato all'analisi di una parte delle cinquantuno lezioni conservate in archivio. Un'estensione del confronto potrebbe quindi permettere di chiarire ulteriormente le modalità di articolazione tra teoria, pratica sperimentale e costruzione didattica della conoscenza fisica.

In questa prospettiva, gli sviluppi futuri della ricerca possono configurarsi lungo almeno due direzioni: da un lato l'approfondimento del rapporto tra teoria e dimensione sperimentale, anche attraverso il proseguimento del confronto con Roccati; dall'altro la ricostruzione e la definizione più precisa degli strumenti presenti nell'inventario del laboratorio Bassi-Veratti e delle pratiche sperimentali ad essi associate.



## A Appendice

**Archivio di Stato di Bologna, Archivio Aldrovandi Marescotti, n. 430, pp. 24.**

### **Anno 1820 Domine**

Inventario delle macchine componenti il Gabinetto una volta della fù Sig.ra Dottoressa Laura Bassi Veratti, ora di ragione del N. U. Sig. Cav. e Conte Carlo Filippo Aldrovandi Mariscotti  
Proprietà generali de Corpi

#### Estensione

Specchio di Cristallo concavo per l'immagine padente in aria montato in piedi di legno nero con semicircolo di ottone.

#### Impenetrabilità

Piccolo cilindro di cristallo aperto in entrambe le parti, piccola campana di cristallo chiusa superiormente, due sfere una di vetro, e l'altra di sughero. Vaso grande di cristallo fiorato fatto a bicchiere per l'immersione delle due sfere col cilindro, e campana. Canna di cristallo montata in piede tornito di legno rosso, l'unga Pollici 18 Inglese, che si riempie di mercurio e vasetto di cristallo per stagnante.

#### Divisibilità

Vaso grande di cristallo alto Polici 21. Inglese 5. per colorire l'acqua. Piede di legno tornito con armilla di ferro, e piatino, per dividere una moneta con i fiori di zolfo. Due Eolipile di vetro con fornello di spirito di vino per farvi bollire l'acqua odorosa entro le Eolipile.

#### Figurabilità e porosità

Contramessi di Cristallo N. 18. con coperchi di cartone marmorino con arena di corpi diversi per le osservazioni microscopiche. Lastre di cristallo, grande e piccole con foglie di metalli, e piante diverse per vedere i loro pori.

Libretti in carta N. 9. ove sono formate varie piante con l'oro nomi.

#### Attrazione e Ripulsione

Sostegno di legno con vernice rossa e coclea di otone per alzare più o meno due Lastre di cristallo per l'ascesa della goccia doglio.

Due quadretti di cristallo uniti con lamine di otone per formare l'Iperbola con lo spirito di vino tinto color croco.

Due candeglieri di cristallo per l'attrazione delle fiamme.

Due tondini di peltro, ed uno scaldavivande per l'attrazione delle bollicine d'aria, e servono pure a formare una congelazione sopra il fuoco.

Una casetta di legno con vernice rossa a goma copal con quattro viti di ottone per livelarla con sopra tre bicchieri di figura diversa nei quali pieni d'acqua si pongono le sferette di vetro per l'attrazione.

Vasetti di Cristallo N. 26 che servano per le soluzioni, e precipitazioni.

Due libri per l'inchiostro simpatico.

Una campana di Cristallo che porta alla sommità un pezzo cavo di Mogany per la pioggia di mercurio nel vacuo.

Due palle di Piombo Spianate le quali stanno aderenti

Una canna da Barometro di Cristallo lunga Piedi 4, e pollici 4. Inglese, con entro diversi tubi capillari

Un vasetto di cristallo con entro un traverso di legno eprforato, per servirsi de tubi capillari per l'attrazione nel vacuo.

Scatolina lunga e stretta con entro sferette di vetro.

#### Calamita

Bussole nautiche N.9. graduate due in legno ed'una in ottone.

Una piccola tutta in ottone.

Una bislunga in legno.

Una fatta in Augusta di latta di metallo parte dorata parte in argentato e in custodia di pelle nera.

Una fatta in germania, che segna l'orologio da giorno e da notte con le costelazioni, fasi della luna e il grado di elevazione dal polo di tutte le città tutta d'orata in scatola di legno nero.

Due calamite naturali armate, e legate una in ottone, e la piccola in argento.

Una naturale in forma quadra con le sue lamine di acciaio per dimostrare la maniera di armare la Calamitta.

Una artificiale a una sola lamina con filo d'acajao.

Pezzettini di pietra calamitare greggia e bianca.

Cubo di ferro fuso, che roventato si atracca al braccio di una bilancia.

Scattolini di legno torniti n.6. con limature diverse metalliche.

Tellaro di legno con carta tesa per i vortici magnetici.

Lastre di metalli diversi N. 4. alte un piede e larghe 9. Pollici inglesi. |

Piano rotondo di bronzo di diametro pollici 10 inglesi.

Tavole di legni diversi N. 3. telaro di legno con vernice serve per il pasaggi del magnetismo.

Canna di vetro chiusa ermeticamente con entro un ago.

Vasca di Cristallo con suo coperchio larga pollici 8. e alta pollici 5. inglesi, con due navicelle di Cristallo, che si metono a nuoto con ferro e calamitta.

Due piccoli piedestalli torniti sopra de quali si montano due cilindretti di ottone e due aghi calamitati.

#### Gravità

Tre canne di cristallo terminate in sfere, e chiuse ermeticamente vuote d'aria con entro acqua chiamate martelli fisici.

Paradosso mecanico del cono che apparentemente assende ma in esso discende il centro di gavità. |



Un figurino al naturale che apre la porta, e discende da : se una lunga ed elegante scala.

Una colonna di cristallo alta piedi 3, e larga. polici 4. Inglesi spianata ad ambe le parti che porta superiormente un meccanismo di ottone del quale vengono abbandonate una per volta sei copie di ogni grave, e leggero contemporaneamente entro il voto nella macchina pneumatica e viene assicurata sul piatto mediante una colonna di legno con due morse.

Una piccola tavolina di noce con sopra un cubo, una piramide di piombo, ed altro cilindro più grande a otto facce e tutto serve per il centro di gravità.

#### Mecanica e Moto

Una bilancia grande d'acciajo con catenelle e scutelle di ottone, con le divisioni ne bracci per le operazioni aritmetiche.

Due altre piccole senza scotelle.

Una montata in asta d'acciajo con scutelline di ottone sopra una casettina di noce.

Vette d'acciajo nel primo genere montate sopra piede di noce tornito.

Vette d'acciajo nel secondo, e terzo genere montate come il primo.

