



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

GIACOMO BELLACCHI



Galileo e i suoi successori

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.

Altezza Reale¹, Signori,

Il vessillo tricolore per la prima volta oggi sventola sulla fronte di questo grandioso edificio in segno della festa giuliva, e quì simboleggiando l'unità nazionale nelle anime nostre suscita le più alte e soavi rimembranze; dai martiri che per lunghi anni trascinaron le catene fra le orride carceri, o col nome della patria sulle pallide labbra spirarono vittime dei patiboli e delle battaglie, o con l'incorrotta vita e le opere egregie negli esilii onorarono la comune madre, fino ai Re generosi e cavalieri crociati, che or sono otto lustri a piè degli alpini baluardi presso la padana sorgente, giurarono di liberare dalle orde straniere l'antica terra latina e renderla temuta signora dei futuri destini. — Fiduciosi nel vaticinio dei carmi e dell'istoria apparecchiaron le serrate falangi, e giunta l'ora del riscatto le addussero ai sanguinosi combattimenti, alle vittorie immortali! Esultarono le divise genti dell'almo paese e svegliate dal sonno trisecolare si riconobbero sorelle parlanti una stessa lingua armoniosa, in Roma convennero a cingere col serto di lauri il venerando capo del trionfatore, e mentre dai sette colli echeggiava la risorta voce di Virgilio *Salve magna parens fruguum Saturnia tellus, magna vi-*

¹ S. A. R. Emanuel Filiberto, duca di Aosta ed ufficiale superiore di artiglieria, si degnava d'intervenire alla solenne inaugurazione degli studi nel nuovo palagio eretto dal Municipio fiorentino.

rum, si affermaron riunite per sempre in liberal reggimento difeso dai sabaudi Monarchi e dalle cittadine milizie. In trenta anni di assiduo lavoro coprirono con reti di strade ferrate la superficie della vaga penisola, scavarono gallerie sotto i valichi delle Alpi e dei trasversali Appennini, gittaron solidi ponti sui larghi fiumi, affinchè dal Cenisio ad Aspromonte si svolgessero con rapidità i mutui commerci, si annodassero più strette relazioni ed il puro idioma toscano si diffondesse. Alle circondanti marine lanciaron veloci navigli, perchè dai liguri lidi profumati di mirti e di aranci recassero i viatori alle sarde e sicule sponde, che sorridono al vaporoso cielo riflettente i colori dell'iride. – Le città abbellirono di eleganti contrade e d'istituti educativi le adornarono; dalle malsane paludi redensero alcuni luoghi del Lazio e dell'Emilia, e maestosi vascelli furon varati per proteggere i settemila chilometri delle portuose costiere.

L'indipendenza nazionale e l'ordinata libertà producono opere sublimi, temprano gagliardi caratteri ed eccitando l'amore della gloria e le virtù, fanno sorgere le nuove idee fecondatrici dell'azione e della parola; conciossiachè le austere scienze e le graziose lettere non hanno campo di svilupparsi fra popoli timidi e soggetti, come i cedri del Libano non espongono i bruni rami fra le squallide sabbie, o come i delicati fiori appassiscono sugli steli inariditi dai raggi del torrido sole. – Al principio del secolo decimosettimo il dominio forestiero e la tristissima in-

quisizione tenevano abbrutiti nell'ignoranza e nella estrema povertà gl'italici popoli, lusingando con titoli fastosi e con le dovizie gli scherani ed i piaggiatori, con i roghi e le torture opprimendo i cultori della filosofia naturale e civile. Ma gli strenui olandesi guidati dall'eroico Guglielmo d'Orange abbattevano le masnade austrospagnuole e per il sallustiano precetto *Concordia res parvae crescunt, discordia maxima dilabuntur* si costituivano in stati uniti e federali. A somiglianza delle repubbliche del medio evo le città fiamminghe prosperarono nelle arti belle e le industrie, e l'università di Leida rifulse per le discipline matematiche e filologiche. Obbligati dall'invadente marea dell'oceano a riparare le spiagge con alte dighe o colline di arena coperte da stuoie, vivendo in estese pianure verdeggianti per i prati, per le tremule foglie dei pioppi e solcate da uniformi canali, quei valorosi cittadini cercaron sorte migliore veleggiando nei mari delle Indie, raccogliendovi spezierie e trasportandole nei porti del Mediterraneo e del Baltico; onde acquistarono tanta perizia nell'arte nautica e tanta sollecitudine ad allestire le flotte, che nei cantieri di Saardam Pietro il grande imperator delle Russie volle iscriversi fra i falegnami e vestito da operaio lavorare più mesi alla costruzione delle navi. – Ai potentissimi Stati di Olanda il divino prigioniero di Arcetri offeriva il suo ritrovato di misurare le longitudini geografiche mediante i frequenti eclissi dei satelliti di Giove; venti anni prima ne avea esposto il sempli-

ce metodo al governo spagnuolo, che sospettoso ed avaro non curò l'onesta dimanda dell'astronomo toscano. Il quale elogiando gli olandesi per i progressi arrecati alla navigazione raccomandava la sua memoria ad Ugone Grozio, al valente publicista che approvando i concetti del marchigiano Alberico Gentili trattò del giure internazionale, e sostenne il diritto di correre liberamente i mari per tutti i popoli commercianti, impugnando l'assoluto dominio ai paesi bagnati dalle salse onde spumose. Costantino Huygens matematico e segretario del principe di Orange accoglieva la nobile offerta di Galileo facendo eleggere tre commissari per assisterlo nei calcoli, e frattanto in segno di riconoscenza e di stima gl'inviava un'aurea catena. E questa catena simboleggiava l'unione scientifica fra l'Italia e l'Olanda, perchè il figlio di Huygens parve destinato dai cieli a perfezionare le scoperte di colui

. . . . che primo infranse
l'idolo antico e con periglio trasse
alla nativa libertà le menti.

MASCHERONI.

Galileo avea per diversi anni raccolte le osservazioni sui satelliti di Giove e con Vincenzo Renieri distesi i calcoli per la ricerca delle longitudini; ma divenuto cieco e languente deputava il suo discepolo a spiegarne l'uso pratico ai commissari olandesi.

desi. Pertanto caduto anche il Renieri in gravissima infermità, un partigiano dell'inquisizione riusciva ad entrare nella camera del moribondo e furtivamente trafugava le laboriose effemeridi; per la qual cosa essendo perduti gli scritti ed estinti gli autori non venne più attuata l'importante invenzione² – L'Accademia del Cimento successa alla romana dei lincei durò soltanto un decennio; in questo periodo accertava la compressibilità dell'acqua ed il peso dell'aria, le forze attrattive dei gravi, il potere adesivo delle calamite e le maniere di armarle, valutò la velocità del suono a 384 metri, qual distanza impiegata a trasmettere in un minuto secondo il fragore di una colubrina scagliante una palla, estese a varie sostanze le proprietà elettriche trovate da Gilbert e notò la reciproca azione fra i corpi attraente ed at-

2 Vedi Nelli Giovan Battista *Vita di Galileo Galilei*. – Il siciliano Hodierna cercò di riparare a questa mancanza nel 1656 calcolando a Palma le posizioni dei satelliti di Giove, e trovò che il primo satellite si eclissa 207 volte all'anno supposto di 330 giorni; per ottenere le longitudini geocentriche dei satelliti proiettava sopra un piano perpendicolare alla retta congiungente la terra a Giove, le posizioni giovicentriche degli stessi satelliti. Ma le tavole di Hodierna furono difettose, perchè compilate sulle osservazioni di pochi anni. Cassini e Wargentin pubblicarono tavole sufficientemente corrette, ed in seguito Delambre le ridusse conformi alle teorie di Lagrange e di Laplace.

tratto; istituì cinque volte al giorno le osservazioni termometriche, e gli anatomici Bellini, Malpighi, Redi e Stenone discepoli del Borelli, esplicaron gli uffici degli organi e dei vasi negli esseri viventi. Per la discordia di alcuni soci e per la negligenza del principe l'Accademia si disciolse l'anno 1667; il segretario Lorenzo Magalotti riepilogava i *saggi delle naturali esperienze*, esortando gli studiosi a trarre i criteri del giudicare i fenomeni dalle ripetute prove e dal raziocinio geometrico, poichè la fantasia spesso volte distende un velo sugli aspetti delle cose ed agevolmente cagiona gli errori. Questo metodo filosofico, che analizzando le opere plasmate dalle mani dell'Onnicreante giungeva a straordinarie scoperte, commosse l'elette intelligenze di Europa e fè nascere vivissimo il desiderio di associare i conati per conseguire le utili relazioni fra la matematica e le scienze naturali; ergere i luminosi fari, affinchè le navicelle dell'umana ragione scorgano le sicure vie fra le dense tenebre della notte e procurino di evitare le perigliose scogliere.

A Londra, ad Oxford i dottori Wallis, Hooke e Wren discutono gli aforismi della filosofia induttiva promossa anteriormente da Francesco Bacone, si compiacciono delle esperienze e dei fecondi teoremi svolti dal Galileo e dal Torricelli, applicano le variabili coordinate al ritrovamento dei luoghi geometrici e risolvono l'equazioni come il ragusano Marino Ghetaldo avea

pubblicato a Roma l'anno 1630, e sette anni dopo il francese Descartes divulgava in Olanda.

