



I S E M P R E V E R D E

DOMENICO SCINÀ

— ★ ★ ★ —

Introduzione alla fisica sperimentale

ATHENA
EDIZIONI

Athena Edizioni ti regala questo libro in formato cartaceo, stampato e spedito gratuitamente a casa tua. Infatti per ogni libro acquistato dal sito potrai scegliere un libro della collana Sempreverde in omaggio. Visita edizioniathena.it per maggiori informazioni.

Introduzione alla fisica sperimentale
Scinà

Domenico

Introduzione alla fisica sperimentale

Sellerio editore Palermo

L'oggetto della Fisica sperimentale è quello di conoscere i corpi e le loro proprietà, stabilire le leggi della natura, comprendere quanto più si può il disegno dell'universo, e rivolgere a pubblico comodo e a comune utilità le cose create. Per fornir degna-mente un oggetto così nobile ed importante, comincia questa scienza e fondasi innanzi d'ogni altro sulle osservazioni. Imperocché non si può in altro modo giungere alla vera e chiara cognizione de' corpi, che attentamente riguardandoli; spiegar non si possono direttamente i fenomeni senza lo studio dei fenomeni medesimi; e notando con diligenza gli andamenti della natura, possiamo raccogliere le consuetudini, o, come diconsi, le leggi, secondo le quali costantemente essa opera. Ma siccome non di rado avviene che, a cagione della nostra debolezza, dubbj, oscuri e intrigati ci compariscono i fenomeni; così non potendosi la nostra mente confare alla grandezza della natura, è necessario che coll'arte si accomodi la natura alla nostra picciolezza, e si chiami lo esperimento in aiuto della osservazione. Sciogliamo, a ciò fare, i corpi, o a nostro senno li combiniamo, imitiamo o pure alteriamo le produzioni naturali; e con questi ed altri simili ingegni spesso si riesce di conoscere meglio il tutto dalla inspezione delle singole parti, o di estimare la grandezza delle forze dai nostri piccoli saggi, e costringere, dirò così, la natura a rivelarci i

suoi arcani. Per lo che l'osservazione e l'esperimento sono le basi della fisica, e gli strumenti e le macchine vagliono a confortare i nostri sensi e 'l nostro intendimento nell'osservare e nello sperimentare. Tutto ciò poi che attesta l'osservazione e l'esperimento chiamasi fatto, e sopra questi fatti poggia il ragionamento e ogni altra fisica speculazione.

Il metodo con che si procede nell'investigazione delle cause fisiche, è semplicissimo, e non senza gran senno in altro non consiste che nell'arte di ridurre i fatti. Sono prima d'ogni altra cosa da compararsi i varj e slegati fenomeni già posti e raccolti dall'osservazione e dall'esperienza, così ad uno ad uno, come tutti insieme, per vedere in che si convengano, o per avventura si differiscano. Gli strumenti, di cui grandemente si giova il nostro spirito nel dirizzare una sì fatta comparazione, sono la geometria ed il calcolo, come quelli che la scala ci danno, che all'uopo e con destrezza maneggiata, misura, quanto più squisitamente si può, la relazione delle cose, e il grado di loro

scambievole dipendenza. Di poi è da trovarsi il legame che unisce i fatti già esaminati, e tra la folla di questi è da cogliersi un fatto e un fenomeno principale da cui tutti gli altri naturalmente dipendono, e intorno a cui come ad un comune centro si vanno tutti gli altri spontaneamente collocando. Questo fenomeno, cui gli altri riduconsi, si chiama causa fisica, o legge di natura; i fatti ridotti si tengono per dichiarati, e diconsi ravvicinati; chi ottimamente riduce appellasi inventore, e per quest'arte di ridurre distinguesi il fisico dal volgo degli sperimentatori. Così un esperimento fece ragione di tutti i fenomeni dei colori, e Newton, che li ridusse, meritò giustamente gli onori d'inventore nell'ottica.

Sino a questo termine è dato allo spirito umano di pervenire nello studio delle cose naturali; e sebbene gli rincresca di dover prendere per causa un effetto generale, pure non gli è concesso di proceder più

oltre, cercando le cause prime delle cose. Poiché lasciando stare che le proprietà dei corpi non ci sono tutte note, o perché alcune restano ancora a scoprirsi, o perché i nostri organi son disadatti al conoscimento di altre, egli è fuor di ogni dubbio che i sensi, i quali sono il fondamento di tutte le nostre speculazioni, veggono le sole proprietà apparenti dei corpi, né sanno né veder possono perché tali ci compariscono, quali ci compariscono, e a che si attengono tutte le loro proprietà, e quale sia la loro natura, ch'è la prima ed originaria causa de' fenomeni. L'universo infatti per noi è l'aggregato delle nostre sensazioni, e cangerebbe ove i nostri organi si venisser cangiando; anzi tutt'altro ancor ci comparirebbe, se i nostri occhi in luogo di essere, come al presente sono, fossero a microscopio o pure a telescopio conformati. Di che avviene che le nostre cognizioni non giungono

sino all'immutabile natura delle cose; che siamo e saremo sempre rispetto alle cause prime non altrimenti che i ciechi sono in riguardo ai colori; e che sarebbe una sconcezza di travagliarci in ricerche che vanno oltre le nostre forze, e dalle quali altro di certo non si trarrebbe che vaneggiamenti ed errori. E però ben fanno oggi i fisici, che ad altro non mirano che a raccogliere e a ridurre i fatti, e ad incatenare cause particolari ad una causa più generale, per avvicinarsi quanto più si può coll'ajuto del tempo e dei travagli dell'età avvenire alla riduzione dei fenomeni tutti dell'universo ad un solo, che considerano come il limite d'ogni fisico sapere, e di quella perfezione da cui siamo al presente lontani, cui dobbiamo sempre adoprarci per arrivare, e alla quale forse non arriveremo giammai.

Si può da tali cose ora conoscere che la fisica ajutata com'essa è nelle sue ricerche, e unitamente diretta dalle tre guide della ragione, che sono l'osservazione, l'esperimento ed il calcolo, oltre ad ogni altra scienza sodamente procede, e fondatamente stabilisce le sue verità. Di leggieri si comprende del pari che questa scienza piglia forza e aumento, come cresce il numero dei fenomeni ridotti, dimodoché la molteplicità dei nostri principj è un argomento della nostra imperfezione, perché annunzia un difetto di riduzione nello stato attuale delle nostre cognizioni. Chiunque infine si persuade che la fisica dirittamente trattata altro non è, né dee poter essere, che una raccolta ragionata d'osservazioni e di esperimenti.

Dietro la scorta di questi principj siamo in istato di apprezzare con senno la fisica degli antichi come dei moderni, cominciando dai Greci, di cui certe e non poche memorie sono pervenute sino a noi. Questi sebbene da Talete sino a Socrate non

fossero stati che fisici, e gli stessi filosofi morali ed i severi Stoici eziandio sdegnato non avessero lo studio delle cose naturali; pure cognizioni ebbero incerte, disgiunte, erronee e astratte della fisica. Dotati com'essi erano d'alto intendimento, caldi d'immaginazione, arditi nelle loro ricerche, ed impazienti di scoprire il meccanismo dell'universo, trascurati gli esperimenti e le osservazioni, si diedero ad interpretar la natura prima di studiarla, e furono più presto metafisici che fisici. Le non poche fisiche verità, che sparse si leggono nei greci filosofi, furono appo loro opinioni e non fatti, congetture e non teoremi, pensamenti d'una setta particolare e non dogmi della fisica, dottrine infeconde e non principj per ispiegare i fenomeni, verità in somma miste e confuse cogli errori, con questioni e con sottigliezze metafisiche, che a somiglianza degli errori furono contrastate, alterate e poste finalmente in obbligo. I Greci adunque, generalmente parlando, mancarono prima in ciò, che osservarono poco, e fecero rarissimi esperimenti; ed in secondo, che ad indagar si rivolsero i primi principj e le prime cause delle cose che, per quanto pare, sono fuori della nostra intelligenza. Ciò nonostante saranno sempre degni della ricordanza dei posterì Archimede, che fondò la meccanica e l'idrostatica; Ipparco per i suoi travagli astrono-

mici; Ippocrate, che si sforzò d'unire la ragione ai fatti nella medicina; Leucippo ed Epicuro, che i primi, poste da parte le ragioni metafisiche, recarono innanzi delle spiegazioni meccaniche sulla fabbrica dell'universo; ed Aristotile, che colla storia degli animali mostrò chiaro di che erano capaci i Greci, se la copia del loro ingegno e lo spirito di setta devianti non gli avesse dallo studio attento e diligente delle cose naturali.

I Latini non ebbero fisici, ed occupati com'erano dell'arte di governare, si ristettero ai Greci, e quasi per erudizione gli studiarono. Lucrezio fiancheggiò di nuove ragioni e leggiadramente abbellì il sistema di Epicuro, e Plinio da' Greci raccolse ciò che questi aveano scritto intorno all'uomo, alla natura e alle arti, e mettendolo insieme ordinato ce lo tramandò; di modo che i fisici più illustri tra i Romani recarono in latino linguaggio e affinarono le cose greche senza più. È solamente Seneca che non di rado si attira la nostra ammirazione nelle sue questioni naturali, massime quando preso d'entusiasmo annovera le comete,

secondo ch'era piaciuto a' Pittagorici, tra le opere eterne della natura: *Non ci rechi meraviglia*, dice egli, *che al presente s'ignori la legge dei movimenti delle comete che rare volte si vedono, e non si conosca il principio ed il fine della rivoluzione di questi astri, che da una distanza così smisurata a noi ritornano. Tempo verrà in cui le cose che ora sono occulte richiamerà a chiara luce lo studio e la diligenza dell'età avvenire, in cui i nostri posteri si meraviglieranno della nostra ignoranza. Tempo verrà in cui alcuno mostrerà in quali parti del cielo si rivolgano le comete, e perché sì lungi dagli altri astri camminino, e quanti e quali sieno.* E veramente questo presagio, annunciato con tanta fermezza ed in gran parte avverato, colloca meritamente Seneca tra la classe di quegli spiriti che presentano la forza della verità prima che si possa da lor dimostrare, e separandolo dai fisici della sua età sopra tutti l'innalza.

Dopo questi tempi non vi fanno comparsa che Aristotelici, Platonici, Pittagorici ed Ecclettici, che lasciato da parte lo studio dei fenomeni, vergognosamente occupavansi di astrazioni metafisiche, di questioni teologiche e di cavillazioni logiche. Gli Arabi stessi si smarrirono dietro i Greci, e traducendo i vecchi ed inutili libri della Fisica di Aristotile, li venerarono come sacri codici, che sempre comentando, e sovente mal comprendendo, di nuovi assurdi e di altre inintelligibili questioni li sopraccaricarono. E comeché recato ci avessero le scienze, e molto degnamente adoprate si fossero non che per la chimica, ma a pro delle cose astronomiche; pure non si elevarono alla ricerca delle cause fisiche, e tratto Alhazen, che alcune cose scrisse sull'ottica degne di commendazione, furono i loro fisici per lo più gl'interpreti d'Aristotile e non della natura.

Spenta la barbarie in Europa, e dirozzati gl'ingegni col rinascimento delle lettere, della filosofia arabo-peripatetica ebbero origine gli Scolastici. Questi si divisero in varie truppe sotto i nomi di Scotisti, Occamisti, Tomisti, o altri; e scelto il sillogismo come la spada da battersi, pugnavano eternamente gli uni contro gli altri per la materia e la forma, per l'accidente e l'infinito, e per altri arzigogoli dialettici, ontologici, cosmologici, teologici, e simili. Erano però tutti d'accordo a mettere in bando l'esperienza e l'osservazione, e a perseguitare come nemici dei buoni studi tutti quei che per avventura alle cose fisiche attendessero: *Credeano essi, secondo dice Bacone, che venisse meno la maestà dell'umano intelletto, se attentamente e con diligenza prendessero a trattare esperimenti e cose sensibili e materiali; molto più*

che riputavano sì fatte cose ignobili a meditarle, inelleganti a dirle, e men degne per la loro multiplicità a praticarsi da uomo libero.

In mezzo a questo disordine di cose surse Bacone di Verulamio, che elevandosi oltre alla folla dei suoi contemporanei avvertì gl'ingegni dei loro traviamenti, e richiamando la fisica dagli oggetti astratti ai sensibili, e dai sillogismi agli esperimenti, la propose loro come l'unico ed il più acconcio mezzo per ricondurli al diritto sentiero ed alle utili discipline. Per guida e conforto degli spiriti allora imbecilli ed infanti dirizzò la nuova logica, e scorgendoli per via non usata nelle fisiche ricerche, insegnò loro il metodo di studiare la natura per la natura medesima, e l'arte meravigliosa di *analizzare* i fatti, e legare i fenomeni coll'induzione e coll'analogia. E perché le scienze, non ostanti le prime classificazioni d'Aristotile, erano confuse ancora ed impacciate, le ordinò e ne mostrò

la comune origine, il mutuo legame, le varie e multiple diramazioni, le cose in esse già scoperte e le altre innumerevoli che restavano ancora a scoprirsi. Raccolse infine, per quanto allora seppe e poté, una gran copia di fatti, e cercò così di porre e adunare i primi materiali che servir doveano all'innalzamento della fisica e d'incoraggiamento agl'ingegni per passare più oltre. Condotta in questa maniera l'umano intendimento quasi per mano da Bacone, e sospinto dagl'illustri esempi di Copernico, Ticone e Keplero, si mise nella via delle osservazioni e degli esperimenti, e la fisica dei moderni nacque.

Galileo fu il primo ad entrare nella laboriosa carriera, e giustamente si riguarda come il padre ed il fondatore della fisica. I suoi esperimenti e le sue scoperte sulla caduta accelerata dei gravi, sulle leggi del moto composto, su i corpi oscillanti e sopra altri oggetti gravissimi, furono i primi e ben avventurosi

auspizi della moderna fisica. Fu egli il primo a riguardare il cielo col telescopio, a misurare il tempo col pendulo, e ad interrogar la natura colla geometria. Da' suoi insegnamenti furono addottrinati Viviani che abbellì la meccanica, Castelli che pose i principj dell'idraulica, e Torricelli che dié cominciamento alla teorica dell'aere. Valsero più d'ogni altro i suoi libri, la sua fama e le sue persecuzioni ad eccitare gl'ingegni ancor lenti, ed a scuotere dal sonno così gl'Italiani come gli stranieri. Fu allora che Pascal in Francia, Ottone Guerike in Germania e Boyle in Inghilterra la dottrina dell'aere si tolsero particolarmente ad illustrare. Stabilì allora Firenze l'Accademia del Cimento, che protetta da illustri personaggi e composta dai più famosi uomini, come Viviani, Redi, Borelli, Magalotti ed altri, chiarissima divenne per la copia ed esattezza degli esperimenti, che con profitto inestimabile della fisica tentò e ridusse a perfezione. E

se ogni altra cosa mancasse, il telescopio, il barometro, l'igrometro, la macchina pneumatica e tanti altri utili strumenti basterebbero a somministrarci un argomento certo ed evidente, che con Galileo la vera fisica si nacque, e dopo lui ebbe accrescimento e fiorì; perciocché ove ci hanno strumenti ed esperienze, ivi ci hanno fatti, e perciò scienza.

Lo scolasticismo frattanto, che per ogni dove signoreggiava in Europa, fortemente opponeasi al progresso della ragione, ed ora minacciando ed ora perseguitando teneva sotto il giogo l'umano intendimento, e lo ritraeva dagli ottimi studi. Cartesio venne all'uopo, e come chi grand'era d'ingegno e franco di animo, affrontò la filosofia delle scuole, forte la scosse, e sin dalle fondamenta rovesciolla, sostituendo all'oscurità la chiarezza, all'autorità l'esame, e ad Aristotile la ragione. Ma come gli uomini sono così fatti che amano l'errore piuttosto che l'ignoranza,

e se prima allettati non sono dalla vista d'un nuovo sistema, non fanno l'antico abbandonare; così Cartesio con grande accorgimento immaginò un sistema di suo senno, e distruggendo l'errore delle scuole con un altro più vistoso e bizzarro, tutti a sé trasse gli spiriti, e li condusse, come suole accadere, alla verità per la via degli errori.

Tolti i potentissimi ostacoli della scuola, gli ingegni educati già da Galileo, e strascinati, dirò così, da Cartesio, si rivolsero da ogni parte allo studio della natura. Ma perché gli antichi non ebbero, per dir così, fisica particolare, né conobbero il pregio e l'importanza delle minute osservazioni, fu di mestieri in questa prima età della fisica che tutti attendessero ad osservazioni e ad esperimenti per supplire quanto più si potea alla scarsezza dei fatti. Fu quindi la fisica in questi primi tempi soda e reale, ma slegata e ristretta ad oggetti particolari; e si può questa prima epoca

chiamare l'epoca della raccolta dei fatti che servir doveva d'apparecchio all'altra della riduzione dei fatti e dei grandi fenomeni della natura. E veramente non era ancora la fisica né potea essere tanto franca ed ardita da elevarsi ad abbracciare in grande le cose. Gli stessi ingegni più nobili, come Keplero e Cartesio, che si sforzarono di trovare il legame che passa tra la natura terrestre e la celeste, nei loro pensamenti fallirono, perché il tempo non era ancora maturo. Siccome i fenomeni della natura sono i risultamenti matematici d'un piccolo numero di leggi invariabili; così non si possono dichiarare senza il favore del calcolo e della geometria, né può lo spirito umano comprenderli, se prima non abbia condotto alla conveniente perfezione le pure matematiche. Di che viene che i progressi della fisica e quelli delle discipline geometriche vanno compagni, e strettamente tra loro si attengono e riferiscono. Trovandosi adunque la fisica

sfornita in quei tempi dell'ajuto dei sublimi calcoli, e con essi delle grandi verità geometriche, non sapeasi liberare dall'impaccio degli oggetti particolari, e desiderava un genio che portando alla naturale altezza il calcolo e la geometria, e *generalizzando* le belle scoperte di Keplero, Cartesio, Galileo, Hugenio e di altri, ivi la recasse, d'onde potea la prima volta riguardare i fenomeni insieme e l'universo in grande; ed ecco Newton.

