
SOPRA IL MOVIMENTO

CONCRETO DE' SOLIDI.

PARTE PRIMA.

Del Sig. PAOLO DELANGES Professore di Matematica
nel Collegio Militare di Verona.

INTRODUZIONE.

ALl' immortale *Galileo* la scoperta dobbiamo delle prime, e semplici leggi del moto astratto de' corpi terrestri sollecitati da una forza costante verso un centro, supposizione che già viene, e può senza errore ammetterli, ne' gravi cadenti a discrete distanze dalla superficie terrestre. Ad un genio superiore poi, ad un *Newton* era riserbato il conoscere la natura intima di cotale forza centripeta variabile a differenti distanze dal centro de' gravi, per poter quindi determinare le leggi di siffatto moto più universalmente, e condursi passo passo per fino ad esplorare quelle che vengono seguitate da' corpi celesti nel trasferirsi per le orbite loro. Ma quanto doviziosamente ci troviamo forniti di belle ed importanti leggi, e proprietà sul movimento astratto de' corpi sì parziale che generale, altrettanto scarseggiamo, ed ignoriamo quelle che risguardano un movimento concreto vale a dire un movimento di fatto, in cui non venga ammessa astrazione da quelle accidentalità, che la natura ha radicalmente introdotte nella materia per conseguirne effetti analoghi, e corrispondenti a quell' economia ed a quell' ordine sempre mai ammirabile su cui ella è fondata col provvido e saggio fine della conservazione del tutto insieme. E vaglia il vero, discendendo dal generale al particolare, che ora intendiamo di prendere a maturo esame, non ignoriamo forse noi ancora quali sieno le leggi di quel movimento, che se-

Tomo III.

A

guono i solidi terrestri affretti a procedere gli uni sopra gli altri più o meno velocemente? Le prime nozioni della fisica de' corpi bastano a farci comprendere, senza ricorrere ad alcuna esperienza di comprovazione, quanto sieno in siffatti casi i risultati di fatto distanti da quelli, che proviamo, e concludiamo astrattamente. Ed a chi non è palese inoltre, che tale discrepanza proviene dalle sole due resistenze, che necessariamente incontrano i nostri solidi in movimento, cioè la resistenza del mezzo, da cui si trovano circondati, e quella dell' attrito prodotta dalla ruvidità più o meno sensibile sì, ma non mai inseparabile dalle loro superficie? Non potremo adunque giammai conoscere quali sieno le leggi del movimento concreto de' nostri corpi, che s' aggirano sulla superficie terrestre, se non rileveremo l' influenza delle resistenze accennate, ed il modo di esercitare l' azione loro ne' corpi posti in movimento. In tal guisa verremo a stabilire una nuova scienza, che propriamente dovrà chiamarsi la *Scienza del moto concreto de' solidi*, la quale avrà bensì per inconcussa base, e fondamento le leggi già dimostrate del moto astratto, ma con esse medesime si troveranno combinate quelle, che seguono le sopraddette resistenze; che è l' unica via da tentarsi per ridurre con sicurezza questa parte della Fisica al concreto, e renderla in conseguenza utile negli usi umani. Il *Galileo* geloso in certo modo delle belle proprietà ritrovate sul moto astratto de' gravi, vorrebbe per fino indurci a credere trascurabile la resistenza dell' aria nell' impetuoso movimento de' progetti (a). *Newton* però conobbe quant' era importante di rilevare l' influenza della resistenza de' mezzi nel movimento astratto de' corpi, e perciò intraprese egli il primo la soluzione di tale difficilissimo Problema, stabilendo alla diversa natura de' mezzi la legge dell' azione loro (b): dopo di lui altri illustri Geometri, e Fisici han cercato di concretare più al fatto questo soggetto, di estendere, semplificare, e rendere familiare l' uso di questo nuovo della Scienza del moto; di maniera che quanto alle modificazioni, che possono derivare dalla resistenza de' mezzi,

(a) Opere di *Galileo Galilei*. Tom. III. pag. 148.

(b) *Philosophiæ naturalis principia mathematica*. Tom. II.

e dall'aria singolarmente, sul particolare movimento de' corpi, che abbiamo noi presentemente in veduta, sembra che vi sieno bastanti materiali onde sottoporle a computo, e conoscerne pressò a poco la loro natura e quantità.

Non possiamo però lo stesso affermare riguardo all' altra resistenza proveniente dall' attrito, trovandoci ben lungi ancora dal conoscerne la di lei azione ne' corpi, che sulle superficie degli altri si strisciano, e muovonsi: resistenza, che certamente nella qualità di movimento, in cui vogliamo considerare i solidi, ha molto più d' influenza e quasi senza paragone di quella che proviene dalla resistenza dell' aria, sulle alterazioni, che accadono alle astratte deduzioni, e proprietà del moto. Non è già, che così grave argomento non sia a più e più Fisici caduto sotto l'occhio, ma tale e tanta si è la discrepanza delle opinioni loro, che niente contar dobbiamo di avere intorno ad esso; a suo luogo nondimeno accenneremo le discordanti leggi, che o da esperienze poco decise, ed incerte, o da ragionamenti vaghi condotti dalla sola immaginazione, troppo facile soprattutto nelle cose fisiche a sbagli ed equivoci, furono dedotte e stabilite. E per verità su tale proposito a ragione lamentasi il celebre P. Barletti che (a) « nella Fisica uno per mille appena s' in-
 ,, contra, che abbia il coraggio di lasciare la generalità, e
 ,, le ipotesi, e voglia soggettarli alle faticose, e strette leggi
 ,, delle particolari induzioni ». Nella mia *Meccanica pratica* ho cercato di stabilire fuori d' ogni controversia le leggi che segue la resistenza di attrito de' solidi, considerando lo stato del loro equilibrio, che distinsi io dall' equilibrio matematico, col chiamarlo *equilibrio meccanico* (b): ma rimane ancora da investigare l' azione di tale resistenza ne' solidi supposti già in movimento, e ciò non per via di raziocinj, ma calcando quella de' fatti, e dell' esperienza, onde possiamo trovarci in grado di conoscere reali, o false le sentenze de' Fisici de' tempi andati sull' argomento. A tale oggetto io mi sono ingegnato di architettare una macchina quanto più

A ij

(a) Fisica particolare, e generale in saggi ecc. Tom. I. Art. VII. pag. 23.

(b) Meccanica pratica Sez. Prima Art. I. §. V. VI.

semplice mi fu possibile, ed in cui non s' introduceffero nell' esame dell' effetto di quella causa che ponevasi in esperimento effetti di altre cause straniere ad essa, dovendo in ciò a mio parere adoperarsi il fisico sperimentatore con ogni avvedutezza, e sagacità, onde venire plausibilmente a capo di conoscere l' indole, e la forza, oppure di rilevare la legge di qualche naturale fenomeno. Anzi che tenendo io per principio infallibile, che la natura proceda con costanti, e determinate regole, e leggi, tengo anche opinione, che se non arriviamo ad iscoprire legge in qualche di lei fenomeno, debba attribuirsi ciò al non aver noi avuta la prevenzione, od anche alle volte al non esser in nostro potere di considerarlo ne' suoi semplici; mentre già, come anche riflette il profondissimo Fisico P. Barletti (a) " dobbiamo ritener fermo, " che tutti gli effetti, e tutti i modi delle corporee azioni " nascono non mai da una solitaria, e precisa forza, o qualità, nè da un solo, e preciso corpo; ma che si combinano, e si compongono, or più or meno con tutte le altre " qualità, che sono nel corpo stesso, e ne' corpi coi quali " s' incontra ". Così io mi lusingo di poter stabilire principj sodi, e regole sicure nella materia da me ora presa in discussione, e che inoltre sieno cotali regole applicabili alla pratica con quella prossima precisione di risultati, che dee esser giudicata conveniente da chi intende a quanto possano estendersi i di lei limiti nel maneggio della fisica de' corpi.

Conosciute le leggi anche della resistenza di attrito, che incontrano i solidi in movimento, mi riserbo in seguito di esporre la *Teoria concreta de' gravi, che discendono o ascendono per piani rettilinei, e per piani curvilinei*; e finalmente mi adoprerò per instituire una *Dinamica concreta de' corpi*, onde promuovere per qualche parte la vasta, e nel tempo medesimo ben ardua *Scienza del moto concreto de' solidi*, costituente il più bello, ed utile ramo di una Meccanica concreta, di cui finora intieramente manchiamo. Riguardo a me pertanto prenderei per somma ricompensa delle mie applicazioni l' aver potuto somministrare materiali di buona,

(a) Opera citata, Tom. I, Art. VI. pag. 27.

e certa tempra a quegli illustri Fisici, che o si trovano già inoltrati in tale rilevantissima impresa, o fossero disposti ad intraprenderne l'assunto: non intendendo io in verun modo di preoccupare un sì uberoso, ed importante soggetto, ma soltanto di contribuire, per quanto mi sia possibile, investizioni utili alla di lui sicura fabbrica, e perfezione.

ARTICOLO I.

Descrizione, ed uso del Forometro.

§. I. Due sono le parti principali, che insieme combinate costituiscono il *Forometro*, o sia la macchina misuratrice il moto de' solidi. La *Fig. I.* ne rappresenta la sezione interna fatta da un piano verticale segante la macchina secondo la di lei lunghezza *AB*; e nella *Fig. II.* comparisce in solido, perchè meglio possa distinguersi tutta la di lei costruzione. Scorrendo coll'occhio per l'una, e l'altra figura s'intenderà più prontamente la descrizione, che ora faremo delle parti, e del loro uso, nel nostro *Forometro*, avvertendo, che in ordine a misure, il piede da me adoperato al piede Regio di Parigi ha la ragione di 21 a 20, e che in ordine a' pesi la libbra da me usata a quella di Parigi ha la ragione di 65 a 96. *ABEF* pertanto è un prisma di legno di noce lungo poll. 18., largo poll. 6., ed alto poll. 2., a cui stanno annessi quattro piedi alti poll. $3\frac{1}{2}$., onde possa reggersi in situazione orizzontale. Tale parte integrante della macchina chiameremo *Castello*. *CBHI* poscia che ha la figura di un tubo prismatico alto poll. 24., chiuso da tre pareti egualmente alte, e larghe in lume poll. 2. aperto sul dinanzi *BH*, e che si può volendo congiungere in situazione verticale sopra il castello *AB* e fortificarsi contro di esso mediante i puntelli *AN AN* che vanno ad innestarsi in *AA*, potremo semplicemente nominare *Tubo*.

§. II. Il castello *ABEF* ha incavato verso l'estremità *BE* un foro *BC87* di base quadrata quasi di poll. 2. di lato, e passa quasi tutta la grossezza *BE*, se non che vi rimane in fondo un ritegno tre linee grosso, ma traforato però interamente in centro d' un pollice per ogni lato. Al solo offer-

vare le figure si può rilevare, come l'accennato foro, investendo in esso cassetline di legno di noce con accuratezza eseguite, si riduceva, conservando sempre la stessa profondità, ad un pollice e mezzo di base quadrata, ed anche ad un pollice solo.

