

GALILEO GALILEI

E IL METODO SPERIMENTALE

(continuazione)

20 - Con Galileo s'inizia un'era nuova. Da una parte egli mostrò la falsità delle dottrine aristoteliche nella Filosofia Naturale, dall'altra fece quello che prima di lui nessuno aveva saputo fare: sostituì una ricerca nuova, una nuova dottrina, nuovi principi di scienza. Giacché se il secolo XVI aveva emancipato la ragione, non aveva però saputo regolarla e dirigerla; se aveva abbattuto la Scolastica, non aveva saputo sostituirla. In questa lotta portò il Galilei la vigoria del genio, sicuro della sua via, forte della sua coscienza. Mai un tale attacco era stato fatto coll'impeto e la violenza che emana dal SAGGIATORE e più dai DIALOGHI. Non sono queste opere manifestazioni di retorica vacua ed insulsa, bensì emanazione della vera Scienza.

21 - Egli però non pensò mai a costruire un intero e compiuto sistema rigoroso, un vero metodo che dovesse regolare ogni disciplina ed ogni indagine scientifica un vero e proprio *Organum*. Alle varie sue scoperte egli pervenne per vie diverse, ora aiutato dal caso, ora guidato dalla volontà, ora eccitato dalla contraddizione e dalla polemica, ora in conseguenza di continue e ripetute osservazioni, in seguito ad un presupposto oppure ad un primo dato positivo trovato da lui stesso o dai suoi discepoli, sopra i quali si poteva novellamente edificare, aiutato ora dall'immaginazione, e potremmo dire da una divina ispirazione; ora dalla profondità lineare della sua osservazione.

Nella ricerca egli si è segnata la norma di far precedere la speculazione mentale all'esperimento; ma pervenuto a questo, egli l'assume come giudice supremo, al lume del quale è pronto a rinnegare quanto precedentemente pensato e che non collimi con la verifica sperimentale. Per

scorgere l'enorme differenza che corre tra il suo metodo di ricerca e quello dei suoi predecessori e contemporanei, basta esaminare anche con pochissimo lume critico l'opera sua.

22 - E' appena diciannovenne, quando nel 1583 si trova per caso ad osservare nel Duomo di Pisa le oscillazioni di un lampadario che era stato mosso; e si accorge che, per quanto la loro ampiezza andasse continuamente scemando, la loro durata era costante. Come termine di paragone, ossia come strumento per misurare il tempo, si servì del battito regolare del suo polso. Tale novità di strumento potrà apparire strana; era invece ovvia, tanto che già il Cardano prima di lui se n'era servito (invece degli ordinari orologi a peso, assai difettosi), per determinare la velocità del vento. Ma è ben noto che l'intervallo tra due pulsazioni consecutive varia con le condizioni emotive e con quelle fisiche dell'individuo, con l'età, ecc.; perciò la proposta fatta dal Cardano della durata di una pulsazione come unità di misura del tempo, con tutto che del Cardano, proprio perché del Cardano, era priva di serio fondamento fisico. Era però lecito servirsene per un'esperienza di breve durata durante la quale si può ben ritenere che le pulsazioni siano regolari. Ecco il lampo del genio!

23 - Ma la sua mente (portata per natura alla semplificazione delle questioni, e che genialmente sa sceverare quello che è necessario da ciò che è meramente accessorio), al sistema complicato del lampadario gli suggerisce di sostituire una semplice sferetta legata ad un filo; ed egli ritrova l'isocronismo delle oscillazioni anche in questo caso. Non solo; ma vede ancora che il periodo è assolutamente indipendente dalla forma e dalla natura della massa oscillante. Allora egli immediatamente si sbarazza della provvisoria unità di misura del tempo costituita dal battito del polso, e vi sostituisce la durata dell'oscillazione di un pendolo di data lunghezza. Ed ecco che crea il *pulsilogium*, ossia il pendolo applicato « ad uso della medicina per la misura delle accelerazioni dei polsi » come scrisse il Viviani. Un siffatto apparecchio passò dopo sotto la paternità di Santorio Santoro di Capodistria, collega ed amico carissimo di Galileo a Padova; ma egli descrisse questo metodo soltanto nel 1603 e nel 1614, ossia quando e dopo che Galileo insegnò a Padova. Il Santoro aveva l'innegabile virtù di migliorare e perfezionare gli apparecchi che vedeva, e gli premevano, tanto più che egli applicava la sua non disprezzabile intelligenza a pochi argomenti, e non era perennemente incalzato dal turbinio di pensamenti da cui era assillato Galileo.

Occorre tener presente che queste osservazioni sulle oscillazioni del pendolo egli faceva quando studiava medicina, ossia quando neanche lontanamente passava per la sua mente l'idea di dedicarsi allo studio della Fisica o Filosofia Naturale, per capire come egli era nato con la spiccata tendenza all'osservazione e allo studio dei fenomeni della natura, e per rivoluzionare tutto lo studio della Fisica.