Fornito com'egli era di alto intendimento, nutrito nella geometria degli antichi, educato nell'algebra di Cartesio, preceduto da Wallis, Brounker e Mercatore, poté generale rendere il metodo delle quadrature che in alcune curve aveano questi grandi uomini trovato, o l'altro delle tangenti di Barrow, il calcolo delle *flussioni* inventando. Ebbe in questo calcolo lo strumento per sciogliere qualunque moto nei suoi elementi, per estimare il rapporto degli elementi delle celerità

nell'istante medesimo che si svaniscono, per calcolare tutte le combinazioni delle forze e delle grandezze variabili, e per osservare e sorprendere la natura nei suoi primi andamenti e nei suoi primi insensibili passi, che sebbene sfuggono la nostra vista, pure sono più atti alla nostra intelligenza. Persuaso che il legame tra la terra ed il cielo era da ritrovarsi nell'identità dei fenomeni operati per le stesse cause e secondo le medesime leggi, si mise a considerare e insieme a confrontare le leggi già ritrovate da Keplero, secondo le quali i pianeti si muovono, e quelle scoperte da Galileo, a norma delle quali i gravi cadono alla superficie della terra; ed in virtù di questa comparazione, e coll'ajuto del novello calcolo, fondò la non mai sin allora conosciuta meccanica celeste. Perché i satelliti e i pianeti principali muovonsi in ellissi, e gli uni e gli altri aree descrivono proporzionali ai tempi, ne ritrasse con sottil pensiero che tutti

sono ritenuti nelle orbite da una forza al foco diretta delle loro rivoluzioni, ed unendo questa forza colla proiettile giusta le idee di Hook, ragion fece dei movimenti curvilinei dei corpi celesti. E perché i quadrati dei tempi periodici dei pianeti sono come i cubi dei grandi assi delle loro orbite, ne inferì che la forza, la quale trattiene i pianeti, va a farsi meno nella ragione dei quadrati delle distanze. Anzi, come colui che di gran sentimento era nelle cose geometriche, valse a dimostrare in generale che un progetto, animato da una forza diretta ad un punto e reciproca ai quadrati delle distanze, può descrivere una delle sezioni coniche, come ancora a provare che i teoremi d'Hugenio per i corpi che girano in un cerchio, esattamente quadrano a quelli che muovonsi in ellissi, come fanno i pianeti. Dalle leggi in somma di Keplero ricavò la forza che opera nella ragione inversa dei quadrati delle distanze, e da questa forza le leggi

conchiuse di Keplero. Giunto a questo termine si rivolse alla terra, e si avvide che più fenomeni terrestri chiaro gli annunciavano la tendenza che hanno i corpi gli uni verso gli altri, o sia l'attrazione, ed il moto dei penduli, e la caduta dei gravi nel vòto gl'insegnavano che l'attrazione opera nella ragione delle masse. Comprese adunque che a stabilire l'unità del sistema tra la terra ed i corpi celesti conveniva dimostrarsi l'identità della forza, o, per dir meglio, che l'attrazione sia la stessa forza che trattiene i pianeti, ed opera nella ragione reciproca dei quadrati delle distanze; ed egli con gran sagacità ciò fece per mezzo della luna. Comparò la luna che si muove ad una pietra che cade; ed ajutato dalle scoperte di Galileo e dalle misure di Picard, vide non solo che la luna girando cade come una pietra, ma dagli spazj che l'una e l'altra cadendo nello stesso tempo trascorrono, si accorse che l'attrazione dal centro della terra alla superficie, e di là sino

alla luna estendendosi, va la sua forza menomando nella ragione dei quadrati delle distanze. Allora fu che con animo franco e sicuro si elevò dalla terra, e poggiando il piede, dirò così, sulla luna, si andò a collocare nel sole, d'onde si mise a riguardare i pianeti lanciati dalla mano del Creatore, ed obbligati a girare dalla massa del sole che li signoreggia; incatenò al nostro sistema le sin allora erranti comete; sottopose il sole alla legge comune, mettendolo in movimento insieme cogli altri; pesò la massa dei pianeti da satelliti corteggiati; stabilì un punto centrale, intorno a cui e pianeti e lune e comete da una parte, e la massa del sole dall'altra, come in una stadera, si equilibrano, e rivelò agli uomini che ogni molecola di materia attrae tutti i corpi nella ragione della sua massa, e reciprocamente al quadrato della sua distanza dal corpo attirato. Scorto quindi da sì fatto principio andò conoscendo che la terra ed il sole turbano i moti della luna;

che il sole e la luna sovrastando alle acque del mare l'agitano e le gonfiano; che l'azione del sole e della luna sull'equatore terrestre è la causa per cui gli equinozj precedono, e le stelle fan sembianza di muoversi in longitudine; che i pianeti intricandosi nei loro giri, secondo il sito, la massa e le distanze, mutuamente si ritardano o si accelerano e si alternano i movimenti; tutti in somma i fenomeni derivarono da leggi generali e calcolati, tutti si ridussero all'attrazione, e l'universo fu per Newton un problema d'algebra e di geometria, di cui in alcune parti apprestò intera ed in altre accennò la soluzione. Ben gli si conveniva dopo tutto ciò il diritto di dettare leggi all'umana ragione nelle ricerche delle cose fisiche; ma egli pago di richiamare in luce la logica di Bacone, questa espose in brevi canoni, e sanzionata la *repubblicò* dalle proprie scoperte sul sistema del mondo e sulla teorica dei colori.

Publicato il sistema di Newton, vennero meno i vortici di Cartesio, come all'apparir dei vortici eran cadute le sottigliezze degli scolastici, e cominciò la seconda epoca della filosofia naturale, che si nota e segnala per la riduzione dei grandi fenomeni, per l'unione della fisica coll'algebra, e per la retta maniera di ragionare. Poiché, rigettate le ipotesi generali e le spiegazioni indeterminate, s'introdusse in fisica e si stabilì come principio che sono solamente da ammettersi le cause fisiche e le teoriche precise e calcolate, le quali ragion fanno non che dell'esistenza del fenomeno, ma ancora delle sue modificazioni, della sua quantità ed estensione. Frutto di questo principio è stato il travaglio di un secolo, per cui i più grandi ingegni hanno inteso a sviluppare in tutti i suoi conseguenti l'attrazione, la quale comeché posta già e rassodata dal Newton, per l'imperfezione in cui era allora il calcolo dell'infinito, non sapea ancor vincer la

difficoltà d'alcuni problemi, e ridurre e spiegare alcuni fenomeni che pareva ricusassero le sue leggi. Ed in verità, sublimata la meccanica ad un principio generale, inventati nuovi calcoli, scoperti nuovi corpi celesti, dopo le fatiche di Clairaut, Alembert, La Grange, La Place, e tanti altri, si è finalmente arrivato a dimostrare corrispondenza tra i calcoli e le osservazioni, tra l'attrazione ed i fenomeni celesti; e la meccanica celeste è divenuta il testimonio più vero e chiaro e glorioso della forza ed eccellenza dell'umano intendimento.

La fisica, che fiancheggiata dai sublimi calcoli si levò tanto alto per opera di Newton, ha ricevuto a tempi nostri nuovo accrescimento per i progressi della chimica, con cui sinora è stata in comunicazione, e tiensi ancora amichevolmente congiunta. Sebbene lo spirito umano ha diviso le scienze per

conforto della propria debolezza; pure questa separazione è da considerarsi come temporanea, ed allora sarà egli veramente degno d'interpretar la natura, quando perfezionate separatamente le scienze, e distrutti i limiti che le dividono, di tutte non ne formerà che una sola e semplice scienza. Indi è che l'immenso intervallo che passa tra lo stato attuale delle nostre cognizioni e l'intera riunione delle scienze è supplito dalle nostre opinioni ed ipotesi, o sia dai nostri vaneggiamenti; che il progresso di una scienza influisce naturalmente sulle altre; che l'unione della fisica colla chimica è da riguardarsi come un passo ulteriore dello spirito umano verso la perfezione, e l'epoca di questa unione come l'epoca terza della fisica moderna. E veramente siccome la natura, niente riguardando ai nostri metodi ed alle nostre divisioni, suole insiememente adoprare gli *agenti* chimici ed i

meccanici nella formazione delle sue opere, ed i fenomeni unitamente risultano dalle leggi del moto e da quelle dell'affinità; così ben si comprende che la fisica coll'ajuto della chimica li ha potuto spiegare più destramente che prima non faceva. In effetto l'analisi dell'aria atmosferica, la eudiometria, la meteorologia, e tanti altri articoli di somma importanza o sono interamente nuovi, o rinnovati e raddrizzati secondo le scoperte della moderna chimica. E mentre la fisica si è tanto giovata della chimica, va essa di continuo questa rischiarando, e, quel ch'è più, le ha somministrato uno strumento novello ed efficacissimo ad analizzare i corpi nella colonna di Volta¹.

¹ Questa e tutte le note successive riportano le varianti della prima edizione del 1803 rispetto a questa del 1832. [Nota per l'edizione elettronica "Manuzio"]

In luogo dei due ultimi periodi, da «In effetto...» a «...Volta», la prima edizione diceva invece: «In effetto la dottrina dell'acqua

Tanto egli è vero che un fenomeno appartiene, dirò così, a tutte le scienze, e che queste sono state da noi divise per istudiare, e sono da unirsi per conoscere la natura.

In mezzo a tanti lumi e a tanti progressi dello spirito umano, l'arte di fare esperienze è divenuta più esatta; ed eccitata, guidata e raffinata la mano dei più

e del fuoco, quella delle arie fattizie, l'analisi dell'aria atmosferica, l'igrometria, l'eudiometria, la meteorologia, la considerazione della luce come un agente chimico, la fluidità e la solidità, l'elettricità artificiale ed atmosferica, e tanti altri articoli di somma importanza, o sono intieramente nuovi, o rinnovati e raddrizzati secondo le scoperte della moderna chimica. E mentre la fisica si è tanto giovato della chimica, va al presente rischiarando colle ricerche sul galvanismo l'argomento più oscuro della fisiologia, com'è l'indole dei nervi e dei muscoli, e l'azione degli uni sopra degli altri. Tanto egli è vero, che un fenomeno appartiene...».

valorosi artefici dal genio delle scienze, la fisica strumentale è stata condotta a gran perfezione, e va sempre più acquistando un'incredibile precisione. Le lenti acromatiche, i telescopj di Herschel, i nuovi microscopj hanno amplificato la nostra vista ed il nostro mondo; gli orologi resi imperturbabili ai movimenti di una nave, alla differenza dei climi ed alle vicende dell'atmosfera, misurano con rigore il tempo; e le nostre osservazioni ed i nostri esperimenti son divenuti esatti per l'esattezza delle divisioni che si trovano nelle macchine e negli strumenti. Le antiche e già conosciute verità sono state meglio dimostrate, ed una gran copia di fatti è stata osservata e misurata con isquisitezza di parte in parte, perché fabbricati con più diligenza gli antichi strumenti, ed altri con grande precisione di nuovo inventati, abbiamo già supplito, per quanto l'umana industria sa e può, alla gran distanza che corre tra l'imperfezione dei nostri organi e

l'esattezza della natura. Per lo che ricca al presente la fisica di strumenti e di metodi, favorita di concerto dalla storia naturale, dalla chimica e dalle matematiche, guidata dalla logica di Bacone, coltivata dagl'ingegni più chiari, ed intenti i fisici con incredibile pazienza ed ardore ad osservare e ad sperimentare, abbiamo fondata ragione di credere che venga questa scienza di giorno in giorno sempre più ampliandosi, massime che oggi ridotte le fisiche discipline a facili e semplici elementi, sono divenute uno studio di piacevolezza, una parte della gentile educazione ed un indizio di pubblica coltura tra le polite nazioni.

Ciò non ostante non siamo noi senza difetti. Ogni nuova scoperta ci trasporta oltre modo, e sotto il pretesto di estenderla si riguarda come una verità centrale, e la ragione di quei fenomeni che non sono stati ancora o bene o abbastanza dichiarati. E come l'ingegno umano sa con destrezza dare eziandio ai fatti la

forma della nostra mente, si collocano gli esperimenti e le osservazioni con tale simmetria, che riguardati, dirò così, di profilo ci presentano lo stesso punto di vista e ci mostrano gli stessi risultamenti. Indi illusa l'Europa comincia a parlare il medesimo linguaggio e segue con entusiasmo la stessa opinione. A poco a poco, o perché la natura smentisce i nostri mal fondati raziocinj, o per amor della novità si guasta l'incanto, e rigettandosi ciò che prima con grande ardore abbracciato si avea, si corre ad un'altra opinione, e s'imbatte in una nuova illusione. Che non si spiegò per attrazione o repulsione? quanto non ha poi signoreggiato il fluido elettrico? quali rumori poco fa non levarono le arie fattizie? Comparve ogni cosa, non ha molto, in linee involuppata e di analitiche forme rivestita. L'altro jeri tutto era affinità, ed un discorso senza chimici vocaboli si reputava quasi barbaro e profano. Oggi tutto è etere, etere che si scompone,

etere che si neutralizza. E così di mano in mano² passando di opinione in opinione, sempre trasportati e sempre leggieri, adottiamo nuovi vocaboli e nuove spiegazioni; e la fisica, se non è come quella degli antichi divisa e lacerata in più sette, è sottoposta per queste rapide vicende alla bizzarria delle mode. Ci consola però, in tanta copia ed instabilità d'opinioni, il vedere che le nostre illusioni medesime tornano per virtù dei metodi già stabiliti ad utilità della fisica.

² Da «L'altro ieri...» a «E così di mano in mano», la prima edizione diceva invece: «Oggi tutto è affinità, ed un discorso senza chimici vocaboli si reputa come barbaro e profano. Chi il crederebbe? Le nostre malattie sono per difetto o pure per soprabbondanza d'ossigeno, di azoto, d'idrogeno, di fosforo, o di altro simile; ed i rimedi ai nostri mali sono ossigenanti, dissossigenanti, azonanti, idrogenanti e fosforizzanti».

Ogni nuova opinione infiammando gl'ingegni li sospinge ad altre e più dure fatiche, ed incoraggiandoli a nuove sperienze l'origine diviene di altri belli pensamenti e di altre felici scoperte. E come la fisica rigetta oggi le ipotesi e i sistemi, e non annovera tra i suoi dogmi se non le cose certe e dopo maturo esame sodamente confermate; così può dirsi che le illusioni e gli errori sono dei fisici, e non della fisica. Di fatto mentre quelli si smarriscono, essa profittando dei loro travagli raduna nuovi fatti, ed in mezzo all'urto di tante contrarie opinioni si apparecchia la strada al ritrovamento di altre importanti verità³, come ha fatto per mezzo della luce, del calorico, dell'elettricità, dell'elettromagnetismo e del resto.

Ci duole, in secondo luogo, che i fisici da ogni parte intenti

³ Dopo «...verità», la prima edizione proseguiva: «come ha fatto per mezzo dell'elettricità, dell'arie fattizie e del resto».

tutti sieno ad sperimentare, e poca sollecitudine si prendano di osservare. Invece di moltiplicare le osservazioni, e rischiarare quelle che dubbie sono, coll'esperienza, siccome sarebbe convenevole, ognuno si chiude nel proprio gabinetto, e giuocando con alcuni strumenti, ed accomodando a suo arbitrio la natura, ci reca innanzi i suoi esperimenti, che da più luoghi a noi pervenendo, alcuna volta ci sono inutili o d'inciampo per la loro imperfezione, e spesso aumentano la nostra incertezza per la loro contrarietà. Non è quindi da maravigliare se cresciuto sia il numero dell'esperienze senza crescere a proporzione quello dei fatti, e se moltiplicato siesi piuttosto il catalogo delle opinioni che quello delle fisiche verità. Ora sebbene l'esperimento sia una scorta nella dubbiezza delle apparenze, un ajuto alla nostra debolezza, ed un metodo di interpretazione; pure è un'osservazione fattizia, un artificio della nostra mente e l'opera delle nostre mani. E però i suoi dettati saranno sempre incerti, i suoi piccoli saggi inutili, e le sue interpretazioni fallaci, se non sono confermati dai fenomeni osservati, e non si adattano esattamente alle opere della natura. Per lo che il fisico dalla vista d'una natura fattizia dee ritornare a quella della reale, e dal suo gabinetto all'universo, molto più che coll'osservazione, innanzi d'ogni altro può confidarsi di acquistare un abito felice ed un diritto

sentimento per interpretar la natura, svelarne gli artifizi e notarne le consuetudini che sono l'oggetto di tutte le nostre ricerche e fatiche. E se qui ci fosse concesso di far voti per l'avanzamento delle scienze fisiche, sarebbe da desiderarsi che un'accademia s'istituisse, da cui esaminati tutti gli esperimenti nuovamente fatti, e che di tempo in tempo si vanno dai fisici in più parti dell'Europa facendo, quei soli si pubblicassero che certi sono, e giustamente collocar si debbono tra la classe dei fatti; affinché ridotti in un sol corpo riposasse su i medesimi la nostra confidenza, e con sicurezza appoggiar vi si potessero le nostre speculazioni. Per buona fortuna i fisici al presente e le accademie scientifiche, vinte le gelosie nazionali e le differenze in fatto di religione, van formando unica società, si comunicano sollecitamente i loro travagli, e gareggiano tra loro per condurre a perfezione le scienze fisiche e illuminare i popoli della terra. Appena Oersted scoprì l'azione della pila di Volta sull'ago magnetico, Ampère ed Arago in Francia, Davy e Faraday in Inghilterra, Nobili in Italia, Schweiger in Halle e tanti altri da ogni parte son venuti ad accrescere questo novello ramo della scienza. Come Seebeck annunziò la pila termo-elettrica, si videro Oersted e Fourier che uniti insieme tentavano nuove esperienze sopra questa nuova maniera di eccitare le correnti elettriche. E parimente

subito che Barlow si accorse dell'azione delle palle ruotanti sull'ago magnetico, venne Arago scoprendo le azioni dei corpi in moto sopra le calamite, o dei corpi in riposo sulle calamite mobili, e poi confermò queste sue scoperte contro le opposizioni del Nobili, che non le aveva trovate vere nel fatto, e quindi furon replicate dall'Herschel: e così si va in ogni luogo e con ogni diligenza ricercando la sodezza degli esperimenti. Sicché l'amor di gloria e del sapere nelle circostanze attuali di Europa par che acceleri la conoscenza della verità dei fatti, e non ci lasci più a lungo, come prima, dubbj ed in forse sopra la certezza degli esperimenti⁴.

Bastano queste poche linee per portare un giudizio fondato sulla fisica degli antichi e dei moderni. Quelli, collocandosi alla sorgente di ogni cosa, immaginarono cause generali per spiegar tutto. Questi,

⁴ Tutto questo passo sulle accademie e sui fisici, da «Per buona fortuna i fisici...» a fine capoverso, non figurava nella prima edizione.

dopo lo studio dei fenomeni in particolare, sonosi a poco a poco e con passo sicuro elevati alla cognizione delle cause. I primi, deviando dalla strada dei fatti, non ebbero il giusto metodo e la diritta maniera di trattare la fisica. I secondi al contrario, intenti ad osservare e ad sperimentare, hanno cercato di ridurre i fatti, hanno sodamente posto le leggi della natura, e dato cominciamento alla vera fisica. Questa scienza adunque presso i moderni è stata meglio coltivata, ed è di gran lunga superiore che non fu presso gli antichi. La nostra superiorità però non consiste, come alcuni hanno falsamente creduto, nelle molte verità da noi conosciute, e che quelli non seppero; perché le nostre scoperte si possono considerare come frutti naturali e ben avventurosi del tempo, massime che la fisica di sua natura cresce coi fatti, e lentamente si aggrandisce; ma è tutta da riporsi nello

studio della natura per parti, nella maniera di ragionare, in una parola, nel metodo.