Wallis introduce la notazione dell'esponente negativo per significare l'inverso valore delle potenze numeriche, traduce in serie a termini algebrici il metodo degli indivisibili esposto dal Cavalieri, ne ricava l'area degli spazi iperbolici, la ragione del cerchio al quadrato del raggio in forma di prodotto infinito; e rettifica la cicloide; curva ideata da Galileo per i ponti e descritta da un punto di una circonferenza ruzzolante senza scorrimento lungo una retta.

Hooke indaga le variazioni del peso dei corpi alle diverse distanze dal centro della terra, inventa industriosi meccanismi per trasmettere il movimento e negli orologi al pendolo sostituisce la molla spirale, che distendendosi per forza elastica regola il moto del bilanciere. Il professor Gellibrand confronta le sue osservazioni sull'ago magnetico a quelle istituite dai fisici precedenti, ed avverte il variare successivo della declinazione o dell'angolo formato dalla linea meridiana con l'ago; perocchè un secolo prima Cristoforo Colombo attraversando le isole Azorre scoprì la declinazione differire nei diversi luoghi della superficie terrestre. — Adunque le curve *isogoniche* o le linee seganti i meridiani sotto eguale declinazione variano di anno in anno, e disegnate sulle carte geografiche a proiezione cilindrica servon di traccia al nocchiero per guidare con la bussola il cam-

mino della nave; come le foglie del *Silphium laciniatum* volgenti le loro punte all'artico polo son di scorta al viandante fra le immense praterie dell'America settentrionale. – I geometri Rober- val, Frenicle e Picard inaugurano l'Accademia scientifica di Francia, e per diffondere l'astronomia fisica fra le galliche scuole, per istruire i missionari della China e delle Indie nelle pratiche osservazioni, il ministro Colbert con reiterate preghiere induce Gian Domenico Cassini ad innalzare e dirigere la specola di Parigi. Questo prudente nizzardo originava da toscana famiglia e nella sua gioventù dilettavasi a comporre odi latine e drammi sacri in lingua volgare; quando imbattutosi per caso nelle tavole dei satelliti di Giove, sentì forte vocazione per l'infinita poesia delle sfere celesti. Succeduto al Cavalieri nella cattedra di astronomia allo studio bolognese, corresse la linea meridiana tracciata in S. Petronio da Ignazio Danti e prolungandola seppe valutare a $23^{\circ} 29'$ l'obliquità dell'ecclittica, come pure svolgere una teoria nuova della refrazione celeste molto più approssimativa della tolemaica. Dalle macchie di Giove dedusse compirsi la rotazione del pianeta in circa 10 ore e l'asse normale alla sua orbita; onde ivi arride una continua primavera coi giorni brevi ed eguali alle notti, illuminate da quattro placidissime lune. Dalle macchie di Venere e di Marte ricavò i tempi delle rotazioni, l'uno deficiente e l'altro superante di quasi

mezz'ora il giorno terrestre.³ Seguendo l'ipotesi di Galileo credeva il sole composto di un nucleo solido ed opaco ricinto da un fluido splendente, che aprendosi a guisa di nubi facesse apparire le rocce della crosta sotto le forme di macchie variabili in grandezza e posizione, notando come alcune dopo 27 giorni riprendessero i medesimi luoghi sopra il disco solare. Ma gli occhi del Cassini si oscurarono per aver troppo affisato il radiante volto di Apollo; sol manifesto alle vergini Muse, che ne ritraggono l'ispirazione dei pindarici canti. E rassegnato il venerabile nizzardo riandava nella memoria le vedute maraviglie del firmamento; come il Buonarroti si confortava nel pensiero delle immaginate sembianze, allorquando i marmi e le tele fosser guaste o distrutte dalle ingiurie del tempo.

Il primo satellite di Giove impiega 42 ore e $\frac{1}{2}$ a girare intorno al suo duce, ed in quest'intervallo se il nostro globo descriva la parte dell'orbita compresa fra il sole e Giove ci apparirà il satellite eclissarsi nel cono d'ombra gittata dal pianeta, 15 minuti innanzi al momento in cui vediamo l'eclisse dalla situa-

3 L'insigne professore V. G. Schiaparelli osservando alla Specola di Brera per molti anni i pianeti Mercurio e Venere, giunse a stabilire che essi impiegano a rotare intorno ai loro assi il medesimo tempo necessario a percorrere le rispettive orbite attorno al sole, cioè il primo 88 ed il secondo 225 giorni; fenomeno già noto per i satelliti.

zione più lontana ed opposta. Cassini attribuì la causa del ritardo al tempo messo dai raggi luminosi nel traversare il diametro dell'orbita terrestre; ciò che fu verificato dal danese Roëmer e concluso la velocità della luce esser 300 mila chilometri o quasi un milione di volte quella del suono; onde il fioco lume della stella polare impiegò più di un secolo per giungere a noi, ed il presente chiarore della via lattea ci venne spedito in un'epoca da circa tremila anni decorsa.⁴

Il gentile poeta Giovanni Milton visitò il solitario veglio di Arcetri e nella sua ardente giovinezza fu invaso dall'entusiasmo all'udire l'affascinante loquela, che a lui narrava la bontà del suo Dio per averlo scelto ad interpretar la natura, e dal cannocchiale gli additava ingrandito il notturno carro di madreperla; onde Milton riportò sì viva impressione che nel Paradiso perduto descrisse di Satana l'ampio scudo

alla luna simil quando il toscano
gran Mastro a sera con suoi vetri industri
dal fiesolano colle o da Valdarno,

⁴ Gian Domenico Cassini andato in Francia l'anno 1669 vi fissò la propria dimora sposando Ginevra Delaitre; il suo figlio Giacomo nacque a Parigi e fu valente astronomo; la progenie del Cassini terminò nel 1832 col botanico Enrico-Gabriele conte dei Cassini.

la stà spiando a discoprir novelle
terre e nuove montagne o nuovi fiumi
nel maculato globo.

Trad. di L. PAPI.

La selenografia e il disegno delle regioni lunari furono imprese da Evelio ricco negoziante di Danzica, il quale incideva sul rame le osservazioni da lui eseguite nelle notti vegliando al telescopio, ed ancor misurò i diametri degli spenti crateri e delle altezze montane; attesochè Galileo stimasse ad $\frac{1}{10}$ del raggio lunare od a 100 miglia la lunghezza dell'ombra gittata dal monte, poco diversa dalla tangente condotta per l'illuminata cima al contorno dell'astro e col teorema pitagorico ottenesse quattro miglia per la media altezza; invece Evelio con più esatte misure a tre sole miglia la riduceva. L'Ipparco fiorentino distinse le piazze o cavità circolari formate dagli argini o catene montuose, le quali cavità hanno i lor diametri di grandezza variabile fra i sessanta e i dugentotrenta chilometri, e racchiudono parecchie piazze minori: dove l'epico ferrarese fantasiò ragunarsi quanto si perda sulla terra, e sovra il carro di Elia tirato da quattro alati destrieri *vie più che fiamma rossi*, il rapito di Patmos evangelista condusse il paladino Astolfo a tórre l'ampolla che contenea il senno di Orlando, ridotto folle e furioso per l'avvenente ed ingratissima Angelica.

Allo studio pisano Alfonso Borelli osservò la cometa dell'anno 1664, ed in una sua lettera a Stefano De Angeli discepolo del Cavalieri annunciò aver trovato col calcolo un'orbita parabolica e forse risultare ellittica ove la cometa fosse rimasta visibile per più giorni; ma le carte del Borelli vennero disperse, e quel sovrano matematico spegnevasi a Roma nell'asilo dei pietosi frati del Calasanzio.⁵ Anche Evelio nel suo trattato asserì le linee percorse dalle comete esser parabole come per l'impulso ricevuto descrivono i proiettili sulla superficie terrestre.

Galileo estendendo a tutte le macchine il principio dei momenti virtuali indicò il nesso esistente fra i due fattori, forza motrice e spazio percorso, avere per fondamento la ragione reciproca.

Se la prima abbia poca intensità e molto grande sia il peso da sollevare, lunghissimo cammino descriverà la forza motrice e piccolo spostamento subirà la contraria, ovvero ciò che si guadagna in potenza si perde in spazio o in tempo; onde le macchine sono utili soltanto per trasmettere le date forze, o modificare i movimenti rispetto alle velocità e direzioni, commutando fra loro i retti in curvilinei, gli alternativi in continui, e regolandoli con organi speciali.

⁵ Vedi Angelo Fabbroni *Lettere inedite di uomini illustri* tomo 1° pag. 173.

Il Borelli paragonava ogni muscolo ad un'insieme di catenelle formate da cerchietti elastici di metallo, che per trazione assumano la figura ovale e si allungano di segmenti proporzionali al numero degli anelli; nei muscoli corti e voluminosi come lo sterno omerale si svolge gran forza percorrendo breve spazio e nei muscoli sottili ed estesi come il sartorio, si genera piccolo sforzo con notevole distendimento. — *La natura*, diceva Galileo, *opera molto col poco, e non permette di esser superata o defraudata dall'arte*. — Nel secolo decimottavo i filosofi disputarono sul metodo di misurare le forze stimolanti i corpi in movimento, e pervennero a due formule diverse.