Vette di legno che si sospende su un piede tornito a sua girella.

Vette di legno inflesso con cuo piede.

Vette di legno composto di tre setti con i suoi contrapesi.

Asse in peritrochio di ottone, montato in piede di acciaio.

Ruote dentate di ottone montate in piede d'acciajo.

Piano inclinato di Cristallo che si alza e si abassa ed angoli diversi rochetti contrapeso di ottone.

Cuneo di ottone con coclea per alargare e restringere alla bassa.

Troclee semplici e composte parte di legno e parte di ottone montate in due sostentacoli torniti con palle tinte di rosso.

Due macchinette fatte a triangolo nelle quali sono montati due sistemi differenti di taglia di ottone e suoi piedi puure di ottone.

Staterà universale del Micheli con baccino di ottone N.24 Marechi N.24 setti, e N.4 cilindri il tutto di ottone serve queste per conoscere il peso di tuttre le città, che sono numerate e nella casetta della quale dono impostati tutti i pezzi che fornano la staterà.

Tribometro del Muschembroek per la misura delli attriti tanto dei legni che dei metalli.

Piano inclinato fatto da un legno canale solcato che porta una mostra da orologio e serve per la discesa dei gravi per i piani inclinati come descrive l'Ab.te Nolet.

Macchinetta che si apre al muro dalla quale partono deu fili di ferro a piano inclinato che si tendono mediante due viti fermate nel suolo, nel filo superiore si colloca una campanella nel inferiore il corpo che discende e fa suonare la campanella.

Assette lunghe ed altre di legni differenti con la sua troclea, e piccolo sudelino per misurarsi li attriti delle superficie.

Codea di vetro montata in un candeglieri di cristallo per inafiare i Giardini.

Codea di archimede di Cristallo per inalzare l'acqua

Montaletto del Ab.Nollet per la legge de Proietti.

Asta grande di legno con vernice verde che porta superiormente un pezzo con fori dai quali si fa cadere a diverse altezze una palla sopra un piano di marmo neroper la riflessione del moto.

Piano inclinato di legno verniciato con fissura nel mezzo per la quale passa la palla riflettuta dal piano di marmo Canoncino lungo di ottone formato nel resto con due palle di ottone per la rifrazione del moto.

Una tavoletta verticale con due piede girelle di ottone per le forze composte.

Una tavoletta rotonda di noce con quattro girelle mobili per la composizione risoluzioni delle forze.

Machina delle proiezioni con anelli di ottone pe quali passa una palla d'avorio.

Machina delle percusioni e della comunicazione del moto, con sei palle d'avorio sospese ad'un macchinamento di ottone, con due righe graduate e due cursori; alla sommità della medesima levando via il macchinamento di ottone, si sostituiscono due archi cicloide per farvi oscillare un pendolo, e alle righe graduate si uniscono due lamine di ottone con i numeri.

Piano grande circolare, che si monta sopra uno de supporti che servono alle esperienza della luce, nel quale si fanno cadere contemporaneamente i corpi per le diverse corde del circolo e per un filo lungo 4 volte quanto è il diametro del circolo.

Machinetta a ruote dentate con mostra di ottone da orologio a secondi per la teoria de pendoli con i suoi pesi ed aste varie lunghezza; questa si attacca all'asta che si adopra per le leggi del moto.

Macchina del Micheli per battere i pali ne fiumi.

Machina delle forze centrali come si troca descritta nelle opere di Nollet con il corredo necessario per le esperienze dei solidi, e dei fluidi. Due globi di Cristallo uno grande e l'altro piccolo, con li respetivi mecanismi, il grande serve per l'espereinza del cono d'olio, il piccolo per le sferette di gravità diversa immersa nell'acqua. Piede inglese l'ungo tre piedi che si spiega in quattro parti per mezzo di tré snodi. Quadrante graduato, e mezzo Piede di Bologna. Una riga di ottone graduato, ed un triangolo di legno mobile.

Idrostatica, ed Idraulica

Macchinamento per tenere sotto l'acqua i corpi leggieri.

Paradosso idrostatico di due cilindri di legno, uno d'oppio dell'altro.

Due sfere di egual peso, una di piombo e l'altra di legno santo che si atacano alla bilancia idrostatica per scandagliare le gravità specifiche dei fluidi.

Cilindro di Cristallo, a due lamine rotonde di piombo e di stagno da tenere sospese sotto l'acqua.

N. 6 tubi di vetro comunicanti fermati in piedi di legno.

Cilindro piccolo di Latta con vernice rossa cerchi neri al difuori e palle tré di piombo che si infilano entro il medesimo, acciò discenda nell'acqua profundandosi a norma del peso.

Cilindro di vetro con cerchi di stagno e la basse che si allarga e si restringe per dimostrare la pressione de fluidi che stà in ragione dell'altezza, e della base.

Tre vasi di cristallo fatti a Venezia, due fatti a cilindro, ed uno a cono, la base maggiore del quale corrisponde esattamente alla base del cilindro grande, e l'apice del cono alla base del cilindro piccolo, per dimostrare la ragione delle basi, e delle altezze.

Tubi di latta N.8 altezze diverse, con vari fori per gli afflussi. Tubetto di vetro con entro i quattro elementi.

Due cilindri di peletro uno cavo, l'altro solido che entra esattamente nel cavo e si ferma nel braccio di una bilancia. Calcedrino di latta con vernice verde che pieno di acqua si sospende al braccio di un'altra bilancia per dimostrare che il cilindro solido immerso nell'acqua perde tanto di peso quanto vale un volume di fluido eguale al volume del solido; immergendo il cilindro sotto entro il calcedrino si toglie l'equilibrio ad ambedue le bilancie riempiendo d'acqua il cilindro cavo versandone eguale quantità nella scudella della bilancia che porta il calcedrino si ricompongono amendue le bilancie all'equilibrio.

Piastrine di metalli diversi N.4. un tubo di cera ed una sfera di vetro per scandagliare la densità dei fluidi.

Bilancia idrostatica assai sensibile montata nel suo piede con due piatini di ottone e due cilindri di vetro sopra due basi di legno per i fluidi.

Canne di cristallo N.4. due delle quali sono alte Piedi 3. E polici 8. Inglese montate in (...) di legno con vernice verde sotto la sua base di egual colore.

Ampolla di vetro con entro palina di piombo di ferro, con vaso di cristallo e suo coperchio con entro polvere d'alabastro.

Fonte di Hyerone/con sfera/di vetro a tubi diversi.

Fontana di Hyerone con sfera e catino annesso di Cristallo rinchiusa in custodia di legno.