24 - Più tardi Galileo applicò questo strumento, tutte le volte che gli fu possibile, alle osservazioni astronomiche e fisiche, ottenendo « una minutissima divisione e suddivisione del tempo oltre ai minuti secondi a suo piacimento »; introducendo così, con piena consapevolezza, un metodo rigoroso e fecondo e necessario per le esigenze della scienza che nasceva; esempio che, per la sua necessità, fu seguito non solo dalla sua Scuola e dall'Accademia del Cimento, ma ancora da quanti scienziati vennero dopo.

25 - Nelle sue opere Galileo considerava un *pendolo composto* come costituito di un numero infinito di pendoli semplici, dei quali i più lunghi ritardano, mentre i più corti accelerano, onde ne risulta un moto che è la risultante dei moti di tutti. Se quindi l'Huygens ci ha dato la teoria del pendolo composto, è anche vero che il sommo Galileo aveva visto giusto e a fondo in tale problema. Nel 1620, in età avanzata poi, ideò un contasecondi da servire quando si debbono contare molte oscillazioni, apparecchio che l'abilità tecnica di Huygens esprimerà nell'orologio a pendolo.

26 - Sul principio del 1609 giunse in Italia d'oltralpe la notizia « essere stato fabbricato da un tal fiammingo un occhiale per mezzo del quale gli oggetti, benché assai distanti dall'occhio, si vedevano distintamente come fossero vicini ». Galileo non pensò a farsene spedire uno dell'Olanda, dove si presumeva avvenuta l'invenzione, ma concentrando ed acuendo fortemente il suo pensiero cercò subito « di arrivare all'invenzione di un simile strumento, la quale conseguì poco appresso, fondato sopra la dottrina della rifrazione; ». Ottenne così lo strumento passato alla storia col nome *cannocchiale di Galileo*.

27 - Appena ebbe costruito lo strumento, la sua mente divina lo sollecitò a rivolgerlo al cielo; e mentre nelle mani di un qualunque occhialaio olandese avrebbe al più potuto servire a scopo di più o meno lodevole curiosità, nelle mani del Genio vien adoperato per scrutare sistematicamente e scandagliare le profondità celesti, conducendolo a quella serie di meravigliose scoperte che lasciarono attonito tutto il mondo che dovevano costringere Keplero ad esclamare « *Vicisti Galilae!* » ed iniziando così lo scandaglio del cielo d'allora mai più abbandonato.

28 - « Qualunque persona, scrive il Poggendorff fosse riuscita a costruire un cannocchiale che producesse immagini *veramente nitide*, capaci di rivelare qualcosa di nuovo, come non se ne sarebbe servito per guardare il cielo e raccogliervi quelle scoperte che da sé si sarebbero offerte? ». Sembrerebbe che l'applicare all'osservazione degli oggetti celesti, come fece Galileo, fosse la cosa più naturale che si potesse fare, eppure egli fu il primo a rivolgere il suo strumento verso il cielo, o quanto meno, se ne servì per primo per scandagliare *sistematicamente* la volta celeste e quello che appare in essa. Non solo, ma ciò richiedeva che l'apparecchio desse immagini veramente nitide, come dice il Poggendorff

stesso cosa che poteva fare soltanto un abile artefice quale egli si rivelò. Ora si può giudicare della bontà dell'apparecchio costruito dal nostro Galileo, quando dotti come Giacobbe Christmann, professore di Logica ad Heidelberg e molti altri non riuscivano a veder nulla con gli strumenti olandesi; e protestavano (nel 1612) che i satelliti di Giove erano illusioni di ottica, e che per vederli bisognava procurarsi uno strumento capace di produrli.

29 - Gli occhiali olandesi ai quali presumibilmente si potrebbe attribuire la prima invenzione del cannocchiale sono Zaccaria Jansen e Giovanni Lippershey, ambedue middelburghesi. Pare che il secondo sia stato un usurpatore della scoperta del primo avendo questi, (a causa di diverse malefatte, fra cui quella di aver coniato monete false), dovuto abbandonare la propria città. Ma nel 1905 lo Storico dell'Ottica, l'olandese C. de Waard, rinvenne una nota autografa di Isacco Beckmann, appassionato ottico e assiduo frequentatore della bottega di Giovanni, figlio di Zaccaria Jansen. La nota, recante la data 1634 dice testualmente: « Giovanni, figlio di Zaccaria, narra che suo padre costruì il suo primo cannocchiale presso di noi, durante l'anno 1604, servendosi di un modello, *fornitogli da un italiano*, sul quale era scritto **anno 1590**.