§. III. Presa una lima vecchia Romana d' acciaio, che viene presso di noi reputata d' ottima temperatura, lunga poll. 15., larga poll. 1., e grossa una linea, la feci dolcemente incurvare, e quindi situare sulla metà della larghezza della base inferiore *FE* del castello, in guisa ch' essendo stata faldata all'estremità *D*, veniva coll'altra estremità *E* a baciare la testa *FE* del medesimo castello, restando incurvata nel mezzo per linee sette. Tale lima così preparata resisteva vie e vie più ad una forza, che applicata all'estremità *E* cercava di allontanarla, e distenderla, e restituivasi con somma prontezza al suo stato primiero se trovavasi libera a se stessa, agendo in somma come perfetto elastro, che così in seguito la chiameremo. Questo elastro inoltre era fornito d' un cubetto di legno di noce *G*, che diremo *martello*, d' un pollice di lato, sicchè inestavasi esattamente nel foro poco fa accennato, e che la *Fig. I.* singolarmente lo dimostra con chiarezza. Per disporre poscia quante volte più piacesse l'elastro *DE* sempre ad uno stesso grado di tensione, vi sta congegnata sotto pure la base inferiore *FE* del castello, la staffa di lamina di ferro tre pollici alta, la quale, essendo fornita de' fori 1, 2, 3 passandovi per essi una cavicchia di ferro *XZ*, serviva a stabilire, e registrare con certezza l'elastro *DE* o al primo, od al secondo, oppure al terzo grado di tensione, legando con filo robusto l'estremità *E* di esso elastro, appoggiato alla detta cavicchia *XZ*, al braccio *T* che sorruva dal fondo della staffa.

§. IV. Nel mezzo delle pareti opposte *CH*, *CH* del tubo *CBHI* vi sono scavati li canaletti 45, 45, per li quali scorre il cursore *PRSV* composto del piano orizzontale *PR*, e del verticale *SV*, che s' inserisce lateralmente ne' detti canaletti. Viene sostenuto tale cursore da un filo di seta raccomandato alla metà dell' orlo superiore del piano verticale *SV*, il quale s' avvolge poscia per la girella *L* mobile intorno a un cilindretto orizzontale fermato dalle sue estremità a tanta al-

tezza che la girella può muoversi liberamente senza incontrare ostacoli nella parete interna *CI* del tubo, tenendo dall'altro capo l'accennato filo sospesa la lance *M* caricata di tanto peso da tenere in equilibrio meccanico il cursore *PRSV*.

§. V. Descritte le parti componenti il nostro Forometro, veggiamone ora il loro maneggio ed uso. Disposta e preparata la macchina come rappresentano le *Fig. I. e II.* il suo ufficio si è di gettare verticalmente un solido, che venisse riposto nel foro *B78C*, e di far conoscere a qual' altezza sia egli pervenuto. Intorno a che si dee avvertire che stante le dimensioni, a cui poteva ridursi il detto foro *B78C*, già antecedentemente indicate, tre sono i solidi di figura piramidica, che in esso possono riporsi; il maggiore colla base quadrata di poll. 1, e lin. 11, il medio colla base quadrata di poll. 1, e lin. 5, ed il picciolo colla base quadrata di lin. 11, per lasciare in ogni caso mezza linea di spazio fra le facce del solido, e le pareti del foro, onde possa da esso scivolarvi liberamente; tutti e tre però i detti solidi sono alti poll. 1, e lin. 9, ch'è la profondità *B7* del foro medesimo *B78C*. Qualora vuolsi pertanto spingere verticalmente uno di essi solidi delle dimensioni descritte, bisogna innestarlo nel foro *B78C* preparato come alla grandezza del solido conviene, e quindi con un filo stendere dall'estremità *E* l'elastro *DE*, finchè s'appoggi alla cavicchia *XZ* impernata in due fori corrispondenti della staffa, raccomandando il medesimo filo al braccio *T* di essa coll'avvertenza che dopo assicurato rimanga disteso, del che si può facilmente accertarsene, se, così raccomandato l'elastro *DE*, continui esso a perfettamente baciare la cavicchia *XZ*: dopo di ciò con taglienti e ben affilate forbici recidesi il detto filo dando libertà all'elastro, il quale nel restituirsi al di lui stato primiero, col martello *G* ad esso unito, respigne e fa inalzare il solido che incontra nel di lui cammino, come si vede in *O*. Fatto questo primo esperimento di prova si dispone il cursore *PRSV* a quell'altezza, che presso a poco si conobbe inalzarsi il solido *O*, e si va ripetendo due o tre volte l'esperimento fino a che resti determinata dal piano orizzontale *PR* del cursore l'ascesa verticale del solido *O*; il che facilmente s'ottiene e con tutta precisione, trovandosi esso

curfore in equilibrio meccanico col peso riposto nella lancetta *M*. Per avere però la ricercata altezza verticale in pollici, e linee, deggiono esser divisi gli orli anteriori del tubo *BH* in pollici, cominciando dalla metà dell' altezza *B7*, o *C8* ch' è linee $10\frac{1}{2}$; di maniera che la prima divisione nel nostro caso sortiva linee $1\frac{1}{2}$ sopra i punti *B*, *B*, e segnato dal piano orizzontale *PR* del curfore il punto delle divisioni, a cui perviene il solido *O*, si dovrà da tale misura detrarre la metà dell' altezza del solido *O*, che nel nostro Forometro è costantemente, in tutti i solidi che possono porsi in esperimento, linee $10\frac{1}{2}$, onde ottenere il viaggio verticale del solo centro di gravità del solido, a cui dee riferirsi ogni legge di movimento.

§. VI. L' altro ufficio, a cui dovremo applicare il Forometro, si è di rilevare lo spazio, che qualsivoglia de' descritti solidi, che possono innestarsi nel foro *B78C*, percorre sopra un piano orizzontale. Per ottenere ciò, all' estremità d' una Tavola orizzontale *GH* (*Fig. III.*) si è formato il gradino *GLI* per tutta la di lei larghezza, di tale altezza *GI*, che riposando sopra di esso il castello *ABEF* sciolto dal tubo *CBHI* nella posizione, che la figura accennata dimostra, la foglia ed il piano del foro atto a ricevere il minore solido s' unisce, e continua in uno stesso piano orizzontale con quello della Tavola *GH*: mediante poi alcune tavolette riposte sulla base *IL* del gradino *GIL* alzasi il castello *ABEF* in guisa, che la foglia del foro atto a ricevere il solido medio, e così quella del foro pel solido massimo, si trova a livello, e nello stesso piano con quello della Tavola orizzontale. Disposto il castello come s' è spiegato, e ritenuto fermo in tale posizione dalla fascia zancata di ferro *TV*, che lo abbraccia, si distende l' elastro, che sta dietro di esso nel modo sopraindicato, a cui tagliando il filo, spigne col martello *G*, nel restituirsi al di lui stato di quiete, il solido *O*, e lo fa percorrere sul piano orizzontale *GH*, sopra di cui è disegnata una scala di pollici, cominciando a contare il primo pollice dalla metà della lunghezza *B7*, o *C8* del foro, da cui sortono i solidi, onde, come nel caso del loro getto verticale, si possa rimarcare il viaggio soltanto del loro centro di gravità.

ARTICOLO II.

Spiegare la forza dell' elastro impiegato nel Forometro.

§. VII. Sia DGE (Fig. IV.) l' elastro del Forometro, disegnato come ad esso sta annesso, sicchè la linea DE , che parte dal punto D intorno a cui l' elastro s'aggira, e va al punto E contro cui s' appoggia, sia orizzontale. E poichè nel nostro caso occorre la forza equivalente al peso di libbre due che agisse nel luogo G dell' elastro, in cui sta attaccato il martello G , perchè cominciasse a distaccarsi dal punto d' incontro E , ed era inoltre necessario accrescere sempre più cotale forza per vie maggiormente distaccarlo dal punto E , e farlo passare nelle situazioni DGE' , $DG'E''$ ecc., egli è manifesto, che il martello G , in virtù dell' elastro a cui è unito, trasferito per esempio a forza in G' , si porterebbe lasciato libero a se stesso verso G con quella natura di movimento accelerato, che è propria d' un corpo, la di cui forza centripeta cresca in ragione diretta di qualche funzione delle distanze dal suo centro di tendenza: anzi che, tolto l' ostacolo E all' elastro, non v' ha da dubitarsi, che il martello G seguirebbe a muoversi con egual legge di movimento (e posto che $DG'E''$ fosse la posizione, in cui l' elastro, venendo alla bella prima situato, si manterrebbe in quiete senza il soccorso di alcuna forza applicata in E), finchè giungesse al punto G' centro della sua tendenza: donde poscia proseguirebbe, colla velocità acquistata, ad allontanarsi di movimento ritardato, e quindi retrocedendo si muoverebbe intorno ad esso centro di tendenza G'' , a guisa per così dire di pendulo, che discostato dalla linea verticale venga in seguito liberato a se stesso. Tale si è la maniera di muoversi del nostro elastro, che basta, per le cose che dobbiamo dire in questo luogo intorno ad esso, averla puramente accennata.

§. VIII. Siccome poi è proprio della natura dell' elastro partendo dalla posizione di quiete $DG'E''$ di distendersi ed allungarsi quanto più da essa si allontana, così è chiaro, che la linea $G'GG''$, per cui tende il martello G unito all' ela-

stro, al suo centro di quiete G'' , non è nè linea retta, nè arco circolare, ma una linea curva dipendente dalla forma, e costituzione dell' elastro medesimo. Data pertanto la natura della curva $G'GG''$ (risferendo le di lei ordinate $GM GM'$ ecc. alle ascisse verticali $G''M G''M'$ ecc. prese nella verticale GM'') che è lo spazio per cui dee percorrere il martello G onde condurri da qualunque punto $G' G$ ecc. al centro di tendenza G'' , ed esposta con la curva $G''HHH'$ riferita al medesimo asse $G''M''$ la scala delle forze, sicchè l' ordinata MH esprimesse nel nostro caso le libbre due necessarie per mantenere l' elastro nella posizione DGE , e così l' ordinata $M'H'$ la forza per mantenerlo nella DGE' , e così discorrendo; bisognerebbe ritrovare la natura della curva $L'LL'$, che fosse la scala delle velocità, onde conoscere quella di cui è dotato il martello G in un qualsivoglia punto intermedio, partendo da una data distanza dal centro di tendenza G'' .