Tre machine unite in scabeletto tinto a megorij, e sono l'antilia aspirante, l'antilia aspirante e premente, ed il surbidore tutte di ottone con cilindri di cristallo, e valvole di metallo.

Aerometri a mercurio graduati per i fluidi N.8.

Aria atmosferica e aria fattizia

Una macchina pneumatica a valvole e a gaietto con due piatti il più grande de quali, è spianato perfettamente per porvi le campane senza il dante.

Sua tavola verde con quattro viti ai piedi per livellarla. Suo Barometro annesso con il mercurio stagnante, ed un'altra canna di rimonta.

Due recipienti grandi di Cristallo che superiormente portano una armatura di ottone con sua bachetta per molte esperienze nel vuoto.

Una lampada di banda di ottone che vuotata d'aria non si leva dal piatto.

Recipiente grosso di Cristallo aperto da ambe le parti e spiariato, chiuso con la mano e levata d'aria, si sente il peso.

Recipiente di cristallo alla sommità del quale è fermato un barometro col suo stagnante levando l'aria discende quello, e ascende l'altro annesso alla macchina.

Vasetto di metallo per rompere una lastra rotonda di vetro ramato di ottone per coprirlo.

Due emisferi di diametro polici 5. Inglesi perfettamente spianati con il rubinetto e piattino, il tutto di getto di ottone per l'esperienza di Otton Guerikio.

Recipiente alto piedi 2 Inglesi con il fonte pneumatico.

Recipiente alto e stretto con fascia di ottone all'estremità, e sfera di cristallo per un secondo fonte pneumatico. Ì

Due piccole bilancie una con piede di cristallo e l'altra in piede di legno da collocarsi nel vuoto.

Piano circolare tornito di piombo con due astine di ottone le quali sostentano una fiaschetta di cristallo, con altro di rimonta, e suo cilindro di cristallo per le efervescenze nel vuoto.

Due cilindri di Cristallo con tubo di legno di specie diverse per vedere sortire l'aria dai medesimi nel vuoto.

Circolo di legno nel quale sono impostate tre calamitte di cristallo con altre di rimonta ovve si mette acqua fredda calda e bolente per lo sviluppo dell'aria nel vuoto.

Cilindretto di cristallo con entro una sferetta a collo stretto per l'elaterio.

Una sfera grande al collo della quale è annesso un rubinetto con piattino di ottone per pesare l'aria.

Una scattola di legno, che porta un ocello nel coperchio e si apre da se nel vuoto.

Macchina dei Mariotti per la compressibilità dell'aria col mercurio. Consiste questa in un tubo di Cristallo ricurvo alto piedi 7. da una parte chiuso ermeticamente e fermato sopra a un'asta di legno graduata, con altro tubo di rimonta.

Cilindro di ottone con valvola e cavo grosso di ferro per accendere i fiori di zolfo nel vuoto.

Due tantali di vetro e due tre trepiede di ottone, uno piccolo laltro grande per usi diversi.

Due cilindri di cristallo alti pollici 14 e larghi 5, ciascuno de quali porta superiormente una valvola di ottone che chiude esattamente, l'apertura, con una graticola in uno e due ghiare di cristallo per metervi acqua e cenere; e servono per le mofiti artificiali.

Cilindro di Cristallo alto pollici 8.1/2 Inglesi e largo 6.1/2. che poggia sopra un trepiede di metallo e nell'interno porta un doppio tamburo di legno per introdurvi gli animali che restano soffocati dalla mofetta.

Globo grande di vetro sopra piede tornito di legno con entro un campanello per il suono, altro campanello che si monta nel macchinamento delle effervescenze nel vuoto.

Due rubinetti di ottone, uno per la boccia Bolognese da levarsi l'aria, e l'altro per estrarre l'aria da una canna di vetro.

Una Cuff di rame alta polici 9. Inglese e larga un piede, con elegante vernice a gomma copal con due piani e vaschetta per raccogliere l'acqua che sorte nel tragitare i gas per la medesima.

Due boccie di vetro col piede, al collo delle quali sono fermate due chiavi di ottone perfettamente spianate per formare entro le medesime le arie fattizie; la parte esterna di dette chiavi porta una vite per inserirvi i gaietti con le vesciche.

Gaietti di ottone con sua vite N. 8. uno d'avorio, ed altro di legno. Due tubetti a vite per le bolle di saponata con l'aria infiammabile.

Campana di cristallo, che si unisce ad un globo per mezzo di due rubinetti per tragitare le arie da un vaso all'altro.

Boccia grande di Cristallo N. 8. due delle quali sono tubulate, con li oportuni tubi ricurvi per formare l'apparato del Wulffio.

Rubinetto grande di ottone, al quale è unita la girandola a aria infiammabile, e la pistola elettrica di Volta.

Due canne ripiegate una di metallo e l'altra Cristallo per il pasagio delle arie traverso dell'acqua.

Boccia di Cristallo armata di un ghiero di metallo a vite con due rubinetti alla quale si invita una lunga canna di latta con un imbuto grande per raccogliere l'aria infiammabile dalle Paludi.

Piede elegante con coloncina, che sostiene l'Eudiometro di Cristallo graduato di Sauberf a fosforo Kunkeliano, con il suo cilindro, ed altri tre eudiometri non graduati di rimonta.

Eudiometro di Volta a aria Infiammabile da accendersi con la scintilla elettrica, misurino di Cristallo con valvola di ottone ed altro tubo di rimonta.

Eudiometro tutto di cristallo con suo misurino ed altri due più stretti con un misurino comune.

Due ventose per l'aria fissa, e una terza più grande per formare il cavo nella vescica con l'al kali volatile.

Macchina tutta di ottone per misurare la resistenza dell'aria, le ruote della quale agiscono ora in piano ora di taglio tanto nel pieno che nel vuoto.

#### Barometri, Termometri, Igrometri

Barometro grande fatto a mostra di orologio con il suo termometro in legno del Brasile manifattura di Malagida Seniore.

Barometro e termometro in due tavolette nere.

Barometro in tavola di Mogani con scala di metallo inargentato, e suo (...)

Termometro di fermentazione a spirito in tavoletta graduata.

Termometro due a spirito e una sola tavoletta.

Termometro a mercurio in tavola di marmo nero.

Termometro a mercurio in tavola di lavagna.

Diavoletto di smalto con sferetta di vetro chiuso in tubetto di Cristallo con acqua.

Igrometro in tavoletta si Moganiij a fettuccia di (...) con mostra da orologio.

Igrometro a mercurio in penna e sua tavoletta.

Igrometro a cantino in cassetta con due figurine.