Con ogni probabilità, un modesto tecnico, probabilmente napoletano, seguendo le indicazioni date dal napoletano G. B. Della Porta nella sua *MAGIA NATURALE*, costruì l'apparecchio, in uno o più esemplari, e senza preoccuparsi di assicurarsene la paternità, e senza neanche valutarne interamente l'importanza, per bisogno dovette venderli, in modo che finirono impensatamente in Olanda. Comunque è ormai stabilito che Jansen fu un semplice imitatore e non il primo inventore di quel cannocchiale che, sebbene non adeguatamente apprezzato, perché non perfetto come quello costruito dopo dalle abili mani di Galileo, esisteva in Italia fin dal 1590, ed aveva messo a cimento la genialità di un ignoto Italiano.

30 - Innegabilmente tracce del cannocchiale esistevano nelle opere di Fracastoro (1538) e di G. B. Della Porta (1589). Anche il Metius, (secondo asserisce Descartes) avrebbe inventato qualcosa come un cannocchiale. Ma in tutto ciò non vi è nulla più che esperienze di poco valore fatte con ordinari vetri di occhiali, o pretese invenzioni che non contano nulla. Altra cosa è una fortuita combinazione di lenti come successe all'occhialaio Metius, altra cosa una costruzione razionale come quella di Galileo, il più sagace fra tanti indagatori di lenti. Levargli il merito dell'invenzione, solo perché prima di lui, altri ne aveva alla men peggio o per caso combinato una, è come diminuirgli il merito dell'isocronismo del pendolo solo perché altri prima di lui aveva visto oscillare una lampada. « I buoni filosofi, scrive nel *SAGGIATORE*, volano come l'aquile e non come gli storni ».

La bontà delle lenti che costituiscono la parte essenziale del cannoc-

chiale è certo il fattore primo dell'efficacia di esso; ma non è tutto: è essenziale anche la bontà della disposizione di esse nell'apparecchio. I vetri di Venezia, i migliori dell'epoca, da tutti ricercati per la loro bontà erano alla portata di tutti: chiunque poteva procurarseli e chiunque (come un qualunque occhialaio olandese), poteva costruirsi un cannocchiale; ma la disposizione data da Galileo alle sue lenti era peculiarità sua e lo metteva in grado di costruire strumenti, apetto dei quali quelli costruiti da tutti gli altri erano addirittura rudimentali. Egli poi aveva subito riconosciuto che la potenza dell'apparecchio, ossia quello che noi oggi chiamiamo *ingrandimento*, dipende dalla distanza focale dell'obbiettivo e da quella dell'oculare, e propriamente è uguale al loro rapporto.

31 - Ma egli non si serve delle lenti soltanto per vedere gli oggetti lontani, ma le rivolge all'osservazione delle piccole cose vicine; quelle che difficilmente si possono vedere ad occhio nudo, o non si vedono affatto. Nel 1614, da un segmento di piccola sfera di vetro egli taglia una lente e la rivolge ad osservare gli oggetti minuscoli, ottenendo quello che noi chiamiamo *microscopio semplice*, col quale vede le mosche grosse come agnelli, coperte di peli e provviste di unghie, ossia osserva *minimorum animalium organa, motus et sensus*. Ma la fecondità della sua mente non si ferma a questo. Dal SAGGIATORE apprendiamo che egli aveva costruito il « telescopio per vedere gli oggetti molto vicini ». Egli cioè aveva costruito il *microscopio composto*. Questo merito viene dimenticato da molti; ma per i francesi che si occupano di Storia della Fisica, questa paternità è riconosciuta senza dubbio o discussioni, ed i francesi non sono facilmente propensi ad attribuire paternità di invenzioni ad italiani. Il Volkringer a tal proposito così si esprime: « ... c'est Galilée qui semble avoir les droits les plus incontestables, et, jusqu'à preuve du contraire, on le peut considerer comme l'inventeur du microscope composé » (4). E si pensi alla parte che ha avuto questo strumento nel progresso di tutte le scienze, specialmente le biologiche.

32 - Questa invenzione, ed altre ancora, del Galilei ha trovato chi caritativamente le ha dato la propria paternità, e approfittando che Galileo soverchiato dai tanti suoi trovati, spesso non si curava di assicurarsene la proprietà, non si peritarono di farli passare come invenzioni proprie. Basta ricordare quanto a questo proposito scrisse Vincenzo Viviani, il più giovane, anzi l'ultimo discepolo ed erede scientifico del Grande, in cui dice che il Maestro fu liberalissimo nel comunicare agli altri i frutti delle sue speculazioni, e che non mancò chi ne approfittò per farne passare qualcuno come parto della propria mente.