I seguaci di Cartesio sostenevano doversi prendere il prodotto della massa per la velocità, sibbene questo valore è l'impulso della forza durante il tempuscolo della sua azione; i Leibniziani consideravano il prodotto della forza per lo spazio infinitesimo descritto dal punto di applicazione e proiettato sul verso di lei; numero esprimente l'effetto dinamico, od il lavoro eseguito dalla forza. Per un teorema di Galileo un grave scendente lungo un piano inclinato, acquista al termine della discesa la medesima velocità che se avesse percorsa l'altezza; ma v'impiega il tempo necessario a descrivere il diametro verticale del cerchio, il cui centro giace sull'altezza e sulla normale al piano condotto dal mezzo della corda o retta di massima pendenza. Quindi il lavoro dinamico, od il prodotto del peso per

l'altezza eguaglia la metà della massa moltiplicata per il quadrato dell'acquisita velocità; la qual'espressione fu detta potenza viva o energia del corpo e si riferì al *chilogrammetro*, o lo sforzo richiesto per innalzare un chilogramma all'altezza di un metro in un minuto secondo. In generale se di più forze applicate ad un sistema di masse materiali, alcune accelerino il movimento ed altre si oppongano, la potenza viva del sistema in ogni intervallo di tempo varierà di quanto la somma dei lavori causati dalle forze motrici, differisca dalla somma dei lavori prodotti dalle resistenze; e questa proposizione di Coriolis governa la *meccanologia* o la dottrina delle macchine.

Secondo il Borelli i muscoli degli animali si contraggono per moti ondulatori delle molecole o per azioni chimiche; *per un acredine pungitiva diffusa dai nervi irritanti*, supponendo le fibre nervose comporsi di canaletti cavi e pieni di una sostanza simile alla midolla del sambuco; ipotesi verificata in questi ultimi anni dal Ranvier mediante l'analisi microscopica.

I muscoli aderendo alle ossa in tutta la loro estensione producono un limitato lavoro; imperocchè accumulandosi le nocive sostanze della creatina e dell'acido lattico le fibre si stancano, ne più si contraggono, onde hanno d'uopo di nutrimento e di riposo per riacquistare il perduto ossigeno ed emetter la

copia dell'acido carbonico occupante il celabro.⁶ – L'effetto dinamico della macchina animale varia secondo la qualità delle opere, per l'uomo è dieci volte minore di quello del cavallo, che in otto ore può eseguire più di un milione di chilogrammetri e tirando un carro produrre un lavoro utile sei volte più grande. – Pertanto alle forze di trazione degli animali, alla potenza dell'acqua cadente sulle ruote giranti le macine, alle pressioni dei venti sulle vele dei navigli, si sostituirono le tensioni dei fluidi aeriformi sviluppate per addensamento, o per espansione del calore. – L'architetto marchigiano Giovanni Branca nel 1622 applicò l'eolipila di Erone a lanciare il vapore sulle palette di una ruota movente un mulino, ed il medico ugonotto Dionigi Papin adoperava la forza elastica dello stesso gas per la salita dello stantuffo nel corpo di una tromba e la pressione atmosferica per la discesa; avendo prima condensato il fluido con l'acqua fredda. – Verso l'anno 1760 l'inglese Giacomo Watt costruì un'apposito cilindro, da cui faceva entrare alternativamente il vapore nelle due parti dello stantuffo, il moto rettilineo del gambo mediante un articolato parallelogrammo in circolar tramutava, con il regolatore a forza centrifuga eseguiva il giuoco delle valvole per servare l'uniforme tensione, e valutando il lavoro di un robusto quadrupede equino a 75 chilogrammetri, in-

6 *Dei Regolatori della vita umana*. Discorso del Professore Jacopo Moleschott. Milano 1871 (pag. 22).

troducea l'unità dinamica del cavallo vapore. In virtù delle macchine di Watt le officine moltiplicarono prodigiosamente le forze motrici, i telai nelle filande meccaniche, i torchi ed i torni produssero lavori a dismisura; attesochè ogni macchina a vapore equivalga a più migliaia di cavalli faticanti senza requie e senza cibo per l'intera giornata. Con titaniche braccia di ferro si sollevano e si abbassano gli stantuffi delle trombe, si snodano e scattano le leve, girano velocissimi i volani, cigolano le cinghie e le corde di acciaio trasmettenti le forze alle ruote, che frusciano e fan rullare i martelli; di vive fiamme ardono i combustibili nelle fornaci, e gli operai si affrettano a raccogliere ed ordinare i prodotti che senza tregua si compiono. I tessuti, le variopinte stoffe, i calzari che vestivano prima i patrizi e gli agiati borghesi, oggi adornano le forosette e i garzoncelli del popolo. – Con una macchina rotativa si stampano in un'ora fino a diciassette-mila esemplari di fogli di otto pagine; e così ogni cittadino, ogni villico o montigiano può leggere le nobili azioni dei suoi confratelli, le travagliose vite dei grandi inventori, che nati in umili case assoggettarono le forze naturali, e le obbligarono ad eseguire opere gigantesche sotto la direzione di una frale ed intelligente creatura.⁷ Dopo la metà del secolo decimosettimo sole-

⁷ Il lago Haarlem situato fra le città di Amsterdam e Leida parallelamente alle coste marittime, lungo 24 chilometri e largo 11, fu prosciugato negl'anni 1841-48 con macchine della forza

vansi trasportare i carboni delle miniere sopra i carri tirati da cavalli e scorrenti sulle rotaie di legno o di ferro; allorché Cugnot a Parigi ed Evans a Filadelfia immaginarono le prime locomobili a vapore. Nell'agosto del 1807 un piroscapo costruito da Fulton a New York il circuyente fiume solcava, e dopo trent'anni un nuovo battello a vapore disegnato da Smith, senza ruote sprizzanti le bianche spume, per l'apparecchio propulsivo dell'elica velocemente scorrea sopra le azzurre onde del mare. Giorgio Stephenson operaio delle miniere inventò la locomotiva con l'interno della caldaia disposto a fascio di tubi; uno dei quali immettendo nel cammino il getto del vapore eccedente alimenta la combustione per l'attiramento dell'aria. La locomotiva è una macchina internazionale, non conosce ostacoli, nè confini politici; parte dai liti dell'Atlantico e l'Europa traversa, per le scavate grotte degli Urali penetra nella Siberia ed andrà a raggiungere le coste del Pacifico oceano. In linea retta le pianure trasvola, negli antri e nei boschi si cela, fra i declivi serpeggia; di repente si arresta alle città, alle popolose borgate: sempre sbuffando vortici di fumo e faville, rumoreggiando coi pesanti vagoni, colle ruote striscianti sulle verghe di ferro; in lontananza col rombo del tuono, con acutissimi sibili avvisa il suo arrivo, apportatore del progresso e del commercio mondiale. — *Io*

di 500 cavalli moventi undici trombe, ciascuna delle quali alzava 36 metri cubi di acqua al minuto primo.

mi sento nato per fare e non per dire rispondeva Giuseppe Pianigiani nel 1844 ai colleghi insistenti, affinchè non lasciasse la cattedra di fisica allo studio senese; mentre egli assumeva la costruzione della linea ferrata, congiungente l'industre Empoli alla patriottica Siena. La valentia dell'ingegner Pianigiani si manifestò nel vincere le accidentalità di un terreno a forti pendenze, nel fabbricare con arte e poco dispendio la prima galleria scavata in Italia, quella di monte Ariosio, lunga 1 chilometro e $\frac{1}{2}$, dove l'arena e l'argilla spesso franavano ed abbondanti acque sorgive per le latebre gemevano. I foramenti delle montagne si sono resi più agevoli col sussidio delle macchine ad aria compressa; inquantochè Germano Sommeiller nel 1858 ideasse la perforatrice a percossa e i compressori a tromba col fine di tracciare la strada ferrata, che da Bardonecchia per il varco del Cenisio in Francia conduce. Insieme agli ingegneri Grandis e Grattoni potè forare il colle di Frejus per una lunghezza di 12 chilometri e $\frac{1}{3}$ impiegando le cadute delle prossime acque, onde produrre l'addensamento dell'aere alla pressione di 5 atmosfere, il quale spingeva i bulini contro le durissime rocce calcaree, e quarzose; ed investendo il sotterraneo ai lavoratori un puro e fresco ambiente forniva. Già trascorsero vent'anni che l'ultimo colpo della perforatrice terminò lo scavo colossale, ed in quel giorno l'ingegner Sommeiller compiendo di percorrere a piedi la sua galleria, spirava lieto di aver unite nella brevità del tempo e del-

lo spazio le nazioni da lui tanto amate, poichè l'alpestre Savoia gli fu carissima culla! Salvete o gloriosi figli del lavoro, siete voi i veri apostoli della pace, e gli esperti solvitori della questione sociale!

Cristiano Huygens rinnovando gli esperimenti del moderno Archimede e con la geometria dell'antico acuendo il raziocinio, provò che il baricentro di un sistema di corpi soggetti ad impulsi iniziali o a reciproche azioni resta immobile, ovvero ha un moto uniforme e rettilineo come succede per il sistema solare; essendo trascurabili le influenze delle lontanissime stelle. Il filosofo olandese nella sua opera *Horologium oscillatorium* perfezionava la dinamica di Galileo, avvertendo le oscillazioni dei pendoli esser esattamente isocrone per gli archi di cicloide; in seguito Leibniz e Giovanni Bernoulli conobbero questa curva esser non solo *tautocrona* ma eziandio *brachistocrona*, o linea percorsa da un grave nel tempo più breve fra due luoghi non situati sulla verticale medesima. L'uniforme rotazione di un punto attorno ad un'asse, fu da Huygens decomposta in due effetti, l'uno impulsivo e l'altro risiedente nel centro del cerchio descritto, mostrando la forza centripeta o la sua opposta centrifuga risultare in ragione diretta del quadrato della velocità ed inversa del raggio. Ora la velocità di ciascun punto della superficie terrestre eguagliando la circonferenza del suo parallelo divisa per il tempo della rotazione, deduceva ancora la forza centri-

fuga esser proporzionale al raggio del parallelo, e perciò diminuire l'effetto della gravità od il peso dei corpi. Laonde ei conchiudeva che nell'ipotesi di una rotazione terrestre 17 volte maggiore dell'attuale, i corpi all'equatore non avrebbero alcun peso e per un più rapido rotamento sfuggirebbero dalla superficie del globo. Ogni moto curvilineo considerò in qualunque istante come percorso lungo la circonferenza osculatrice, o descritta per tre posizioni del mobile infinitamente vicine, e con l'aurea sintesi di Euclide stabiliva i centri dei circoli osculatori allogarsi in una seconda curva, che è l'evoluta della prima, o l'inviluppo delle sue rette normali.