§. IX. Ma ciò che inoltre massimamente importa di rilevare, si è in qual guisa comunichi e metta in moto il martello G dell' elastro un solido che incontri per viaggio. Per non partire pertanto dal caso nostro, bisogna considerare, che trovandosi internato lin. 7 il martello G dell' elastro DE (Fig. I.) quando termina il di lui viaggio per l' incontro che trova nella testa EB del castello BF , per lo spazio appunto di sole lin. 7 può egli accompagnare il solido, che incontra innestato nel foro $B78C$, estensione di spazio che può assumersi come percorso per linea retta, e verticale, il che di fatti in esperienza non compariva mai diversamente. Per il che richiamando anche ciò che abbiamo superiormente risfettuto (§. VII.), possiamo adunque paragonare l' azione del martello G , condotto dall' elastro DE , verso un solido che incontra ed accompagna per il corso di lin. 7 a quella che eserciterebbe un corpo mosso verso un centro di tendenza per linea retta da una forza centripeta in ragione diretta di una qualche funzione delle distanze dal detto centro, verso un altro corpo, che resistesse al proseguimento del di lui moto con forza proporzionale al proprio peso. Non sarebbe ora difficile istituire di tal movimento l' apposita teoria: imperciocchè data la natura de' corpi urtanti, per li principj dinamici, si scuopre la velocità del primo istante,

colla quale procederebbero amendue i corpi unitamente; riguardati poscia essi come una sola massa dotata di tale velocità, e di una forza centripeta quale risultasse dall'eccesso di quella del corpo urtante da quella del corpo urtato, ridotte amendue ad omogeneità, mediante il maneggio de' comuni principj del moto, ricaverrebbe la legge della velocità, secondo cui seguiterebbero i detti corpi uniti insieme il loro movimento.

§. X. Anzi che discendendo al caso particolare del nostro Forometro, potremmo riguardare come corpi duri ed il martello G (Fig. V.) condotto dall' elastro, ed il solido O che va ad incontrare, essendo l' uno e l' altro di qualche specie di legno; e quindi rappresentandosi colla retta GB lo spazio delle 7 linee, per cui il martello G procede unitamente al solido O , e colla GQ la velocità del martello medesimo nell' istante che incontra il detto solido O , velocità che abbiamo veduto (§. VIII.) come può riconoscersi, è manifesto che il quarto proporzionale alla somma delle masse G , O , di quella del martello G , e dell' enunziata velocità GQ , che sia GM , indicherà la velocità del primo istante del martello G , e del solido O unitamente, come se fossero una massa sola. Posta quindi FIE la scala della forza centripeta, da cui viene trasportato il martello G per lo spazio delle 7 linee GB , sicchè le ordinate GF , LI , BE ecc. mostrino i pesi equivalenti alla forza centripeta, che sente il martello G ne' punti G , L , B ecc., è chiaro che applicando sull' ordinata GF la GD esprimente il peso del solido O , e menata DC parallela a GB , la stessa curva FIE riferita al nuovo asse DC dinoterà la scala della forza centripeta del martello G , e del solido O presi insieme come una massa sola: quindi co' principj del moto si determinerà la scala MPR delle velocità, delle quali è dotato il martello G col solido O , ne' punti L , B , ecc. dello spazio da percorrerli GB , ed in conseguenza s' avrà determinata pure l'ultima velocità BR . con cui seguirà il moto verticale il solido O venendo impedito al martello G il seguirlo, come quello, che per essere aderente, e congiunto all' elastro si fermerà con esso incontrandosi nella testa del castello del Forometro.

§. XI. Quanto abbiamo riflettuto intorno al movimento

verticale dell'elastro, dee applicarsi pure al di lui movimento orizzontale, qualora cioè il castello del Forometro è apparecchiato per il getto orizzontale de' solidi, giacchè il peso del martello è da trascurarsi, s' aggravi, come nel primo caso, o non s' aggravi, come nel secondo, sull' elastro, in riguardo alla forza centripeta, con cui si conduce al centro di quiete. Ed ecco aperta la via a poter ricavare, e stabilire in formule generali non solo la natura, le proprietà, e tutti gli accidenti del movimento del martello *G* congiunto al nostro elastro, ma di qualunque punto negli elastri di simil fatta: ricerca, che nel nostro argomento diverrebbe anzi che d' utilità, di solo abuso di calcolo, ed interamente inutile, bastando il poter dedurre presentemente dalle cose finora esposte le nozioni seguenti.

§. XII. E poichè un solido respinto o verticalmente, od orizzontalmente dal martello congiunto all' elastro del Forometro viene accompagnato da esso martello per lo spazio di 7 linee (§. IX.) con quella legge di movimento, che abbiamo dichiarato (§. X.); è manifesto che dibattendo dallo spazio percorso dal solido le dette 7 linee, rimarrà lo spazio, ch' egli percorre da sè solo, e con esso in conseguenza la misura dell' ultimo grado di velocità impressogli dall' elastro accennato.

§. XIII. Partendo l' elastro da un medesimo grado di tensione, comunicherà col martello ad esso unito a' solidi di egual peso o massa, che incontrasse nel di lui viaggio verticale, disposti già nel Forometro, com' è noto (§. §. V. VI.), gradi eguali di velocità. Sarà però eguale, maggiore, o minore la velocità impressa ad un solido gettato verticalmente, di quella che verrà impressa al medesimo solido lanciato orizzontalmente, se la resistenza d' attrito nel getto orizzontale opposta dal detto solido sia eguale, maggiore, o minore del suo proprio peso, per lo spazio delle 7 linee, che dal martello congiunto all' elastro viene accompagnato.

§. XIV. Essendo la forza centripeta dell' elastro, nel punto ove sta annesso il martello, passato al primo grado di tensione, equivalente al peso di libbre quattro, riducendosi a libbre due quando viene arrestato nella testa del castello del Forometro; si fa per ultimo manifesto, che in tanta

efficacia di forza centripeta in detto elastro tanto meno diverrà computabile la differenza delle velocità impresse dall'elastro a diversi solidi, quanto faranno più vicini a pareggiarsi nel loro peso assoluto se gettati verticalmente, oppure, pesando lo stesso, quanto faranno più vicini a resistere ugualmente all'essere trasportati per lo spazio delle 7 linee, che stanno in compagnia del martello congiunto al medesimo elastro, se sieno spinti orizzontalmente; essendo certo già che nel primo caso il solido di minor peso riceverà maggior grado di velocità, e così quello di minor resistenza nel secondo caso, non variando in questo però, come s'è avvertito, di massa o di peso assoluto.

ARTICOLO III.

Esperienze per rilevare le leggi della resistenza di attrito, che incontrano i solidi, che si trovano sulle superficie di altri solidi in movimento.

ESPERIENZA I.

§. XV. Scelte le tre specie di legno, *Cirmolo* che è il più leggero nella categoria de' legni dolci, *Noce*, e *Corniolo*, che degradano notabilmente nella loro gravità specifica, non renendomi che alla grandezza della base de' tre solidi che possono usarsi nel nostro Forometro (Art. I. §. V.), ne ho formati tre dello stesso peso di once $1\frac{1}{2}$ colle tre specie di legno accennate. Il primo solido pertanto, ch'era di cirmolo, essendo della base quadrata di poll. 1, lin. 11, rimase alto poll. 1, lin. 4; il secondo di noce, colla base quadrata di poll. 1, lin. 5, si trovò alto poll. 1, lin. 9; ed il terzo ch'era di corniolo della base quadrata di lin. 11 di lato, riuscì alto poll. 2, lin. $4\frac{1}{2}$. Ciò fatto disposti il Forometro al getto verticale, ponendo in esperimento i tre deferitti solidi, ed appuntando l'elastro al primo grado di tensione. Il risultamento di questa esperienza si vede nella seguente Tavola, avvertendo, che non essendo riusciti i solidi dell' altezza di poll. 1, lin. 9, eccettuato quello di noce, si dovette, per ottenere la precisa altezza verticale del

loro centro di gravità, usare in tal caso la diligenza particolare nel solido di cirmolo alto poll. 1, lin. 4 di aggiungere all' altezza dell' acefa ricavata colle avvertenze indicate (Art. I. §. V.) (Art. II. §. XII.), lin. $2\frac{1}{2}$ metà della differenza fra l' altezza attuale del solido, e quella che dovrebbe avere di poll. 1; lin. 9, stante le divisioni segnate nel tubo verticale della macchina; ed all' opposto, per la stessa ragione, convenne detrarre dall' altezza dell' acefa del solido di corniolo lin. $3\frac{1}{2}$, metà della differenza fra la di lui attuale altezza di poll. 2, lin. $4\frac{1}{2}$, e quella di poll. 1, lin. 9, che esattamente competerebbe alle accennate divisioni.

	Dimensioni de' solidi pesanti egualmente Onc. $1\frac{1}{2}$, in poll., e lin.			Acefa verticale del centro di gravità de' solidi.	
	Altezza	Larghezza	Lunghezza	Pollici	Linee
Solido di Cirmolo	1 : 4	1 : 11	1 : 11	4	$5\frac{1}{2}$
Solido di Noce	1 : 9	1 : 5	1 : 5	5	5
Solido di Corniolo	$2 : 4\frac{1}{2}$	0 : 11	0 : 11	6	$1\frac{1}{2}$

O S S E R V A Z I O N E.

§. XVI. E poichè i solidi progetti in direzione verticale, essendo per tutti e tre ugualmente appuntato l' elastro del Forometro al primo grado di tensione, pesavano lo stesso, dee adunque essere stato loro comunicato dall' elastro il medesimo grado di velocità (Art. II. §. XIII.); e perciò secondo le leggi del moto uniformemente accelerato, e ritardato de' gravi sulla superficie terrestre, avrebbero dovuto inalzarsi alla medesima altezza, contro l' esperienza, la qual dimostra, che il solido di cirmolo di maggior base falli poll. 1, lin. $\frac{1}{2}$ meno del solido di noce di base media, e questo falli lin. $8\frac{1}{2}$ meno del solido di corniolo di base picciola; di modo che il primo falli meno dell'ultimo poll. 1, lin. $8\frac{1}{2}$. Cesserà però ogni motivo di dar pensiero a siffatta contraddizione di teoria, e di esperienza, se rifletteremo soltanto aver noi fondata la teoria dell' elastro del Forometro indipendentemen-

te dalla resistenza dell'aria: dopo di che qual meraviglia, che incontrando l'aria i solidi spinti dall'elastro con superficie prossimamente una doppia dell'altra, il primo di essi salisca meno del secondo, e questo meno del terzo? Sarebbe qui inutile fermarsi maggiormente su tale fenomeno, bastando al caso nostro presentemente averlo soltanto in osservazione nel confrontare fra di sè i risultati, che cercheremo di raccogliere dal nostro Forometro.

ESPERIENZA II.

§. XVII. Apparecchiato il Forometro pel getto verticale de' solidi (Art. I. §. V.), e disposto l'elastro al primo grado di tensione, sono posti in esperimento tre solidi dello stesso volume, colla base quadrata di linee 11 di lato, ch'è il minor solido ricevuto dalla macchina. Il primo solido era di abete, il secondo di noce, ed il terzo di corniolo. Nella sottoposta Tavola si rileva il peso di essi solidi, e l'altezza verticale del loro centro di gravità, quale essa risulta colle considerazioni esposte (Art. I. §. V.) (Art. II. §. XII.), il che avvertiamo ancora questa sola volta per sempre.

	Peso de' solidi		Altezza verticale del centro di gravità de' solidi.	
	Dramme	Grani	Pollici	Linee
Solido di Abete.	5	3	8	$2\frac{1}{2}$
Solido di Noce.	6	$37\frac{1}{2}$	7	10
Solido di Corniolo.	10	30	6	6

OSSERVAZIONE.

§. XVIII. Questa sperienza ci fa conoscere, ch'essendo le cose rimanenti pari, vie più il solido spinto verticalmente s'inalza quant'è di minor peso; fenomeno, che corrisponde a ciò che appunto abbiamo dedotto dalla teoria dell'elastro, impiegato nella macchina Forometrica (Art. II. §.