33 - Ed ecco come nella mente spiccatamente analitica di Galileo che lo portava a cogliere l'essenza dei fenomeni, un'idea ne fa sorgere un'altra, e come il processo induttivo funzionava meravigliosamente. Nel-

(4) Hartvig - Das Mikroskopie, p. 639.

lo studio del moto pendolare egli intuisce un moto di caduta e uno di salita del grave. Non s'indugia sul fatto che il moto avviene lungo un arco di cerchio, ma genialmente semplificando e considerando le piccole oscillazioni, sostituisce agli archi le rispettive corde ed ottiene un moto lungo piani inclinati, che vede subito identico al moto di caduta dei gravi. Egli però aveva già trovato che la durata dell'oscillazione non varia con la forma e la natura del pendolo, perciò la sua mente assurge e conclude: *questa caduta non dipende dalla natura e dal peso dei gravi cadenti*. Così egli dà di cozzo contro e abbatte uno dei postulati fondamentali della Scuola Aristotelica, infatti Aristotele insegnava che nella caduta acquistassero maggiore velocità i corpi di maggior peso. Se però egli avesse presentato questa verità come frutto di una ricerca sperimentale, avrebbe trovato restii anche i più spregiudicati, abituati come tutti erano al metodo deduttivo; onde fu necessità appellarsi alla pura logica, e venne fuori con il noto ragionamento: « se due corpi identici cadono insieme, avranno certo la stessa velocità; e se lungo la caduta si unissero, formando un corpo di peso doppio, il tutto dovrà avere la velocità delle sue parti, perché nessuna di queste potrebbe produrre un aumento o una diminuzione nel moto ».

34 - Galileo fu il primo, nello studio del movimento dei corpi, a separare quello che è essenziale da quello che è accessorio. E' suo il concetto di forze passive, di *ostacoli al moto*, che egli sa annoverare e distinguere. I vaghi accenni che prima di lui si trovano in altri scrittori sono assai spesso in contraddizione con altri passi degli stessi autori; la qual cosa dimostra o una loro imperfetta cognizione, o che essi affermavano senza troppo pensare.

35 - Trovata la prova secondo l'intelligenza, egli che aveva ottenuto nel 1589 la cattedra di Matematica nell'Università di Pisa, si accinge all'esperienza.

Non ricordo chi fu che disse che se Aristotele avesse posseduto gli strumenti moderni, sarebbe stato un grande fisico. Innegabilmente Aristotele è stato uno degli uomini più grandi che siano esistiti, vero decoro dell'umanità; e nessuno può pensare di abbassare i suoi meriti davvero grandi in altri campi. Nel caso specifico però non è la mancanza di strumenti quello che sta contro di lui: gli mancava invece proprio l'*habitus physicus*: gli mancava la mentalità dello sperimentatore. Egli era un eccellente osservatore, ma la sua mente di studioso e di filosofo, come quella di tutti gli altri filosofi greci, rifuggiva dall'esperimento manuale, rifugiandosi nella pura speculazione del pensiero.

Le pietre erano alla portata di tutti ed Aristotele avrebbe potuto istituire una buona volta questa semplicissima esperienza che non richiede apparecchi per stabilire la verità del suo postulato che i corpi più pesanti cadono prima; postulato accettato ciecamente e tramandato senza discussioni per circa 2000 anni. Egli aveva falsamente opinato esservi

corpi gravi e corpi leggeri, mentre tutti i corpi sono pesanti, perché tutti sono attratti al centro della Terra.

36 - Neppure Galileo poteva disporre ai suoi tempi di una macchina pneumatica per distruggere la dottrina peripatetica dei corpi leggeri e corpi pesanti; ma fa una cosa semplicissima: egli vuol dare ai suoi oppositori la prova oculare che la velocità di caduta è indipendente dal peso, e approfitta della inclinazione del campanile di Pisa. Così una mattina, dinanzi ai suoi antichi maestri, ai colleghi e a gran folla di allievi, sale sulla torre pendente e lascia cadere insieme una palla di 1 libbra ed una di 100. La folla vede le palle partire insieme, scendere insieme, cadere insieme! Alcuni furono convinti; altri tornarono a casa a consultare Aristotele, e non volendo negar fede al Maestro, la negarono ai propri occhi.