Calorico

Due macchinette di noce tornite con imposture circolari ovve vengono assicurate alcune sfere di cristallo con lunghi tubi ripiene di fluidi diversi, le quali si immergono in un vaso di latta pieno d'acqua bollente per la dilatazione.

Due sfere con lunghi tubi per la corezione dello stato d'immersione.

Piedistallo con due archi di metallo, ed uno di vetro per la dilatazione dei solidi.

Piano d'acciaio, verga di ferro, armilla di ottone e cerchio di ferro inserito nella armilla per la dilatazione dei solidi.

Piccolo imbuto di latta con tubo alto per la fiamma della torcia, con scattola di latta e vasetto.

Fornello del Boerhave di Rovere foderato internamente di ferro per le operazioni chimiche con due storte.

#### Luce

Seraglia di legno divisa in due parti con vernice nera fornita in una lastra di ottone con diversi fori, tellarino inscritto nella medesima per i prismi, un altro per lo specchio che porta il raggio orizzontale ad una apertura per il microscopio solare e per la lente della camera optica.

Specchio di metallo concavo, e convesso di diametro polici 9. Inglesi montato sopra piede di legno nero.

Specchio piccolo di metallo convesso in piede nero.

Specchio piano di metallo ed altro di cristallo amenbedue si montano sopra un piede che porta uno snodo di ottone.

Specchio per i pittori montato sopra un elegante piede.

Specchio cilindrico di metallo in custodia di noce con quattro tavole di figure irregolari.

Specchio piccolo di metallo rinchiuso in tubo di ottone per il raggio orizzontale.

Lente uatoria di diametro Polici 10. Inglesi con una seconda lente incasate in oportuno macchinamento per darle qualunque inclinazione.

Lente piano convessa sopra piede nero con semicircolo di ottone.

Lente d'Inghilterra convesso convessa in piede nero.

Lente d'Inghilterra legata in tartaruga.

Lente obiettiva del Montanari per formare la camera optica.  
Lenti piccole da mano legate in rosso N. 4.  
Lente poliedra legata in rosso.  
Lente a più faccie di cristallo di roca incasata in tubo di legno, con N. 12 tavole di figure irregolari.  
Sfera di cristallo di rocca di diametro pollici due Inglesi.  
Menischi legati in legno nero col piede N. 4.  
Due telarmi con i colori Neutoniani in vetro, altri due in legno di rimonta.  
Macchinetta di pero nero con i piedi, ove sono i colori Neutoniani con fili neri per la riflesione, adoprando la lente con la fiamma di una candela.  
Casetina nera con lastre di vetro, che si riempie d'acqua per le refrazioni.  
Macchinetta con due lamine d'acciajo, e calca di ottone per la difrazione.  
Una casettina nera, ovve si sono formati due vetri uno concavo l'altro convesso per la convergenza o divergenza de raggi. Una cassetta nera lunga che si divide in due, con entro tre lenti formate in tavolette per la costruzione del cannocchiale.  
Una cassetta con entro la Camera optica.  
Telescopio acromatico coperto di sagrino nero, e che si divide in due parti con dozzetta e snodo da inserire in una selle sue tavolette che servono alle esperienze della luce più un altro obiettivo per il Pianeta Venere.  
Microscopio grande montato in piede nero con specchio di riflessione e lente per il lume di Candela.  
Microscopio di Lionnet entro casetta intarsiata di madreperla.  
Microscopio grande Inglese tutto di ottone per la serie delle lenti, e corpi da oservare in custodia fatta a piramide di moganij.  
Microscopio in legno scuro tornito fatto con lenti d'Inghilterra.  
Microscopij N. 3. uno di bosso con sua custodia uno d'avorio in custodia nera l'altro di legno del Brasile intarsiato di avorio e suoi porta oggetti di custodia; furono questi portati dall'america a Bologna dal Dottor Francesco Verati.  
Microscopio semplice fatto a ruota di legno bosso.  
Microscopio solare con specchio di mettallo.  
Lanterna magica fatta con lenti Inglesi. Vedute di Germania dipinte in vetro n.4.  
Lastra di Cristallo nella quale sono dipinte quattro teste per la fantasmagoria fatte a firenze.  
Cubo grande di cristallo spianato per le refrazioni.  
Prisma Inglesi n.2 di lunghezza Pollici  $4\frac{1}{3}$  l'uno guarniti, di ottone, e montati in casetine di noce con fori per diverse esperienze.  
Prisma Inglese non montato.  
Due piccoli prismi Islandici montati in ottone.  
Prismi di Venezia N. 2. un concavo l'altro convesso.

Prismi di Venezia N. 4.

Sezioni presmatiche di Cristallo di Rocca n. 4 per le refrazioni.

Prisma Inglese composto di tre prismi Crounglas per la corezione Doloniana in custodia di sacriano nero, e mandato in dono dal Newton alla Dottoressa Laura Bassi Veratti.

Prisma triangolare di Cristallo aperto superiormente per i fluidi. Orbe grosso di Cristallo, ed altri tre più sotili, con N.18 Lastrine quadre di Cristalli per la diafaneità ed opacità.

Obietivo da canocchiale di palmi Romani 25.

Lente migliore legata in ottone.

Sportellino con lamina circolare di ottone con due fori, il quale si applica alla seraglia della / finestra, per introdurre il raggio nella Camera.

Due soporti di noce con le tavole per le esperienze della luce.

#### Elettricità

Macchina elettrica antica con due cilindri e due globi di cristallo, in uno dei quali vi è un rubinetto fatto in Olanda per levarci l'aria con la macchina pneumatica, padellino per il fuoco da riscaldare il globo, spranga di ferro, che serve da conduttore.

Tavola grande con piede di vetro per li isolamenti.

Quadro grande Frankliniano armato con stagnola.

Quadro Magico a strisce luminose.

Lastra di Cristallo per formare i lampi.

Termometro elettrico di cristallo con due tubetti di rimonta.

Canoncico elettrico per scaricare nel quadro Frankliniano.

Bicchiera con l'armatura ammovibile sopra un piano metallico rosso.

Bicchiera con palline di midolla di sambuco sopra piede rosso.

Elettroforo di Volta con suo scudo, quattro soffiotti con polveri diverse per formare con il cono di ottone i soli raggianti.

Macchinetta di legno dipinta con conduttori di ottone, per mostrare la maniera di difendere le fabbriche dai fulmini.

Macchina grande di Moganij con spranghe di ottone, e colonna di vetro, la quale assomiglia ad una fortezza che nel fondo racchiude la pistola di Volta a gaz idrogene il turacciolo della quale scaricandosi con la scintilla elettrica urta nella soffitta e saltando via cadono le parti in mille pezzi, sortendo ovunque fiamme di fuoco e terminata l'esperienza, si ritorna allo stato primiero.