XIV.) Imperciocchè comunicando l' elastro maggior grado di velocità al solido di minor peso, a maggiore altezza dee esso pure inalzarsi per le note leggi Galileane, giacchè in tal caso soffrono i solidi gettati dalla macchina, per essere dello stesso volume, quasi gradi eguali di modificazioni per conto della resistenza dell' aria che incontrano nella loro ascesa verticale. Dobbiamo inoltre osservare la somma sensibilità dell' elastro, tuttochè dotato sia di energica forza centripeta, poichè la differenza di peso d' una dramma e mezzo circa fra il solido di noce e quello di abete, fa che il secondo più leggiero s' inalzi linee $4\frac{1}{2}$, oltre l' ascesa di poll. 7, lin. 8 del primo più pesante, e la differenza di dramma $5\frac{1}{2}$ circa, fra il solido di corniolo e lo stesso di abete, fa che questo s' inalzi poll. 1, lin. 8 $\frac{1}{2}$ più di quello. Premesse queste due sperienze, che ci mettono in chiaro delle avvertenze, che dobbiamo avere nell' esaminare i risultati, che ricaviamo dalla nostra macchina Forometrica, passiamo all' esposizione delle seguenti, che ho instituito al proposto oggetto di rilevare le leggi della resistenza di attrito, che incontrano i solidi in movimento.

ESPERIENZA III.

§. XIX. Dello stesso legno abete feci formare tre solidi della base quadrata di lin. 11 di lato, tre della base quadrata di poll. 1, lin. 5, ed altri tre colla base quadrata di poll. 1, lin. 11, essendo tutti della stessa altezza di poll. 1, lin. 9, onde fossero applicabili esattamente al Forometro (Art. I. §. V.). Quindi o col vuotare in centro quel solido, che pesava più del bisogno, o coll' aggiungere peso, innestandovi del piombo con aggiustatezza pure in centro a quel solido che pesava meno, ho ridotti i descritti solidi, in ciascuna classe, il primo di un' oncia di peso, il secondo di due, ed il terzo di quattro. Così preparati i nove solidi ho sperimentato lo spazio da ciascuno di essi percorso e verticalmente, ed orizzontalmente sopra una tavola di abete di pulitezza non all' estremo ricercata, disponendo, ed applicando il Forometro ne' modi esposti (Art. I. §§. V, e VI.), e tendendo l' elastro costantemente al primo grado di apertura.

tura. Oltre a ciò all' estremità dell' accennata tavola ho annessato la mobile e pronta girella *L* (*Fig. VI.*) per ricavare con ilcrupolosa precisione l' equivalente in peso alla resistenza che ciascuno de' solidi *O* proiettati sulla tavola orizzontale *GH* oppone all' essere sopra di essa in istato di equilibrio meccanico: l' artificio a tal uopo usato è già per sè manifesto. Ecco pertanto il prospetto di tutta questa serie di esperimenti eseguiti con quelle cautele ed attenzioni, che sono necessariamente richieste dalla delicatezza del soggetto.

Lato della base quadrata de' solidi.	Peso de' solidi.	Altezza verticale del centro di gravità de' solidi.	Cotia orizzontale del centro di gravità de' solidi.		Equivalente in peso alla resistenza di attrito, che incontrano i solidi pel loro equilibrio meccanico sulla tavola orizzontale.
Pol. Lin.	Onc.	Pol. Lin.	Pol. Lin.	Pol. Lin.	Onc. Dram. Gran.
0 : 11	1	6 : 9	17 : 2	0 : 3 : 20	
0 : 11	2	5 : 4	13 : 5	0 : 7 : 10	
0 : 11	4	2 : 7	7 : 7	1 : 4 : 30	
1 : 5	1	4 : 8	13 : 11	0 : 2 : 53	
1 : 5	2	4 : 4	13 : 3	0 : 5 : 15	
1 : 5	4	2 : 5	7 : 3	1 : 4 : 0	
1 : 11	1	1 : 10	4 : 8	0 : 3 : 26	
1 : 11	2	3 : 2	7 : 3	0 : 6 : 52	
1 : 11	4	1 : 4	3 : 2	1 : 7 : 10	

O S S E R V A Z I O N E.

§. XX. Riflettendo sulla serie degli esperimenti descritti nella tavola sovrapposta si rileva, 1°. che i solidi in ciascuna classe, essendo dello stesso peso, si sono inalzati, ed hanno percorso orizzontalmente maggiore spazio, avendo minor volume, conformemente a ciò che abbiamo dedotto dalla esperienza I. (§. XVI.): 2°. che considerati i solidi in ciascuna classe partitamente, nella prima e seconda si verificò, che i solidi essendo dello stesso volume hanno percorso verticalmente, ed orizzontalmente spazio maggiore, pesando meno, come abbiamo concluso nella esperienza II. (§. XVIII.); ma in

quelli della terza classe il fenomeno comparve con qualche differenza, avvegnachè il primo solido saltò, e percorse bensì qualche poco più del terzo, ma assai meno però del secondo, contro ciò che dovea avvenire. Questa discordanza di effetti è quella che osservasi generalmente in tali esperimenti, riguardo al non essere i solidi saltati, o percorsi con degradazioni in qualche modo similili a quelle delle due citate sperienze, deesi attribuire alla costruzione particolare de' nove solidi posti in cimento, alcuni de' quali, e singolarmente il primo della terza classe, che s'allontanò più sensibilmente degli altri, per seguirare la legge stabilita ne' loro peli si dovettero vuotare, facendo loro a norma del bisogno un più, o meno ampio foro cilindrico, ed altri empier di peso, come abbiamo indicato antecedentemente (§. XIX.), in conseguenza di che l'aria agiva in essi con maggiore, o minore efficacia a tenore della loro figura atta ad incontrarne, e contenerne maggiore, o minor quantità. Quindi ho abbandonato qualunque considerazione sul generale reciproco rapporto de' risultati degli esperimenti esposti, ed essendomi attenuto soltanto a considerare l'esperimento in ciascun solido da per sè in particolare, cominciai a ragionare così. E poichè il solido proietto verticalmente ha ricevuto nell'istante, che s'è distaccato dall'elastro, quel grado d'impeto o velocità, che farebbe da per sè acquistato cadendo liberamente dall'altezza medesima (non tenendo conto per un momento della resistenza dell'aria, e della differente resistenza opposta dal solido medesimo contro l'elastro, qualora viene gettato orizzontalmente (Art. II. §. XIII.)), si fa manifesto, che nel getto orizzontale il solido verrebbe spinto con quel grado d'impeto, che si acquisterebbe cadendo dall'altezza, a cui è salito verticalmente. Posto ciò abbiamo adunque nell'uno e nell'altro caso il medesimo solido dotato dello stesso grado di velocità, e se nel getto verticale non v'ha dubbio che proceda egli di moto uniformemente ritardato, nell'orizzontale è almeno certo che procede di un moto ritardato, giacchè passa, dopo percorso un certo spazio, dal sommo grado di velocità impressagli allo stato di quiete. Premessa pertanto questa riflessione, il primo esperimento che s'affaccia da tentarsi su i risultati di que-

sta speriencia III., si è di conoscere se pure il solido nel getto orizzontale proceda di moto uniformemente ritardato a somiglianza del verticale, colla differenza però, che siccome in questo movimento la forza costantemente ritardatrice è il peso del solido, così in quello la costante forza ritardatrice sia la resistenza di attrito, che incontra esso nel disporli in istato di equilibrio meccanico sul piano, per cui si trasferisce. Per entrare in tale disamina basta ricorrere al noto teorema meccanico, cioè che *Gli spazi percorsi di moto uniformemente ritardato, da un mobile dotato d'un medesimo grado di velocità, seguono la ragione inversa delle forze ritardatrici, che contro di esso costantemente agiscono.* Di maniera che nel nostro caso lo spazio verticale all'orizzontale, percorsi amendue dal medesimo solido, dovrebbe avere la ragione inversa del peso assoluto del solido alla di lui accennata resistenza di attrito. Istituita pertanto in ciascun de' solidi registrati nella tavola degli esperimenti rapportata nell' antecedente §. XIX. cotale analogia, si osserva che essa accostasi al vero affai da vicino, rimarcandosi soltanto costantemente il difetto, che il viaggio orizzontale de' solidi per l' esatta di lei corrispondenza è un po' maggiore del bisogno, e più ancora ne' solidi di maggior peso, il che piuttosto che metterci in diffidenza, ci vincola anzi a considerarla come l' unica che aspettata venga da tal natura di movimento: imperocchè opponendosi il solido nel getto orizzontale contro l' elastro per lo spazio di 7 linee, che con esso lui va congiunto, con resistenza minore di quella che proverrebbe dal suo peso assoluto, essendo la resistenza di attrito in tutti i nostri solidi sperimentati minore del peso assoluto di essi, dee necessariamente essere maggiore la velocità impressagli dall' elastro nel getto orizzontale, che nel verticale (Art. II. §. XIII.), e quindi crescere lo spazio orizzontale dal solido percorso, oltre il voluto dall' enunziata proporzione: difetto che indubitamente sarebbe manifestato con differenze più rimarchevoli, se la resistenza dell' aria non vi avesse in qualche modo compensato, come quella che aumentandosi coll' aumentare la velocità del corpo dentro essa in movimento, in circostanze pari, dee aver agito con maggior efficacia nel getto orizzontale, che nel getto verticale de' solidi. L' esame

indicato può ancora egualmente verificarsi colla scorta de' due seguenti teoremi meccanici. 1.^o *I tempi impiegati da un mobile sollecitato da diverse forze acceleratrici, onde acquisiti lo stesso grado di velocità, seguono la ragione inversa delle medesime forze acceleratrici*, ed il 2.^o *Gli spazj percorsi di moto uniformemente ritardato dallo stesso mobile sollecitato da differenti forze ritardatrici, finchè consumi uno stesso grado di velocità impressogli, procedono in ragione diretta de' tempi*. Sapendosi pertanto, che un grave percorre piedi Parigini 15, poll. 2 in un minuto secondo di tempo, oppure piedi 14, poll. 5 de' nostri, si trovi il tempo impiegato da ciascun solido nell' ascesa verticale; ed essendo poi cognita la ragione del suo peso assoluto alla resistenza di attrito che incontra pel suo equilibrio meccanico sulla tavola sopra cui è percorso, mediante il primo teorema, si ricavi il tempo, che il detto solido ha consumato nella corsa orizzontale; e quindi col soccorso del secondo teorema si verrà facilmente in cognizione se vera sia l' ipotesi assunta, che la resistenza di attrito cioè agisca contro il solido nel di lui movimento orizzontale a somiglianza della gravità, quando ascende verticalmente. Instituito sì fatto calcolo su i risultati esposti nella tavola degli esperimenti eseguiti intorno ai nove noti solidi, deducosi finalmente le stessissime conseguenze, che dedotte abbiamo coll' antecedente esame. E le stessissime conseguenze pure si deducono paragonando fra loro gli spazj verticali cogli orizzontali percorsi da' sopradescritti solidi, appuntando l' elastico del Forometro a diversi altri gradi di apertura; rimarcandosi inoltre con prossimità fisica una costante ragione fra gli spazj orizzontali e i rispettivi spazj verticali da ciascun de' solidi percorsi; il che appunto dee accadere se il movimento orizzontale de' solidi è un movimento uniformemente ritardato: ma cerchiamo di accertarci su ciò con maggior precisione ed esattezza.