Ora comeché la ragione ci persuade e la storia chiaro ci dimostra che la fisica sia tutta riposta nel raccogliere e ravvicinare i fenomeni; pure queste son cose piene di stento, e ricercano assiduità, pazienza, attenzione e gran forza d'ingegno. Per la qual cosa non sembrerà per avventura inopportuno indicar qui brevemente per quali vie e coll'ajuto di quali metodi giunger si potesse a raccogliere non meno che ad incatenare i fatti, e dichiarare in alcun modo la logica dei sensi che ci guidano nella raccolta dei fatti, e quella della ragione che presiede alla riduzione e classificazione dei fatti medesimi.

Niuno potrà degnamente attendere all'investigazione delle cose naturali se prima uso non sia e quasi domestico all'osservare e all'esperimentare, trattando macchine, e replicando le osserva-

zioni e gli esperimenti già praticati e generalmente stabiliti; perciocché i nostri occhi, le nostre mani e in breve i nostri sensi hanno bisogno di questa specie d'educazione per rendersi atti a maneggiar destramente gli strumenti, e a scoprir con sagacità e prontezza gli andamenti della natura. Né alcuno, comeché pratico di esperienze e di osservazioni, ne trarrà il desiderato frutto, se osservando e sperimentando un oggetto non si propone certo, determinato e particolare. Senza di questo il nostro spirito incerto, errante e distratto dalla vista di tanti oggetti, leggermente tutti e senza alcun profitto li trascorrerà, né intento potrà esser a coglier luce dalle minute cose, dai fenomeni passeggeri e da ogni parte, per rischiarare quell'oscurità, dentro cui la natura si piacque di avvolgere i suoi disegni e l'apparecchio delle sue opere. Stabilito l'oggetto delle nostre ricerche, è da porsi mente a tutto ciò che gli altri in diversi tempi intorno ad esso hanno fatto e pur tentato di fare; affinché collocati, dirò così, su i confini che separano le cose note dall'incognite, non si desse da noi alcun passo inutile, e giovandoci delle altrui fatiche e degli altrui errori eziandio, si potesse con maggior franchezza proceder più oltre trovando qualche nuova verità. Un piano però, disegnato prima ed abbozzato nella nostra mente, dee sempre precedere tutti i

nostri travagli. E sebbene questo piano dovrà certamente correggersi e cambiarsi, e ridursi a miglior forma nel corso delle nostre ricerche; pure ci servirà di guida nei primi ed incerti nostri passi, ci additerà gli strumenti all'uopo necessarj, e toglierà l'incertezza e l'irrisoluzione dei nostri occhi, i quali, se prima non sono in alcun modo avvertiti, non sanno, come se stupidi fossero, quello che a loro si presenta per avventura vedere.

Un'altra parte delle nostre cure si dee rivolgere alla scelta e all'apparecchio degli strumenti, dai quali dipende il pregio, e dirò così il momento delle nostre esperienze ed osservazioni. Poiché sebbene per la negligenza involontaria degli artisti, o per causa della materia di cui son costrutti, o per altro, naturalmente seco portino qualche imperfezione; pure sempre confortano l'imbecillità dei nostri sensi, e loro imprestano quell'esattezza di cui sogliono essere sforniti. Prima dunque di metterli in pratica sono da esaminarsi con ogni diligenza ed attentamente da studiare, per esser sicuri della loro bontà e perfezione. Ci dee

esser noto il loro meccanismo, il grado d'incertezza in cui ci lasciano, l'imperfezione della materia di cui sono fabbricati, la opportunità di usarli, gli errori cui stan sottoposti, il modo di rettificarli, ed ogni altra cosa che al loro diritto uso conduce. Indi è che non pochi fisici sono stati ancora artisti: Lewenoeck era il suo ottico, Réaumur facea i suoi termometri, Deluc costruiva i suoi barometri, Nollet smaltava e torniva, ed Herschel fabbricava i suoi stupendi telescopj.

Nel dar cominciamento alle osservazioni e in tutto il corso degli esperimenti si riguarderà con attenzione ai venti, alla stagione, al caldo, al freddo, al secco, all'umido, allo stato insomma dell'atmosfera che altera i fluidi che si trattano, i vasi che li contengono, la posizione degli strumenti che si adoprano, e turba i risultati dell'esperienze. È cosa ormai molto nota che per quanto i fisici ingegnati si erano di estimare la relazione che passa tra il peso dell'aria e dell'acqua,

non potevano determinarlo con due uniformi esperienze; perché secondo che variava lo stato dell'atmosfera, si cangiava e vario veniva a farsi il loro peso. Lodevole quindi costumanza fu quella dei fisici di notare con diligenza, per mezzo degli strumenti meteorologici, lo stato dell'atmosfera in ogni esperimento ed osservazione, affinché si potessero corregger gli errori provenienti dalle vicende dei tempi, e farsi comparabili quegli esperimenti che eseguiti in varie stagioni e in diverse contrade, ancorché tra loro si convengano, dimostrano nondimeno un'apparente differenza. Per lo che dopo i progressi della moderna fisica si è già convenuto di riferire le nostre osservazioni ed i nostri esperimenti a zero di temperatura e a zero del barometro, affinché si potessero meglio comparare con quelli che si mandano ad effetto in

qualunque luogo del globo; giacché lo zero di temperatura e quello del barometro che indica il livello del mare, son due punti comuni a tutti sulla terra⁵.

Cadrebbe ora in acconcio di fornire alcune regole ed esporre alcune precauzioni da adoprarsi nell'arte difficile di osservare e di sperimentare; ma le regole riescono inutili, e i precetti poco o niente instruiscono in questo genere di cose. È la vista dei grandi modelli che solo può rischiare il nostro spirito, e sono le memorie originali dei più illustri fisici che possono veramente educare la nostra mente. Ivi si vedrà che i primi nostri sforzi sono per lo più vani, i primi nostri passi non senza errori, e le prime nostre cognizioni sempre superficiali. Ci esorteranno questi grandi uomini a superare con pazienza gli ostacoli che a folla s'incontreranno, a ritornare spesso sul cammino da noi battuto, a rifare e talvolta a rigettare quello che da noi non senza molta pena si è fatto, mostrandoci col loro esempio che lottando colle

⁵ L'ultimo periodo, da «Per lo che...» a fine capoverso, non figurava nella prima edizione.

difficoltà, errando e rifacendo si può finalmente giungere a scoprire. Leggendo le memorie originali, potremo noi pigliare quell'indole attenta, paziente, esatta, laboriosa tanto necessaria per aspettare il momento più favorevole a riguardare un oggetto, e per notare con scrupolosità il principio, le circostanze, il progresso, i cambiamenti, i rapporti, la storia tutta di un fenomeno. Réaumur, più attento di Borelli ai moti della torpedine, spiegò la ragione per cui dà la scossa; ed Haller, vincendo l'attenzione di Malpighi, scoprì il pollo che preesiste nell'uovo. Dietro la scorta di questi maestri non più si distinguerà tra i grandi ed i piccioli fatti, ma chiaro si conoscerà che ogni fatto è una parte necessaria di un tutto, ed un anello staccato, che potrà legare alcune maglie della catena. Bacone, come quello che avea gran senno, ci avvertì che la cognizione delle piccole cose ci può presto condurre a quella delle grandi, che non fa la cognizione delle grandi a quella delle piccole, e solea egli dire che la chiave è la cosa più piccola della casa. Trembley, che diffidando dei propj occhi fa ripetere le sue famose osservazioni su i polipi a Bonnet ed a Réaumur, c'insegna a dubitare dei nostri sensi, e delle cose da noi vedute, finché un lungo e maturo esame non ce ne avesse assicurato. Wells, che replica le sue esperienze per investigare la cagione e i feno-

meni della rugiada, ci dà a conoscere che replicando, gli esperimenti si assodano e si confermano⁶. Deluc, che porta il suo barometro a Ginevra, in Genova e nella bassa Linguadoca per misurare l'altezza del lago di Ginevra sopra il livello del mare, ci mostra che per diverse strade conviene arrivare allo stesso termine, e variando le osservazioni, e diversi metodi adopting, ricavare i medesimi risultati, perchè l'uniformità in questo caso è un indizio di verità. Newton, che anatomizza la luce, e ora scompone, e ora ricomponi il raggio solare, ci manifesta che, ove si può, la migliore pruova nell'arte di sperimentare è l'analisi e la sintesi, come fanno i chimici. Tutti insomma i sagaci investigatori della natura c'inspireranno ardore e diligenza, e tutti ci avvertiranno a tenere la mente e l'animo scevro d'ogni parzialità nel raccogliere i fatti; affinché questi sfigurati ed alterati non fossero dei fantasmi interiori del *pregiudizio*, che sono assai più da temersi, che gl'inganni dei sensi.

⁶ In luogo di questa frase, la prima edizione aveva: «Gersten e Dufay, che più volte replicano i loro artifizi per dimostrare la rugiada ascendente, ci danno a conoscere che replicando, gli esperimenti si assodano e si confermano».

E senza più dilungarci sopra questo argomento, ben si raccoglie da tutto ciò che l'arte di osservare e di sperimentare non è altro che la filosofia applicata alla discussione dei fatti della natura: i suoi apparecchi sono strumenti esatti, sensi esercitati, sono intendimento e metodo: i talenti che desidera, sono pazienza, attenzione, sagacità ed esattezza: le prove che somministra sono la ripetizione e variazione delle osservazioni e degli esperimenti, l'analisi e la sintesi. Ma questa prima parte della fisica colloca i fondamenti d'ogni speculazione, e deve esser seguita dalla parte più nobile che eleva l'anima, e ricerca un ingegno più vasto che dicesi arte di ridurre i fatti.

Riferendo le scienze alla natura, che intendono esse di conoscere e d'interpretare, chiaro si scorge la loro imperfezione e la nostra ignoranza. Poiché l'universo risulta da fenomeni, che sono infiniti di numero,

e varj tutti di forma, i quali derivano da pochi e generali principj là dove le nostre scienze non bene e pochi fenomeni conoscono, ed abbondano di principj e di metodi. Ad accrescere dunque e perfezionare le scienze, l'oggetto delle nostre fatiche, dopo di aver adunato, quanto più si può, fatti, deve esser quello di contemplarli profondamente per iscoprire, a traverso della loro differente sembianza, il punto in cui tutti si convengono, e comprendere l'unità del principio in mezzo alla prodigiosa varietà delle apparenze. Questo principio non può né deve esser altro che un fatto della natura che noi sogliamo esprimere per brevità di linguaggio con formule astratte; ed i varj fenomeni, che a questo fatto si attengono, non ne sono né possono essere altro che pure e semplici traduzioni. Indi è che ove si trova per buona ventura un fatto che naturalmente ragion fa di tanti altri, dicesi di congegnare una teorica, ed allora si ha certezza e si mette

fine alle nostre ricerche. I caratteri adunque della teorica son due: che il principio, secondo cui dichiaransi i fenomeni, sia un fatto; e che questo fatto senza stento e quasi spontaneamente vada spiegando e quasi traducendo tutti gli altri. Ma siccome per umana condizione travediamo la verità prima di vederla, e a poco a poco e tasteggiando, ed alcuna volta errando eziandio l'arriviamo; così nate sono le congetture che ci aprono la strada alle teoriche, e ci recano delle probabilità, secondo che più o meno alle teoriche si avvicinano, pigliando il nome d'ipotesi o di sistemi. Si dicono ipotesi quando si sforzano di legare i fatti con una supposizione del nostro cervello; e sono sistemi in due casi, cioè: quando spiegano i fenomeni per un principio che non è un fatto, ma ricavato e argomentato dai fatti, o pure quando il principio è un fatto, ma non sono ancora pervenute a ravvicinare e ridurre al medesimo tutti gli altri fatti. Per

lo che i sistemi sono strade per arrivare alla teorica, e hanno diversi gradi di probabilità e non certezza; sono metodi di abbreviazione delle fatiche già fatte, e indici di altre fatiche da farsi; sono schizzi abbozzati dalla nostra immaginazione da confrontarsi coi grandi originali della natura: i sistemi insomma vengono meno, o si rafforzano, secondo che i fenomeni ammettono o rigettano le loro spiegazioni.

Alcuni si danno a credere esser cosa ottimamente fatta fabbricare ipotesi per congetturare; ma questa maniera di congetture si vuol del tutto fuggire. Imperciocché i fenomeni costanti della natura sono da legarsi con altri fenomeni, e non coi nostri pensamenti; e le cause da investigarsi vogliono essere esistenti e non possibili, o sia la natura s'interpeta e non s'indovina. Indi la storia ci addita i rottami e le rovine di tante ingegnose ipotesi, e colloca i loro architetti tra i romanzieri della fisica. Né le ipotesi prendono

alcun vigore da ciò, che verisimili ci sembrano, e fornite di quella semplicità che suol essere il carattere della verità. Imperciocché tutto quello che non è un fatto, non può essere un principio vero, né ciò che dai fatti non ricavasi, per quanto semplice e verisimile ci paja, può e deve a noi porgere una congettura opportuna a diciferare le cose naturali. Oltrediché, lasciando stare che sembra una temerità il credere che gli stessi principj debolissimi creati dalla nostra mente abbiano per avventura potuto guidare la sapientissima natura, egli è certo che la classe delle cose verisimili è pressoché tanto estesa quanto quella dei possibili, e non di rado accade che la nostra semplicità è vinta dalla semplicità della natura. Parea a prima vista cosa chiara e semplicissima che i pianeti si movessero in circoli perfetti; e ciò non ostante l'osservazione ci mostra che le loro orbite sono ellittiche e non circolari. E comeché il moto muscolare dei

meccanici e la fermentazione dei chimici ipotesi fossero e verisimili ed atte a spiegare la digestione; pure i più solidi e belli esperimenti ci hanno senza alcun dubbio dimostrato che si opera in virtù dei succhi gastrici e del calorico. Però Newton stabilì come principio generale in fisica, che *non sono da ammettersi altre e più cagioni delle cose naturali, se non quelle che vere sono e sufficienti a spiegare i fenomeni.*

Poste da parte le ipotesi incerte ed arbitrarie, le nostre congetture sono da fondarsi sopra i fatti, e da ritrarsi dalla loro ispezione. Indagare quindi la causa fisica dei fenomeni è lo stesso che sciogliere un problema, in cui le cose date sono le osservazioni e gli esperimenti, e da questi, che sono le cose note, è da svilupparsi l'incognita, che è la causa. Né altra a ciò fare è la nostra algebra che l'analisi fisica, la quale è

fondata, come anderemo divisando, sulla comparazione dei fatti, ed è ajutata dall'analogia, dalla induzione e dal calcolo⁷.

Non essendo a noi dato di conoscere la natura delle cose, è oggi un assioma in filosofia, che la comparazione degli oggetti è l'unico strumento del nostro sapere. Di fatto ogni cosa che non è comparata, è per noi incognita; enumeriamo le proprietà degli esseri, enumerandone i loro rapporti; e lo spirito nostro è tanto più vasto e profondo, quanto più rapporti conosce, sì che tutta la nostra scienza si riduce a quella delle relazioni delle cose. Unico quindi è il metodo delle scienze, e la fisica ad altro non intende che alla comparazione dei fatti della natura. Ma le discipline matematiche, come quelle che riguardano oggetti

⁷ La prima edizione aggiungeva qui: «E con quale artificio a ciò fare si adopri, si andrà ora divisando».

semplicissimi, quali sono i numeri, le linee e le quantità, più facilmente li comparano, e sono meno sottoposte ad errori; là dove la fisica, che contempla gli oggetti intricati ed impacciati come stanno nell'universo, a stento e lentamente li può confrontare, e spesso va errata nel confrontarli. Indi è di necessità che l'analisi porti a semplicità i fatti prima di compararli, e che le scienze fisiche durino una fatica, che le matematiche non fanno. Si trova dunque la causa fisica dei fenomeni per mezzo della loro comparazione, e si comparano i fenomeni, conducendoli prima a quella semplicità che maggiore si può.

Nel dare questo primo passo l'analisi è molto industriosa. Rivede essa i fatti ad uno ad uno, e cercando ciò che hanno di straniero, di accidentale o di passeggero, lo rigetta, come quello che non può né deve essere un soggetto di comparazione. Isolati studia gli oggetti per notarne, dirò così, il carattere e la qualità

principale, cui stanno quasi sovrapposte le altre. Considera separatamente le cause che insieme concorrono alla produzione di un effetto, e va stimando il valore di ciascuna, e quella osservando che innanzi di ogni altra influisce. Trascurate le piccole variazioni, ne coglie le più sensibili, e restringendole dentro ad alcuni limiti certi e determinati, ne stabilisce il principio, gli accrescimenti e il *maximum*. Modera l'ardore della nostra immaginazione, che tinge e annebbia l'aspetto delle cose, ed esprime con brevissime note i fenomeni già esaminati, per farli più adatti alle nostre combinazioni. L'analisi insomma dissipando l'illusione delle apparenze, e la confusione di tante qualità accessorie che turbano la nostra vista, dispone i fatti, e in guisa tale gli apparecchia, che chiaramente si veggano, e il loro legame più facilmente si possa scoprire. In questo artificio con-

siste tutta l'opera nostra; per questa destrezza di ridurre a semplicità si elevano i grand'uomini sopra i volgari; e per sù fatto apparecchio, che danno ai fenomeni, acquistano gl'ingegni una superiorità, dirò così, di posizione; perché *simplificando* si giunge al luogo e si coglie il giusto punto di vista, d'onde riguardare il legame delle cose, che si legge nelle cose medesime, e non si crea. Newton, che in ciò fare era valoroso, ebbe il gonfiamento dell'equatore terrestre come un anello distaccato dalla terra, ed una montagna allo equatore come una luna, che girando la terra, insieme gira e la segue; ed allora cominciò a comprendere perché variar si debba l'angolo della obblituità dell'ecclittica, e retrogradino i punti equinoziali.

A questo primo travaglio succede quello della comparazione dei fatti, che vogliono essere opportuni, multiplici e varj nelle circostanze; perché le leggi generali risultano e sono quasi involuppate in

tanti casi particolari. Giova moltissimo riguardare i fenomeni coesistenti ed i successivi, lo stato presente ed il passato, le circostanze prossime e le remote, come ancora considerare ad una ad una le forze, e quando queste sono cospiranti, o pure quando, bilanciandosi, mettono la natura in uno stato di apparente riposo. Non di rado ci conforta il comparare i grandi ai piccoli fatti, e trasportare dal grande in piccolo; o pure, al contrario, riferendo i fenomeni ai nostri esperimenti, e dai nostri esperimenti passando ai fatti della natura. Con questi e altri simili argomenti possiamo prender fiducia di stabilire le gran fasi dell'universo, i periodi dei gran cangiamenti, il ritorno di questi periodi, le leggi secondo cui si governano i corpi, le cause delle loro vicende, l'uniformità in somma nella mobilità delle forme e nella varietà delle apparenze.