37 - Ecco la prima lezione sperimentale che mai sia stata fatta da che mondo è mondo, e che leggendo nel gran libro della natura, il giovane atleta fa in pubblico, con grave scandalo dei peripatetici. Però egli non si limita a stabilire dei fatti, i quali da soli non costituiscono la scienza; egli indaga i vincoli fra i nuovi fatti scoperti ed altri ordini di fenomeni, e cerca infine una dimostrazione indipendente dai mezzi umani, necessariamente imperfetti. In ciò consiste la grandissima importanza del nuovo metodo: controllo reciproco tra intelligenza ed esperienza; la prima avanguardia della speculazione, la seconda giudice assoluto e mezzo utile alla scoperta di nuove verità, in apparenza indipendenti da quelle cui l'esperienza mirava. Egli genialmente intuì sin dalla prima giovinezza quello che non seppe vedere Bacone, che cioè dalla pura constatazione, per quanto sicura dei fatti, non si può arrivare alla veridica valutazione di essi; nè (con più ragione) pervenire alla conoscenza del legame logico tra la causa e gli effetti. Ora senza la conoscenza della causa e la giusta valutazione dei fenomeni, ogni via alla ricerca e alla scoperta scientifica è preclusa; giacché il senso si può ingannare da solo, se non è soccorso dall'esperienza; e se l'esperienza da sé non può fallire, può, anzi spesso fallisce il nostro spirito nel giudicare il valore ed il significato da attribuire al dato sensibile. Di qui la necessità di un nuovo elemento che fosse più atto al discernimento dei fatti, cioè la ragione come giudicatrice e correttivo della esperienza sensata. L'esperienza non dà che il fatto del rapporto tra causa ed effetto, non la necessità. Perché questo rapporto abbia un valore, bisogna sia studiato nel suo carattere di necessità ed è ciò che interpreta la ragione. La ragione per accertarsi della vera conoscenza dei fenomeni naturali ha come mezzi di prova le leggi del calcolo e della geometria. Così per la prima volta Galileo applicava alle scienze fisiche la Matematica, secondo lo spirito della scienza moderna: la proposizione dimostrata, ecco l'ultimo passo verso la perfetta conoscenza, l'ultimo stadio del processo metodico di Galileo.

38 - Così si vede che a far mutare e rinsaldare il pensiero di lui con-

tribuirono proprio e soprattutto le matematiche, dalle quali egli credette non poter prescindere il filosofo, e specialmente il filosofo della Natura, nello studio dei fatti. Perché dove è necessità è escluso il dubbio, la necessità essendo verità in sé e criterio di verità, e le dimostrazioni matematiche, come necessarie, sono di assoluta certezza, essendo concludenti per sé. Bacone che conobbe il metodo di Galileo ebbe il torto di fermarsi solamente alla prima parte del processo, ripudiando la parte matematica, che forma la esattezza, la vera base dell'*ars inveniendi* delle verità scientifiche; poiché senza la matematica non vi è esperienza esatta in fisica, e le esperienze stesse non possono dare che una minima parte delle loro conseguenze legittime. Così fu che Bacone non solo non arrivò a trovare leggi fisiche che avessero in sé la natura di scoperte, ma, cosa più strana, ammise in alcune sue teorie tutte le ipotesi superstiziose possibili, appunto perché non riteneva necessario il controllo della matematica.

39 - Impregnata com'era allora la cultura dei principi di Aristotele, nessuno in quell'epoca avrebbe mai pensato a confondere un moto su un arco piccolissimo di circonferenza (qual'è quello di un pendolo che compie piccolissime oscillazioni) con un moto rettilineo; cominciando egli per primo nelle questioni scientifiche a semplificare il problema, trascurando quantità estremamente piccole, che importano un errore trascurabilissimo nella soluzione. Infatti ancora nel 1647, cioè 5 anni dopo la morte di quel Grande e una sessantina d'anni dopo che le leggi del pendolo erano divenute patrimonio della Scienza, la Società Reale di Londra continua a discutere se due pendoli di diverse sostanze, ma uguali come forma e come lunghezza, abbiano oscillazioni di ugual durata. E quando l'arte sperimentale è già accettata agli scienziati, le esperienze del Torricelli e del Pascal sollevano le più sciocche contraddizioni.

40 - Lo strumento della gloria di Galileo fu il suo *metodo*, il vero « novum organum » possente, mirabile trionfante, che nelle mani sue e della sua Scuola, operò miracoli, e generò tutto il rinnovamento scientifico e filosofico moderno: una vera *instauratio magna* per cui giustamente il Trouessart asseriva che: « Nella scienza siamo tutti discepoli di Galileo ».

41 - In questo definitivo assestamento del metodo scientifico, si vuol chiamare in causa non solo Bacone, ma anche Descartes. Ma questi pur rientrando nei limiti del vasto movimento, non possono essere considerati diretti promotori di esso. Infatti mentre il primo ebbe il merito di costituire in filosofia un nucleo unitario di dottrina con quelle che prima di lui erano da considerarsi ai più mere esigenze di filosofi, il secondo non andò più in là di premesse metodologiche, che sarebbero rimaste sterili di risultati nel campo pratico delle scienze, alla stessa maniera che sterili risultati rimasero i richiami all'osservazione ed allo studio della natura di coloro che prima di Galileo si occuparono di scienza.