Mediante le ondulazioni dell'etere Huygens esplicò il fenomeno della doppia rifrazione scoperto da Erasmo Bartolino di Copenhaguen; poichè il raggio ottico incidente un cristallo di spato d'Islanda, viene a biforcarsi e la luce propagasi per onde sferiche lungo il raggio della rifrazione comune e per onde ellissoidali nel raggio della rifrazione straordinaria. Il geometra olandese lavorando con le proprie mani un canocchiale diottrico conseguì un'ingrandimento superiore a quello raggiunto dai suoi contemporanei, ed in una notte serena dell'anno 1655 potè distinguere il pianeta Saturno inghirlandato di un anello brillante, largo 48 mila chilometri e spesso 400, che a Galileo era apparso in forma di anse o di due corpi sorreggenti il vecchio padre di Giove. L'astronomo Cassini II vide l'anello comporsi di

due corone separate da un'oscuro intervallo ed il romano Campani famoso costruttore di lenti obbiettive pubblicò il disegno dell'anello con le misure degli spazi luminoso ed oscuro, che paragonate alle recenti di Struve dimostravano l'anello dilatato e diviso da due circonferenze concentriche. Il fisico Maxwell dietro un'ipotesi del Cassini⁸ assomigliò l'anello ad una corrente di uranoliti o d'innunerevoli e piccole masse rotanti, che a grado a grado vanno a disgregarsi e cadere sulla superficie di Saturno. – Galileo ed Huygens opinarono come gli antichi filosofi, esser gli astri abitati da creature diverse da noi, con organi acconci a respirare in atmosfere più o meno dense, fornite d'intelletto cupido di conoscer le ragioni dei fenomeni, e destinate a perire e risorgere quali bianche farfalle erompenti dai serici involucri!

Il divinare la sorte negli eventi fortuiti eccitò sempre l'umana curiosità, e non solo nel medio evo ma pur nel secolo decimosettimo i letterati sofisticavano l'oroscopo degli'infanti per l'influsso degli astri; dalle congiunzioni dei pianeti facean dipendere i successi delle imprese cavalleresche e dei comuni accadimenti. Perfino il buon Galileo scrisse il pronostico delle qualità morali ed intellettive di una sua angioletta nata l'anno

⁸ *Elemens d'astronomie per Jacques Cassini*, Paris 1740; Livre IV pag. 327-29. Il suo padre Giandomenico aveva scoperto quattro satelliti di Saturno, oltre quello veduto da Huygens.

1600, mentre Mercurio era splendentissimo, Cinzia sorgea con la falce d'argento e la stella della Spiga saliva per l'etra promettendo una fanciulla religiosa ed amabile, e fu vera divinazione del core paterno; chè Suor Maria Celeste con le affettuose cure di figlia seppe racconsolare l'addoloratissimo veglio, quando il tribunale del S. Ufficio lo dannò al carcere, ed i suoi Dialoghi dei massimi sistemi pose all'indice dei libri proibiti!.⁹ Ogni evento è originato da varie cagioni e perciò la difficoltà del prevederlo dipende dal conoscere tutte le cause che vi concorrano; così la specie del tempo deriva dallo stato termico, dalla pressione barometrica, dall'umidità dell'aria, dalle macchie solari e da altre cause non ancor definite nè disgiunte fra loro. Sibbene a Galileo spetta il merito di aver iniziato *l'analisi delle probabilità*, o quel ramo di matematica docente a discernere i casi favorevoli e contrari per un possibile avvenimento, e che procura di stabilire qual grado di certezza si competa al medesimo, perché in realtà si traduca. Il filosofo toscano lasciò alcune considerazioni sul tiro simultaneo di tre dadi, forse occasionate dal giuoco della zara o dal comune proverbio fare *diciotto con tre dadi*, significante il conseguire una grande ventura. Egli novera a $6^3 = 216$ tutti i casi che le faccie scoperte possono presentare e nella ricerca dei casi convenienti onde i loro punti abbiano una data

⁹ *Galileo Galilei e Suor Maria Celeste* per Antonio Favaro. - Firenze 1891 pag. 62.

somma n , trova un solo favorevole se ognuna delle faccie scoperte, dia lo stesso numero, tre casi quando vi debbono esser due numeri identici e l'altro diverso; infine espone in quanti modi ottengasi la somma n racchiusa fra i limiti 3 e 10, e poichè sette eguaglia il totale dei punti giacenti in due faccie opposte di ogni dado, riguarda identici i numeri dei modi per formare col detto tiro le somme n e $21 - n$. Il dividere con equità la posta fra due giocatori di pari destrezza e che abbiano fatte alcune partite senza finire il lor giuoco fu subietto di lungo studio per le sagaci menti di Pascal e di Fermat; i quali svolgendo la dottrina delle combinazioni assegnarono i numeri dei casi opportuni alla vincita di ciascun giuocatore, e definiron *probabilità matematica* la ragione fra il numero dei casi favorevoli e quello dei casi possibili. Esaminando la statistica di un certo fenomeno si deducono i limiti fra i quali saranno compresi i simili eventi; perciò gli olandesi Hudde e De Witt coi numeri forniti dall'esperienza cercarono valori approssimativi per la vita probabile alle varie età dell'uomo, e l'astronomo Halley costruiva la prima tavola di mortalità. Giacomo Bernoulli raccogliendo i teoremi sul nuovo calcolo provò come la coesistenza degli eventi non legati fra loro, o la successione dei fatti che dipendono l'uno dall'altro debba misurarsi col prodotto delle probabilità semplici e spettanti ad ogni avvenimento. Così la realtà di un episodio tramandato ai posterì da successive testimonianze divien tanto meno

credibile quanto maggiore sia il tempo decorso; simile a disegnata immagine che per molte riproduzioni si alteri e non più corrisponda all'originale figura. Lo stesso Bernoulli stabiliva *le ragioni numeriche dei fenomeni avvicinarsi alle rispettive probabilità e poterne differire di piccolissime grandezze a misura che si aumenti il numero delle osservazioni*; così in uno stato la ragione del numero delle nascite annuali a quello degli abitanti servarsi costante, la somma dei prodotti agricoli in un certo periodo di anni rimane quasi la medesima, benchè sorgano cause distruttrici; onde gli accorti campagnuoli s'iscrivono alle società di assicurazione per difendersi dai tempi di cattive raccolte. Il calcolo delle probabilità pur giovò a dimostrare quanto siano dannosi i continui giuochi delle lotterie, alimentando nelle misere plebi la cieca superstizione dei sortilegi e dei sogni, precipitandole negli ozi o nei delitti; quanto valga meglio educarle all'osservanza delle leggi sociali, a sperare in Dio e nel lavoro delle valide braccia. Finchè il popolo olandese conservava la sobrietà dei costumi e nell'arte del cambio si contentò di moderati guadagni, tenne l'impero del commercio in Europa; ma quando si volse ai giuochi fraudolenti, all'abuso del credito, all'insaziabile cupidigia dell'oro, a distruggere con stragi ed incendi le fattorie coloniali delle altre nazioni, la sua potenza cominciò a declinare, e nelle battaglie navali fu vinto dai severi Britanni.

Nel medesimo anno che il cieco Galileo spogliato del velo corporeo saliva a fruire l'eterna luce, Isacco Newton il creatore della fisica matematica nasceva in Albione, isola industrie ed altrice di cavalli corsieri. Il dottor Barrow suo maestro gli cede la cattedra di geometria al collegio di Cambridge e passa ad insegnare la lingua greca, perchè ha compreso il vasto genio e le alte scoperte del giovine alunno. Infatti Newton avea ridotta l'estrazione delle radici al calcolo degli esponenti frazionari, ottenuto lo sviluppo in serie per qualunque potenza del binomio, indicate regole generali per tracciare le tangenti alle curve e quadrare gli spazi circoscritti; chiamando *fluente* l'elemento generatore di una quantità e *flussione* il limite della somma di tutte le generate grandezze. In quel tempo il dottissimo alemanno Guglielmo Leibniz istituiva il calcolo differenziale col metodo degli infinitesimi, giungendo alle stesse regole di Newton, ed entrambi si occuparono di sciorre l'inverso problema o dedurre la funzione generatrice di un dato differenziale, effettuantesi con i vari metodi dell'integrare.