Cariglione elettrico composto da cinque campanelle di metallo fatte in augusta.

Canna di cristallo armata alle estremità di ottone e che racchiude un conduttore luminoso fatto a Firenze.

Due fiaschette di vetro chiuse ermeticamente, con entro un ago.

Fosfori elettrici di Cristallo privi d'aria N. 2.



Canna lunga di vetro solida, che porta in un'estremità una sfereta di ottone per esplorare l'elettricità atmosferica.

Tubetti di Cristallo per i getti elettrici.

Cilindro di Cristallo alto polici 15 e lungo 6. inglesi di sopra del quale si pongono i piani di materie diverse per il passaggio della elettricità.

Macchinetta piccola elettrica da tasca.

Tavolina con vernice rossa, e lastra di vetro aderente su la medesima con due vasi di Cristallo e li opportuni archi isolati per eseguire le esperienze del Planisfero.

Apparato di Volta e cento piccoli bichieri con archi di filo d'ottone, e piastrine di Zinco.

Stampo di getto per fondere le piastre di zinco della pilla grande.

Due pille mediche di Volta con 10 piastre per ciascheduna di rame e zinco saldate a sieme, con i suoi legni intermedi, rinchiusi in due cassetture, rosse, con una vite di ottone per comprimere le piastre.

Pilla grande di Volta con piastre di ottone inargentato N 50. di rame fuso N. 56 di zinco e N. 68 di piombo N.230.

Una Canna di Cristallo chiusa da una parte con entro diversi tubi cappillari, alta piedi 3. e pollici 4. Inglese.

Canne di barometro N.4

Canna di Cristallo aperta, alta piedi 4. e pollici 4. Inglese.

Altra simile alta piedi 3.1/2. Inglese.

Altre due simili una di piedi 3 e pollici 4. Inglese l'altra di piedi 2 e Pollici 9.

Cilindri di Cristallo trà grandi e piccoli N. 18.

Campane di Cristallo aperte N. 4. alte un piede e oncie 8 di Bologna.

Un cilindro di critallo alto polici 15. e largo polici 6.1/2 Inglese.

Due orinali di vetro alti un piede, e oncie 8 di Bologna con i suoi capitelli di vetro per le distillazioni.

Recipienti di cristallo di grandezze diverse e servono per le machina pneumatica N. 10.

Cilindri di vetro per formare una batteria elettrica N. 6. con fogli grandi di stagnola per le armature.

Cattena di ferro formata d'anelli ovali, ed altra di filone di ferro con i suoi cordoni di seta per la propagazione della elettricità di lunghezza 150 Piedi Inglese.

Una boccia di Cristallo e due turaccioli N. 8 di mercurio.

Bottiglie di varie grandezze con turaccioli di cristallo N.18. che tengono menstrui diversi.

Cassetta con tramezza ove si trovano vari pezzi e palle d'avorio N. 10.

Due armadij d'abete mossi al disopra, di lunghezza piedi 7. di Bologna, e di Altezza piedi 8. con 14 lastroni di Germania per ciascheduno, e che si dividono in due parti.

Un armadio d'abete Fungo piedi 9. e alto piedi 7. Con lastroni di Milano N. 30 che si divide in più parti.

Due armadi dipinti con l'astre comuni e piombi d'orati, che si dividono in due parti, di lunghezza Piedi 5. E di altezza piedi 6.1/2 di Bologna.

Aggiunte al sudd.o Gabinetto

Un telescopio di tre piedi Inglesi di Carij.

Un piccolo Mappamondo inglese di Adams.

Vari vasi di latta di eguale circonferenza, e diversa capacità.

Due Euribile di latta.

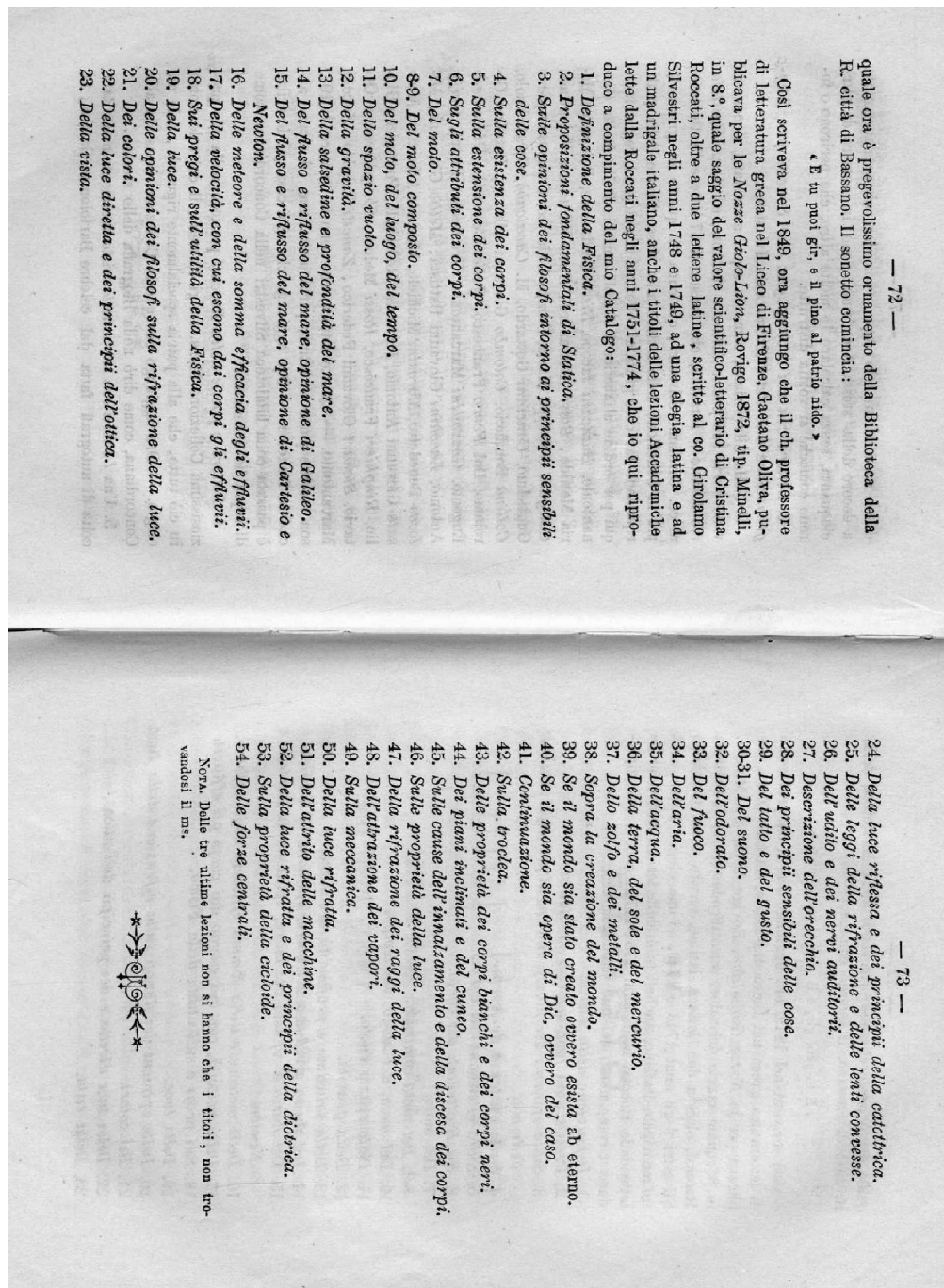
Una si bronzo dorato.