42 - Diretta importanza, e in modo ben più efficiente, ebbe invece, nell'adozione del nuovo metodo, l'impulso dato da Galileo, ed in modo tale che bene a ragione esso metodo può indicarsi con l'appellativo di *galileiano*. Questo che fu ad un tempo speculativo e sperimentale ben fu detto anche *comprensivo*, in quanto all'esperienza che è la solida base sulla quale sempre si appoggia, precede l'osservazione, presiede il raziocinio e sussegue il conforto del calcolo; il tutto frutto di una coscienza complessa e nello stesso tempo così organica ed equilibratissima, in cui la Scienza e la Filosofia si integrano e sorreggono a vicenda. Osservazione, argomentazione, sperimentazione e calcolo sono sempre gli elementi costitutivi del metodo galileiano, il quale per l'importanza decisiva che specialmente nelle scienze naturali vi ebbe l'esperienza, fu generalmente chiamato *sperimentale*. Non è quindi possibile una giusta valutazione dell'importanza di Galileo nella Storia della Scienza, senza un'adeguata cognizione di quello che fu il suo metodo d'indagine e di costruzione naturalistica: strumento così organico ed integrale nella sua semplicità e naturalezza, che la sua apparizione segna nella storia un'epoca nuova. Egli però non s'indugia in vane controversie precettistiche sul metodo; e mentre Bacone e Cartesio disputando di metodologia costruivano l'organo senza saperlo far funzionare, egli creava l'organo e la funzione, e figliolo dell'esperienza aveva dell'unità del metodo la coscienza perfetta, inducendo e deducendo, e cioè: osservando i fenomeni; riproducendoli artificialmente con l'esperimento, scoprendone i rapporti, deducendo la legge, riducendo la varietà verso l'unità dei principi generali, onde giustamente il Lowenheim poté affermare che « al sommo della filosofia oggi non sta più nè Bacone, nè Descartes, ma Galileo. »

43 - La vasta e multiforme opera galileiana che appena è possibile additare, s'inizia, come abbiamo visto, nel campo della scienza del moto a Pisa, dov'egli cominciò a dubitare della meccanica aristotelica, e si continua nella gloriosa Università padovana. Ma l'Università di Pisa e quella di Padova erano le roccaforti della filosofia aristotelica; tanto che il Cremonini, amico di Galileo, si rifiutava di accostare gli occhi al cannocchiale e di ascoltare i ragionamenti dell'illustre collega, per non sentirsi venir meno la fiducia nella dottrina aristotelica della costituzione dell'universo. Di qui si capirà quanto grande fosse l'audacia ed il merito del Galilei, quando si decise ad attaccare il Peripato nella sua fortezza maggiore, e quale scandalo dovessero produrre nelle scuole di quell'epoca i nuovi insegnamenti.

44 - Con la distruzione della Scolastica Galileo segna il principio della nuova filosofia. La migliore introduzione allo studio della Filosofia Naturale, il miglior libro di filosofia pratica che sia stato scritto è il suo SAGGIATORE; scritto polemico (e Galileo nella polemica scientifica non ebbe uguali) sulla natura delle comete. Se le conclusioni cui in questo libro perviene sono errate, è interessantissima tutta l'opera, perchè vi si

contengono una quantità di osservazioni, di precetti; ed ogni precetto è seguito da un'osservazione importante spesso nuova, che gli serve di applicazione. Questo libro contiene ancora molte dottrine filosofiche che furono più tardi attribuite al Descartes: come il celebre principio che le qualità sensibili sono in noi e non già nei corpi. Lo stesso procedimento si riscontra nei famosi DIALOGHI SUI MASSIMI SISTEMI, perché Galileo non solo vi tratta dell'argomento che gli sta a cuore, ma servendosi di nuovi fatti da lui studiati, (da cui ricava nuove conseguenze), dà lezioni di metodo.

45 - L'audacia di Galileo di attaccare il *maestro di color che sanno* nelle sue maggiori fortezze di Pisa e Padova, fu grandissima. Altri prima di lui l'avevano attaccato, ma tentando di distruggere i postulati di Aristotele, nulla erano riusciti a contrapporvi. Galileo invece, ad affermazioni errate contrapponeva verità desunte dalla acuta osservazione della natura e dalla esperienza, e quindi innegabili ed inconfutabili.

46 - Ecco espressi in sintesi e messi a confronto i canoni dell'uno e le verità dell'altro

ARISTOTELE

1) I corpi corruttibili tendono a *perdere* il moto ad essi comunicato.

2) Il moto circolare dei pianeti si conserva immutabile perché moto perfetto ed i pianeti sono incorruttibili.

3) Per mantenere un corpo in moto è necessaria l'azione continua di una forza.

4) Il moto dei gravi cadenti è naturale, e perciò se un corpo cadesse nel vuoto si muoverebbe di moto uniforme.

5) L'aria che si chiude sul grave cadente *gl'imprime* ad ogni istante un aumento di velocità.

6) La velocità di caduta è proporzionale direttamente al peso dei gravi cadenti.

7) La velocità di caduta è direttamente proporzionale allo *spazio* percorso.

GALILEO

1) I corpi tendono a *conservare* il moto ricevuto, e non possono modificarlo né in grandezza, né in direzione, senza l'azione di una causa esterna.