Correndo l'anno 1665 una fiera pestilenza desolava le città d'Inghilterra e Newton, allora studente, si ritirò nella paterna villetta di Woolsthorpe; quivi fra lo stormir delle odorifere frondi e l'aria umida dei vapori marini, al cadere di un frutto da un'albero s'immerse in profonda meditazione; attesochè per l'esperienze di Hooke sugli effetti della gravità, per le ipotesi di

Kepler e di Borelli sovra le attrazioni operanti in ragione inversa dei quadrati delle distanze, sapeva come non esistesse una sensibile diminuzione di quella forza nel passare dalla superficie terrestre alle cime delle torri e delle montagne. Continuando a riflettere gli balenaron le idee, doversi distinguere le variazioni della gravità a distanze grandissime dal globo e questa forza cagionare il movimento del satellite attorno al pianeta. Considerò l'orbe lunare quale una circonferenza descritta in $27^g 7^h 43^m$ la distanza fra i centri del globo e del suo satellite pari a 60 raggi terrestri che tradusse in numeri, attribuendo al grado marino la lunghezza di 60 miglia inglesi; con questi dati calcolando la velocità della luna in un minuto secondo ne deduceva la componente centripeta verso la terra. Ma paragonandola allo spazio che la gravità emanante dal centro del nostro globo ed agente in ragione inversa del quadrato della distanza farebbe descrivere alla luna nella stessa unità di tempo, non ottenne egual valore e quindi abbandonò l'arditissima speculazione. Dopo sedici anni in una memoranda seduta dell'Accademia di Londra udì raccontare, come il francese Picard avesse trovato la lunghezza di un grado del meridiano terrestre in tese 57060 pari a miglia inglesi $69\frac{1}{2}$; onde Newton si affrettò con questa misura a correggere la componente centripeta della velocità lunare, ed il nuovo risultamento affermava il suo divino pensiero. Adunque l'incerta ipotesi dei pitagorici sull'attrazione dei corpi ricevea

dall'aquila britannica la prova numerica, e si enunziava con l'universale teorema *le molecole attrarsi a vicenda in ragione diretta delle loro masse ed inversa dei quadrati delle loro distanze*.

Il sacro Alighieri nella visione del Paradiso contempla i cori degli Angeli ed i trionfi delle virtù roteare intorno alla fiammante essenza del vero, i santi, i beati e le minori gerarchie danzare in giri concentrici; onde il poeta soggiunge *Tutti tirati sono e tutti tirano*. Tale è pure l'azione cosmica, i corpi immersi nel sottilissimo etere si muovono senza attriti, solo per le reciproche attrazioni dipendenti dalle loro distanze e masse materiali, non dalle qualità chimiche e diverso stato di temperatura; la forza motrice è istantanea, s'ignora il modo di propagarsi, ma le sue vibrazioni sono cento milioni di volte più veloci delle onde luminose.

La grande opera di Newton intitolata *Philosophiæ naturalis principia mathematica*¹⁰ è la sintesi costitutiva dell'universo e quantunque fosse edita l'anno 1687 non venne intesa e pregiata dai filosofi contemporanei eccetto Bernoulli, Huygens e Leibniz; perocchè vigeva nelle scuole il sistema cartesiano dei vortici, lo stesso concetto di Democrito e già rimesso in voga dal Bruno. Premessi i postulati della fisica energia, dell'eguaglianza

¹⁰ Una versione francese compilata dalla marchesa di Chastelet, riveduta da Clairault e con prefazione di Voltaire venne edita a Parigi l'anno 1759.

fra azione e reazione e del movimento composto, Newton esamina gli effetti di un'impulso e di una forza centripeta agente sopra un corpo, e per la geometria dimostra che nella traiettoria le aree descritte dai raggi vettori condotte dal centro attrattivo ai luoghi del mobile sono proporzionali ai tempi impiegati; il qual teorema fu divinato nel sistema planetario dal sublime Kepler, col meditare le osservazioni di Tycho Brahe. Viceversa ogni corpo descrivente attorno ad un'altro fisso una traiettoria, di cui i settori siano proporzionali ai tempi, vien attratto per una forza emanante dal corpo fisso che giace nel fuoco dell'orbita conica: la velocità del mobile varia in ragione inversa della normale condotta dal fuoco sulla tangente e la forza centripeta sta in ragione inversa del quadrato della distanza. La specie poi della conica dipende dall'intensità dell'impulso e dalla lunghezza del raggio iniziale. E se due corpi hanno massa eguale, od infinitesima, e descrivono orbite ellittiche confocali, i quadrati dei lor tempi periodici stanno come i cubi degli assi maggiori; altro teorema dovuto al Kepler. Dalle quistioni meccaniche sorgendo ognora le geometriche Newton insegna a tracciare le curve di second'ordine soddisfacenti a cinque date condizioni (punti o rette tangenti, oppure che abbiano un foco noto e passino per tre punti o tocchino tre rette cognite di posizione). Generalizza i moti dell'urto e del pendolo sopra superficie determinate, ritrovando i casi particolari risolti da Wrenn e

da Huygens; studia l'involucro sferico di materia omogenea ed attraente in ragione inversa dei quadrati delle distanze, concludendo *un punto esterno essere attratto come se la massa dell'involucro fosse addensata nel centro, ed un punto interno alla sfera permanere in equilibrio*. E qui conviene accennare che Newton valutò l'attrazione di uno sferoide sopra un punto dell'asse polare ed il suo discepolo Maclaurin lo estese ai punti superficiali ed a quelli giacenti nel piano dell'equatore; indi i geometri Gauss, Dirichlet e Jacobi con intensi lavori di analisi ottennero le formule analoghe per gli ellissoidi a tre assi disuguali. Allorchè il francese Coulomb mediante la bilancia di torsione ebbe adatta la legge Newtoniana alle azioni elettriche e magnetiche, Giorgio Green definiva il *potenziale* di un corpo rispetto ad un punto esser la somma delle masse infinitesime attrattive, divise per la loro distanza dal punto attratto. Il luogo geometrico dei punti di potenziale costante è la superficie di livello sorta dall'elettrostatica, come le isoterme dalla termologia e la superficie dell'onde dall'ottica.

Nel secondo libro dei suoi *Principia* Newton investigò le leggi del moto dei corpi fluidi in un mezzo resistente, supponendo la forza ritardatrice qual funzione della velocità del mobile e della densità del fluido. Dopo aver trattato il semplice caso che la funzione sia lineare, osserva come nei mezzi naturali la resistenza varia proporzionalmente al quadrato della veloci-

tà del mobile, e rappresentando i tempi con ascisse crescenti in progressione geometrica, dimostra le velocità esser ordinate di un'iperbole referita agli asintoti, e però decrescere secondo l'inversa progressione e gli spazi continuamente aumentare. A motivo della resistenza atmosferica le traiettorie dei proiettili sono linee trascendenti con rami di forma iperbolica, poichè il proietto pervenuto alla massima altezza nel ricadere si va avvicinando ad una retta verticale: dai quali principii sorgea la *Balistica*, o la scienza che determina il tiro dei proiettili sferici ed obblunghi nei mezzi resistenti. L'aria si oppone tanto all'ascesa di un corpo spinto per grandissimo impulso da impedirgli di giungere all'elevazione di un'alpina montagna, e parimente una massa meteorica penetrata nell'aereo involuppo avrebbe per le successive resistenze del mezzo estinta la sua velocità, se l'attrazione terrestre non accelerasse di continuo il suo movimento; onde un'intenso calore si svolge, il bolide s'infiama, in curva parabolica traversa gli strati atmosferici e si dissolve nello spazio tonando, oppure giunge ad urtare la terra descrivendo più di 50 chilometri al minuto secondo. — Newton analizzò ancora il propagarsi del suono in un fluido elastico, supponendo le molecole del mezzo agitate da variabile impulso, dimostrava l'accelerazione esser proporzionale alla lor distanza dal luogo medio e le oscillazioni isocrone come quelle dei pendoli ciclodali; divisa la lunghezza di un'onda per il tempo della sua vibra-

zione, ottenne per il suono la velocità acquisita da un grave disceso per un'altezza eguale alla pressione barometrica moltiplicata per il semirapporto fra le densità del fluido e dell'aria.

Il sommo Britanno sperimentò la resistenza dei mezzi gittando alcune palle di cera o di piombo entro vasi cilindrici pieni di liquido, e dalla cima della cupola di S. Paolo in Londra lasciava cadere palle cave di cristallo racchiudenti aria od argento vivo; col misurare i tempi impiegati a percorrere le altezze verificava con piccoli errori le formule ottenute dall'analisi.

Nel 3° libro della sua filosofia egli applicò le proposizioni teoriche al sistema solare; così osservando che per uguali distanze dal fuoco le forze attrattive dei globi omogenei stanno in ragione delle masse, conoscendo i tempi delle rivoluzioni planetarie e gli angoli parallattici ricavò la massa del sole superare mille volte quella di Giove, questa esser più di dugento volte la massa terrestre, e dai volumi dedusse le ragioni della lor densità. Le disequaglianze del moto lunare attribuì alle azioni cospiranti del sole e della terra e mediante la legge di attrazione, accordò le formule con i numeri ottenuti dall'esperienze; provando come le stesse cause generatrici dei turbamenti riconducano l'ordine e la ripetizione dei fenomeni. Calcolò pure le attrazioni del sole e della luna sopra le acque dei mari producenti *l'alta* o la *bassa marea*, secondo ch'è i centri dei due astri siano o no in linea retta col centro del globo; e siccome i bacini

degli'interni mari comunicano per gli stretti con gli oceani, sorgono maree derivate, che danno luogo ad interferenze e a dislivelli lungo le spiagge.