ESPERIENZA IV.

§. XXI. Colle solite diligenze ho posto in esperienza un solido di noce delle minime dimensioni accettate dal nostro Forometro, cioè della base di linee 11 di lato. Replicata più

volte l'esperienza, ascese il solido verticalmente poll. 7, lin. 11; e percorse orizzontalmente poll. 21, lin. 8. Il peso di esso solido era dram. 6, gran. $37\frac{1}{4}$, e la di lui resistenza di attrito per disorsi in istato di equilibrio meccanico su la tavola, in cui fu slanciato, era dram. 2, gran. 30.

O S S E R V A Z I O N E.

§. XXII. Per rendere meno computabile la differenza di velocità, che comunica l'elastro del Forometro ad un medesimo solido, fra il getto verticale e l'orizzontale, ho assunto in questa speriencia l'enunziato solido di noce, il quale pesa meno dell'oncia, ch'era il peso de' solidi minori nell'esperienza antecedente; e ciò io intrapresi coll'oggetto di rilevare con maggior sicurezza la legge del movimento de' solidi progetti sopra un piano orizzontale, finora soltanto, può dirsi così, conosciuta in embrione. Applichiamo adunque su i risultati della presente speriencia i due esami, che indicati abbiamo (§. XX.). Quanto al primo esame pertanto dovrebbe verificarsi, che il peso assoluto del solido di noce dram. 6, gran. $37\frac{1}{4}$, alla di lui resistenza di attrito equivalente a dram. 2, gran. 30, ha la ragione dello spazio orizzontale poll. 21, lin. 8, al verticale poll. 7, lin. 11; cioè riducendo a minimi termini, dovrebbe essere la ragione 53 a 20 uguale alla ragione 52 a 19. Ma fatto il confronto di esse ragioni, si trova che la seconda non eccede la prima, che della frazione $33:380$, differenza, che certamente è pochissimo computabile. Passando ora al secondo esame, si trova che il tempo impiegato dal solido per l'ascesa verticale di poll. 7, lin. 11, è $12^m, 50^{ss}$, e che il tempo impiegato dallo stesso solido nello spazio orizzontale di poll. 21, lin. 8, è 34^m ; laonde, perchè venga comprovata l'ipotesi assunta, che lo spazio orizzontale sia percorso dal solido di moto uniformemente ritardato, avendo per forza ritardatrice la resistenza di attrito che prova per disorsi in equilibrio meccanico sulla tavola orizzontale per cui fu spinto, dee verificarsi che lo spazio verticale poll. 7, lin. 11, all'orizzontale poll. 21, lin. 8, ha la ragione del tempo $12^m, 50^{ss}$, al tempo 34^m : ma il prodotto degli estremi in tale proporzione dà

3230, e quello de' mezzani 3337, numeri che si accostano all' uguaglianza quanto mai può pretendersi; dunque vie più ci troviamo forzati a prediligere la natura di movimento che fino da bel principio sospettata abbiamo ne' sei solidi progetti sopra un piano orizzontale. Sarebbe in vero irragionevole il pretendere, che con esattezza matematica avessero a corrispondere i risultati dell' esperienza, prima di stabilire la legge che si va indagando, mentre ad ognuno è ben noto quanto difficile, per non dire impossibile, sia il por mano nella materia, tanto vaga, e soggetta a modificazioni, e singolarmente nel nostro caso, in cui varie, e poi varie possono essere le combinazioni, che concorrano a deturpare gli effetti di quell' unica causa, di cui andiamo in traccia: ciò però che ci può mettere al sicuro si è, che la differenza nelle proporzioni, dalle quali dipende la verità della legge, nascendo costantemente dall' essere lo spazio orizzontale percorso dal solido un po' maggiore del bisogno, conosciamo nello stesso tempo la causa di tale inconveniente, cioè avvenire ciò dal ricevere il solido nel getto orizzontale qualche grado più di velocità, che nel getto verticale, con che in luogo di farci cotale differenza dubitare della legge, serve anzi ella a vie più assicurarci della sua verità, ed a confermarcela quanto è mai possibile fisicamente. Ecco nondimeno un' altra esperienza, che dovremo senza contraddizione ammettere per unica, e decisiva nel presente argomento.

ESPERIENZA V.

§. XXIII. Lasciando fuori in ciascuna classe il solido del peso d' oncie 4, de' sei rimanenti registrati nella tavola (§. XIX.) ho rivestita quella faccia, con cui strisciavano nel getto orizzontale, con tela di lino ruvida, e della stessa tela pure ho coperto quel tratto di tavola orizzontale, per cui doveano scorrere. Dopo tale preparazione osservai l' ascesa verticale, e la corsa orizzontale di ciascuno degl' indicati solidi con la solita diligenza, ed esperimentai inoltre la resistenza di attrito, che così rivestiti, e sopra un piano coperto del pari, incontravano pel loro equilibrio meccanico. Qui sotto si vedono di tale esperienza i risultamenti chiaramente esposti.

Lato della base quadrata de' solidi.	Peso dei solidi.	Altezza verticale del centro di gravità de' solidi.	Corra orizzontale dal centro di gravità de' solidi.	Equivalente in peso alla resistenza di attrito, che incontrano i solidi pel loro equilibrio meccanico sulla tavola Orizzontale.
Poll. Lin.	Once	Poll. Lin.	Poll. Lin.	On. Dram. Gran.
0 : II	1	6 : 9	8 : 6	0 : 6 : 40
0 : II	2	5 : 4	5 : II	1 : 6 : 50
1 : 5	1	4 : 8	7 : II	0 : 5 : 30
1 : 5	2	4 : 4	6 : 5	1 : 4 : 0
1 : II	1	1 : 10	1 : 10	1 : 0 : 0
1 : II	2	3 : 2	3 : 2	2 : 0 : 0

O S S E R V A Z I O N E .

§. XXIV. Coll'artificio adoperato nella presente speriencia si è aumentata la resistenza di attrito, che i solidi incontrano pel loro equilibrio meccanico sul piano, per cui scorrere debbono, a segno che poca differenza passa fra essa ed il peso de' detti solidi, anzichè ne' due ultimi s'è combinata una perfetta uguaglianza, come può raccogliersi dalla tavola degli esperimenti. In tal modo si ottenne di porre quasi in parità di circostanze il getto verticale de' primi quattro solidi col loro getto orizzontale, ed in esatta parità i due ultimi; sicchè per questi singolarmente siamo certi, che l'elastro dovea loro comunicare orizzontalmente lo stesso grado di velocità, che imprimevagli verticalmente, e che la resistenza dell'aria era indifferente nell'uno e nell'altro movimento di tali due solidi, se fossero proceduti di moto uniformemente ritardato, venendo respinti da eguali forze ritardatrici; per gli altri quattro solidi poscia tali riguardi doveansi avere più o meno in osservazione, secondo che era distante in uguagliare la resistenza dell'attrito de' solidi il loro peso assoluto. Se pertanto ha luogo in natura la legge, che conghietturata finora abbiamo nel movimento orizzontale de' solidi, è manifestissimo che lo spazio verticale de' due ultimi accennati solidi dovea pareggiare lo spazio orizzontale da essi

percorso, e che negli altri quattro tanto più da vicino si dovea ciò riscontrare, quanto che era più prossima la resistenza del loro attrito a pareggiare il proprio loro peso assoluto. Ma così per l' appunto è accaduto, bastando per accertarsene una passeggera considerazione sulla tavola degli esperimenti superiormente rapportata: resta dunque, dopo tutto ciò che si è anche sul proposito nelle antecedenti sperienze ristretto, con evidenza, e con certezza fisica dimostrata l' indole, e la qualità del movimento, che seguono i solidi, ove non abbian a superare, che la resistenza di attrito, potendosi, o per meglio dire dovendosi intorno a ciò stabilire il seguente canone riguardo a que' solidi, che nel loro movimento incontrano quella resistenza di attrito, che col nome di resistenza della prima specie distinta viene da' Meccanici (Mec. Pratica. sez. I. Art. I.).

Ne' solidi, che muovonsi sopra le superficie piane di altri solidi, la resistenza di attrito della prima specie, che incontrano pel loro equilibrio meccanico sopra tali superficie, agisce nel loro movimento a guisa di costante forza ritardatrice, facendoli procedere perciò di moto uniformemente ritardato.

ESPERIENZA VI.

§. XXV. Un cilindro di noce del raggio di linee 6, e lungo linee 11, progetto verticalmente, aprendo l' elastro del Forometro linee 5 meno del primo grado di apertura, a cui lo abbiamo sempre teso nelle sperienze antecedenti, falli poll. 2 lin. 7; e progetto lo stesso cilindro orizzontalmente, percorse poll. 110. Il peso assoluto del cilindro era dram. 2, gran. 52; e siccome poi essendo il detto cilindro poggiato secondo la lunghezza sopra un piano inclinato liscio, com' era quello sopra cui percorse, si sostenne in equilibrio meccanico fino all' angolo di elevazione di 1.°, 24'; così la di lui resistenza di attrito, che chiamasi della seconda specie, si rileva di gran. $4\frac{1}{2}$ (Mec. Pratica. Sez. I. Art. II.)

OSSERVAZIONE.

OSSERVAZIONE.

§. XXVI. E poichè in questa sferienza il cilindro proiettato orizzontalmente procede di moto diretto progressivo ed insieme di rotatorio intorno al proprio asse, è manifesto che la resistenza che incontra sulla tavola orizzontale è della seconda specie: ed è chiaro inoltre che in questo esperimento, ateso il picciol volume ed il pochissimo peso del cilindro, ed attesa la di lui figura, dee riguardarsi come incomputabile il maggior grado di velocità che può esso cilindro ricevere nel getto orizzontale in confronto del verticale, e così pure incomputabile la resistenza dell'aria che incontra ne' due accennati movimenti. Per il che se anche in tale circostanza di movimento le resistenze di attrito, che provano i solidi pel loro equilibrio meccanico, agissero contro di essi in via di costanti forze ritardatrici, dovremmo verificare (§. XXII.) che lo spazio verticale poll. 2, lin. 7, a cui fall, allo spazio poll. 110, che percorse sul piano orizzontale, ha la ragione inverfa del di lui peso assoluto dram. 2, gran. 52, alla resistenza di attrito della seconda specie gran. $4\frac{1}{2}$, che sul medesimo piano incontra pel suo equilibrio meccanico. Dando pertanto il prodotto degli estremi il numero $444\frac{1}{2}$, e quello de' mezzani 462, non può pretendersi, in un fatto fisico di tal natura, maggiore approssimazione, onde stabilire anche per tale qualità di resistenza di attrito il canone seguente:

Ne' solidi, che muovonsi sopra le superficie piane di altri solidi, la resistenza di attrito della seconda specie che incontrano pel loro equilibrio meccanico sopra tali superficie, agisce nel loro movimento a guisa di costante forza ritardatrice, facendoli procedere perciò di moto uniformemente ritardato.