2) Il moto circolare muta continuamente direzione ed è quindi dovuto all'azione continua di cause esterne.

3) Un corpo si mantiene da sé in moto e l'azione di una forza varia il moto preesistente.

4) Se un corpo cadesse nel vuoto si muoverebbe di moto naturalmente accelerato.

5) L'aria entro la quale il corpo si muove, *gli toglie* ad ogni istante quantità di velocità.

6) La velocità di caduta è uguale per tutti i corpi, qualunque sia il loro peso.

7) La velocità di caduta è direttamente proporzionale al *tempo* trascorso.

Non potrebbe esservi maggior discrepanza tra i postulati dell'uno le risultanze dell'altro.

47 - Le ultime quattro proposizioni di Galileo sono frutto dell'esperienza, e basta appena confrontarle con le analoghe di Aristotele per rilevarne l'enorme distacco, e comprendere quanto poco possa fidarsi lo studioso della sola intelligenza e della osservazione semplice senza il conforto di un'acuta osservazione e di un sagace esperimento. Ma le prime tre sono frutto di induzione; quindi per attingere le verità in esse contenute fu necessario uno sforzo mentale non lieve. Esse scaturiscono da proposizioni più generali, le quali poi costituiscono le leggi fondamentali della Meccanica.

Questa scienza era, nel '600, costituita ancora dei principi che Aristotele aveva lasciato in eredità agli uomini circa 20 secoli prima; ma, come è facile intendere, questi non potevano essere in tutto conformi alla realtà delle cose. Uno dei cardini della dinamica aristotelica era che un corpo cadesse con velocità tanto maggiore quanto più era pesante; altro postulato era che i corpi pesanti cadevano e quelli leggeri salivano (per esempio, i corpi più leggeri dell'acqua immersi in essa) perchè ognuno cercava il proprio *luogo*, verso cui tendeva naturalmente, e dalla diversa posizione di questo dipendeva il vario comportamento dei corpi in moto. Per i moti più complicati poi, come quello dei proiettili, per i quali non era causa sufficiente la tendenza al proprio luogo, Aristotele affermò che il motore animava l'aria in suo diretto contatto imprimendole quel determinato moto; poi da questa comunicato al proiettile; l'aria poi avvolgeva tutto il proiettile comunicandogli il moto e trascinandolo seco per l'intero percorso.

48 - Per quanto il sommo Stagirita abbia avuto delle intuizioni veramente meravigliose in altri campi della scienza, ed anche della statica, bisogna riconoscere che non seppe analizzare e risolvere il problema dinamico che ancora nel 1600 aspettava la sua vera interpretazione. Galileo introduce nella scienza il metodo sperimentale e senza preoccuparsi del perchè i corpi cadano, cerca di studiare almeno come cadano; abbatte il principio aristotelico che ciò avvenga con una velocità tanto maggiore quanto maggiore è il peso del corpo con una serie di esperienze molto semplici e afferma che, rimossi gli ostacoli, (nel vuoto per esempio) tutti i corpi cadono con velocità identica; studia questo moto e scopre che la velocità va aumentando con accrescimenti sempre uguali, in tempi successivi uguali, che cioè è un moto *uniformemente accelerato* e stabilisce la nota formola che lega lo spazio al tempo,

$$s = 1/2 \, gt^2$$

Considerando poi la caduta dei gravi su di un piano inclinato, e passando al caso limite in cui questo diventi orizzontale intuisce come abbiamo già detto la *legge d'inerzia*.

49 - Importantissima, per la nuova dinamica, è la nozione a cui egli pervenne di *accelerazione* (cioè accrescimento o diminuzione della velocità nell'unità di tempo secondo che il moto è accelerato o ritardato) legata alla velocità della formula da lui stabilita $v = gt$; e il concetto *fondamentale* che scaturisce dai suoi principi, per quanto egli non lo abbia visto chiaramente, che *le forze determinano accelerazioni*. I risultati nuovi da lui ottenuti possono sembrare scarsi, se si bada al loro numero; ma la loro importanza è di tale peso, nella dinamica, da doversi dire che ne costituiscono il fondamento.

50 - La prima delle tre suddette proporzioni esprime proprio il *principio d'inerzia*, di cui se l'espressione definitiva è di Newton, il contenuto è interamente di Galileo.