Discutendo il movimento delle comete determinò l'orbita parabolica avente il fuoco nel sole, mercè tre osservazioni istituite ad eguali intervalli di tempo. — Newton ammettea per sole cause dei fenomeni le sufficienti a dimostrarsi col ragionamento, stimava gli effetti simili derivare dalle stesse cagioni, e disse proprietà universali dei corpi quelle immutabili nell'esperienze. Così ottenendo oscillazioni isocrone dai pendoli di pari lunghezza e costruiti con lenti di sostanze diverse, conchiuse in uno stesso luogo la gravità operare egualmente su ciascuna materiale molecola. L'accademico Richer condottosi all'isola di Cayenna posta a 5° di latitudine australe, vide il suo pendolo regolato a Parigi ritardare ogni giorno di circa minuti 2 e $\frac{1}{2}$; e però le oscillazioni divenir meno rapide se il pendolo si trasferisca dal polo all'equatore. Adunque la giovanile scoperta di Galileo venne a rivelare la forma sferoidica della terra innanzichè si misurassero i diversi gradi del meridiano, e fece conoscere l'accelerazione della gravità, variabile come il quadrato del coseno della latitudine; onde il peso di un corpo cambia al mutare il luogo terrestre, mentre la sua massa rimane costante. E poichè il filo a piombo devia dalla verticale del luogo se oscilla vicino ad una montagna, col valutare il peso di questa e l'angolo di de-

viazione si ricavò la media densità terrestre prossima a $5 \frac{1}{2}$, come Cavendish ottenne applicando l'elasticità e la torsione dei metalli. Il pendolo è pure un'istrumento geologico ritardando od accrescendo le sue oscillazioni nei luoghi più o meno densi, e l'astronomo Airy misurò l'effetto della gravità all'interno della crosta terrestre facendo oscillare un pendolo nel fondo di una miniera.

In una lettera del Viviani si racconta che gli accademici del Cimento notarono una deviazione nel piano descritto dal pendolo; la qual proprietà rimase inavvertita per due secoli: finchè il fisico Leone Foucault (1851) dimostrò nel Panteon di Parigi il rotare del globo terrestre mediante le traccie segnate sopra un piano arenoso dallo stile di un lunghissimo pendolo oscillante. L'angolo di due traccie corrispondenti al principio ed alla fine di ciascun'ora è invariabile per uno stesso luogo ed è funzione della latitudine; poichè la velocità angolare della rotazione terrestre si decompone in due rotazioni ortogonali, l'una operante intorno alla verticale del luogo eguaglia il prodotto di quella velocità per il coseno della latitudine, e l'altra agendo intorno ad un'asse orizzontale non influisce nel deviamiento del piano di oscillazione.¹¹

11 Il miglior istrumento per determinare praticamente le longitudini dei luoghi terrestri era suggerito da Newton in un orologio di grande precisione, indipendente dalla variabilità di

Emanuele Kant si propose di spiegare con le teorie newtoniane l'origine meccanica dell'universo. Per l'impulso del Creatore la materia caotica si aggruppò intorno ai centri di attrazione; in virtù dell'inerzia si suscitavano le forze ripulsive ed i moti rotatori; onde emersero nuovi centri attrattivi collegati coi primi; così dalla solar nubilosa distaccaronsi i pianeti, da questi i satelliti o nelle regioni più lontane le comete formaronsi. Di tale specie esser doveva Saturno, che avvicinandosi al sole attirò vapori ad altissima temperatura; i quali nella traslazione contraendosi, per moto rotatorio si disposero in forma anulare. E perchè un'altro nume dell'Olimpo non si può inanellare carolando intorno ad Apollo? Il valore della forza centrifuga alla distanza media dell'anello dal centro dell'astro sferico eguagliato all'attrazione solare agente a quella distanza conduce alla proporzione, *la distanza media dell'anello stà al raggio del pianeta come la gravità è alla forza centrifuga di ogni punto della superficie dell'astro*, così per il nostro globo l'anello dovrebbe essergli lontano 289 volte il suo raggio; assurda conclusione che la materia non può rimanere sospesa a tanta enorme distanza!

temperatura, dall'oscillamento della nave ecc. Questo esatto cronometro con bilancieri compensatori fu costruito nel 1735 dall'operaio *Giovanni Harrison*, che venne premiato con medaglia d'oro dalla Società Reale di Londra.

A noi peregrini dell'albergo terreno la natura concesse di ammirare per brevi momenti il settemplice anello, che Febo dipinge fra le nubi con vaghissimi colori digradanti dal rosso al più chiaro violaceo. Il dalmata de Dominis imitava il fenomeno esponendo un vitreo globo pieno di acqua ai raggi solari; i quali rifrangendosi coloravano un candido schermo. Da Aristotile a Galileo si conobbe che il prisma cristallino appressato agli occhi vela molti oggetti coi riflessi dell'iride, Lionardo da Vinci facendo girare velocemente una palla dipinta a vari colori mostrava apparire bianchissima, ed il bolognese Grimaldi scoprì i raggi luminosi radenti i corpi opachi, cingere le ombre di frange parallele e colorate. Ma la rigorosa analisi della luce fu ottenuta da Newton l'anno 1668; facendo passare in una camera oscura un fascetto di raggi solari per un brevissimo foro delle chiuse imposte, e rifrangendolo con un prisma trilatero di limpido cristallo; sopra una bianca parete pingeasi lo spettro dei sette colori e gl'intervalli occupati da ciascuno per la special qualità del vetro eran proporzionali alle lunghezze delle corde vibranti le sette note della scala diatonica! Singolare accordo, luce ed armonia si compongono entrambi di sette elementi, che intrecciandosi con rapidissime onde generano innumerevoli suoni, svariatisime tinte e rappresentano le perenni immagini dell'amore e della sapienza. — Un annoverese già suonatore nelle bande militari campava la vita insegnando la musica e diri-

gendo religiosi concerti; per la lettura di un libro astronomico s'invogliò di apprendere l'armonia delle tacite stelle, e scarso di pecunia ma fermo nel proposito, si accinse a costruire un telescopio a riflessione. In luogo della lente obbiettiva è situato un grande specchio metallico foggiato a superficie concava e parabolica, il quale raccogliendo i raggi paralleli inviati dall'astro li concentra nel fuoco, e l'immagine vien riflessa all'oculare per un piccolo specchio disposto lateralmente. Questa forma di telescopio inventata dal siracusano Archimede¹² era preferita dal Newton; attesochè negli obbiettivi dei canocchiali diottrici i raggi refratti essendo variamente colorati abbiano indici diversi, e concorrendo in più fuochi producano immagini confuse del medesimo oggetto. Pertanto nella sera del 13 Marzo 1781 da una collina dell'amenissima città inglese di Bath il musico Guglielmo Herschel vide al suo telescopio fra le scintillanti costellazioni dell'Ariete e dei Gemelli un'astro di sesta grandezza, che

12 In una lettera del meccanico Burattini avente la data del 7 ottobre 1672 e dirotta all'astronomo Boulliaud, si racconta che in Ragusa, prima dell'orribile terremoto ivi successo, esisteva un tubo catottrico, pel quale si scorgevano i bastimenti dell'Adriatico lontani 30 miglia come se si trovassero in quel porto, e l'istrumento si credeva opera di Archimede, trasportato nell'antica Epidaurò dopo la caduta dell'Impero romano.

fu riconosciuto esser un nuovo pianeta ed ebbe il nome del celeste genitor di Saturno.

Da quel tempo Herschel eletto astronomo reale si dedicò ad esplorare i sistemi di stelle doppie e multiple, aggirantesi intorno ai lor baricentri, come i pianeti si muovono attorno alla continua fonte della vitale energia. — Assumendo per unità la decima parte del raggio terrestre le medie distanze dei pianeti dal sole si esprimono con gl'interi 4, 7, 10, 16, 28, 52.... dove le differenze dei termini successivi crescono in progressione geometrica. Fra le orbite di Marte e di Giove corrispondenti ai termini 16 e 52 non si conosceva fino al principio di questo secolo esistere il pianeta, la cui distanza media dal termine compreso 28 non differisse. Il frate lombardo Giuseppe Piazzi intento a compilare un catalogo di stelle alla specola di Palermo, scrutando lo zodiaco nella prima notte dell'anno 1801 scopri l'incognito astro che fu detto Cerere, l'alma inventrice delle bionde spighe. In quel medesimo spazio, dove Kepler prevede l'esistenza di un pianeta, Olbers e Harding distinsero gli astri minori Pallade, Vesta e Giunone; in seguito dagli osservatori di Europa si ravvisarono cinque o sei nuovi asteroidi per ogni anno, sicchè il loro numero attuale sorpassa il trecento.

A Gragnano borgo del contado milanese il fanciullo Barnaba Oriani era lasciato dal padre lavandaro a custodia dei molli panni tesi fra gli alberi, e le sue vivaci pupille guardavano

estasite il firmamento e i luoghi del sorgere e tramontare del sole. Per gli aiuti di benefici gentiluomini, percorse le scuole e divenne il famoso autore della trigonometria sferoidica e della teoria dei movimenti di Urano, o del pianeta Herschel corrispondente al termine 196 della serie surriferita. *Orian degli astri indagator sovrano* elargì morendo i suoi risparmi ai pubblici istituti e fondava posti di studio per i giovani diseredati dalla fortuna. Le deviazioni di Urano in certi luoghi della sua orbita fecero supporre l'esistenza di un'altro pianeta che turbasse quei movimenti; onde Adams e Leverrier ne calcolarono le coordinate, per le quali Galle astronomo di Berlino lo trovò al telescopio, ed all'ultimo seguace del corteggio solare fu dato il nome dell'antico imperatore dei flutti.