CONCLUSIONE GENERALE

§. XXVII. Dalle cose superiormente esposte si vede chiaro, che generalmente le leggi del movimento concreto de' solidi, quanto alla resistenza di attrito che incontrano trasportandosi sulle superficie di altri solidi, dipendono dalle leggi, che cotali resistenze seguono per lo stato di equilibrio mec-

canico de' medesimi solidi, sia pure tale movimento diretto per linea retta, o per linea curva, come circolare ecc., ascenda, o discenda il solido per piani rettilinei, o curvilinei, giacchè è ben conveniente nella fisica de' corpi il concedere di poter considerare il moto curvilineo di un solido come composto di movimenti diretti successivamente per piccioli piani inclinati fra sè, secondo che richiede la natura della curva, sopra cui va egli trasferendosi. Per la qual cosa se si tratterà del movimento de' corpi, che procedono di solo moto progressivo retto, o circolare, siccome essi incontrano la resistenza di attrito distinta col nome di prima specie, così dovrà ricorrersi alla legge da tale resistenza seguita nel caso di equilibrio meccanico, la quale, in parità di circostanze nelle superficie de' solidi, è quella del loro peso (Mec. Prat. Art. I. §. XXV.): di modo che lo stesso solido, che sia proiettato con qualsivoglia grado di velocità sulla superficie d'un altro, avrà per costante forza ritardatrice quella resistenza, che proverebbe per disporsi in istato di equilibrio meccanico sulla detta superficie, resistenza che, com'è noto, soltanto cresce col peso del solido, e con la maggior scabrosità delle superficie, che si strofinano. E se si tratterà del movimento de' corpi, i quali al moto progressivo han congiunto il rotatorio intorno ad un centro, od asse, siccome questi incontrano la resistenza di attrito chiamata della seconda specie; così dovremo ricorrere alla legge seguita da tale resistenza per lo stato di equilibrio meccanico, ch'è la ragione inversa de' raggi di rotazione de' solidi, supposte pari le scabrosità delle loro superficie; sicchè procedendo un solido coll' indicata natura di movimento, avrà egli per costante forza ritardatrice la resistenza, che incontrerebbe pel suo equilibrio meccanico sulla superficie, per cui si trasporta, resistenza che, com'è già provato (Mec. Prat. Art. II. §. XLVIII.), s'augmenta colla diminuzione del raggio rotatorio, e con la maggior asprezza delle superficie, che si sfregano. V'ha ancora un'altra qualità di attrito in cui continuamente, a cagione del moto contrario d'uno, o d'ambidue i corpi in isfregamento, distaccansi particelle solide dalle loro superficie, come ne abbiamo gli esempi nell' uso delle mole applicate a pulire, o ad affilare coltelli ed altri strumenti di

simil fatta. Su tale natura di attrito io non mi sono affrettato a darvi pensiero alcuno, conoscendo bene la somma difficoltà di poterlo sfoggettare a misurate, e determinate regole, poichè certamente queste debbono variarsi d'istante in istante, variando ad ogn'istante pure le qualità, e circostanze delle superficie in isfregamento. Ciò però che a me sembra possa dirsi in via generale di cotesta natura di attrito si è, che la sua resistenza dipender debba dalla maggior o minor durezza de' corpi in isfregamento, dalla figura, e aderenza delle particelle costituenti le scabrosità nelle loro superficie, dalla maggior, o minor asprezza di esse, dalla loro grandezza, dalla pressione, con cui i corpi sfreganti vengono l'uno all'altro uniti, e per l'ultimo forse dalla velocità, con cui si muovono, se pure oltre a tutto ciò non avesse ad avervi qualche influenza ancora il calore, che per l'ordinario eccitafi, e sviluppa da' corpi obbligati a simili contrasti, e vicende. Quindi è, che lasciando da parte così intralciata ricerca, non mi sono attenuto, che alle due qualità di attrito superiormente descritte, le quali certamente sono le idonee, ed essenziali, che occorrer possono per condurci al nostro fine, che fu quello finora di stabilire nelle macchine generalmente il loro equilibrio di fatto, o sia l'equilibrio meccanico, e di ridurre le leggi astratte del moto al concreto, cioè di preparare un materiale necessario per l'istituzione della Scienza del moto concreto de' solidi.

ARTICOLO IV.

Considerazioni sugli esperimenti, e sulle opinioni di alcuni Fisici intorno alla resistenza di attrito, che incontrano i solidi in movimento.

§. XXVIII. Tra i molti Autori, che cercarono di stabilire la legge della resistenza di attrito, che provano i solidi in movimento, non si trova che il *Muschbroeckio*, il quale, dopo aver consultato ciò ch'era stato detto sull'argomento dagl' *Illustri Amontons, Leibnizio, Sturmio, Camus, Desaguliers, Buissonero, Parent, Belidor, Rouvus, Nollet*, ed altri, abbia tentato di por mano all'esperienza; ed eccone

ciò che da essa conculse. “ (a) In minoribus corporum ve-
 locitatibus sequitur attritus utcumque rationem velocitatis,
 non tamen accurate. Verum in majoribus velocitatibus ra-
 tio attritus multum increfcit: idque locum habet, five cor-
 pora, quæ supra se moventur, ficca, five oleo unctâ fue-
 rint, quamvis in ficcis id potiffimum fit, quia cito quam-
 plurimæ partes abraduntur, ab abrafis fulci in altero cor-
 pore inciduntur, & asperantur superficies vehementer. Cum
 enim axis in Tribometro chalybeus volvebatur in cupro
 rubro, oleoque large ungebatur, & velocitates erant uti 4,
 6, 7, 8, 10; fuit attritus uti 1, $1\frac{1}{2}$, 2, 3, 4; quando
 erant velocitates in cupro ficco $1\frac{1}{2}$, 3, 5, 7, 8; attritus
 fuit 1, $1\frac{1}{2}$, 2, 3, 4. Cum velocitas erat maxima in his
 experimentis five æqualis 10, fiebant 25 revolutiones axe-
 os *D D* (Fig. VII.) intra tempus 2m^u, & 24m^u. Attritus
 qui ponitur æqualis 1 est ad pondus motum uti 16 ad
 95. Chiaro pertanto apparifce ben diverfa effere la riferita
 legge Muffchenbroechiana dalla noſtra (Art. III. §. XXVIII),
 mentre colla prima ſi ſtabilifce, che la refiſtenza di attrito
 incontrata da un folido in movimento crefca fecondo il mag-
 gior grado di velocità di cui è dotato, e colla ſeconda ſi ſta-
 bilifce, che la predetta refiſtenza ſia ſempre coftante e quel-
 la medefima che incontra il folido pel ſuo equilibrio mecca-
 nico fulla ſuperficie per cui ſi muove, qualunque ſia il gra-
 do di velocità con cui egli procede. Eſſendo pertanto am-
 bedue l' enunciate leggi fiancheggiate dall' eſperienza, qual
 fra eſſe adunque avremo a confiderare come certa e vera, e
 quale come falſa e ripugnante? Queſto è uno di que' tanti
 e molti eſempj, che dimoſtrano quanto difficile ſia il promuo-
 vere con certezza la Fiſica de' corpi, tuttochè abbia ella a'
 noſtri tempi ſcoſſo il giogo peripatetico, e dirigafi ſoltanto
 per la via de' fatti, e dell' eſperienza. Coſì è, e biſogna con-
 feſſarlo, che il Fiſico ſperimentatore non può giammai ufare
 abbonanza di circospezione prima di affidarſi interamente alle
 proprie ſperienze, dovendo ſempre dubitare della loro cer-
 tezza, finchè almeno non rimanga con tutta evidenza con-

(a) *Introductio ad Philoſophiam na- DXXIII. Patavii, Typis Seminarii.
 turalens. Tomus Primus pag. 160 §. MDCCCLXVIII.*

vinto aver egli veramente ottenuti nelle di lui sperienze risultati unici, e direttamente appartenenti a quella causa, che ha preso di mira. Ma venendo all' esperienza Musschenbroechiana siaci permesso di esporre intorno ad essa il nostro giudizio coll' unico, ed ingenuo fine di intracciare la verità.

§. XXIX. La macchina, denominata dall' Autore *Tribometro*, e colla quale effettuò egli la sopra citata sperienza, consiste in un cilindro *AB* (*Fig. VII.*) di legno di 4 poll. di diametro sostenuto orizzontalmente ne' due perni *D D* di $\frac{1}{2}$ poll. di diametro ad esso annessati in direzione del proprio asse. Tali perni, e così pure i sostegni, ne' quali s' inserivano, potevano cambiarsi a tenore della qualità de' solidi, che volevansi porre in cimento. Aggravando pertanto il cilindro *AB* sopra i suoi perni *D D* del peso 95, sospendendo ad esso pesi uguali *P*, \mathcal{Q} come indica la figura, pose il nostro Autore nella lance *R* i pesi 1, $1\frac{1}{2}$, 2, 3, 4 successivamente uno dopo l'altro, ed osservò, che nell' attrito dell' acciaio col rame rosso, essendo cioè i perni *D D* del primo metallo, e del secondo i sostegni, ne' quali s' avvolgevano, unendo copiosamente d' olio le superficie in isfregamento, osservò, dico, che il cilindro *AB*, nel tempo costante di $2''$, $24''$, faceva 10, 15, $17\frac{1}{2}$, 20, 25 rivoluzioni intorno al proprio asse, relativamente alle accennate cariche della lance *R*, dichiarando con ciò essere le velocità del cilindro in ragione de' numeri 4, 6, 7, 8, 10: e pulendo le superficie in isfregamento da qualunque untume, le rivoluzioni del cilindro erano $3\frac{1}{2}$, $7\frac{1}{2}$, $12\frac{1}{2}$, $17\frac{1}{2}$, 20, cioè procedeva esso con velocità proporzionali a' numeri $1\frac{1}{2}$, 3, 5, 7, 8. E questi sono i risultati, su' quali si fonda la poco sopra riferita legge Musschenbroechiana, vale a dire che la resistenza di attrito incontrata da' solidi in movimento segua, nelle velocità minori, prossimamente la ragione delle medesime velocità; e che nelle velocità maggiori le resistenze sieno maggiori del bisogno per seguitare la stessa legge delle velocità, tali essendo le relazioni, che si rimarcano tra i pesi 1, $2\frac{1}{2}$, 2, 3, 4 esperimenti la resistenza dell' attrito provata da' perni *D D* (avvegnachè il raggio del cilindro *AB*, all' estremità di cui tutti agiscono, è costante), ed i numeri 10, 15, $17\frac{1}{2}$, 20, 25, ovvero $3\frac{1}{4}$, $7\frac{1}{2}$, $12\frac{1}{2}$, $17\frac{1}{2}$, 20 indicanti