Sono prima d'ogni altro da riferirsi le nostre osservazioni ed esperienze alla verità ed ai fenomeni già conosciuti. Per la familiarità che abbiamo coi fatti già noti e con sodezza stabiliti, o per l'uso di esprimerli con brevità, duriamo minor fatica nel compararli ai novelli, e ove questi a quelli si possono connettere, il legame loro corre più presto agli occhi nostri, e da noi più chiaro si vede. Siamo di certo sicuri che un pezzo nuovamente ritrovato si appartenga a un'antica colonna, se con tutti gli altri pezzi va esattamente incastrandosi e connettendo. Bradlejo, come discoprì l'aberrazione delle stelle fisse, tra il moto della terra collocandola e la propagazione successiva della luce, spiegò il fenomeno, e tre fatti per il loro legame vicendevolmente rassodò. Anzi sappiamo che per difetto di una tale comparazione tanti grandi uomini, vicini ad arrivare la verità, l'han perduta di vista, lasciando ai loro successori la gloria dell'invenzione.

Se Hugenio avesse riferito i suoi belli teoremi sulla forza centrifuga, e le sue ricerche intorno all'*evolute* alle leggi di Keplero, avrebbe prevenuto Newton nella teorica dei moti curvilinei e nella gravitazione universale; e se Galileo avesse riferito il fenomeno delle trombe d'aria aspiranti alla gravità dell'aria, Torricelli non sarebbe illustre per la costruzione del barometro.

Un metodo assai opportuno a ricavare il desiderato legame della comparazione dei fatti, e a confermarlo già ricavato, è quello di studiare attentamente le corrispondenze che hanno i fenomeni tra loro, cioè a dire: come alcuni variando in pari modo, vanno pure altri modificandosi e alterando; poichè una puntuale corrispondenza d'accrescimento, di diminuizione o di altro ci appresta un segno quasi certo che gli uni agli altri, come causa ad effetto, siano connessi. Perché la quantità de' vapori in un vaso chiuso, sia che questo

fosse vòto di aria o pieno, e sia che l'aria fosse più o meno condensata, resta la stessa restando costante la temperatura, ed al contrario cresce o diminuisce come la temperatura si alza o viene meno; si è con giusta ragione argomentato che niente influisce all'evaporazione la forza, come una volta credevasi, dissolvente dell'aria, e che l'evaporazione dipende tutta dalla temperatura. In difetto delle osservazioni, si giunge a indagare la corrispondenza dei fenomeni per la via degli esperimenti. Si colloca il barometro nel vòto, a livello del mare o sulla cima dei monti, e dal salire e scendere del mercurio ben si dimostra che il peso e la molla dell'aria tiene il mercurio sospeso in questo strumento. Ed ove le osservazioni e gli esperimenti non ci favorissero, non sarebbe allora disconvenevole di modificare o distruggere colla nostra mente le cause, affinché coll'occhio dell'intelletto si

vedesse a quali vicende in questo caso sarebbe sottoposto l'ordine e lo spettacolo delle cose. E ciò con sicurezza può praticarsi quando dalle supposizioni del nostro cervello siamo in istato, per mezzo della geometria e del calcolo, di ritrarre le conclusioni che per avventura ne potrebbero seguire, come fanno i matematici; perché allora non ci è dubbio, come per lo innanzi più estesamente dimostreremo, che le nostre conclusioni hanno solo e certamente luogo nelle supposizioni da noi stabilite⁸.

Ma siccome la mente nostra nello studio delle circostanze dei fenomeni, e nel comparare, per la moltitudine degli oggetti, si confonde; così l'analisi, dopo

⁸ La prima edizione aggiungeva qui: «Intorno a questo però più estesamente si tratterà, quando si spiegherà l'uso delle matematiche nella fisica».

d'aver partitamente esaminato i fatti, nell'atto di paragonarli costuma di ridurli in classi. Ogni classe è una raccolta di fatti simili, la quale si rappresenta con un fatto, di cui gli altri sono dipendenti, e che l'analisi va collocando nel suo cammino, come un segnale per non ismarrirsi. Quando più di queste classi sono formate, comincia a riferirle tra esse, comparando i fatti che le rappresentano, e così di mano in mano, finché le verrà il destro di unirli tutti, cogliendo un fatto centrale e primitivo, cui stanno appoggiate le classi, ch'è la causa fisica dei fenomeni. La nostra mente adunque a poco a poco e successivamente vede i rapporti delle cose, e questi va gradatamente estendendo, e poi può sperare di stabilire le leggi generali, o, come dicesi, di *generalizzare*. Indi è che le formule e le proposizioni generali, che adopra l'analisi quando generalizza, racchiudono le singole classi dei fenomeni, e

perciò tutti i fenomeni particolari; e con sì fatte formule forte imprime al nostro intelletto, chiaro ricorda alla nostra memoria, brevemente descrive e con nettezza dipinge i fatti e i varj aspetti della natura.

Ma nel generalizzare non è da seguirsi il costume di alcuni che amano di legare le varie classi dei fatti per mezzo di lunghi raziocinj, mettendo proposizioni, tirando conseguenti, e molto allontanandosi dai fatti medesimi. È tale la debolezza della nostra mente, che camminando al di là dei fatti, e perdendo la loro guida, si smarrisce, presta alle cose le sue forme, e lega i fenomeni colle proprie opinioni, o almeno senza l'avvertimento dei fatti non sarà mai certa della verità e solidità dei suoi ragionamenti. Nel dare adunque ordine a tanti materiali confusi e isolati, o nel connetterli, si ragionerà; ma i nostri raziocinj vogliono essere semplici e immediati conseguenti dei fatti senza più. Debbono essere quasi una seconda

classe di fatti che ci somministrano certezza, perché sopra gli stessi fatti si fondano, e dai medesimi immanentemente procedono: o pure sono da considerarsi come i fatti medesimi in altra forma espressi; affinché in virtù di questa traduzione avvicinati, e posti, dirò così, in contatto, meglio si vedesse il loro accordo, e più sensibilmente ne risultasse la loro identità. Abbiamo un modello di questa maniera di ragionare in molti luoghi delle considerazioni su i corpi organizzati del Bonnet, il quale, se qualche volta fallì, né poté stabilire di certo la *teorica* della generazione per difetto di ulteriori osservazioni, ci ha indicato almeno con qual senno ed in che modo sono da incatenarsi i fatti coi nostri raziocinj.

È chiaro, dopo tali considerazioni, che il metodo dell'analisi è quello di ridurre a semplicità e di comparare. Comparando riferisce i novelli agli antichi fatti, studia e osserva la corrispondenza dei fenomeni, li riduce in classi e generalizza. In questo senso

L'analisi, che semplifica, è una luce portata da vicino, che ci mostra e rischiara ad uno ad uno e in particolare gli oggetti. L'analisi, che compara, è una luce che in alto e in distanza si mette, ed illuminando uno spazio più grande, più oggetti insieme ci presenta. L'analisi in fine, che generalizza, è una luce collocata sopra un'eminenza che risplende da ogni parte, amplifica molto il campo della nostra vista, e ci fa a un solo sguardo scoprire l'unione dei fenomeni. Ma in ciò fare essa non porta mai la sua luce tanto alta e lontana, che si perdan di vista gli oggetti particolari, perché in questi si appoggia ed è riposta ogni verità. Or siccome la rivista d'ogni singolo fatto non solo fatica l'attenzione, dissipa le forze dell'intelletto, ricerca gran tempo, spesso riesce inutile, perché rotta si trova la catena dei fatti; perciò l'analisi fisica ha, dirò così, i suoi *logaritmi*, abbrevia la strada, e supplisce alcune volte al difetto dei fatti per mezzo delle congetture, mettendo prima d'ogni altra cosa in opera l'analogia.

L'analogia, ch'è una maniera di argomentare per cose simili, è l'unica regola dell'umana prudenza nelle cose civili, ed il fondamento su cui riposano le scienze naturali. Certi, come noi siamo, che la natura si governa per leggi generali e costanti, e secondo un

piano uniforme ed invariabile, siamo con ragione abilitati, conosciuta la somiglianza di molti individui, ad attribuire a questi le qualità che l'osservazione ci assicura di convenirsi ad uno o a più di loro. Col favore di questo metodo, rigettando mille e inutili discussioni sopra ogn'individuo, si guadagna tempo, e giugnendo là dove i sensi alcuna volta non giungono, si legge, come suole accadere, in un solo la storia di molti individui o di più classi. Ma l'analogia più utile ci porge l'ajuto nelle nostre congetture, quando dalla somiglianza degli effetti c'insegna a conchiudere quella delle cause; o al rovescio dalla somiglianza delle cause ci trasporta all'identità degli effetti. C'ispira allora un certo prevedimento, additandoci cause ed effetti non ancora conosciuti, aggrandisce ad un tratto la nostra vista, e dirizzandoci l'occhio alla somiglianza reale delle cose, ci accenna l'unità del di-

segno tra l'illusione delle apparenze diverse. E comeché questa maniera di congetturare sia ardita, e non senza pericolo di errore, pure è da seguirsi ove si può, considerando ch'è un filo il quale ci potrà scorgere in mezzo alla dubbietà dei fenomeni, ha guidato gl'inventori delle scienze, e ci ha insegnato il moto della terra, la teorica del fulmine, e tanti altri e belli scoprimenti della moderna fisica. Indi Newton pose come canone che *agli effetti naturali del medesimo genere siano da assegnarsi, quanto più si può, le medesime cause*; ed all'inverso secondo Brugman, *alle cause del medesimo genere corrispondono sempre i medesimi effetti*.

Se a noi fosse in alcun modo noto il disegno generale dell'universo, l'analogia sarebbe un argomento molto solido, e di leggieri andremmo argomentando la disposizione, l'ordine e la simmetria delle singole parti. Ma come la nostra condizione è quella di trarre

da pochi e non ben conosciuti fenomeni il loro legame ed il disegno della natura; così ricercasi grande accorgimento per non cadere in errore, massime che l'immaginazione, la quale presiede alla vista delle cose simili, si piace non di rado di unire quelle che tra loro non si confanno, e lusingando la nostra pigrizia ed il nostro amor proprio, c'illude colle proposizioni generali e colla novità. Ad evitare un sì fatto inconveniente, non dobbiamo recare innanzi quelle somiglianze che diconsi di fine, quasiché noi fossimo da tanto da comprendere i fini altissimi che si propone la natura nella formazione delle sue opere. Né tampoco ristarci all'apparenza, e, dirò così, alla fisionomia degli oggetti, ma cercar le somiglianze in quelle proprietà che principali sono, e più d'ogni altro li distinguono e caratterizzano. Intenti oltre a ciò dobbiamo essere a moltiplicare i rapporti di somiglianza;

perché quanto più cresce il numero delle proprietà simili, tanto più sodamente si argomenta che in tutto il resto tra loro si accordino. Giova finalmente, nel fondare le nostre analogie, il dimostrare, quando si può, che le differenze, le quali naturalmente ritrovansi negli oggetti di nostra comparazione, sieno pure modificazioni, e non giungano ad alterare i rapporti di loro scambievole somiglianza. L'analogia dunque è un argomento di calcolo, i cui elementi sono la verità, solidità e molteplicità dei rapporti simili, ed i suoi limiti la teorica e l'ipotesi. Quando tutti e tre gli elementi del calcolo concorrono, ed il numero dei rapporti simili va crescendo, va parimente crescendo la forza dell'analogia, e può giungere a segno di approssimarsi molto da vicino alla teorica, senza poterla arrivare giammai; perché la teorica è tutta fondata sopra i fatti, là dove l'analogia si attiene in parte ai fatti ed

in parte al raziocinio, che argomenta sopra i fatti. L'analogia dunque ha una scala, e misura i varj gradi di sua probabilità sopra i gradi diversi di avvicinamento alla teorica: né ci potrà mai somministrare certezza, ma solo una massima probabilità, che tien luogo pressoché di certezza, com'era quella del moto della terra, prima che Bradlejo ce n'avesse dato una dimostrazione diretta. Quando poi uno degli elementi manca, ed il numero dei rapporti simili è molto piccolo, va scemandosi la probabilità dell'analogia, e va in corrispondenza avvicinandosi all'ipotesi, senza che colla medesima si possa confondere; perché l'analogia per quanto sia debole, appoggiandosi sopra i fatti, è più che una semplice supposizione, che ha il suo fondamento nel cervello che la crea. Non sarà quindi concesso di rovesciare le analogie colle ipotesi, siccome l'annunziò chiaramente Newton dicendo, che *nella filosofia naturale le proposizioni*

tratte da fenomeni per analogia, debbono esser tenute come vere o pressoché vere, non ostante le ipotesi in contrario, finché si scopriranno alcuni fatti che render le potessero o più certe, o soggette le proveranno a qualche eccezione.

A parte dell'analogia usa l'analisi dell'induzione. Questa di sua natura ad altro non intende che a raccogliere da tanti casi particolari una proposizione che tutti li racchiuda. In questo senso presiede alla riduzione dei fatti e dei fenomeni in classi, ed è uno strumento dell'analisi che generalizza per via d'induzioni particolari. Ma alcuna volta non è scrupolosa e severa, e si permette delle vie indirette per favorire le nostre congetture. Quando i fatti non ci danno indizio o sospetto del principio da cui derivano, introduce un metodo di *eliminazione*, o sia cerca di escludere le cause apparenti per avvicinarsi alla vera, e tira in questo

modo gran profitto dagli stessi errori, perché ogni errore conosciuto è un'eliminazione già fatta. Ed in verità, ristretto il numero dei principj, e conosciute le vie degli errori, possiamo, mirando ai fatti, scorrere con più facilità il diritto sentiero che ci guida alle cause vere delle cose. A questo artificio ebbe ricorso Hallejo indagando l'origine dei fonti, ed al medesimo si sono spesso rivolti nelle loro speculazioni i grandi uomini, che per la loro sagacità sono i soli che sanno usarlo e ricavarne utilità. Keplero, ricercando il rapporto che passa tra i tempi delle rivoluzioni e le distanze dei pianeti, ritrovò prima falsi molti di questi rapporti, e poi in quello s'imbatté dei quadrati dei tempi periodici e dei cubi delle distanze medie. Il metodo poi più utile e confacente alla nostra debolezza, che ci suggerisce l'induzione, è quello di ricavare dai fatti i principj, e poi estendere i principj coi fatti, ed alternando contemplare le opere della natura, ora nel

tutto della loro struttura, ed ora nel rapporto delle loro parti. Siccome sono tanto varie e mobili le forme dei fenomeni particolari, che diverse non solo, ma eziandio contrarie ci sembrano alcune volte le apparenze dei fatti; così resteremmo confusi, ed inutili riuscirebbero i nostri sforzi, se costretti fossimo ad argomentare dalla singola ispezione dei fatti l'unità del principio che tutti li signoreggia e dichiara. Per conforto adunque della nostra mente, si è con senno introdotto il metodo di elevarci prima, dai principali e più chiari fenomeni, per via d'induzioni, al conoscenza delle cause, e di ritornare poi e quasi scendere dalle cause argomentate alla spiegazione dei fenomeni particolari che oscuri erano, e dubbia e qualche volta contraria ci mostravano l'apparenza. S'interpreta allora la natura come si fa una scrittura, in cui leggendo alcune parole qua e là sparse, isolate e meno

oscuire, si trova l'opportunità di diciferare quei caratteri ed il senso di quelle parole che da principio erano per noi inintelligibili. Così Newton lesse in alcuni fenomeni l'attrazione, e poi coll'attrazione gli venne fatto di ridurre quei movimenti che a prima vista faceano sembianza di rovesciarla.

Io so bene che vi hanno alcuni che, cauti come sono e severi, sdegnano questa maniera di congetturare, e seguendo i soli fatti, non vogliono usare questi metodi che incerti sono e capaci di condurci in errore. Ma non so approvare tanta scrupolosità, come quella che nuoce al progresso delle scienze. È tanta e tale l'oscurità in cui è involto il legame dei fenomeni, che se la mente nostra non fosse prima avvertita di un principio, non lo saprebbe di certo riconoscere e svolgere in tante modificazioni ed in tanti casi particolari in cui è nascosto, e trovasi confuso con molte circo-

stanze straniere. Nella dubbia strada delle fisiche ricerche, conviene *orientarci* per non smarrirci, e giova grandemente di salire di quando in quando sopra un'altra, e di là pigliare la linea di direzione per non perderci. Per altro il nostro spirito, come debole, deve congetturare prima di conoscere; e perché è dotato d'una certa molla, è capace di quei salutari sforzi per cui prevede da' fatti il loro rapporto generale. Chi volesse adunque togliere le congetture, mal conoscerebbe la nostra mente e la grandezza della natura, e ritarderebbe di certo l'avanzamento delle scienze, in cui le congetture hanno sempre preceduto e debbono precedere le teoriche. Non mi so poi accostare ad altri, di cui abbonda la nostra età, che vogliono tutto supplire colla loro testa, ed illusi dalla propria immaginazione architettano all'infretta sistemi, o pure presi di vanità non curano di accertare i fatti, e di lancio fabbricano principj generali, per trovar i loro nomi

nella lista degli autori. Questa classe di persone è di certo pericolosa, intralcia la via delle scienze, e poco rispetto porta alla verità. Due sono i casi in cui viene meno ogni congettura, ed il fisico deve ristarsi dal ragionare. Il primo si è quando gli oggetti delle ricerche o sono fuori dei nostri organi, o ad altri si attengono, che sono oltre la portata dei sensi; perché mancando allora gli strumenti del nostro conoscere, mancherà di certo ogni ragionamento, e riuscirà vana ogni congettura. E senza dubbio, se nelle scienze trascurata non si fosse una tale precauzione, che per altro pare tanto naturale, non si sarebbero esaurite inutilmente le forze dell'umano intelletto, e sarebbe venuta meno la sorgente di tanti arzigogoli e di tante stravaganze. L'altro si è quando i fatti, su cui debbono fondarsi le nostre congetture, non sono solidi, né multipli o bastevoli ad indicarci le vere cause. Imperocché senza i

dati necessarij, non ostante tutti i nostri studi, la soluzione del problema riuscirà sempre incerta ed indeterminata, e con pochi fatti e molto raziocinio saremo costretti a trasportare i nostri imperfetti strani pensamenti nelle opere della natura. In questo scoglio sono stati spinti dalla loro immaginazione tutti gli autori di cosmogonie e di geogonie, i quali, con picciolo numero di fatti e con pochi rottami dispersi qua e là, e sformati e rosi dal tempo, hanno impreso a disegnare le parti, la forma, le proporzioni e la simmetria del mondo e della terra primitiva, quasiché assistito avessero alla creazione e formazione delle cose. Io non intendo con questo di negare la debita lode ai talenti del Wiston, Burnet, Woodward, Buffon e di tanti altri, che nell'ordire i loro spezziosi romanzi hanno arricchito di utili scoperte la storia naturale, e non poche verità per gran ventura insegnato; ma dico soltanto,

che vaghi di sciogliere un problema senza i *dati* sufficienti, è convenuto loro d'imbattersi in supposizioni arbitrarie, e di ragionare sull'equivoco verisimile, che nell'arena dell'immaginazione tien luogo di certezza, e mischiare così la favola colla fisica. Di che è avvenuto che noi, egualmente impazienti che gli antichi, siamo nello stesso errore caduti, con la differenza che quelli, fabbricando senza fatti, ci hanno lasciato dei poemi metafisici, e noi, sopra pochi fatti alcuna volta immaginando, andiamo di tempo in tempo formando de' fisici poemi. Bisogna dunque porre freno alla nostra immaginazione ed alla nostra vanità, e sacrificando alla verità la bizzarria della novità, aspettare che cresca prima e si assodi il numero dei fatti, e poi arrischiare le nostre congetture. Bisogna persuaderci, come i più sennati fanno, che vie più si promuove il progresso delle scienze colla scoperta di un nuovo

fatto, che con mille ingegnosi sistemi, varj così ed instabili, com'è volubile ed incostante l'immaginazione che li crea. Al più, quando abbiamo molti fatti slegati e confusi, ci sarà permesso di ordinarli, e dar loro un punto comune di appoggio; affinché la memoria facilmente li ricordasse, e l'intelletto meglio l'abbracciasse, come sogliono costumare i botanici colle loro classificazioni; ma allora sono da tenersi come puri metodi di abbreviazione senza più. Usando di questa moderazione, non perde lo spirito umano la facilità e la naturale attività a congegnare sistemi, e non si reca alcun torto alla verità: si mostra nello stesso tempo il desiderio che noi abbiamo di conoscere la causa dei fenomeni, ed il timore d'ingannarci nell'assegnare la medesima; o sia all'immaginazione si unisce il giudizio e la severità, che sono le qualità le più favorevoli al progresso dei lumi e delle scienze.