E in merito a tal principio si deve dire che G. B. Benedetti lo aveva intravisto senza interamente afferrarlo. Leonardo dal canto suo a tal proposito aveva scritto: « ogni cosa desidera mantenersi in suo essere »; ma questa è un'affermazione generica, valida per ogni momento dell'universo, e nessun fisico può vedervi enunciato il principio d'immensa importanza qual'è quello d'inerzia. Leonardo aveva ancora scritto: « ogni corpo attende al suo mantenimento, cioè un corpo messo in moto sempre si move, in mentre che la impressione della potenza del suo motore in lui si riserva ». E parrebbe che in questa proposizione fosse contenuto chiaramente il principio d'inerzia; egli però non è riuscito a distaccarsi dalle idee aristoteliche, perché mentre con le parole « un corpo messo in moto sempre si move » fa un balzo avanti ed è sul punto di conquistare intera la verità, con le parole seguenti: « finché resta in esso l'impulso impressogli » torna indietro ai concetti aristotelici e a quelli della scuola di Giovanni Buridan, i cui precetti insegnavano che cessata l'azione del motore sul mobile, questo si muove ancora per virtù dell'impeto acquistato, e che va man mano esaurendosi; finito l'impeto, cessa il moto. E visto che nemmeno il divin Leonardo può accampare alla paternità di questo principio quei diritti che sono invece patenti per Galileo, è perfettamente inutile prendere in considerazione parole e concetti di altri, i quali dicono tutti molto meno di quanto scrisse Leonardo, e torniamo all'esame delle proposizioni galileiane.

51 - La prima parte della legge d'inerzia afferma che un corpo in quiete persevererà in tale stato finché non interviene una causa esterna, e ciò è quindi in armonia col concetto aristotelico di passività della materia; la quale verità poi, è pacifica in tutti gli uomini. E la seconda parte che si erge in assoluto contrasto con le concezioni aristoteliche, perché quando Galileo asserisce che un corpo in moto conserva il moto e tende a conservarlo perennemente, viene ad attribuire alla materia bruta una vera e propria attività perché soltanto ciò che è attivo può conservare quanto comunicatogli. Ecco due modi di concepire la costituzione dell'universo assolutamente contrastanti.

52 - Una mente aristotelica era assolutamente lontana dal concepire che un corpo potesse spontaneamente mettersi in moto partendo dalla quiete ossia potesse mettersi in moto con velocità iniziale zero. Infatti il P. Mersenne, che era un aristotelico, (con tutto che fu lui a tradurre le MECCANICHE di Galileo apparse in francese, prima che in italiano) scrivendo all'Huygens nel 1646, ossia 4 anni dopo la morte di Galileo, sosteneva ancora che un corpo non può mettersi in moto se non possiede già una certa velocità, mentre Galileo asseriva che qualunque corpo può giungere ad acquistare qualunque velocità. Gli aristotelici sostenevano che « un corpo non può andare presto se non è abbastanza pesante da ricevere una così grande impetuosità ». Galileo invece sosteneva che qualunque corpo acquisterà qualunque velocità, indipendentemente dal suo peso.

53 - Il ragionamento da lui escogitato per dimostrare che i corpi nella caduta acquistano tutti la stessa velocità, indipendentemente dal proprio peso, l'aveva poi condotto a considerare (come noi ora pensiamo) il peso di un corpo come la risultante delle azioni che la gravità esercita sulle singole particelle che costituiscono il corpo. Similmente egli concepiva la gravità non come proprietà del centro della Terra, bensì come la risultante dell'attrazione che esercitano tutte le particelle che costituiscono la Terra stessa. Un corpo quindi cade perché ogni sua particella è sollecitata a cadere. Se un ostacolo gli impedisce di cadere, la pressione che esso esercita sull'ostacolo è la traduzione del peso delle sue particelle, dell'azione della gravità sulle sue particelle; ossia è la risultante dei moti estremamente piccoli delle sue particelle verso la Terra, sollecitate a cadere, a cui si oppongono i moti estremamente piccoli delle particelle dell'ostacolo. Quando vien meno l'ostacolo, le particelle del corpo perennemente sollecitate a cadere e quindi in possesso tutte ed ugualmente di una velocità infinitesima, si pongono immediatamente in moto verso la Terra. Gli aristotelici non sapevano concepire che un corpo potesse spontaneamente mettersi in moto; per loro il moto si comunica mediante l'urto, e con l'urto il moto si comunica non istantaneamente ma progressivamente dalle particelle urtate a quelle successive, onde per Galileo la necessità di distinguere assolutamente tra *pressione* ed *urto*.

54 - In tal modo per Galileo l'equilibrio diventa un'eterna lotta tra le particelle del corpo che tendono a cadere, e quelle dell'ostacolo che si oppongono alla caduta. L'equilibrio perde così il carattere statico per acquistare un carattere dinamico del tutto nuovo. La nuova filosofia concepisce la materia perpetuamente attiva, tendente in ogni istante a porsi in movimento. E tale concezione dell'attività della materia trova per Galileo convalida e rafforzamento nell'altra concezione che se ad un corpo in moto si imprime un nuovo movimento, i due moti si sovrappongono, coesistono ed esplicano i loro effetti indipendentemente l'uno dall'altro. Ed ecco da questa nuova concezione procedere il principio della