Se la teoria delle forze centrali insegna a determinare le orbite dei globi erranti nello spazio, ed a predire le posizioni d'incognite stelle per i turbamenti di astri osservati, l'analisi della luce ha condotto a stabilire le qualità delle loro sostanze e dato origine alla *Chimica celeste*. Imperocchè Wollaston e Fraunhofer esaminando gli spettri prodotti dai raggi solari, o dall'ignizione dei corpi solidi, o dai fluidi gassosi incandescenti vi scoprivano righe oscure e brillanti di assegnati colori, che mutano di luogo e di numero al variare delle sorgenti di luce; laonde ad un sistema cognito o nuovo di linee spettrali corrisponde un corpo formato da cognite o nuove sostanze. La spettroscopia

rivelò esser le nubilose ammassi di fluidi radissimi come l'azoto e l'idrogeno, le stelle fisse contenere le materie del sole ed apparire quali nuclei roventi involuppati da densi vapori di calcio, di sodio e di silicati terrestri; onde l'analisi spettrale e la mineralogica delle meteoriti, concordano nel verificare l'omogeneità di struttura dei globi celesti.¹³

Il 13 Novembre 1716 a Parigi nell'ora, che agli umani viventi s'intenerisce il core, giaceva abbandonato un'infante sui gradini della chiesuola di S. Jean le Ronde; raccolto dalla popolana Rousseau, educato col nome di Jean d'Alembert acquistò la fama d'insigne geometra e l'elezione a socio delle accademie scientifiche di Europa. Allora la nobile donna che l'avea generato, volle riconoscere il figlio e menarlo al suo ricco palagio, ma l'antico gettatello preferiva di restare presso colei che da vera madre l'educò per la patria! Nel suo trattato di meccanica il fi-

¹³ L'intensità ed il numero delle righe spettrali di un corpo semplice variano secondo la temperatura, la pressione barometrica e l'elettricità. Negli spettri di alcuni pianeti, come per esempio Marte e Saturno, si riconobbe l'esistenza del vapore acqueo e dell'atmosfera; quindi la possibilità della vita organica. Secondo Huggins lo spettro lunare non contiene alcune delle righe telluriche visibili nello spettro del cadente sole; così vien confermato l'asserto di Galileo sulla mancanza dell'involuppo aereo nella luna.

losofo francese dal principio di reazione svolse un teorema riducente le leggi del moto dei sistemi a quelle dell'equilibrio, o i problemi della dinamica ai quesiti di statica; perocchè le pressioni sostenute da punti fissi, in ogni istante si surrogano con forze eguali e dirette in senso contrario. Insieme allo svizzero Euler stabilì il calcolo delle differenze parziali e lo adattò al problema della corda vibrante, assegnando la relazione fra il tempo e le coordinate dei punti oscillanti. L'equazioni differenziali esprimono in germe i legami fra le cause producenti un fenomeno e danno luogo a linee che rappresentano il corso delle variabili; se possono integrarsi, verranno a conoscersi le funzioni generatrici e le leggi regolanti il fisico evento. – A Treviso il conte Giacomo Riccati integrò alcune equazioni differenziali di vari ordini ed una specialmente famosa, perchè fu soggetto di studi moderni; i suoi figli Vincenzo e Giordano con pregiati lavori di analisi accrebbero il paterno decoro.

Il bolognese Gabriele Manfredi separò le variabili nell'equazioni differenziali e vi aggiunse questioni geometriche. Il fratel suo Eustachio all'età di sedici anni radunava nella propria casa i condiscepoli per eseguire esperienze fisiche e dissertare sulle tesi di gius civile e canonico; da questi amichevoli convegni ebbe principio l'Istituto scientifico di Bologna. Eustachio era nato poeta e con amorose canzoni laudò la bellissima Vandì, che preso il velo claustrale abbandonava il lirico amante.

E questi sebben fosse dedito all'arte forense, mal soffrendo che si trascurasse la meridiana del Cassini volle apparare le matematiche; indi eletto a dirigere la nuova specola ed assistito nei calcoli dalle pazienti ed erudite sorelle pubblicava quattro volumi di effemeridi, con sviluppi teorici e con la descrizione dei paesi oscurati dagli eclissi solari. — Le prime istituzioni di analisi infinitesimale che si stamparono in Italia furono composte dalla leggiadra milanese Maria Gaetana Agnesi; la quale ascese la cattedra dell'università di Bologna per supplire l'infermo genitore e camparlo negli agi, finchè essendole questi rapito dalla cruda morte, la virtuosissima giovane rinunziò all'insegnamento, alla gloria scientifica, per sacrare la vita negli ospedali e soccorrere i poveri vecchi con la sua carità vigilante!

Il riflesso degli estranei splendori e la successione di signorie più colte ed umane incitarono gli arditi ingegni della nostra penisola ad instaurare la filosofia sperimentale, a costituire pubblici musei; dove si raccogliessero oggetti rari pertinenti ai tre regni della natura, figure anatomiche eseguite in cere colorate, modelli di costruzioni civili, ordigni militari, capolavori di belle arti; affinchè gli studiosi potessero esaminarli, coi propri occhi si erudissero, ed il gusto all'armonica proporzione, alla semplicità conformassero, Giovan Battista Vico fondando sul conoscere, volere, e potere i cardini dell'intelletto, ricostruisce la dottrina pelasgica sui ruderi delle lingue classiche ed enuncia

i canoni del giure e della politica; il Muratori diligentemente negli Annali raduna le patrie memorie, il Parini con la pungente satira dissona i morbidi patrizi e sulla cetra soavissima commenda le virtù cittadine e le agresti fatiche, il Beccaria con gli argomenti del diritto esorta i sovrani ad abolire la tortura, il Filangeri seguendo le idee pitagoriche chiede costumata educazione qual solida base del civil reggimento, i Verri discutono la cause della prosperità e miseria sociale, e l'Astigiano sdegnoso e fremente contro il dispotismo sulle scene fa rivivere gli eroi della libertà. Il barnabita Paolo Frisi meditando in tacita cella i teoremi di Galileo e di Newton determina la figura e il moto della terra, i limiti delle atmosfere planetarie, l'asse e la velocità di un corpo ruotante per una cognita forza, e dedica un suo libro d'idraulica al fiorentino Giulio Mozzi geometra chiarissimo per sottili disquisizioni sul rotamento momentaneo dei corpi.¹⁴ Un altro religioso, Guido Grandi illustra l'opera di Galileo sulla resistenza dei solidi, svolge le coniche, la curva logaritmica e

14 D'Alembert nelle sue *Recherches sur la précession des équinoxes* considerava lo spostamento di un solido in ogni istante risultare da due moti, il primo rettilineo comune a tutte le parti del solido, ed il secondo rotatorio intorno ad un'asse descritto per il baricentro. Il Mozzi in un discorso edito a Napoli l'anno 1763 dimostrò tanto l'asse, quanto il moto di traslazione ridursi paralleli ad una retta, chiamata da lui *asse di spontanea rotazione*.

disserta sugli infiniti e gli infinitesimi di vario ordine. Gl'idraulici Poleni e Zendrini acquistano fama imperitura nel divertire i fiumi, per salvare dalle inondazioni alcune città dell'Italia superiore. Pietro Ferroni valentissimo nella sintesi geometrica applica la dottrina del Torricelli a bonificare le senesi maremme, ed è coadiuvato dallo Ximenes e dal Fantoni. All'università di Pavia Lazzaro Spallanzani, con la fisica e la chimica spiegò vari fenomeni geologici e fisiologici; i frati Gregorio e Mariano Fontana gareggiarono con gli stranieri a sciogliere quesiti di teorie meccaniche, ed il poeta filosofo Lorenzo Mascheroni descrisse la statica degli archi e delle volte, e commentò il calcolo integrale di Euler con dottissime note. A Verona l'ingegnere Antonio Lorgna istituiva la Società italiana delle scienze: dove il Ruffini, l'Abati, il Malfatti leggevano profonde ricerche sulla teoria dell'equazioni, il Cagnoli le memorie astronomiche, il Fossombroni le idrauliche, il Giorgini le cinematiche; il Brunacci ed il Paoli esponevano i loro calcoli sopra le serie e le differenze finite. E quanti illustri figli della sventurata provincia di Trento abbandonarono le loro valli, i loro monti guardati da barbare scolte, per insegnare nei ginnasi, nelle università dell'Italia madre, rinunciando ai lucrosi uffici, alle onorificenze profferte dell'austriaco imperatore!

Le funzioni goniometriche furono dal Bernoulli ridotte a forme algebriche delle quantità esponenziali a variabile immagi-

naria, unione di grandezza reale con la radice quadrata di un numero negativo, che il Cardano riguardava qual segno d'impossibilità per alcuni problemi del secondo grado. Pertanto le funzioni circolari e logaritmiche non erano sufficienti a valutare l'appianatura delle superficie quadriche ed ottenere gl'integrali relativi alla distribuzione del calore, all'attraimento degli ellissoidi ed al moto del pendolo conico. La via opportuna a questo genere di calcoli fu aperta dal Conte Giulio Fagnani di Sinigaglia, il quale determinò gli archi di ellisse e d'iperbole aventi per differenza una funzione algebrica e partì la lemniscata in archi eguali: teoremi che condussero l'Euler ed il Legendre agl'integrali ellittici; onde Abel, Jacobi e Cauchy svilupparono la teoria delle variabili complesse e ne scaturiva l'Analisi superiore.