le velocità del cilindro AB , ed in conseguenza de' suoi perni $D D$, com' è manifesto. Supponghiamo pure formontate in tale sperienza tutte le gravi, e penose difficoltà, che non possono schiarsi nella pratica esecuzione di essa, fra le quali certamente è d' annoverarsi quella di misurare il tempo delle rivoluzioni del cilindro AB , mentre è d' uopo inoltrarsi nella delicata divisione del tempo in minuti terzi; e l'altra, che nel rivolgersi il cilindro AB si mantengano costantemente i pesi $P Q$ fra di sè in equilibrio, benchè nell' istante che uno di essi s' inalza, l' altro s' abbassa, onde non venga alterato per tale riguardo il movimento cagionato nel cilindro AB dal peso riposto nella lance R : nondimeno io dico, che da' risultati della descritta sperienza non può dedursi legittimamente la legge, che dedusse il nostro Autore. Imperocchè abbia, o non abbia luogo siffatta legge in natura, è manifesto, che essendo stati i pesi $1, 1\frac{1}{2}, 2, 3, 4$ atti a porre in movimento il cilindro AB , ciascuno di essi, e sempre più procedendo dal primo all' ultimo, è maggiore del bisogno per l' esatto equilibrio colle resistenze di attrito incontrate da' perni $D D$; ma poichè i pesi suddetti sono proporzionali alle loro masse o sia quantità di materia, e ciascuno di essi ne applica un' egual porzione per l' equilibrio delle resistenze accennate, i loro momenti liberi adunque non faranno proporzionali alle loro masse rispettive, ma vie più ne' pesi maggiori avranno maggior ragione; e quindi il loro movimento, riposti che sieno nella lance R , farà accelerato, e vie più accelerato passando dal minimo al massimo fra essi: e siccome il movimento del cilindro AB dipende da quello della lance R , così non v' ha difficoltà ad intendersi, che con siffatta legge esso pure si muoverà intorno a' suoi perni. Non possono adunque assumersi i pesi $1, 1\frac{1}{2}, 2, 3, 4$ aggravanti la detta lance R come equivalenti alle resistenze di attrito incontrate da' perni $D D$ nelle diverse velocità, colle quali essi congiuntamente al cilindro AB si raggiravano intorno al proprio asse, salvo già il dovuto riguardo delle distanze dal comun centro di moto. Un Commentatore però della Fisica Muschenbroechiana, per non incontrare forse il da noi esposto obbietto, crede poterli assumere le rivoluzioni del cilindro Tribometro come equabili in sè stesse, e fra di sè, ateso il breve tem-

po, in cui si compiscono; ma secondo me non è questo un esperimento, in cui sieno lecite siffatte supposizioni; avvegna-
 chè sia quanto si voglia breve il tempo impiegato dal cilindro nelle sue rivoluzioni, la differenza di tempo dall' una all' altra di esse non diventa trascurabile in sè stessa, nè può assolutamente considerarsi, neppure in senso fisico, per quantità infinitesima. Non v' ha esperienze in Filica, che ricerchino maggiore esattezza e precisione di quelle, nelle quali v'abbia il moto per uno de' suoi elementi: l' introduzione di minima forza, o circostanza straniera al soggetto può apportare differenze ne' risultati di somma rilevanza. L' uso, e la pratica di sperimentare da per me stesso mi addottrinarono di tante avvertenze importantissime, che sorprendere farebbero quelli, che lontani dal discendere al fatto materiale, si pongono in calma coll' affidarsi o alla propria immaginazione, o all' autorità degli altri. Per tentare con qualche buon successo l' esperimento del nostro Autore, farebbe d' uopo non già d' una macchina da Gabinetto Fisico, ma che fosse di considerabile altezza onde poter osservare se dopo il movimento accelerato de' pesi aggravanti la lance R, succede l' equabile, e poter così con certezza determinare, che nel tal grado di velocità uniforme incontrano i perni *DD* la resistenza di attrito assegnata da' detti pesi. Senza però fermarsi d' vantaggio sulle difficoltà inevitabili, che porta seco cotale esperimento, farà qui opportunamente riferito il giudizio, che lo stesso Autore, nel luogo sopraccitato, teneva de' risultati della propria esperienza, giudizio che certamente l' onora, e ne forma il di lui elogio, dando a divedere egli medesimo chiaramente, ch' era ne' suoi studj condotto dal solo amore della verità, e che non lasciavasi sedurre da quello, che pur troppo gli uomini affettano per le proprie asserzioni con danno e pregiudizio delle scienze: ed ecco com' egli si esprime. In hisce experimentis tamen mihi non placuit
 55 ne satisfeci: quo tempore capiebam, fere nihil innotuerat
 55 Philosophis de Mechanica Motus, quæ omnino hic est consideranda: præterea error facile committitur in via percurfa, quando prærapida velocitate corpus movetur, tum
 55 in potentia movente, quæ vel est elater magni horologii
 55 tabularii, vel pondus descendens & volubile, sed motum in

„ curva Tautochrone. Vix in hac senectute mihi vires fu-
 „ perfuturas sperare licet, ut hæc omnia denuo ad incudem
 „ revocem, potius alios Philosophos adhortor, ut hæc, quæ
 „ magni in Mechanica sunt usus, liment, emendentque „ .
 „ §. XXX. La legge, che parve al *Musschenbroeckio* poter sta-
 „ bilire da' risultati della sua sperienza superiormente rapporta-
 „ ta (§. XXVIII.) venne sostenuta, salve certe modificazioni
 „ come vedremo, da più e più Fisici ancora, ragionando del
 „ seguente tenore. (a)“ Supponiamo, dicono eglino, che *DE*,
 „ ed *FG* (*Fig. VIII.*) rappresentino due superficie di corpi
 „ duri, le cui ineguaglianze insensibili sieno inferite le une
 „ nelle altre; la pressione, che le unisce, operi nella dire-
 „ zione *AB* perpendicolare a quella del moto, il quale fa
 „ sdrucciolare questi due corpi l' un sopra l' altro. Già si ve-
 „ de, che il corpo, ch' è di sopra, non può muoversi secon-
 „ do la direzione *BC*, se le sue parti più elevate *e, f, g, h*
 „ non si sviluppano dalle cavità, nelle quali sono affondate;
 „ il che non si può fare, se non a misura, che il corpo in-
 „ tero *DE* solleverassi contro lo sforzo della pressione. Se
 „ questa pressione è tanta, che faccia ricadere cotesse parti
 „ ingaggiate nelle cavità, che immediatamente susseguono a
 „ quelle, che hanno lasciate; vale a dire, che la parte *e* u-
 „ scendo dalla prima cavità ricada nella seconda, nella ter-
 „ za ecc. è viabile, che lo sforzo, che farà mestieri di fare
 „ per sollevare il corpo *DE*, o (il che è la stessa cosa) per
 „ disgiugnere, e disgomberare le parti, tante volte si ripete-
 „ rà, quante di queste piccole elevazioni ci sono nella su-
 „ perficie *FG*; e quanto più procederà nel suo cammino in
 „ un dato tempo il corpo sfregante sopra quello, al quale
 „ è applicato, tanto più avran luogo questi sollevamenti, e
 „ queste ricadute: così la resistenza degli sfregamenti cresce
 „ per la velocità, sino a tanto che questa velocità non im-
 „ pedisce, che le parti alte d'una superficie s'annicchino suc-
 „ cessivamente in tutte le parti basse dell' altra, nel modo
 „ che abbiamo esposto „. Soggiungendo inoltre gli stessi Au-
 „ tori: “ Ma può accadere, che il moto, che si fa secondo
 „ la direzione *BC*, sia sì rapido, che quando le parti spor-
 „ genti *e, f, g, h* sono state disimpedite, sieno trascinate da

„ una

(a) *Nollet*. *Fisica Sperimentale*. Tom. I.

„ una considerabile quantità, avanti che la pressione le im-
 „ pedisca, o ingombri di nuovo; che la parte *e*, per esem-
 „ pio, avendo lasciata la prima cavità della superficie *FG*,
 „ in luogo di ricadere nella seconda, sia trasportata sino al-
 „ la terza, o sino alla quarta; ed allora si concepisce facilmen-
 „ te, che il corpo sfregante *DE* potrà trascorrere due, ov-
 „ vero tre volte altrettanto di superficie sopra *FG*, senza che
 „ le sue parti vi sieno più frequentemente intricate „. E
 quanto alla prima parte di tale discorso convergo io pure,
 che quanto maggiore sarà lo spazio percorso dal solido sfre-
 gante in un dato tempo, tanto maggiore sarà il numero de-
 gli ostacoli da esso incontrati, e conseguentemente degli sfor-
 zi, che contro il proprio peso avrà esercitato per formontar-
 li (parlando già di un corpo, che si muova sopra un piano
 orizzontale, nel qual caso la pressione è lo stesso peso del
 corpo sfregante); ma non so poi comprendere come da que-
 sta considerazione possa inferirsi la legge, che la resistenza di
 attrito incontrata da' corpi in movimento cresca col cresce-
 re la velocità in essi: imperocchè è vero, che lo stesso cor-
 po percorrerà in un dato tempo maggiore spazio, secondo
 che sarà dotato di un maggior grado di velocità, e che pe-
 rò la somma degli ostacoli formontati sarà eziandio maggio-
 re nella velocità maggiore, ma non perciò può stabilirsi la
 mentovata legge, avvegnachè bisognerebbe dimostrare per la
 di lei sussistenza, che il corpo sfregante incontrasse maggior
 resistenza nel superare d'istante in istante gli ostacoli che
 incontra, di quella che incontrerebbe pure d'istante in istan-
 te procedendo esso con velocità minore. Dimostrata ripu-
 gnante, e di niun valore la prima parte del riferito ragio-
 namento, cade pure da per sè la seconda parte di esso: nul-
 ladimeno non passeremo sotto silenzio una riflessione, che so-
 la può bastare a farci anche di questa conoscere evidentemen-
 te la fallacia. E' principio incontrastabile, che un corpo
 s'aggrava contro il piano che lo sostiene con quell'intero
 sforzo, o pressione, che esercita come nello stato di quiete, così
 anche in quello di moto, qualunque sia il grado di velocità,
 con cui proceda: cosicchè, prendendo il caso del piano oriz-
 zontale, il solido sfregante preme ugualmente contro il piano
 soggetto con tutto il suo peso, sia egli in quiete, oppure in