Un Barometro con termometro ed Igrometro di Carij.

\*pagina bianca\*

## B Appendice

La catalogazione archivistica delle Lezioni di Roccati comprende almeno due diversi elenchi: gli elenchi De Vit e Soppelsa-Viani che non risultano essere tra loro coincidenti o cronologicamente ordinati. Le lezioni riportate in tesi hanno come riferimento la catalogazione usata dall'Accademia dei Concordi. Riporto invece di seguito quello di De Vitt, da cui sono partita a selezionare il campione.



\*pagina bianca\*

## Bibliografia

- Angelini, A. (2025). Commendavimus philosophi non dogmatici: la politica culturale di papa Lambertini. In F. Citti, & I. Graziani, *Benedetto XIV e Bologna. Arti e scienze nell'età dei lumi* (p. 125-142). Bologna: Biblioteca Universitaria di Bologna / Edizioni Pendragon.
- Bennett, J., & Talas, S. (2013). *Cabinets of Experimental Philosophy in Eighteenth-Century Europe*. Leiden-Boston: Brill.
- Bernardini, C. (2013). *Che cos'è una legge fisica?* Roma: Editori Riuniti University Press.
- Bernardini, C. (2013). *Che cos'è una legge fisica*. Roma: Editori Riuniti university press.
- Berti Logan, G. (1994). The Desire to Contribute: An Eighteenth-Century Italian Woman of Science. *The American Historical Review*, 99, 785-812.
- Bertucci, P. (2009). Enlightening Towers: Public Opinion, Local Authorities, and the Reformation of Meteorology in Eighteenth-Century Italy. *Isis*, 99, 25-44.
- Boniolo, G. (2024). Cristina Roccati e il newtonianesimo per i "dams". In E. Canadelli, *Cristina Roccati la donna che osò studiare fisica* (p. 143-150). Treviso: Antiga Edizioni.
- Canadelli, E. (2024). Cristina Roccati (1732-1797). La donna che osò studiare fisica. In E. Canadelli, *Cristina Roccati la donna che osò studiare fisica* (p. 17-31). Treviso: Antiga Edizioni.
- Casini, P. (1983). *Newton e la coscienza europea*. Bologna: Il Mulino.
- Casini, P. (1988). Newton's "Principia" and the Philosophers of the Enlightenment. *Notes and Records of the Royal Society of London*, 42(1), 35-52.
- Casini, P. (2016). Un cantiere aperto. Le scienze in Italia nel secolo dei Lumi. In L. F. Gambaro (A cura di), *Atti del XXXIII Convegno SISFA* (p. 3-22). Pavia: Pavia University Press.
- Cavazza, M. (1990). *Settecento inquieto. Alle origini dell'Istituto delle Scienze di Bologna*. Bologna: Il Mulino.
- Cavazza, M. (1995). Laura Bassi e il suo gabinetto di fisica sperimentale: realtà e mito. *Nuncius*, 10, 751-753.
- Cavazza, M. (2006). Donne e scienza nell'Italia del Settecento. In *Actes de la Trobada d'Història de la Ciència i de la Tècnica* (p. 15-27). Barcelona: SCHTC.
- Cavazza, M. (2009). Laura Bassi and Giuseppe Veratti: an electric couple during the Enlightenment. *Contributions to Science*, 5 (p. 115-128). Barcelona: Institut d'Estudis Catalans.
- Cavazza, M. (2011). Early work on electricity and medicine in the Bologna Academy of Sciences: Laura Bassi and Giuseppe Veratti. In G. Pancaldi, *Electricity and life. Episodes in the history of hybrid objects* (p. 7-35). Bologna: CIS, Dipartimento di Filosofia, Università di Bologna.

- Cavazza, M. (2013). La fisica nel Settecento: teoria e sperimentazioni. In T. Istituto dell'Enciclopedia Italiana, *Il Contributo italiano alla storia del Pensiero: Scienze*. Roma. Tratto da Treccani.
- Cavazza, M. (2020). Maestra. In M. Cavazza, Laura Bassi. *Donne, genere e scienza nell'Italia del Settecento* (p. 163-184). Milano: Editrice Bibliografica.
- Cavazza, M. (2020). Realtà e mito di un laboratorio. In M. Cavazza, Laura Bassi. *Donne, genere e scienza nell'Italia del Settecento* (p. 131-162). Milano: Editrice Bibliografica.
- Cavazza, M. (2020). The Veratti-Bassi Home Laboratory. In L. Ciffarelli, & R. Simili, *Laura Bassi - The world's First Woman Professor in Nature Philosophy* (p. 115-142). Springer.
- Cavazza, M. (2020). Una vita straordinaria. In M. Cavazza, Laura Bassi. *Donne, genere e scienza nell'Italia del Settecento* (p. 97-130). Milano: Editrice Bibliografica.
- Ceranski, B. (2020). *Und sie fürchtet sich vor niemandem. Die Physikerin Laura Bassi (1711–1778)*. Campus Verlag GmbH.
- Citti, F., & Graziani, I. (2025). *Benedetto XIV e Bologna. Arti e scienze nell'età dei Lumi*. Bologna: Pendragon.
- Clericuzio, A., & Ricci, S. (2013). *Il contributo italiano alla storia del pensiero. Appendice VIII della Enciclopedia Italiana di Scienze, Lettere ed Arti, vol. 4: Scienze*. Roma: Istituto Enciclopedia Italiana.
- Cohen, I. (1987). Newton's Third Law and Universal Gravity. *Journal of the History of Ideas*, 48(4), 571-593.
- Cohen, I. (1987). The Newtonian Scientific Revolution and Its Intellectual Significance. *Bulletin of the American Academy of Arts and Sciences*, 41(3), 16-42.
- Crippa, D., & Sgarbi, M. (2024). Le lezioni accademiche di Cristina Roccati. In E. Canadelli, *Cristina Roccati la donna che osò studiare fisica* (p. 109-142). Antiga Edizioni.
- De Brosses, C. (1739). Lettres XX. In F. D'Agay, *Lettres D'Italie du Président de Brosses, vol I*, 1986 (p. 257-268). Mercure de France.
- Elena, A. (1991). "In lode della filosofessa di Bologna": an introduction to Laura Bassi. *The University of Chicago Press Journals, Vol 82(3)*, 510-519.
- Findlen, P. (1993). Science as a Career in Enlightenment Italy: The Strategies of Laura Bassi. *Isis*, vol 84(3), 441-469.
- Findlen, P. (1993). Science as a Career in Enlightenment Italy: The Strategies of Laura Bassi. *Isis* 84(3), 441-469.
- Findlen, P. (2003). Becoming a Scientist: Gender and Knowledge in Eighteenth Century Italy. *Science in Context*, 16(1/2), 59-87. doi:<https://doi.org/10.1017/S026988970300070X>
- Findlen, P. (2020). Always among Men: Laura Bassi at the Bologna Academy of Science (1732-78). In L. Ciffarelli, & R. Simili, *Laura Bassi - The World's First Woman Professor in Natural Philosophy* (p. 71-102). Springer.