Esposte le precauzioni necessarie con cui dalla cognizione dei principali fatti si può elevare il nostro intendimento ai principj generali, e da questi scendere alla spiegazione dei particolari fenomeni, è ora da confessarsi che l'induzione, nell'istesso modo che l'analogia, è un argomento di calcolo e di probabilità. Gli elementi di questo calcolo sono il numero dei principj che spiegano ed il numero dei fenomeni spiegati. Cresce tanto più di forza ed acquista tanto più di probabilità questa maniera di congettura, quanto più si scema il numero dei principj e quanto più si accresce il numero dei fenomeni dichiarati; perché colla diminuzione degli uni e coll'aumento degli altri ci avviciniamo alla teorica, che vuole unità di principio, e ricerca intera e generale spiegazione dei fenomeni, o sia allo scopo cui mirano tutte le nostre congetture. Copernico, per ispiegare i moti apparenti degli astri, diè alla terra tre movimenti: l'uno attorno il sole, l'altro di rivoluzione sopra sé stessa, ed il terzo dei poli della terra intorno a quelli dell'eclittica. Ora il principio della gravità li fa tutti dipendere da un solo moto, impresso alla terra secondo una direzione che non passa pel centro di gravità della medesima, e lega i fenomeni che prima erano isolati. Il principio dunque della gravità, per sola ragione di calcolo, vince i pensamenti di Copernico, e deve sopra d'ogni altro prevalere. Ma per menomare i

principj, o ridotti i principj ad un solo, per estenderlo coi fatti ed applicarlo ai singoli fenomeni, spesso si ha di bisogno del calcolo, e l'induzione come pure l'analogia, per assodare le loro congetture, debbono spesso ricercare l'ajuto dell'algebra e della geometria, che ci sogliono gran conforto apprestare nella ricerca delle cose fisiche.

Trattandosi dell'influenza delle pure matematiche nella fisica, conviene prima d'ogni altra cosa accennare l'utilità che ci ha recato il calcolo nello stabilire la certezza dalle nostre osservazioni e dei nostri esperimenti, o sia nel fondare la verità dei fatti. È cosa da tutti conosciuta, che per la varia disposizione dei nostri organi, o per quella degli strumenti, o per il continuo movimento che hanno gli esseri in natura, le osservazioni e gli esperimenti, per quanto si replicassero e diligentemente si dirizzassero, non sono mai uniformi, ma sempre tra loro più o meno si differiscono. In mezzo a questa perpetua diversità di risultati è il calcolo che rassicura la nostra dubbiezza, ci

guida colle probabilità, e ci conduce molto vicino alla verità ed alla esattezza. Scoprendo, come di fatti è, che il caso più probabile sia quello in cui gli errori in più ed in meno egualmente si allontanano dalla verità, e che le differenze positive e negative in tale caso mutuamente si distruggono, ci ha insegnato a cercare tra tutti i termini, in cui sono espresse le varie osservazioni, il termine medio aritmetico, come quello che più al vero devesi avvicinare. Anzi trovando per avventura tra molte osservazioni una che un errore positivo molto notevole introduce, senza che un altro ce n'abbia negativo che lo possa in corrispondenza distruggere, o pure al contrario un errore negativo, senza che ve ne sia un altro egualmente positivo, ci ha avvertito a rigettarla, consigliandoci a pigliare il medio aritmetico tra i termini residui che meno si differiscono; perché è più probabile che un sì fatto errore, il quale più dagli altri si discosta, sia egualmente

più lontano dalla verità. Il calcolo parimente ci ha raccomandato di adoprare i nostri strumenti, ora in un senso ed ora in un altro opposto; affinché gli errori in questo modo compensandosi, per via del loro medio ci potessimo vie più avvicinare al termine vero. Il calcolo infine ci ha definito i limiti dentro cui si possono ristignere gli errori, e ci ha indicato così fin dove giunger possa la fiducia sulla verità o certezza dei nostri risultati. Ma questi ed altri utili insegnamenti, che ritrarre si possono dall'arte di congetturare di Giacomo Eulero, dagli opuscoli fisico-matematici di Lambert, di Condorcet e di altri valorosi geometri, io tralascio ben volentieri, credendo più convenevole di qui rapportare in che modo l'analisi algebrica e la geometria ci scorgano nell'ordine e ridurre in sistema i fatti della natura.

Siccome ignoriamo le dimensioni assolute dell'universo, e solamente conosciamo le proporzioni delle

sue parti; così spiegare i fenomeni non è altro che scoprire la proporzione che passa tra la causa ed i fatti della natura, e le leggi che da noi si ritraggono, non sono che l'espressione di questa proporzione. E comeché varj e diversi ci compariscono i fenomeni, o per la loro grandezza o per la loro picciolezza; pure sono e restano sempre i medesimi, perché dichiarare i varj e multiplici fenomeni della natura non è altro che dimostrare costante la proporzione tra la causa e gli effetti. Indi è che i fenomeni sono risultati matematici di poche leggi generali, secondo i principj geometrici furono da prima disposti, e di continuo a tenore dei medesimi si combinano. Le matematiche adunque si debbono in primo luogo riguardare come la scala, con che il nostro spirito misura i rapporti dei fenomeni, e va ricavando in mezzo alle loro varietà la costante proporzione cui stanno immutabilmente sottoposti. E come sono di loro natura esatte e precise;

così alle matematiche è solamente concesso di apprezzare la squisitezza delle misure della natura, e per questo solo mezzo può supplire il nostro spirito all'immenso intervallo che corre tra l'imperfezione dei nostri organi e la precisione dei fenomeni. Né solo misurano con certezza, ma in breve esprimono e chiaramente annunziano tutte le loro misure, per cui le matematiche si possono in secondo luogo considerare come linguaggio. I fatti espressi in questa lingua non si presentano più confusi ed impacciati, la loro comparazione si fa più pronta, il loro legame diventa più semplice, la loro molteplicità si riduce ad una formula, la loro varietà sparisce, e mostrano a prima vista il principio cui tutti si riferiscono. E sebbene così l'algebra come la geometria sieno da tenersi per misura e per linguaggio; pure in maniere diverse ci confortano nella investigazione delle cose fisiche. La geometria ci descrive l'immagine dei movimenti dei

corpi, riduce in linee le forze da cui sono sospinti, sottopone ai nostri occhi come queste si equilibrano, ed in quale proporzione si uniscono, perché questa o quella curva trascorran. L'algebra piglia i fatti, ed isolandoli dagli oggetti cui si appartengono, li traduce prima nella sua lingua ch'è generale, e poi da questa espressione fondamentale, connettendo una lunga e non interrotta catena di raziocinj, ritrae tutti i conseguenti. Ma non raccomanda questi raziocinj al nostro intendimento, che debole com'esso è, stancandosi o smarrendosi verrebbe meno; anzi con singolare artificio li trasmuta ed involge in forme meccaniche, sottoposte a regole certe ed invariabili, e mostrandoci il punto da cui partiamo e quello cui arriviamo, dall'uno all'altro quasi cogli occhi bendati ci conduce, per non poter declinare dalla diritta via. Indi è che i dettati dell'analisi sono certi ed infallibili, e

che la fisica e le scienze in generale, rigettate le opinioni, altro oggi non ammettono che i fatti ben discussi ed i risultati del calcolo, come i soli ch'eterni sono e non soggetti ad errore.

Essendo i risultati del calcolo conseguenti certissimi dei principj stabiliti, e legandosi intimamente e con eleganza ai fatti che dall'osservazione e dall'esperimento si ricavano, divengono essi la prova e come la pietra di paragone a cui si può riconoscere la verità o la falsità delle nostre congetture. Quando incerti e dubbj siamo alla vista di più cause, che tutte verisimili ci sembrano, e adatte a spiegare i fenomeni, paragonando i risultati del calcolo con quelli delle osservazioni, si ferma la nostra incertezza, e si determina con fondamento la nostra scelta. Tante volte spiegati già alcuni fenomeni, non si sanno gli altri ridurre, perché non si sa ancora la legge secondo cui si modifica la causa che li produce; ed il calcolo allora,

mettendo per dati i fenomeni non dichiarati, va trovando in qual modo si varia la causa; o pure modificando in più versi la causa, quella legge discopre secondo cui i conseguenti analitici sono conformi alle osservazioni ed ai varj fenomeni. Posta la causa fisica insomma, a noi indicata dall'analogia e dall'induzione, come dato, ove i risultati del calcolo conven-gono coi fenomeni osservati, abbiamo di certo una prova che la causa argomentata si convenga agli effetti, ed appartenere si voglia alla classe dei fatti. Newton mise prima l'attrazione come principio, e di poi venne dimostrando col calcolo che i corpi celesti, in virtù dell'attrazione, debbonsi muovere, come di fatti si muovono; senza di che ci avrebbe dato le idee fisiche del suo sistema, ma sfor-nite di forza e della prova conveniente. In questo senso volgarmente si dice che la fisica ci appresta il *come*, congetturando la causa dei fenomeni, ed il calcolo il *quanto*, dimostrando la

necessaria corrispondenza tra la causa argomentata e gli effetti osservati.

Essendo il calcolo lo strumento più adatto alla misura degli effetti, e perfezionandosi la spiegazione dei fenomeni col dimostrare esatta e costante la proporzione tra la causa e gli effetti, considerati in tutte le modificazioni ed in tutti i casi particolari, hanno cercato i più valorosi algebristi di trovare nuovi mezzi per apprezzare il grado d'intensità di cui ogni effetto è capace a tenore che variano le cause che lo producono, e le circostanze con le quali suol essere accompagnato. Ci hanno di fatto somministrato i metodi *grafici*, con cui si descrivono e si rappresentano sotto una forma sensibile gli aumenti e i decrementi, e in generale le variazioni degli effetti nel modo che ci sono date dall'esperienze e dalle osservazioni⁹. E

⁹ Frase rimaneggiata. La prima edizione diceva: «Non solo ci hanno somministrato i metodi grafici, con cui si descrivono,

tali metodi conferiscono di assai a mostrare a prima vista l'andamento e 'l progresso dell'esperienze, prima che da noi si cercasser di legare per mezzo di formule numeriche. Biot costruì graficamente l'esperienze eseguite dal Gay-Lussac per conoscere la corrispondenza tra i gradi dell'igrometro e le tensioni del vapore acquoso a 10° del termometro centigrado, e corse immantinente agli occhi che queste esperienze formavano una iperbole in cui le tensioni rappresentan le ascisse, e i gradi dell'igrometro le ordinate, la cui concavità è rivolta all'asse dell'ascisse, e poté di

e si rappresentano sotto una forma sensibile i risultati delle esperienze, e delle osservazioni, ch'esprimono gli aumenti e le variazioni degli effetti; ma quel ch'è più, ci hanno apprestato i metodi d'interpolazione».

poi applicarvi le formule, e trarne i valori corrispondenti e stabilirne una tavola¹⁰. Ma gli algebristi, quel ch'è più, ci hanno apprestato i metodi d'interpolazione, col favore de' quali, poste per *dati* le osservazioni, si ritrovano i risultati intermedj, si correggono le anomalie dell'esperienze, si stimano gli errori de' nostri processi e le imperfezioni de' nostri strumenti, si scopre il progresso delle variazioni, si stabilisce il ritorno di certi cangiamenti, in una parola, si determinano con esattezza le leggi dei fenomeni. Questo metodo ha per oggetto di trovare una equazione tra due o più variabili in modo, che assegnato un valore determinato ad una o a due di tali variabili, ne risultano dei valori determinati per la seconda e la terza. Indi è che il problema dell'interpolazione ha due parti:

¹⁰ Da «Biot costruì...» fino a «... Ma gli algebristi...» è un'aggiunta che non figurava nella prima edizione.

l'una di soddisfare ai numeri dati dall'osservazione e dall'esperienza; ed a ciò fare abbiamo già delle regole sicure e generali: l'altra è quella di cercare tra tutte le funzioni che soddisfano ai numeri dati, quella che si convien ai fenomeni di cui si desidera la legge; perché ogni fenomeno, riguardato come commensurabile, si rapporta sempre ad una funzione che deve rappresentarlo ad esclusione d'ogni altra. E comeché la soluzione di questa seconda parte, ad onta degli sforzi ostinati dei più grandi algebristi, non siasi finora potuto sottoporre a regole costanti e generali, massime quando il numero dell'esperienze e delle osservazioni è piccolo, e non abbraccia una grande estensione; pure coll'attenta riflessione ad ogni circostanza ed al progresso dell'esperienze, tentando ed usando della scienza delle combinazioni, si è più volte giunto, almeno dentro a certi limiti, a disporre le osservazioni in modo che i rapporti si scoprissero,

i risultati, l'unione e la legge delle variazioni de' fenomeni. Basta a farci conoscere le difficoltà nell'usare di sì fatto metodo, e l'utile insieme che se ne può ricavare, la formula che fu dal Biot adattata all'esperienza del Dalton sulla forza elastica de' vapori a gradi diversi di temperatura. Poiché dalla formula si ebbe una tavola ch'è per poco concorde all'esperienze, e segna la forza elastica de' vapori sino a 130° centesimali; ma dalla medesima ricavar non si può la forza elastica de' vapori corrispondenti ai gradi che oltrepassano i 130° . Il che ci fa segno che sebbene la formula, forse per difetto di esperienze, non possa aver luogo per tutti i gradi, e che perciò non sia la vera e generale; pure è bastevole a indicarci la quantità elastica dentro certi limiti, che sono compresi tra 20° sotto lo zero, e 130° al di sopra¹¹. Altre simili ed utili

¹¹ Da «Basta a farci conoscere...» a «... 130° al di sopra» è

un inserto nuovo rispetto al testo eliminato della prima edizione, che diceva: «Si è infatti felicemente applicato il metodo d'interpolazione, alla ricerca delle leggi della dilatabilità di molti fluidi elastici, come sono l'aria comune, il gas ossigeno, azoto, idrogeno, nitroso, acido carbonico, e ammoniacale, ed alla legge della forza espansiva del vapore dell'acqua, e dell'alcool. L'esperienze intorno ai gas, che si hanno posto per dati, sono state praticate da Prieur e Guyton a 0° 20° 40° 60° 80° del termometro di Reaumur. Quelle, per la forza espansiva del vapore aqueo e dell'alcool, sono state eseguite da Betancourt più esattamente, che non fece Ziegler, e cominciando dallo 0° di Reaumur, vanno di grado in grado sino a 110° . L'elasticità di questi fluidi scorse, e diresse gli analisti verso la forma vera della loro funzione, e li avvertì ad introdurre una equazione, che risulta dall'integrazione di una equazione a differenze finite lineari, la quale somministra il termine generale d'una serie ricorrente d'un ordine qualunque. Imperciocché siccome la conservazione delle forze vive, che ha luogo nell'elasticità, fa sempre dipendere lo stato attuale dagli antecedenti; così è chiaro, che le serie ricorrenti, in cui un termine qualunque si

ricava da un certo numero di quelli, che lo precedono, si debbono ben convenire a questa maniera di fluidi elastici. Ora dietro l'applicazione d'un siffatto calcolo all'esperienze di Prieur e Guyton, reca sorpresa il vedere, come il calcolo esprime e sodisfa all'esperienze, come la curva descritta dal calcolo si confonde quasi con quella dell'esperienze, come assegna e valuta i piccoli errori dell'esperienza, e come discopre alcune anomalie prodotte da ciò, che alcuni gas ad un alto grado di temperatura ossidavano il mercurio, contro cui agivano dilatandosi, e per mezzo di cui si notavano i loro diversi gradi di dilatabilità. Betancourt osservando, che tra il calcolo e l'esperienze non vi erano, che alcune piccole differenze, di cui le principali provenivano dalla imperfezione nella divisione delle scale, ne conchiuse, che i risultati, ricavati dalle formole, erano da riguardarsi come quelli, che avrebbero avuto luogo, se l'esperienze fossero state perfette; e che perciò i risultati del calcolo erano da preferirsi a quelli dell'esperienze...».

applicazioni dell'algebra si sono fatte, e molte altre con singolar profitto della fisica e delle arti se ne faranno, se i travagli dei più illustri matematici della nostra età giungeranno una volta a render generale e perfetto in tutte le sue parti il metodo dell'interpolazione. Basteranno allora poche esperienze e poche osservazioni per stabilire la legge de' fenomeni, si conoscerà la funzione d'ogni effetto riguardato come commensurabile, il linguaggio della fisica diventerà analitico, la spiegazione dei fenomeni si estenderà facilmente a tutti i casi particolari, e quel ch'è più, le scoperte teoretiche si rivolgeranno ai bisogni della società, sapendosi a quale grado ed in quale punto gli *agenti* della natura si possono adoprare per agenti meccanici.