Per i conforti del Fagnani il giovine torinese Lagrange pubblicava una sua serie per i differenziali e gl'integrali di qualunque ordine; poi divenuto professore alla regia scuola di artiglieria, nel palagio del marchese Saluzzo discutea coi colleghi quistioni elevate; inaugurando così l'Accademia scientifica degli Stati Sardi; vincea i concorsi banditi dal governo di Francia sui moti dei satelliti di Giove e sopra le teorie del libramento lunare. Il calcolo delle variazioni fu suo concetto, ed originò da un problema di Newton sulla superficie rotonda che movendosi in un fluido subisce la minima resistenza, dalle proposizioni

di Bernoulli relative alla brachistocrona descritta per due punti dati e di nota lunghezza, e dai teoremi di Euler sopra linee isoperimetre soddisfacenti a proprietà di massimo e di minimo. Il metodo lagrangiano consiste nel dedurre una specie di arbitrari differenziali, funzioni di variabili ausiliarie, nell'invertirli coi simboli leibniziani, applicare le parziali integrazioni, ed annullando i moltiplicatori delle variazioni indipendenti, ottenere eguaglianze opportune alla soluzione dei quesiti. Euler si dichiara superato dal geometra piemontese e dovendo riunirsi con la propria famiglia a Pietroburgo gli offre con l'assenso di Federigo II la direzione della prussiana Società delle scienze, esortandolo con le parole *è duopo che il più gran geometra dell'Europa stia presso il più grande dei re*. Lagrange valedicendo al natio paese, ai cari parenti, reca sulle rive della Sprea la reputazione d'Italia ed una prodigiosa attività, chè in un ventennio compose più di sessanta memorie sopra ardui soggetti e per il suo carattere modesto e riflessivo era venerato dal popolo germanico. La quale stima oggi si è ampliata in amicizia fra le due nazioni per la reciproca difesa, e per il libero svolgimento di ogni umana e razionale coltura.

Essendogli estinta la fedel consorte Lagrange si trasferì a Parigi, dove fra le accoglienze oneste e liete fu insignito dall'Accademia del grado di pensionario veterano, e quindi nell'anno 1790 eletto a presiedere la commissione riformatrice

del sistema per i pesi e misure. Attesochè Gian Domenico Casini avesse delineata la carta geometrica della Francia, assumendo per base un segmento del meridiano di Parigi; gli astronomi Delambre e Mechain rettificarono quelle operazioni geodetiche con istrumenti di precisione inventati dal Borda, quali il circolo ripetitore e le pertiche di platino coi termometri bimetallici. La commissione stabilì che le nuove misure fossero internazionali e scelse per tipo delle lunghezze una determinata frazione del suddetto meridiano, per tipo dei pesi l'acqua distillata al maximum di densità e racchiusa nel volume unitario; esprimendo i multipli e summultipli dei metrici tipi secondo i termini della progressione decimale. – Nell'epoca del terrore Lagrange poté scampare alla furia degli'iniqui settari, e quando l'infelice Lavoisier veniva assassinato sul fosco patibolo, ad un suo famigliare esclamava: *un solo momento bastò per far cadere quella testa e forse cent'anni non basteranno a produrre una simile*. Infatti Lavoisier avea disciolto l'aria negli elementi gazzosi l'uno vivificante, gli altri deleteri, ed esplicava il fenomeno della respirazione per i vegetabili e per gli animali; nell'acqua separò lo stesso fluido vitale dall'infiammabile, e rovesciando la falsa ipotesi del flogisto, verificò con le balance *il peso della materia conservarsi in tutte le chimiche trasmutazioni*.

Anche le potenze della natura non si distruggono, ma l'una nell'altra convertesi, il moto genera calore, e viceversa

questo disparendo compie un lavoro meccanico: così i raggi solari scindono i composti ed aiutano i protoplasmi a sviluppar gli organismi; che per l'energia accumulata e per l'azione della luce van svolgendo le forze vitali.

Or fa un mezzo secolo, che Roberto Mayer medico di vascello soggiornando a Batavia fiorente colonia degli olandesi osservò il sangue delle arterie ivi colorarsi come il venoso, e col raziocinio concluse il corpo umano nei caldi climi consumare una quantità minore di carbonio che nelle regioni fredde; al suo ritorno in Germania eseguì parecchi esperimenti che stabilirono l'equivalenza fra il calore ed il lavoro meccanico; onde Hermann Helmholtz dimostrò la conservazione dell'energia, *o la potenza viva dell'universo essere immutabile.*

L'intolleranza religiosa dispiegata dalla monarchia Stuart da costrinse molti inglesi ad emigrare sulle dirupate spiagge dell'America boreale, per vivere quietamente e conforme al semplice rito evangelico.

Beniamino Franklin tipografo di Boston a viso aperto difese la colonia dagli arbitrii del governo britanno, e col prode Giorgio Washington pervenne ad emanciparla e fondare gli Stati uniti. Osservator perspicace conobbe l'elettricità essere una comune qualità dei corpi e in diverso modo giacervi accumulata; la sovrabbondante disse positiva e la deficiente negativa, gli oggetti appuntati sperimentò attrarla e disperderla con

più facilità, onde la suppose identica alla folgore. In una burrascosa giornata Franklin lancia da un prato un'aquilone di seta con punta di ferro e legato ad una cordicella di canapa, al cui termine fissa una chiave ed un grosso nastro di seta, che fa sorreggere al proprio figliuolo. Appena si manifesta la tensione egli avvicina la mano alla chiave, ne trae una scintilla ed una scossa, e tutto si rallegra perchè si è avverata l'ipotesi, perchè con un conduttore metallico attirerà il fulmine e lo guiderà alla terra, salvando le umane vite ed i preziosi edifici. *Eripuit de calo fulmen, sceptrumque tyrannis.* — E fulmin di guerra il vindice Corso piomba fra le nevi dell'Alpi a fugare dall'ausonio cielo lo stormo degli augelli rapaci e mostruosi; come germe di etrusca pianta rampolla l'unità delle fraterne regioni, rievocando la romana grandezza; mentre l'italo genio è intento a creare nuovissimi campi della filosofia naturale.

Alessandro Volta inventa l'elettroforo per condensare la fuggevole elettricità, valutarne le traccie nei corpi e dedurne le variazioni atmosferiche. Luigi Galvani in una morta rana osserva l'agitarsi delle membra forate da un'arco bimetallico ed intuisce esister l'elettrico nei tessuti animali; dal Nobili e dal Matteucci poi confermato per le scariche dei muscoli e dei nervi eccitati.

Sibbene il Volta nel contatto dei diversi metalli stimasse risiedere la differenza di potenziale, con acidulate sostanze le

bimetalliche coppie alternando, la mirabile pila compose. Essa svolge per chimica azione tanta energia, da scindere i corpi nei loro elementi, da coprire di argentini od aurei strati le plastiche forme, da arroventare i fili metallici e scoccando fra le punte dei carboni risplender di luce abbagliante; è la scintilla che dalla vetta del Caucaso il liberato Prometeo sprigiona, poichè il fortissimo Alcide infranse i suoi ceppi, e recise gli artigli al feroce sparviero!

Il filosofo Gian Domenico Romagnosi

..... che con l'ale
dell'alto ingegno a tanti andò di sopra
e i giorni estremi sostentò con l'opra
di un manovale,

GIUSTI

fu il primo ad avvertire come una corrente elettrica faccia deviare un ago magnetico¹⁵ ed il danese Ørstedt studiò il fenomeno nelle sue varie disposizioni; il Marianini, Pouillet ed Ohm indagarono i rapporti fra le resistenze dei conduttori, la forza elettromotrice, l'intensità della corrente, e Joule ne valutò il poter calorifico. Arago discuoprì il temporaneo magnetizzarsi dell'acciaio; viceversa lo Zantedeschi rivelava lo sviluppo dell'elettricità dinamica in un filo attorniante un magnete. Am-

15 *Ristretto dei foglietti universali di Trento* (3 Agosto 1802).

pére immaginando ogni atomo di ferro avvolto da un'elettrico anello ed il magnetismo esser un moto rotatorio, con fili metallici piegati ad eliche e percorsi dalla corrente costruì le calamite artificiali; onde riguardò la terra qual'immensa pila di Volta con le correnti dirette nel senso del suo moto diurno. Maxwell ed Hertz giunsero a provare che dai fenomeni elettro-magnetici le onde luminose derivano; perciò il calore, la luce sono forme dell'etere elettrico diffuso in tutto lo spazio. Infine dalle leggi d'induzione dinamica e dalle linee di forza concette da Michel Faraday si ricavarono multiformi apparecchi trasformanti l'energia elettrica in lavoro meccanico, in fenomeni di movimento.

Eppur la si muove, dicea l'interna voce della coscienza all'affranto Galileo, dopochè i Cardinali inquisitori l'ebber costretto a negar genuflesso una grande verità dell'infalibil Natura! Sì, tutto il Cosmo si muove; correnti elettriche con vivissimi lampi si propagano fra gli astri, sulla piccola Terra di splendide aureole ne irradiano i poli, e per galvanici fili annunzian dovunque la redentrice parola, benedicente in eterno *chi amò l'umanità, la patria, Iddio*.