- Findlen, P. (2024). "Paradiso delle donne"? Cristina Roccati e le astre scienziate del suo mondo. In E. Canadelli, *'Cristina Roccati la donna che osò studiare fisica'* (p. 35-55). Antiga Edizioni.
- Golinski, J. (2002). L'Età dei Lumi: la fine della conoscenza naturale 1700-1770. Esperimenti, strumenti e luoghi di lavoro. In T. Istituto dell'Enciclopedia Italiana, *Il contributo italiano alla storia del pensiero: Scienze*. Roma. Tratto da Storia della Scienza.
- Guicciardini, N. (2020). Newton's Legacy: An Open Field of Research. In & R. In L. Ciffarelli, *Laura Bassi - The World's First Woman Professor in Natural Philosophy* (p. 35-48). Springer.
- Guicciardini, N. (2020). Newton's Legacy: An Open Field of Research. In L. Ciffarelli, & R. Simili, *Laura Bassi - The World's First Woman Professor in Natural Philosophy* (p. 35-48). Springer.
- Hall, A. R. (1998). Newtonianism after 300 Years. *Notes and Records of the Royal*, 42 (1), 5-9.
- Home, R. W. (2002). L'età dei Lumi: la fine della conoscenza naturale (1700–1770). Luce, calore, elettricità e magnetismo. In *Storia della scienza*. Istituto della Enciclopedia Italiana Treccani.
- Koponen, I. T. (2006). Generative role of experiments in physics and in teaching physics: A suggestion for epistemological reconstruction. *Science & Education*, 15, 31-54. doi:10.1007/s11191-005-3199-6
- Lettere inedite alla celebre Laura Bassi scritte da illustri italiani e stranieri con biografia*. (1883). Bologna: Tipografia G. Cenerelli.
- Mazzone, U., Dainese, D., & Bottanelli, V. (2025). Prospero Lambertini (Bologna, 1675–1758). In F. Citti, & I. Graziani, *Benedetto XIV e Bologna. Arti e scienze nell'età dei lumi* (p. 13-25). Bologna: Biblioteca Universitaria di Bologna / Edizioni Pendragon.
- Mazzoni, M. (2013). Il newtonianesimo e la scienza del Settecento. In A. Clericuzio, & S. Ricci, *Il contributo italiano alla storia del pensiero. Appendice VIII della Enciclopedia Italiana di Scienze, Lettere ed Arti, vol. 4: Scienze*, (p. 291-300). Roma: Istituto della Enciclopedia Italiana.
- Mazzotti, M. (2004). Il newtonianesimo e la scienza del Settecento. In *Storia della scienza. Vol. VI, L'età dei Lumi*. Roma: Istituto dell'Enciclopedia Italiana.
- Melli, E. (1960). Epistolario di Laura Bassi Veratti, Edizione critica, Introduzione e note. In P. Cazzani, *Studi inediti per il primo centenario dell'Istituto magistrale "Laura Bassi"* (p. 53-187). Bologna: Steb.
- Morgan, J. (1907). *The Journal of Dr. John Morgan of Philadelphia, from the City of Rome to the City of London, 1764*. Julia Morgan Harding (Philadelphia: J. B. Lippincott, 1907), pp 98–101.
- Morus, I. R. (2017). *When physics became king*. University of Chicago Press.



- Muceni, E. (2023). Una ragazza in cattedra: la prolusione di Laura Bassi. *Rivista di storia della filosofia*, n. 2 2023, Issn 0393-2516, Issn-e 1972-5558, Doi 10.3280/SF2023-002006, 299-342.
- Muceni, E. (2025). La passione della libertà: la lectio ordinaria di Laura Bassi. *Rivista di storia della filosofia*, n.1 2025, Issn 0393-2516, Issn-e 1972-5558, Doi 10.3280/SF2025-001008, 91-129.
- Museum of Microscopy. (n.d.). *George Adams simple dissecting microscope (after Pierre Lyonet)*. Museum of Microscopy. Tratto da <https://micro.magnet.fsu.edu/primer/museum/georgeadamsdissectinglate1700s.html>
- Nollet, J.-A. (1743). *Leçons de physique expérimentale*. Parigi: Chez les frères Guérin & Louis-François Delatour.
- Notizie degli scrittori bolognesi*. (1781-1794). Bologna: Bologna Stamperia di S. Tommaso D'Aquino.
- Odoardi, I. (s.d.). Elogio. *Pubblica Accademia di Lettere avutasi nel Collegio di Montalto Dagli Alunni del medesimo La sera delli 5 Giugno MDCCLXXVIII, in lode della defunta loro precettrice Laura Bassi*. BCAB, ms B2727.
- Proverbio, E. (1994). Sulle ricerche elettriche di Giambattista Beccaria e sui suoi rapporti con Ruggero Giuseppe Boscovich nelle applicazioni dell'elettricismo naturale e artificiale. *Nuncius*, 9(1), 231-250.
- Rey, A.-L. (2021). Présentation: L'épistémologie inventive d'Émilie Du Châtelet. *Revue d'histoire Des Sciences*, 74(2), 235-267.
- Rossi, P. (2020). *La rivoluzione scientifica. Da Copernico a Newton*. Pisa: Edizioni ETS.
- Shapin, S. (2003). *La rivoluzione scientifica*. Torino: Giulio Einaudi Editore.
- Shapiro, A. E. (2002). La rivoluzione scientifica: i domini della conoscenza. Ottica. In *Storia della scienza*. Istituto della Enciclopedia Italiana Treccani.
- Shapiro, A. E. (2004). Newton's "Experimental Philosophy". *Early Science and Medicine*, Vol. 9, n.3, *Newtonianism: Mathematical*, 185-217.
- Silva, C. C., & Moura, B. A. (2014). Science and Society: The Case of Acceptance of Newtonian Optics in the Eighteenth Century. *Science&Education* (23)5, 1003-1025.
- Soppelsa, M. L., & Viani, E. (1999). Dal Newtonianesimo per le dame al Newtonianesimo delle dame. *Nuncius*, 14(2), 521-548.
- Talas, S. (2020). Physics in the Eighteenth Century: New Lecture, Entertainment and Wonder. In L. Cifarelli, & R. Simili, *Laura Bassi - The World's First Woman Professor in Natural Philosophy* (p. 48-68). Springer.
- Veratti, G. (1748). *Osservazioni fisico-mediche intorno all'Elettricità*. Bologna.