L'algebra supplisce non solo e corregge le esperienze, scoprendo la legge dei fenomeni; ma non di rado eziandio, più pronta a sviluppare in tutta la loro

estensione i principj che noi non siamo ad osservare, e più dilicata che i nostri grossolani strumenti non sono, ci predice delle verità inaspettate, e ci annunzia le scoperte da farsi e le cose da osservarsi, che non sono ancora osservate. Il calcolo infatti ci ha manifestato tante ineguaglianze nella luna, che l'osservazione a stento avrebbe potuto scoprire; ci ha mostrato il moto di rotazione di Saturno prima che il movimento delle sue macchie ce l'avesse indicato; il calcolo ci ha rivelato che Urano, di cui tutti i satelliti si muovono in un piano perpendicolare all'ecclittica, gira rapidamente sopra sé stesso attorno ad un asse alquanto inclinato a questo piano; ed il calcolo è inteso al presente a sviluppare i veri valori dei cangiamenti secolari che l'azione dei pianeti produce negli elementi del sistema solare, per conchiudere e pesare con precisione la massa di quei pianeti che compariscono sforniti di satelliti. E ben lo potrà, essendo

tanta e tale la forza dell'analisi algebrica, che dai fatti sensibili ed apparenti giunge a penetrare quei che nascosti ed insensibili sono, e dalle osservazioni presenti va maravigliosamente conoscendo il passato insieme ed il futuro.

Lungo sarebbe il riferire più oltre quanto le matematiche favoriscono, e quanta utilità promettono alle fisiche discipline. Da che Cartesio con sottil pensiero estese il calcolo delle grandezze in generale a tutte le quistioni che hanno per oggetto la misura dell'estensione, si comprese benissimo che si potea applicare ai fatti della natura, né si è sin d'allora trascurato di condurre le verità fisiche al rigore del calcolo, per cui gran profitto ne han tratto la fisica, la meccanica, le arti e i mestieri. Coll'ajuto del calcolo, non è guari, si son conosciuti e misurati gli effetti del calorico, che prima ci erano ignoti e reposti, ed abbiamo or ora veduto ridursi il magnetismo per opera dell'Ampère ad elettricità. Ed in generale si può dire che la fisica a di nostri si è aggrandita ed innalzata a maggior dignità per mezzo del calcolo, che corre pronto ad ajutarla in tutte le sue ricerche. Di fatto la fisico-matematica si è ita sempre più accrescendo; perciocché non solo si

è ampliata nell'ottica per le novelle proprietà scoperte nella luce, e per la dichiarazione dei fenomeni della diffrazione; ma si è arricchita altresì di trattati novelli colla dottrina elettro-dinamica e colla teorica matematica del calore. Ma a raccogliere il desiderato frutto da una sì fatta applicazione, ricercasi molto giudizio e somma circospezione. Imperocché essendo l'oggetto delle matematiche speculativo e semplicissimo, come sono le relazioni delle quantità, de' numeri e delle linee, non si possono direttamente applicare se non a quelle cose i cui rapporti si valutano con esattezza, e capaci sono di una misura precisa. Perché dunque i soggetti fisici divenissero argomenti matematici, conviene spogliare i corpi della più parte delle loro fisiche qualità, e riguardarli d'una maniera tutta astratta ed intellettuale. Il corpo del fisico-matematico non è quello de' matematici, perché vi considera qualche fisica qualità, né quello dei fisici, perché lo spoglia di molte proprietà, che lo renderebbero incapace delle misure matematiche, ma un corpo, dirò così, neutro. I pianeti alla vista de' fisico-matematici sono tanti punti animati dalla gravità, una leva è una linea inflessibile, e i corpi in meccanica non sono che potenze e resistenze senza più. E però gli argomenti, che oscuri sono e molto intralciati, non si lasciano signoreggiare e domare dai calcoli e dalla geometria. Poiché per ridurre i corpi

a soggetti matematici, o si spogliano di quelle proprietà, senza le quali altri divengono di quello che sono, o pure per mezzo di supposizioni gratuite si accomodano al calcolo; e nell'uno e nell'altro caso si cangiano i corpi in esseri astratti ed ideali, e si corre pericolo, come suole avvenire, di trasportare i risultati immaginarj agli esseri reali. E siccome la natura nel creare i corpi non pensò al comodo dei matematici, ed alla facilità dei calcoli, ma li rivestì di molte qualità, senza le quali corrisponder non possono ai fini altissimi ch'ella si propose; indi è che la fisica particolare non può sempre ricever conforto delle speculazioni dei geometri. Si è felicemente applicato il calcolo al sistema del mondo, che in sostanza riducesi ad un gran problema di meccanica; perché considerandosi come nulla l'azione delle cause secondarie sopra i corpi celesti per la distanza immensa che li separa, chiaro dimostrano le forze principali da cui sono sospinti, e i loro moti hanno un rigore ed una precisione matematica. È un argomento di matematica la meccanica razionale, come quella che, astraendosi dai corpi, dimostra il gioco, l'equilibrio e gli effetti meccanici delle forze, sebbene, non essendo ancora pervenuta a rendere insensibile l'effetto di non poche inesattezze, che attualmente sono inevitabili nella teoria, sia obbligata a consultare l'esperienza, per ridurre ad effetto i suoi macchinamenti, e

sia costretta a modificare le sue leggi secondo la norma e gl'insegnamenti della pratica. Si è infine applicato con felice ventura il calcolo alla luce, al calorico, alla elettricità; ed il calcolo e la geometria ci han servito di guida ne' fenomeni della cristallizzazione, additandoci le forme e le figure regolari e costanti che pigliano gli elementi dei corpi in natura. Ma quando i soggetti fisici sono oscuri, debbonsi rischiare coll'esperienza e coll'osservazione, non già col calcolo e coll'algebriche equazioni, perché misurare non si possono con esattezza quelle proprietà che non ci sono abbastanza note. Quando del pari sono confusi ed intricati, non son capaci di precisione e di calcolo; perché l'algebra, impacciata dalla molteplicità degli elementi, è costretta a trascurarne alcuni, che la natura vuole e vi comprende. Al più in alcuni casi si può adoperare il calcolo per misurare la probabilità de' principj, per definire alcuni limiti, dentro cui sta racchiusa la verità, e per avere qualche risultamento, se non esatto, almeno molto convergente verso i fatti. Non sono certo da imitarsi quei medici algebristi che han tentato di ridurre a calcolo l'arte di curare i morbi, trattando la macchina umana, che è molto involuppata, come se la più semplice fosse e la più facile a scomporsi.

Ma ancorché gli argomenti delle nostre ricerche si prestassero alla misura del calcolo, pure è da avvertire, in secondo luogo, che i dettati dell'algebra allora sono certi quando solidi e certi sono i fatti sopra i quali si riposano. Poiché essendo le matematiche uno strumento del nostro spirito, con cui misura i rapporti de' fenomeni, l'intensità delle forze e degli agenti, e la proporzione tra la causa e gli effetti: ne segue che con indifferenza adattare si possono alle verità ed agli errori, come il metro ed il palmo fa a qualunque maniera di lunghezza. Sono state di fatto egualmente cortesi ai vortici di Cartesio e all'attrazione del Newton, con eguale impegno hanno inteso ora ad allungare ed ora a schiacciare i poli della terra, e colla stessa destrezza si sforzano oggi a dichiarare i fenomeni della doppia refrazione coll'ipotesi dell'emissione, o con quella delle ondulazioni. Il momento adunque delle matematiche tutto dipende dai dati e

dalla verità dei fatti che prendono a misurare, e le formule algebriche e le speculazioni geometriche mancano, mancando le osservazioni e gli esperimenti sopra i quali si debbono stabilire. Per lo che il fisico deve porre prima ogni studio a fondare con certezza i fatti, e sempre dai fatti passare al calcolo e dal calcolo ritornare alle osservazioni, come quelle che sole possono realizzare le sublimi immagini della geometria, e trasformare i risultati analitici in leggi di natura.

Ci sia in fine concesso di avvertire che al presente del calcolo e della geometria in alcun modo si abusa. Sicuri i fisici degl'ingegni dell'analisi, le loro esperienze all'infretta ci descrivono in curve, e di formule algebriche le vestono per provar la desiata corrispondenza tra gli esperimenti e le loro ipotesi, e dare a queste colle forme analitiche una vistosa talora ed apparente sodezza. Ma non di rado vengono delle espe-

rienze novelle a turbare le leggi da loro poste, insufficienti le additano a spiegare le circostanze tutte dei fenomeni, mal determinati dichiarano i coefficienti delle loro formule, e queste inopportune dimostrano a rappresentare i fatti con esattezza e precisione. Che se muovesi disparere e contrasto tra i pensieri de' fisici, si veggono allora pugnare calcoli con calcoli, e formule con formule, e dubbia resta la vittoria, finché nuove esperienze non giungano a deciderla; perché la verità è riposta ne' fatti della natura. Biot e Brewster sono stati non ha guari discordi in più punti sulle leggi della polarizzazione mobile, e Biot e Fresnel del tutto contrarj; e sebbene siasi molto piatito, e sia ancor l'Arago entrato in lizza contro il Biot, pure prende ancora, non ostanti le loro formule, indecisa la gran lite. Ciò non pertanto è da confessare che nello stato attuale in cui le scienze fisiche si coltivano da sommi ingegni in mezzo a gran nazioni, che loro

porgono ogni maniera di conforto, e rapido e continuo è il commercio de' lumi, e fervido è l'ardore degli scienziati a coglier gloria nelle vie del sapere, l'abuso del calcolo non reca quel male che di per sé avrebbe potuto in altri tempi recare. Poiché sebbene questi e quegli fidandosi della forza potente dell'analisi corra licenzioso ad ipotesi, e trasformi a sua posta l'esperienze coll'orpello delle formule; pure ciascuno è sollecito nelle diverse regioni di Europa di mettere i fatti in esame, e dei nuovi ne reca: ed eccitandosi così il contrasto e la gara s'imprendono delle vie non ancor conosciute, si trovano ordini novelli di fenomeni, si giunge talora in mezzo al trambusto delle controversie alle più brillanti ed inaspettate scoperte. Per altro il motto di ordine è già dato, *fatti*, i corpi accademici presiedono e discutono, né si concede la palma che agl'inventori della verità, o a quelli che già trovata in pro la rivolgono della società. Trattandosi in fatti

della polarizzazione, molte e nuove esperienze si sono recate, altre verità sonosi conosciute sul numero e la posizione degli assi de' cristalli, nuovi strumenti sonosi costrutti, si è fondato ed ampliato un ramo novello di conoscenze fisiche, e se non altro, si è già dimostrato che i fenomeni della polarizzazione sieno stretto legati con quelli degli anelli colorati, e cogli altri della diffrazione, sebbene ancora non siesi giunto a stabilire con certezza e sodamente quale sia il legame che li stringa e connetta¹².

Queste sono le vie per cui si arriva al discoprimiento delle cause fisiche. Si studia la natura per fatti separati, perché questo studio si conviene più d'ogni

¹² L'intero capoverso, da «Ci sia infine congeduto...» a «legame che li stringa e connetta», è un'aggiunta che non figurava nella prima edizione.

altro alla nostra debolezza ed alla grandezza dei fenomeni. Si comparano i fatti già studiati, perché colla sola comparazione si conosce la relazione de' fenomeni, e conosciuto il legame, si generalizza. Nella comparazione ci è di ajuto il calcolo, come quello che misura le relazioni e le proporzioni delle cose, e l'analogia e l'induzione, come le sole che, poggiando sopra i fatti, somministrar ci possono una fondata congettura. Congetturare in questo senso non è altro che disegnare ed abbozzare il piano e l'ordine che si conviene ai fatti esaminati. Questo schizzo sarà sempre imperfetto se non si confronta col gran modello, che è la natura; perché essa ci dovrà indicare per mezzo del paragone se le linee da noi tracciate rappresentano le vere immagini delle cose, o pure i fantasmi della nostra mente. Il fisico adunque, dopo aver tratteggiato il suo piano, dovrà ritornare ai fatti, per correggerlo, contornarlo e ridurlo a perfezione, o sia

non deve mai ristarsi dall'osservare e dallo sperimentare, finché dal dubbio non passi al certo, dal sospetto al fatto e dal sistema alla teorica. Mentre questo non si è fatto, o, per dir meglio, mentre la natura non ha ancora approvato i nostri pensamenti, tutti i nostri raziocinj, per quanto belli, sodi e veri ci compariscono, non sono che sistemi, nostre maniere di vedere, metodi di abbreviazione, e semplici congetture che possono venir meno e distruggersi, e ci somministrano al più probabilità, e non mai certezza. Indi è che i sistemi e le congetture sono sempre indici di nuove fatiche e di nuove ricerche, e che l'invenzione è riposta tra i fatti che fondano le congetture, e quelli che le verificano; perché ivi è collocata la verità. Quantunque innumerabili analogie avvertissero Franklin dell'identità del fulmine e del fuoco elettrico artificiale, pure fu sempre dubbio ed irrequieto, finché non chiamò il fulmine alla sua obbedienza per mezzo del

cervo volante, e non lo trattò come il fuoco delle nostre macchine.

Potrà dopo tutto ciò sembrare ad alcuno per avventura, che non ammettendo per causa fisica de' fenomeni un fatto di cui s'ignora la natura, e che ragion fa di tutti gli altri, vorremmo riprodurre le cause occulte degli scolastici, che sono state con tanto impegno bandite dalla moderna fisica. Ma in verità tra l'una e l'altra maniera di cause vi ha grande e molto notabile differenza. Le cause degli scolastici erano principj ideali, arbitrarj e metafisici, ed al contrario le nostre cause fisiche sono fatti di cui si pruova e si conosce l'esistenza. Quelli o non curavansi di sapere; o pure immaginavano i modi secondo cui sviluppavasi l'azione delle loro cause; e noi all'opposto andiamo con gran cura cercando nei fenomeni stessi le consuetudini, secondo le quali le cause costantemente operano,

e queste leggi o in parte o del tutto conosciamo, e dimostriamo colle osservazioni e cogli esperimenti. Gli scolastici in somma non aveano segni determinati per discernere quando la causa da loro immaginata operava, né spiegavano le minute circostanze dei fatti, ma la generalità. Noi all'inverso, studiate e raccolte le leggi dei fenomeni, abbiamo caratteri certi e non equivoci onde conoscere quando gli effetti provengono dalla causa stabilita, ancorché ignota ci sia la sua indole e natura, e intendiamo a mostrare la proporzione tra la causa fisica e i fenomeni, in tutti i rapporti, in ogni cangiamento, in ogni posizione e per tutti i gradi di grandezza o d'intensità degli effetti. Ora bastaci il poter assegnare cause vere de' fenomeni per ordinare i fatti e scoprire il legame reale delle cose, ch'è l'oggetto cui dopo lunghi smarrimenti e tante false spiegazioni, sia per senno, sia per timidezza, si sono limitati i nostri desiderj e ristrette le

nostre ricerche. Questo metodo fu la prima volta introdotto dal Newton, che spiegò i movimenti dei corpi celesti per l'attrazione, senza sapere cosa era, d'onde si proveniva e come si nascea¹³; ed oggi è divenuto generale presso di noi, che conosciamo per

¹³ Scinà ha soppresso il passo seguente, dedicato a Kant: «... l'attrazione. Dopo di lui è stato generalmente adottato, ed oggi vie più promosso e pubblicato dal metafisico Kant sotto il nome di sistema delle forze. Ammette questi la fisica dinamica, chiamando forza la relazione, che passa tra la causa e l'effetto, o sia tra le proprietà della materia ed i suoi fenomeni, ed intende di calcolare gli effetti, senza cercare l'origine, e la natura della causa, non altrimenti che fanno i meccanici, che apprezzano le forze per gli effetti, e niun pensiero si danno di conoscere cosa sian le forze, da cui provengono i moti dei corpi. In questo senso distingue col nome di forza luminosa la causa dei fenomeni della luce, di forza elettrica, magnetica, calorica, galvanica la causa dei fenomeni elettrici, magnetici, del calore, del galvanismo e così del resto. Io non voglio pur

prova le cause occulte degli scolastici essere ben diverse dalle cause fisiche dei moderni; perché con quelle si esprimeva solamente la nostra ignoranza in riguardo alla spiegazione dei fenomeni, e con queste si sviluppa l'ordine reale che hanno le cose in natura, ch'è la vera ed unica scienza cui forse possiamo arrivare.

Vi hanno poi di quelli che sdegnano le scienze naturali, perché apprestar solamente ci possono probabilità, e non mai evidenza. Ma chi potrà pretendere ad evidenza, trattandosi di cose che nel mondo reale

ora decidere se con questo vocabolario, e con questo neologismo, in luogo d'illustrarsi, siansi piuttosto impicciate le scienze. Quello, che certo mi pare, si è che il sistema delle forze di Kant coincide per la maniera di ragionare con quello di Newton, e che le cause occulte degli scolastici sono ben diverse dalle cause fisiche dei moderni...».

si stanziano? Sono evidenti gli assiomi, perché proposizioni identiche. Sono capaci di evidenza le matematiche, perché astratte e semplicissime, come sono, si lasciano, dirò così, vagheggiare fuori del nostro mondo, e sopra definizioni da noi poste e tra noi convenute si riposano. Per lo resto poi non conoscendosi la natura delle cose, la nostra scienza si risolve tutta nella testimonianza dei sensi, che non fanno, né recar possono evidenza. Ma la costanza de' fenomeni osservati, una successione di fatti simili, ed una ripetizione non interrotta dei medesimi avvenimenti, che sono il fondamento delle nostre fisiche cognizioni, bastano a dar certezza alle verità della filosofia naturale. Che se alcuno più fastidioso in luogo di certezza volesse dir probabilità, io glielo concederò benissimo, purché non mi negherà che con la medesima probabilità si regolano tutte le cose umane, che una tale

probabilità non ci ha ingannato giammai, e che la medesima ci muove e ci governa come se fosse certezza. Ma lasciando ai metafisici queste sottili discussioni, giova qui rappresentare ed esporre con quale intendimento e secondo quale disegno sieno stati da noi dirizzati gli elementi di fisica sperimentale.

Siccome i fisici han preso sinora questo e quell'argomento senza un disegno comune colle loro ricerche ad illustrare; così è accaduto che i varj trattati, di cui la fisica è venuta ad arricchirsi, non si sono potuti connettere con un legame vero e naturale, e ciascuno autore d'instituzioni prima o dopo a suo senno l'ha sinora disposto ed ordinato. A ridurre quindi gli elementi di questa scienza ad un ordine stabile e certo, mi venne in mente, anni sono, di rivolgermi alla spiegazione de' fenomeni, e questi dividendo in celesti, atmosferici e terrestri, a ciascuna di queste tre classi potei tutte incatenare le scoperte della fisica moderna. Ma altro è l'andamento che i fisici, almeno di Francia, cominciano oggi ad imprendere nel trattar della fisica; poichè la van circoscrivendo alle proprietà e ai movimenti della materia, negli stati solido, liquido, di fluido aeriforme, e di fluido che alcun peso

non mostra, senza altra cosa di più. E però quella parte della scienza ch'espone il sistema del mondo, e l'altra che ragiona de' fenomeni dell'atmosfera, escluse ambidue dalla fisica, è stata la prima rimandata all'astronomia matematica, e la seconda sotto il nome di meteorologia forma una scienza da per sé. Ma lasciando stare che non si possono tra noi tante cattedre per l'insegnamento stabilire, quanti sono i rami in che ci piace di divider la fisica, non pare che alcuna soda e forte ragione ci stringa a questa novità. So bene che le scienze si dividono e suddividono a misura che si aggrandiscono, perché meglio si potessero studiare e condurre a perfezione; ma non perciò dovranno essere tante scienze separate, che non hanno un centro comune e dei comuni elementi. Non andrà forse guari che la fisica si partirà in altri rami, formandosi della luce, dell'acustica e dell'elettricità, che si vanno sempre più accrescendo, tre altre scienze che saranno dal resto e tra loro disgiunte; ma non perciò questi tre rami non formeranno parte della fisica, e non si dovranno dettare negli elementi di questa scienza. Né è da temere che i nuovi ritrovati non si possano per la copia tutti insieme insegnare. Le scienze, come si van perfezionando, mancano, dirò così, di volume, che in gran parte risulta da errori, da opinioni, da incertezze, da false vie, e riduconsi

a poche e certe verità che sole son degne di collocarsi negli elementi, i quali son destinati ad esporre i progressi già fatti e le cose già certe, e non le opinioni e i vani pensamenti degli scienziati. Le nostre divisioni oltre a ciò non sono naturali, e in luogo di distoglierci, debbono concorrere all'oggetto vero e principale, ch'è la spiegazione dei fenomeni. Come dunque si vorrà levare dalla fisica la dichiarazione de' fenomeni celesti ed atmosferici, ch'è lo scopo unico e vero cui essa mira nelle sue ricerche? Per altro si conviene che la fisica debba parlare dell'equilibrio e dei movimenti de' corpi, e di quelle sostanze che nell'atmosfera si stanziavano ed operano: perché dunque non sospingere almeno l'animo dei giovani nello studiar tali dottrine coll'applicazione ai grandi e più cospicui fenomeni che di continuo si osservano, ed eccitano di continuo la nostra curiosità ed ammirazione, perché di continuo alla nostra vista ricorrono? Pouillet di fatto, che ne ha compreso la ragionevolezza e 'l vantaggio, sta al presente pubblicando gli elementi di fisica sperimentale riuniti a quelli della meteorologia. Se lascio adunque incorporati, come fo, alle mie istituzioni i due trattati, il sistema del mondo e la meteorologia, potrò peccare al più contro la moda, non già contro la scienza, e dopo ciò non credo che alcuno mi vorrà a difetto mettere che io

abbia disposto ed allogato le varie dottrine della fisica in ordine alla spiegazione de' fenomeni¹⁴.

¹⁴ Nella prima edizione l'intero capoverso, da «Siccome i fisici...» fino a «... alla spiegazione de' fenomeni», presentava una diversa partizione delle scienze. Il passo sostituito è il seguente: «Siccome i fisici non si hanno proposto un oggetto comune nelle loro ricerche, ed ora questo, ed ora quello argomento, si hanno tolto secondo l'opportunità ad illustrare; così è avvenuto, che i varj trattati, di cui oggi si è arricchita la fisica, non si possono connettere con un legame vero e naturale, ed ogni autore, prima o dopo, a suo arbitrio li ordina e dispone. A ridurre dunque gli elementi di questa scienza in un ordine certo e stabile, converrebbe disegnare un piano, in cui legate si stessero, ed il loro luogo sortissero, nonché le verità già scoperte, ma quelle ancora, che restano a scoprirsi; affinché i nuovi ritrovamenti l'ordine non turbassero di quelle verità, che già sono allegate. E sebbene questa impresa paja a prima vista ardua, e quasi impossibile a praticarsi; pure ho cercato in parte di supplirvi, e di corrispondere quanto si può a questo intendimento. Persuaso, che l'oggetto vero e principale della fisica

sia la spiegazione dei fenomeni, ho classificato i fenomeni in celesti, atmosferici, e terrestri; ed ho a queste tre classi incatenato tutte le scoperte della moderna fisica. Per ordinare però queste tre maniere di fenomeni, considero la natura sotto un punto di vista semplice e generale, la riguardo cioè, come la materia agitata dal moto, ed animata dall'affinità. Siccome il moto è un fenomeno generale di tutti i corpi, e suppone una proprietà generale della materia, da cui deriva; così la fisica, che tratta del moto, e ne va trovando la causa in una proprietà generale della materia, piglia il nome di fisica generale. E perché l'affinità unisce le parti materiali dei corpi in più guise, ed in varie proporzioni, per cui corpi ne risultano di forma, figura, e struttura diversa, che hanno particolari proprietà, e sono la causa di fenomeni particolari; perciò la fisica, che cerca il nesso tra i fenomeni particolari, e le particolari proprietà dei corpi, si chiama fisica particolare. Ora i fenomeni celesti si riducono a quelli del moto, e perciò alla fisica generale. I fenomeni atmosferici e terrestri suppongono proprietà particolari nei corpi, e sono perciò l'argomento della fisica particolare. Dalla considerazione adunque della materia agitata dal moto,

Ora i fenomeni celesti non si potranno mai degnamente spiegare, se prima non si comprenderà l'ordine e la disposizione di tutto il sistema, di cui la terra è una parte; perché i fenomeni risultano dai movimenti combinati dei corpi celesti e della terra, che sono tutti sottoposti ad una legge comune. L'osservazione ci additerà i fenomeni e la disposizione dei loro movimenti, e la dottrina dell'equilibrio e del moto ci darà a conoscere come ogni singolo corpo celeste si muove, in qual modo movendosi si equilibra, e come tutto il sistema si bilancia. In questa considerazione i corpi saranno riguardati come un ammasso di punti materiali, i fluidi come punti materiali slegati, i solidi

ne nasce la spiegazione dei fenomeni celesti, e la fisica universale, e dalla considerazione della materia animata dall'affinità, ne viene la dichiarazione dei fenomeni atmosferici e terrestri, e la fisica speciale».

come punti materiali legati per rette inflessibili e senza massa; si avranno per masse eguali quelle che con velocità eguali e contrarie si equilibrano, le masse si ridurranno a punti, che diconsi centri di gravità; e tutta la materia sarà rappresentata come omogenea, come animata da forze e agitata dalle leggi del moto. Riguardando i corpi e la materia sotto questo punto di vista, esporrò il principio generale dell'equilibrio dei solidi e dei fluidi, indi le leggi del moto semplice ed uniforme, o per impulso, e poi le scoperte del Galileo sulla caduta dei gravi; ed unendo il moto vario ed uniforme, o sia considerando i corpi sospinti dalla gravità e dall'impulso, andrò spiegando il moto curvilineo e le forze che diconsi centrali. In questi capitoli racchiuderò le leggi cui obbedisce la materia ne' suoi movimenti, che si ricavano da' fenomeni, e succedono sulla terra; e senza dirizzare trat-

tati estesi di statica e di dinamica, che particolarmente riguardano le scienze fisico-matematiche, stabilirò quelle nozioni che si ritraggono dalle osservazioni e dagli esperimenti, si legano coi principj dell'algebra e della geometria, e ci aprono la strada a comprendere in generale il sistema del mondo. Diboscato così il terreno e spianata la via, intraprenderò la spiegazione dei fenomeni celesti. Delineerò prima, come in un quadro, il sistema planetario, ridurrò i moti apparenti ai veri, applicherò le leggi generali del moto ai corpi celesti, dimostrerò che l'attrazione ne rappresenta tutti i fenomeni, incatena la terra al cielo per le maree e la precessione degli equinozj, e che la curva descritta da un atomo, che pare sulla terra trasportato dal capriccio dei venti, è regolata dalle medesime leggi che le orbite dei pianeti. La terra in somma e i pianeti formeranno unico sistema, perché

animati si vedranno dalla medesima forza e sommesse alle medesime leggi. Ma in ciò fare è mio intendimento di ristarmi ai principali fenomeni, senza entrare nella dichiarazione spinosa e delicata di tanti movimenti celesti, che intralciati sono per l'azione di più forze, le quali vicendevolmente si perturbano, e che spiegar non si potrebbero senza l'ajuto dell'analisi la più elevata, e senza i teoremi più ricercati della meccanica celeste. Il primo trattato adunque sarà per me il sistema del mondo, di cui saranno preliminari le principali nozioni della meccanica, e queste applicate ai moti celesti ne spiegheranno i fenomeni. Però questa prima parte della fisica prenderà il nome di *Fisica generale*, o di Fisica celeste.

Dai fenomeni celesti passando all'interpettazione degli atmosferici, ordino e divido la materia secondo gli *agenti* che influiscono in questa maniera di fenomeni. Saranno questi agenti considerati prima ad uno

ad uno, e conosciute le leggi secondo cui operano, ed esaminati i loro effetti separatamente, saranno poi insieme riguardati, per mostrare in qual modo concorrono alla produzione dei fenomeni¹⁵. E sebbene ancora non ci sieno forse noti tutti gli agenti che han

¹⁵ Anche questo capoverso è profondamente rimaneggiato rispetto alla prima edizione, che dopo i primi due periodi («Dai fenomeni celesti... alla produzione dei fenomeni») proseguiva così: «Comprendo benissimo, che non sono ancora noti tutti gli agenti, i quali han parte, o nelle cose, che nell'atmosfera, o pure nella terra succedono; ma si segna in questo modo il luogo a quegli agenti, che si andranno col tempo ritrovando, secondo che nell'atmosfera, o nella terra principalmente influiscono. Dal che si vede, che non tutti i fenomeni si possono ancora dichiarare, e che gli elementi della fisica risultano da due parti, cioè a dire dalle verità già trovate, che spiegano alcuni effetti naturali, e dalle opinioni, che in difetto delle verità, tentano di somministrare una qualche ragione di ciò, che non si sa interpretare. Ora la luce, il calorico, il fluido

elettrico sono di certo tre agenti principali nell'atmosfera; e come intorno ai medesimi ci ha non poche cose l'esperienza, e l'osservazione insegnato; così il trattato della luce, del calorico, e dell'elettricità artificiale precederà quello dell'atmosfera. Colloco da principio la luce, come quella, che ci mette, dirò così, in commercio coi corpi celesti, è il compimento della spiegazione dei loro fenomeni, e naturalmente occupa un luogo intermedio tra la fisica generale e particolare, perché pel suo moto è un argomento di calcolo, e per le sue proprietà chimiche rifrangendosi, riflettendosi, colorando, unendo a varie sostanze, obbedisce alle leggi dell'affinità. Parlo in secondo del calorico, perché per lo più va congiunto alla luce, e dietro l'esperienze di Herschel abbiamo il modo di separare nella luce solare i raggi lucidi da quelli del calorico. Metto in terzo luogo il fluido elettrico, perché parimente agisce a tenore delle affinità, e per lo più si manifesta unito colla luce, e col calorico. Nel trattare di questi tre fluidi noterò le loro somiglianze, e le loro differenze, l'ignoranza in cui siamo della loro natura, e l'azione particolare di tutti e tre sopra i vapori. Il principio adunque generale sarà quello dell'affinità: la luce, il calorico,

il fluido elettrico saranno considerati come tre agenti dei fenomeni atmosferici: le loro dottrine serviranno d'apparecchio al trattato dell'atmosfera: l'atmosfera sarà il primo trattato della fisica particolare, in cui parlando dei fenomeni del suono, dimostrerò secondo le ultime scoperte, che l'aria atmosferica, ed i gas non sono i migliori conduttori del suono. E pare a me, che sia ottimamente fatto di comprendere in una sola classe le sostanze le più sottili, come sono la luce, il calorico, l'elettricità, l'aria atmosferica, ed i gas, per potersi la mente nostra rivolgere così, e fermare sulla considerazione della materia nello stato di finezza e di sottigliezza; giacché in questo stato, in cui sfugge d'ordinario ai nostri sensi, sviluppa la materia la sua maggiore forza, ed attività: per mezzo della materia assottigliata opera la natura i più maravigliosi fenomeni: per la considerazione della materia in siffatto stato di tenuità, la chimica, e la fisica si hanno a tempi nostri levato tanto in alto: e forse col ritrovare altri fluidi, ed altre materie sottili, verrà il destro ai nostri posteri di capire quei fenomeni, che a noi, occupati al presente della vista d'una materia rozza e grossolana, compariscono arcani e misteriosi.

«L'atmosfera, il fuoco, e l'acqua sono tre agenti, ai quali si riferiscono in gran parte le vicende della nostra terra, e dei materiali da cui risulta; ed il trattato dell'atmosfera, quello del fuoco considerato più d'ogni altro nella combustione, e l'altro dell'acqua ci serviranno di guida per spiegare i principali fenomeni terrestri. Alcune nozioni sulle terre, sugli alcali, sugli acidi, sulla geologia, sulla struttura dei monti, e dei vulcani formeranno la prima parte del trattato dei fenomeni terrestri; perché tutti questi argomenti, che per lo innanzi erano divisi e separati dalla fisica, sono stati già uniti alla fisica dalla chimica. La solidità dei corpi, le forme geometriche dei cristalli, ed il magnetismo saranno in secondo luogo dichiarati a norma delle più recenti scoperte. La vegetazione e la fermentazione, la digestione, la respirazione, il calore animale, e la galvanicità daranno infine compimento a questo trattato, ed alla fisica particolare. Né creda alcuno per avventura, che io sopra tali soggetti versandomi, mi prenda a trattare una materia, propria piuttosto delle altre scienze naturali, che della fisica. Si conviene al chimico di analizzare i corpi, e le qualità delle terre, delle pietre, e dei metalli, allo storico naturale di descrivere i

fenomeni, ma più d'ogni altro si appartiene al fisico di spiegarli. Quelli travaglieranno sopra varj oggetti in particolare, ed il fisico, profittando dei loro travagli e delle loro scoperte, li rivolgerà alla spiegazione dei fenomeni, e ne trarrà le leggi generali, che siegue, ed a cui obbedisce la natura nella produzione delle sue opere. Certamente non dirizzerò trattati di chimica, di botanica, o di storia naturale, ma solamente adotterò quelle cognizioni, che già sono in onore, quelle verità che già sono stabilite in queste diverse scienze, per allargare i limiti della fisica, per condurre i giovani a riguardare più in grande la natura, e per accrescere il numero delle proprietà, che si conoscono nei corpi, e dalle quali dipende la ragione e la causa dei cangiamenti, che si osservano nell'Universo. La fisica sperimentale adunque è la pietra angolare, a cui stanno appoggiate le altre scienze naturali: I travagli e le ricerche di queste sono tanti materiali, che si apprestano alla fisica: le altre scienze discoprono, spiegano i mezzi per giungere alle scoperte, e le dimostrano nei casi particolari, la fisica poi adotta le verità già ritrovate, l'estende, e generalizza: la fisica parti-

parte nelle cose che nell'atmosfera succedono, pure si segna in questo modo il luogo a quelli che si andranno col tempo ritrovando. Ora la luce, il calorico, il fluido elettrico sono di certo tre agenti principali nell'atmosfera, e questi tre trattati quello precederanno dell'atmosfera. Colloco da principio la luce, come quella che ci mette, dirò così, in commercio coi corpi celesti, è il compimento della spiegazione dei loro fenomeni, e naturalmente occupa un luogo intermedio tra la fisica generale e particolare; perché, sia che si abbracci il sistema dell'emissione, o l'altro, ch'è oggi in voce, delle vibrazioni, la luce è un argomento di calcolo non solo propagandosi, riflettendo e refrangendo, ma altresì in quelle sue modificazioni che

colare insomma si può considerare come la metafisica del chimico, del botanico, del fisiologo, e di ogni altro ramo di scienza naturale».

diconsi *doppia refrazione, diffrazione e polarizzazione*. Andremo quindi ragionando partitamente di tutte le proprietà della luce, esporremo il famoso principio delle *interferenze*, e notando tutti i ritrovati dei moderni, descriveremo lo stato attuale della scienza. Parlo in secondo del calorico, perché per lo più va congiunto alla luce, e perché, secondo il pensiero di molti, il calorico non si riduce che a moto, e non in altro si differisce dalla luce, che nella lentezza ed estensione delle vibrazioni. Metto in terzo luogo la elettricità, che unita si manifesta colla luce e col calorico. E qui vasto si apre il campo alle novelle scoperte, parlando dell'elettricità che si eccita per istrofinio e per contatto, e della elettricità *dinamica*, che i fenomeni rappresenta del magnetismo. Per lo che la luce, il calorico, l'elettricità e 'l magnetismo, che oggi la *fisica* formano detta *degli'imponderabili*,

non sono per noi che gli agenti de' fenomeni atmosferici, e le dottrine intorno a questi fluidi servono di preliminare al trattato dell'atmosfera, che è il primo per noi della fisica particolare, e dipende dalle proprietà particolari, e non generali, dei corpi. Trattando poi dell'atmosfera, l'ho sciolto nei fluidi, che la compongono, gas ossigeno, azoto, acido carbonico, vapori, elettricità, ecc.; e dopo aver esaminato le loro proprietà separatamente, l'ho tornato a comporre per cavare da tali fluidi, e dall'azione di quelli tre agenti, quanto meglio si può nello stato attuale delle nostre cognizioni, la ragione dei fenomeni. Comprendo bene che al presente non ci sono forse noti tutti i componenti dell'atmosfera, o tutti gli agenti che in essa operano ed influiscono; comprendo bene che degli agenti e dei componenti forse vi avranno che sfuggono ai nostri sensi; ma egli è certo che studiando

l'atmosfera, e scomponendola nelle sue parti, e ricomponendola, ci potrà venir fatto di giungere una volta alla spiegazione de' suoi fenomeni. Per buona ventura la fisica è oggi rivolta a studiare la materia nello stato di sottigliezza, in cui principalmente dimostra la sua forza e la sua prodigiosa attività, e per opera del Becquerel si è trovata l'azione delle correnti elettriche, là dove non pareva che fossero ed operassero. Meglio di più quelle sostanze che sono *incoercibili*, si riconoscono già per la loro azione, e la stessa attrazione che da sé sfugge i nostri sensi, cade sotto i nostri occhi per le leggi, giusta cui opera costantemente. È quindi da sperare che quanto più avanti i fisici procederanno colle loro ricerche, altri agenti, se ne avranno, ed altri componenti rinveniranno, con cui bene dichiarar si potessero i fenomeni dell'atmosfera. E però non è al presente da prender maraviglia,

se alcuni ne interpretiamo con senno, e per altri non rechiamo innanzi che ipotesi ed opinioni.