## Ringraziamenti

Questo lavoro è il risultato del mio percorso universitario: un percorso di passione e dedizione, di riscoperta e impegno. Sono caratteristiche di un viaggio che ho compiuto in autonomia, ma non in solitaria: non sarei infatti riuscita a completarlo senza la presenza di tante persone che ora desidero ringraziare.

Per farlo, prendo in prestito le parole di due autori, Viliani e Vignaga, che nel libro *‘Ci sono maestre, ci sono maestri’* parlano della relazione docente-discente.

Il mio primo ringraziamento va al professor Eugenio Bertozzi, che ha seguito questo lavoro accompagnandone i passaggi decisivi con indicazioni e confronto, lasciandomi al tempo stesso lo spazio necessario per costruire la ricerca. Questo percorso mi ha resa ancora più consapevole del valore di una relazione formativa capace di orientare senza sostituirsi, di lasciare spazio senza far mancare la presenza, e di custodire con attenzione gli spazi di crescita dell'altro.

Ci sono tante persone che, in modi diversi, mi hanno accompagnata in questo passaggio: presenze per lo più silenziose e discrete, ma riconoscibili dal modo in cui si muovono. Sanno quando ballare un lento e quando accelerare il passo, sanno andare a ritmo, ma amano anche il silenzio e lo rispettano. Perché non sempre si ha voglia di ballare, né di parlare. A tutte queste “maestre ballerine”, che sarebbe lunghissimo citare una per una, va la mia gratitudine.

Ci sono poi i miei genitori, mia suocera, Gildo e Franca, i miei cognati e i miei nipoti e alcuni parenti lontani, come zia Maria, mia zia Susanna e Stefano: persone la cui presenza e il cui supporto costante mi hanno permesso di continuare a guardare al futuro con speranza. Sono stati, e so che continueranno a essere, “maestri discreti” di fiducia, presenza e possibilità.

Ci sono poi i “maestri casa”, quelli con la voce buona e lo sguardo gentile, quelli che ti chiedono come stai. Sono i miei colleghi della “Dark Bolo Gang”: la loro presenza ha reso questi anni una vera esperienza formativa universitaria. Jacopo e Daniele hanno aperto la loro porta e hanno lasciato, e lasciano tuttora, che io mi accomodi al riparo del loro affetto. Sono maestri capaci di ascoltare, di mettere da parte le cose per fare spazio alla mia storia, ai miei sogni e alle mie preoccupazioni. Sara, Giulia e Carmen, anche nelle giornate storte, hanno avuto e avranno sempre un cantuccio per me, ogni volta che ho bisogno di essere accolta.

Massimo e Anna, Daniele e Loretta, Giorgia e Mauro, Marianna e Sandro sono stati “maestri aquilone”. Adulti con lo sguardo bambino, saltano tra le parole, fanno volare i numeri e, più di tutto, mi insegnano la leggerezza.

Ci sono poi maestre e maestri che intravedono il mistero negli occhi dei bambini e delle bambine. Per questo attendono con fiducia: sanno che le cose cambiano e che le ferite guariscono, che ciascuno si trasforma e fiorisce in modo unico. Sono Silvia e Davide, “maestri contadini”, che non si stancano mai di seminare e di farci crescere nella famiglia allargata del Mulino.

Ma sicuramente, senza Alice C. e Stefano e Alice S., “maestri ago e filo”, non sarei qui. Hanno cucito insieme le preoccupazioni e i sorrisi, la matematica e la poesia, i colori di un tramonto e le ginocchia sbucciate. Impastano le forme della terra con i profumi del cielo. Tengono insieme sguardi, gesti e parole dentro grandi girotondi. In questi anni pieni di vita e di morte, sono diventati la mia famiglia, e la nostra famiglia.

Ma ci sono anche bambine maestre.

C'è Ester, “maestra scintilla”, che mi lascia a bocca aperta. Innesca passione e curiosità ardente, mi svela i segreti delle piccole cose: i disegni nascosti di una ragnatela, il nome di una stella, la storia di una parola antica. Sa riconoscere la scintilla negli altri e indicarla con naturalezza, come se dicesse: guarda, lì c'è qualcosa che brilla già. Mi mostra come accendere la testa, come aprire gli occhi sul mondo.

C'è Mafalda, “maestra caleidoscopio”, capace di mettere le cose in controluce, con delicatezza, scovando la meraviglia in tutto ciò che la circonda. Mi insegna a riconoscere la bellezza nell'altro e nel prendersene cura. Mi mostra cosa significa crescere insieme e mescolare i colori in giochi di luce sempre nuovi. Mi insegna la felicità.

C'è Reby, “maestra finestra”, che vive con il cuore spalancato sul mondo. Ha una fantasia larga, luminosa, capace di inventare mondi e di aprirli agli altri senza tenerli solo per sé. Desidera che io parta, che esplori da sola. Lascia che tracci la mia rotta, perché si fida di me. Sa che talvolta è necessario sbagliare strada, e io lo faccio, e magari anche perdersi un pochino. Mi ricorda che si può sempre tornare e ritrovarsi.

Tutte e tre sanno che non sempre è tutto perfetto e che va bene così, perché è stato ed è il mio, il nostro, viaggio.