È facile dopo ciò il comprendere che nell'esposizione delle proprietà fisiche dell'aria atmosferica si riconoscono quelle di tutti i gas. E ponendo soprattutto mente a quella qualità fisica dell'aria che chiamasi elasticità, abbiamo l'aria considerato come veicolo del suono e fatto parola dell'acustica. Al trattato indi dell'atmosfera l'altro aggiungendo dell'acqua, e in particolare de' suoi movimenti, mostrato abbiamo in questo liquido i modi con che operano e si muovono tutti gli altri liquidi. Ma a parte delle qualità fisiche dell'aria e dell'acqua siamo stati costretti ad esporne le chimiche; perciocché non si può certo parlare della composizione, dei cangiamenti e dell'azione dell'atmosfera e dell'acqua senza indicarne le chimiche proprietà. Quei fisici che oggi per severità vogliono bandir dalla fisica i fenomeni di affinità,

han dovuto levar dalla fisica la meteorologia, e l'azione dell'atmosfera su i corpi, e la spiegazione di tanti fenomeni che sono alla fisica stretti e di loro natura inerenti. E ciò non pertanto giungono a dissimulare, non mai a bandire il linguaggio dei chimici; perché la natura nel formar le sue opere usa di tutte le qualità de' corpi, e non si cura delle nostre divisioni. Come si può parlar della colonna del Volta senza parlar de' suoi effetti chimici, e come può non conoscersi il gas ossigeno, ch'è non solo il principio della vita, ma opera di continuo ed unitamente colle sue proprietà fisiche e chimiche su tutti i corpi, ed ossida il mercurio dei nostri strumenti, e i ferri dei parafulmini, o di altre cose simili? Non sono per certo da stendersi trattati di chimica nella fisica, ma d'accennarne alcune principali nozioni, e dimostrare almeno che a parte dell'attrazione in distanza evvi la molecolare,

che opera fisicamente nei fenomeni capillari, e chimicamente in quelli dell'affinità, in cui per altro ha gran parte, come oggi si pensa, la elettricità.

La luce dunque, il calorico e 'l fluido elettrico, come quelli che influiscono sui i fenomeni atmosferici, precedono il trattato dell'atmosfera; e luce, calorico, elettricità, atmosfera ed acqua, che gran parte hanno nei fenomeni terrestri, sono da premettersi alla spiegazione di questi. Ma io mi sono astenuto di mostrare l'azione dell'atmosfera, dell'acqua e degli altri agenti naturali sulla superficie del nostro globo, per schiarirne le vicende e le rivoluzioni; perché il solo toccarne ci condurrebbe nella geografia fisica, nell'idrografia e nella geognosia, assai lungi dal nostro istituto. Ma egli è certo che queste scienze debbono da quelle fisiche dottrine essere illustrate e precedute, e che niuno potrà imprendere degnamente lo studio delle altre scienze naturali se prima addottrinato non

sia delle conoscenze già poste e stabilite dalla fisica. Sicché questi elementi vagliono più che gli altri ad aprirci la ragione dei fenomeni celesti ed atmosferici, e servono al par degli altri di preliminare alla geografia e alle altre scienze naturali.

Ogni trattato racchiuderà le speculazioni necessarie a fornire la ragione dei fenomeni, ed insieme la loro applicazione agli usi della vita, delle arti e della società. La dottrina dell'equilibrio sarà applicata alle macchine e alla idrometria; quella della luce alla visione, al microscopio ed al telescopio; l'elettricità sarà rivolta agli usi medici ed ai parafulmini, e così del resto¹⁶. E perché l'ordine con che si trovano le

¹⁶ Frase modificata rispetto alla prima edizione, che diceva: «L'elettricità sarà rivolta agli usi medici, le cognizioni dell'atmosfera alle predizioni meteorologiche, ed all'influsso dell'atmosfera sul corpo umano, e così del resto».

verità, è diverso e spesso contrario a quello con cui si dispongono negli elementi, ove, fatte già le scoperte, si cercano di collocare in un modo che più adatto e favorevole sia alla comune intelligenza; così ho pensato di mettere secondo l'opportunità un compendio storico, in cui secondo l'ordine dei tempi notati saranno gli sforzi dello spirito umano, i passi ora lenti ed ora rapidi per giungere ad alcune scoperte, il progresso in somma della scienza. Ed intendo di far ciò piuttosto in fine, che in principio de' varj trattati; perché allora, educata già la mente dei giovani, potrà conoscere quale sia stato lo sviluppamento delle verità, con quali mezzi l'umano ingegno ha saputo vincere tante difficoltà, e come si vanno a poco a poco e lentamente preparando i più belli ritrovamenti. In questo modo tutte le cognizioni della moderna fisica sono ridotte in classi come i fenomeni, ed ordinate alla loro

spiegazione; ogni trattato risulta dalle verità speculative e teoretiche, e dalla loro applicazione agli usi della vita, e quasi alla pratica: la somma delle verità di ciascun trattato è prima spianata secondo l'ordine naturale, e che più si confà alla nostra intelligenza, e poi secondo quello delle invenzioni e dei tempi. Non resterebbe, dopo tutto ciò, che unire di tanto in tanto e disegnate insieme dimostrare, come in un quadro, quelle dottrine che di mano in mano sono state ad una ad una dichiarate; e questo l'ho praticato, aggiungendo qua e là dei compendj ragionati, in cui quasi ad un colpo d'occhio stese e legate le cose già annunziate si veggono.

Il metodo poi sarà unico e generale, e consisterà nell'analizzare per conoscere distintamente le parti degli oggetti che sono naturalmente impacciati e nell'unire le parti già conosciute, per ispiegare con esse i fenomeni. I fatti saranno i primi a stabilirsi, e

le verità saranno i risultamenti immediati dei fatti¹⁷. Si ridurranno i fatti a scelte, sode e decisive esperienze ed osservazioni, le quali, incatenandosi tra loro, indicheranno le verità, come conseguenti naturali e come loro spontanee traduzioni; ed in questo senso le verità non saranno da me proposte, ma quasi ritrovate dopo la scorta dei fatti incontrastabili. Di quando in quando annunzierò dei conseguenti che sono intimamente legati ai principj ritratti dalle esperienze e dalle osservazioni, senza mostrarne il legame,

¹⁷ Scinà ha soppresso un periodo che figurava nella prima edizione: «L'atmosfera per cagion d'esempio sarà sciolta nei fluidi permanenti, che la compongono, come gas ossigeno, azoto, acido carbonico, idrogeno, nel calorico, elettricità, umido, luce ecc., e poi esaminate già le proprietà di questi fluidi, saranno tutti insieme combinati, per trarre dai medesimi, quanto meglio si può, la ragione dei fenomeni atmosferici».

affinché la mente dei giovani lo vada investigando, e prenda l'abito e senta piacere di trovarlo. Condurrò in somma i giovani, come per mano, per la diritta via; ma dovranno essi avvertire e scoprire la verità, prima che sia loro indicata ed annunziata. E credo, così facendo, di ben provvedere alla pubblica istruzione; perciocché ogni istituzione che fa, o suppone passiva la mente dei giovani, è falsa, deprime, in luogo di esaltare, le forze dello spirito, né prepara e dispone la mente dei giovani ad ulteriori avanzamenti, ch'è l'oggetto cui innanzi d'ogni altro si deve mirare nel formare gli elementi delle scienze. Andrò inoltre con gran cura distinguendo il certo dall'incerto, l'ipotesi dai sistemi, i sistemi dalle teoriche, e notando insieme i gradi di probabilità che si convengono ad ogni congettura. Dove i fatti sono certi, concordi, e parlano senza equivoco, sarò dogmatico; dove sono

in alcun modo incerti, sarò puramente istorico, rapportando la storia delle opinioni, spesso mostrando quelle congetture che fornite pajono di maggior probabilità, sempre lasciando ad ognuno la libertà di adottare quella opinione che più a grado gli tornerà. Per questo vo sempre soggiungendo, quasi per formula, le parole *relativamente allo stato delle attuali nostre cognizioni*, affinché i giovani forte non aderiscano ai sentimenti che al presente sono più in onore, e tengano l'animo disposto ad accogliere qualche nuovo fatto e qualche altra scoperta che può mutare l'attuale nostra maniera di vedere le cose e di spiegare i fenomeni.

A norma di questi principj ho delineato le istituzioni di fisica sperimentale, colle quali intendo di educare i giovani alle fisiche

discipline¹⁸. Ma debbo confessare che non l'ho voluto né saputo spogliare di un certo linguaggio matematico, ancorché sappia

¹⁸ Da questo punto in poi, la conclusione dell'ultimo paragrafo era diversa nella prima edizione, dove si legge: «... e di propagare le fisiche cognizioni, che a dire il vero non sono ancora volgari e comuni presso di noi, o almeno non hanno ancora acquistato quella popolarità, a cui sono arrivate nella più parte della colta Europa. Fornito questo primo oggetto, mi resta l'altro, che si è, di esercitare i nostri all'esperienze ed all'osservazioni, alla pratica delle macchine e degli stromenti, senza di che la fisica non potrà mai trapiantarsi, e venire presso di noi. Ma già intorno a questo articolo, le provvide cure di questi ottimi Deputati dei Regj Studj cominciano a corrispondere ai miei desiderj, con apprestarmi quei mezzi, che necessarj sono ed opportuni a tal uopo. Già si è conosciuto, che le scienze naturali, senza macchine, senza stromenti, e senza gabinetti, sono inutili, o metafisiche e non vengono. Già si è compreso, che la chimica, la botanica, la storia naturale, l'agricoltura, l'astronomia, ed ogni altra scienza senza la fisica sperimentale è un edificio, che manca della base, su cui dee

riposare; poich  la fisica prepara gl'ingegni, fornisce i primi materiali, insinua l'amore dei fatti, ed eccita gli animi allo studio particolare della natura. Gi  sono venuti alcuni stromenti ed esatti ed eleganti da Londra, ed altri di nuovo se ne aspettano per dirizzarsi almeno un gabinetto di fisica sperimentale, per mezzo di cui e chiaramente si comprendessero le verit  teoretiche, e si acquistasse quella precisione, e quella severit , tanto necessaria nel discutere i fatti della natura, e nell'apprezzarli. Sarebbe dunque ormai tempo di corrispondere alle cure di questo Governo, ed al voto dei buoni: sarebbe ormai tempo di ricordarci, che la Sicilia fu una volta emula della Grecia in ogni maniera di scienza; fu maestra del volgare linguaggio e della gentile letteratura al rinascimento delle lettere; e chiara   stata per tanti famosi uomini, che in ogni tempo l'hanno illustrato, per ripigliare ora i nostri antichi titoli, ed i nostri antichi onori nelle scienze. Sarebbe tempo di scuoterci dal sonno, mettendo in opera quell'acuto e sottile intendimento, che adorna la nazione Siciliana, e di livellarci col resto dell'Europa, rivolgendoci alle scienze reali, che si fondano sulla cognizione della natura. La nostra isola, che ci ha uno dei pi  grandi

che questo comunemente si sdegna, perciocché la più parte vorrebbe saper di fisica senza durarne la fatica, più per sollazzo che

vulcani in attività, e tanti altri cadaveri vulcanici; che abbonda di piante, di miniere, di acque minerali e di tanti altri oggetti importantissimi; che si può dire un campo non ancor dissodato dalle fisiche ricerche; la nostra isola dovrebbe fissare la nostra attenzione, e determinare le prime nostre fatiche. E comeché da principio le nostre osservazioni non saranno esatte, ed i primi nostri saggi compariranno imperfetti; pure come nuovi, e come quelli, che si versano sopra argomenti patrj, e non ancor conosciuti, non mancheranno di pregio e di lode. Si cominci pure una volta, e cominciando perderemo quella timidezza, che c'ispira il progresso dei lumi e delle cognizioni presso le altre nazioni, quella inesattezza, che ci viene dalla novità della fatica, e resteremo alla fine persuasi, che "multum adhuc restate operis, multumque restabit, nec ulli nato post mille sæcula præcludetur occasio aliquid novi adjiciendi" Seneca, *Ep.* 64».

per istruzione. So bene che i Francesi a propagarne la conoscenza non lascino di scrivere schizzi, manuali, compendj, biblioteche, dizionarj ed enciclopedie portatili; ma con sì fatti libri si dà la tintura della scienza, non già la scienza; e questa tintura, se vale a levar da molti la ignoranza delle cose fisiche, non giova a somministrarne ad alcuno la vera conoscenza. È cosa ben diversa parlar di fisica per divertir la gente che dicesi di mondo, dallo scriverne per istituire la mente dei giovani in una università ch'è diretta a formar dei cultori delle scienze. Per lo che riesce oggi a chiunque manifesto, che maneggiando macchine, dando in ispettacolo delle esperienze, narrando fatti singolari, divertendo in somma gli occhi e la mente, si moltiplica il numero dei discenti, ma non si coltiva né si educa il loro spirito alla fisica. Giacché la scienza è riposta nel trarre dai fatti particolari le leggi generali, nell'ordinare i fatti per argomentar la causa dei fenomeni, e nel mostrar la corrispondenza e proporzione tra queste e gli effetti naturali: le quali cose non si possono mandare ad effetto ed esprimere senza l'ajuto del calcolo e della geometria, che sono misura e linguaggio dei fenomeni. Non è, io ne convengo, da sfoggiarsi perciò in calcolo ed in formule, come fanno i fisico-matematici, perché altro è iniziare la mente dei giovani alla fisica, e altro parlare a quei che già sono iniziati, o, come

dicesi, agli *adepti*. Però nel dirizzar gli elementi abbiamo premesso l'esperienze e 'l ragionamento ai calcoli, e tra questi, lasciati da parte i sublimi, i lunghi ed intralciati, recato ne abbiamo i soli semplici ed elementari, affinché si conservasse il vigor delle prove, il legame delle verità e la dignità della scienza.

Una volta si disponeano fra noi gl'ingegni dei giovani allo studio delle facultà con un'astratta metafisica o così detta filosofia, e cogli elementi della geometria, per la ragione che questa potea, secondo che si pensava, quadrar l'intelletto. Ma oggi che si è innalzato lo stato delle scienze, e presso tutti è migliorata la pubblica cultura, non sono più da seguirsi gli antichi metodi. Le matematiche servono a tutti per apprendere le scienze, giacché queste senza di quelle riescono incerte, slegate ed inesatte. E se le menti, quasi per una ginnastica, si istituiscono da prima colla filosofia, si vogliono poi rassodate dalle fisiche discipline. Poiché la filosofia in sostanza altro non fa che menarci in un circolo senza progredire giammai,

circolo di cui una parte è occupata dallo scetticismo, e dove, ancorché si avesse la verità per le mani, non si trovano caratteri certi e costanti per conoscerla e ritenerla. Nelle scienze fisiche al contrario e si progredisce e si ha certezza, perché sodi sono e reali i fatti della natura che pigliano a dichiarare. Non intendo con ciò di togliere e screditare lo studio della filosofia, che sia curiosità, o coscienza delle forze della umana intelligenza, o tendenza naturale alla perfezione; è un bisogno dello spirito, di cui non si è potuto né si potrà passare giammai. So per altro benissimo ch'essa apre, dirò così, l'intelletto, eleva la mente, nobilita i nostri pensieri, insegna a raccogliarli, a connetterli, ad astrarli, e dirige ed informa ogni nostra scienza. Dico solamente che la filosofia la quale per ventura si trova in voce, deve far parte dell'educazione letteraria per iscuotere e rinvigorire le forze dello spirito; ma che a tale studio sia l'altro

da unirsi degli elementi dell'algebra e della geometria, affinché le tenere menti dei giovani preparar si possono con profitto alle istituzioni della fisica, senza di che monco ed imperfetto riuscirebbe l'ulteriore insegnamento delle scienze, monca ed imperfetta l'educazione della mente. Poiché alla fisica, che si occupa dei fatti della natura, e li osserva e ordina, e li rivolge a nostro pro, è dato di moderare l'ardore dell'immaginazione de' giovani, e dirigere nel diritto sentiero le loro menti, che vanno spaziando in vistosi pensieri, che sebbene portino il nome di nobili e intellettuali, mancano di sodezza e realtà. Però sopra questa base stabile e salda è da innalzarsi l'insegnamento non che delle scienze naturali, ma di tutte le altre facoltà. È tale e tanto il progresso dei lumi e della cultura, che oggi torna ad ignominia ignorare gli effetti naturali e le loro cagioni, ed eccita il riso e le beffe chiunque sia giurista o teologo, che al par del volgo

ammira, teme e s'inganna per difetto di fisica scienza. Ma oltre a ciò temprati gl'ingegni colla certezza e col ragionamento delle cose fisiche, daranno più sodezza ai loro giudizj, più generalità ai loro concetti, e transporteranno quanto più si può l'andamento e la precisione delle scienze certe in quelle discipline che dovranno fermare la loro attenzione ed occuparli in tutta la vita. Ottimo quindi ed utile divisamento è da stimarsi quello cui si mira al presente nelle nostre università e nei nostri licei di far precedere allo studio delle facultà l'altro delle scienze fisiche animate e rinvigorite dal linguaggio almeno elementare del calcolo; ed è da sperare, se i nostri voti non fallano, che gl'ingegni così disposti ed istituiti potranno più franchi e sicuri progredire nella scienza e nel sapere, ed elevar la Sicilia al grado più eminente di floridezza e di cultura.

Indice dei nomi

Alembert, J. le Rond (d')

Alhazen (Ibn al-Haitam, detto)

Ampère, A. M.

Arago, D. F. J.

Archimede

Aristotele

Bacone (Bacon), F., sir

Barlow

Barrow, I.

Becquerel, E.

Betencourt, P. L. G.

Biot, J. B.

Bonnet, C.

Borelli, G. A.

Boyle, R.

Bradley, F. H.

Brahe Tycho: v. Tycho Brahe.

Brewster, D.

Brouncker, W.

Brugman

Buffon, G. L.

Burnet, T.

Cartesio (Descartes), R.

Castelli, B.

Clairaut, A. C.

Condorcet, J. A. N.

Copernico, N.

Cotroneo, G.

Dalton, J.

Davy, H.

Deluc (o de Luc), J. A.

Du Fay, C. (de Cisternoy)

Epicuro

Eulero, L.

Faraday, M.

Fourier, J. J.

Franklin, B.

Fresnel, A.

Galileo, G.

Gay-Lussac, J. L.

Gersten, C. L.

Guerike, O.

Guyton de Morveau, L. B.

Haller, A. (von)

Halley, E.

Herschel, J., sir

Hooke

Huygens, C.

Ibn al-Haitam: v. Alhazen.

Ipparco

Ippocrate

Kant, I.

Keplero, G.

Kremer, G.: v. Mercatore.

Lagrange, J. L.

Lambert, J. H.

Laplace, P. S.

Leewenhoek, A. (von)

Leucippo

Lucrezio

Magalotti, L.

Malpighi, M.

Mercatore (Gerhard Kremer, detto)

Newton, I.

Nobili L.

Nollet, J. A.

Oersted, H. C.

Pascal, B.

Picard, J.

Plinio il Vecchio

Pouillet, C. S. M. M. R.

Prieur Duvernois

Redi, F.

Réaumur, R. A. (Ferchoult de)

Schweigger, J.

Scinà, D.

Seebeck, T. J.

Seneca

Socrate

Talete

Torricelli, E.

Trembley, A.

Tycho Brahe

Viviani, V.

Volta, A.

Wallis, J.

Wells, W.

Whiston, W.

Wollaston, W. H.

Woodward, H. B.

Ziegler, K.