movimento, sì tardo, che veloce quanto mai; colla sola differenza, che se in istato di quiete continua a perpetuamente premere il piano soggetto in quello stesso luogo, in cui si trova collocato, in istato di moto la pressione medesima esercitarsi successivamente per tutti i luoghi, per li quali va passando nello scorrere per lo piano soggetto. Che se così è la cosa, non è ella forse un'idea chimerica il concepire, che possa muoversi con tal velocità il corpo sfregante, sì che le scabrosità sciolte una volta, sostengansi disimpegnate per un considerabile spazio, prima che s' avvilluppino nuovamente? Imperciocchè se l'innestamento delle scabrosità del corpo sfregante in quelle della superficie, per cui trascorre, nasce dalla pressione, con cui contro di essa si aggrava; ne segue pel principio mentovato, che qualunque sia la velocità del corpo sfregante, succederanno uno dopo l'altro, e senza interruzione nuovi innestamenti ai primi sviluppi delle dette scabrosità, e quindi la resistenza incontrata da esso corpo, considerata in ciascun punto dello spazio che percorre, farà sempre la medesima, e indipendente affatto dal maggiore, o minor grado di velocità, di cui fosse affetto. Il vedere che oltre alle esposte sentenze ed opinioni tenute da' Fisici sulla resistenza degli attriti de' solidi in movimento, ve n' ebbe anche qualcuno, il quale allontanandosi dall'opinione più universale, mise in campo, che la predetta resistenza dovesse seguire non già la semplice, ma la duplicata ragione della velocità, di cui è dotato il solido sfregante, mi fece entrare in sospetto, che da tali Autori considerata fosse la resistenza degli attriti de' solidi di natura analoga a quella, che i medesimi solidi incontrano nello scorrere per entro i mezzi come l'aria, l'acqua ecc., e che quindi lasciandosi per dir così da una prevenzione trasportare, ragioni cercarono, ed argomenti, onde comprovare, che la prima delle accennate resistenze, a simiglianza della seconda, seguir dovesse una qualche ragione della velocità, secondo cui è mosso il corpo sfregante: ma quanto la cosa proceda diversamente lo faremo ora considerare. Qualora un solido si muove in un mezzo fluido ne caccia le molecole, che d'innanzi gli stanno, comunicando ad esse un movimento, il quale passa, e si diffonde a grado a grado per la massa fluida, venendo nello stes-

fo istante riempuito dallo stesso fluido il vuoto, che il corpo dietro sè lascia seguendo il suo cammino; ma per li principj dinamici, il solido urtante nel comunicare movimento al fluido ambiente dee perderne del suo proprio, e perderne maggior quantità, se maggiore sarà la massa fluida, in uno stesso tempo, posta in movimento. Chiaro adunque apparisce, che quella, che noi diciamo resistenza di mezzo, propriamente consistette nella quantità di moto, che il solido dentro di esso scorrendo comunica, e trasfonde con perdita, e consumo del proprio; e che siccome movendosi il solido con maggior velocità maggiore quantità di fluido dee mettere in movimento nello stesso tempo, così tale resistenza dee dipendere ed aver per norma essenziale, in parità di circostanze, la velocità di cui è fornito il solido, derivandone poi la legge dalla fluidità, dalla densità, dall'elasticità, ed in una parola dalla natura stessa del fluido ambiente. Che se per un altro canto si muova l' enunziato solido sopra un piano orizzontale, facendo astrazione da qualunque mezzo ambiente, sappiamo che in tal caso non può egli procedere pel suo cammino, se di mano in mano non si sviluppino, e diinneschino le di lui scabrosità da quelle della superficie, sopra cui si muove; il che succede esercitando il solido uno sforzo contro il proprio peso, al quale sforzo appunto noi applichiamo il nome di resistenza di attrito. Ora manifestamente si conosce l' indole ben diversa tra la resistenza de' mezzi, e quella degli attriti, mentre la prima deriva da una comunicazione di moto, che il solido in movimento trasfonde nel fluido ambiente, e la seconda da uno sforzo, che il solido sfregante esercita contro il suo peso; e si arguisce inoltre dalla svolta natura di tali resistenze, che siccome la prima dee necessariamente procedere secondo una qualche legge della velocità impressa al solido in movimento; così la seconda ne va affatto esente, e perciò non ha essa a variare di valore per conto della velocità con cui si trasferisce il solido sfregante. Ma qui cade finalmente in acconcio di far vedere come la legge da noi stabilita per la resistenza degli attriti de' solidi in movimento (Art. III. §. XXVII.), e dedotta dall' esperienza, si confermi anche con un ragionamento, che ci sembra quanto può desiderarsi fortemente appoggiato alla natura del soggetto medesim-

mo. Egli è un fatto innegabile, che un solido simile a quelli, che abbiamo usati nelle nostre sperienze, esercita costantemente lo stesso sforzo, e renitenza a disporli in istato di equilibrio meccanico sopra una tavola orizzontale di uniforme scabrosità, cioè ridotta ad un egual grado di forbitezza al giudizio de' sensi, venga egli riposto in qual luogo più piaccia su d' una medesima direzione, a quella guisa che lo stesso solido non lascierebbe di premere con tutto il suo peso sopra un piano orizzontale, che si muovesse pure per linea verticale o in su, o in giù verso il centro de' gravi. Posto ciò ne consegue immediatamente, e con evidenza matematica, che il predetto solido, movendosi sulla tavola orizzontale, abbia ad avere successivamente per forza ritardatrice quello stesso sforzo, che esercita per disporli in istato di equilibrio meccanico in ciascun luogo della direzione, secondo cui si trasferisce; nascendo quindi la legge, che la resistenza degli attriti de' solidi in movimento sia quella medesima, ch' essi incontrano pel loro equilibrio meccanico sopra quella superficie, per cui scorrono, ma operante contro il loro movimento in via di costante forza ritardatrice, come abbiamo concluso dall' esperienza.

§. XXXI. Dalle cose esposte nel presente Articolo si rileva in quanta oscurità, e confusione si trovava avvolto il soggetto, così importante nella scienza del moto concreto de' corpi, e generalmente in tutta la Fisica, che abbiamo ora noi tentato di ponere in chiaro lume coll' appoggio non solo dell' esperienza, ma eziandio di ragionamenti severi a quel grado, che può permettere la natura del soggetto medesimo. E per dire il vero stabilendo alcuni, che la resistenza degli attriti de' solidi in movimento seguitasse ne' pesi minori la ragione della velocità, e ne' pesi maggiori crescesse alquanto sopra tale ragione; volendo altri, che la detta resistenza dovesse procedere in ragione delle velocità ne' movimenti mediocri, dovendosi poi diminuire nelle grandi velocità; e finalmente altri pretendendo che siffatta resistenza seguir dovesse la duplicata ragione della velocità del corpo sfregante; dovea tanta, e così varia discrepanza di leggi tenerci in diffidenza, e farci anche sospettare, che il soggetto non venisse preso, e considerato nella sua propria, e naturale costitu-

zione ; il che appunto venne dimostrato dalle nostre indagini , mentre la nuova legge , che abbiamo scoperta , non ha affinità , nè analogia alcuna colle già enunziate . Io mi rimetto però ben volentieri al giudizio de' dotti per que' progressi , ch'io mi lusingo di aver fatto su tale argomento , essendo intimamente persuaso della difficoltà somma di stabilire con certezza una legge , un canone , nella Fisica de' corpi . Ragionano poi con molta leggerezza coloro , i quali si sforzano di dar ad intendere , che attesa la varietà della tessitura superficiale de' solidi , e la molteplicità degli accidenti , che possono concorrere in fatto , di poca utilità , ed anche , come essi dicono , di veruna certezza sieno le leggi , che si cercano di stabilire sulla materia , che abbiamo per le mani , o in altre materie analoghe nella Fisica de' corpi . Se in tal guisa ragionasse il volgo soltanto , non vi sarebbe niente a meravigliarsi ; ma il male si è , che uomini insigni per ogni riguardo si sieno così espressi pubblicamente nelle opere loro , che non crediamo necessario di qui citare ; e niente meno m'è accaduto di sentire dalla viva voce di alcuni , forniti per altro di dottrina , e di sapere , co' quali ho avuta occasione di parlare più e più volte sul proposito . Rivolgendosi pertanto il pensiero sul nostro argomento , io ragiono così . Sia pure quanto si voglia varia la tessitura superficiale de' solidi , ciò non dee recare imbarazzo al Fisico sperimentatore d'indagare la legge delle resistenze degli attriti , qualora ha egli l'avvertenza di sperimentare costantemente colla stessa maniera di solidi ridotti per quanto può apparire a' sensi in parità di circostanze , nè può egli , così operando , in veruna maniera dubitare , che la legge manifestatagli dalla serie de' risultati , che avrà ottenuto , non sia dessa precisamente quella , che a fissata natura di resistenze appartenga . Siccome poi le tessiture superficiali de' solidi , oltre di essere varie per la diversa natura loro , lo possono essere anche in riguardo ad una maggiore , o minor forbitezza ; così la legge dedotta dee riguardarsi come una legge astratta , la qual facilmente può nullameno condursi al concreto , mediante un particolare esperimento sul solido , intorno a cui debba accaderne l'applicazione , ricercando , che così esattamente si dee chiamare , il termine di paragone : in somma investigata la leg-

Fig. I

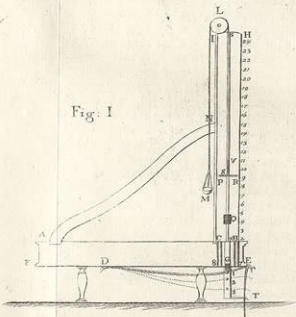
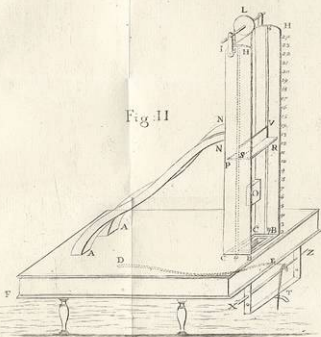
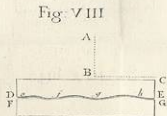
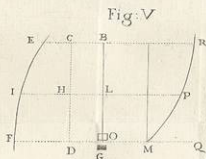
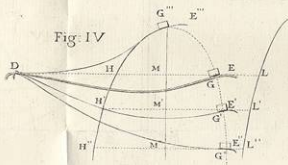
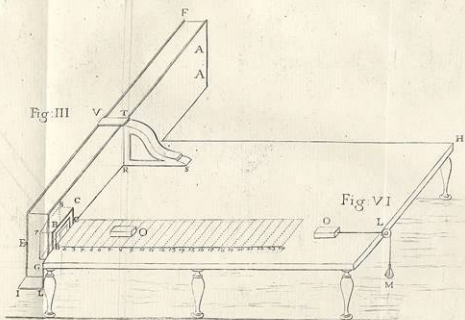


Fig. II





ge, come s'è spiegato, pel di lei uso, non occorre che conoscere in un dato caso la quantità assoluta della resistenza di attrito, di cui è capace la qualità, e costituzione superficiale di que' solidi, sopra i quali versar si dovesse. E quanto all'esattezza e precisione dei risultati, che possiamo sperare nell'applicazione di tali leggi, non v'ha dubbio primieramente, che quanto più diligenza ed attenzione verrà prestata da chi le maneggia, potrà anche aver egli la compiacenza di vedere vie più verificati nella pratica esecuzione delle proprie idee quegli effetti, che gli verranno antecedentemente indicati; e promessi dal calcolo; dico poi in secondo luogo, che mostrerebbero del pari poca conoscenza della Fisica de' corpi, tanto chi prendesse l'assunto di stabilire regole, e canoni tali, che somministrar dovessero nell'applicazione pratica risultati di precisione matematica, quanto chi disperando un tal esito giudicasse perciò di poca utilità quelle leggi e regole, che atte fossero a indicare risultati profimi al vero, come possiamo lusingarci di ottenere nel presente fisico argomento. Ed in fatti non è da supporre nemmeno, che siavi alcuno, il quale abbia a contare cosa di lieve importanza il poter prevedere, che, a cagion d'esempio, un solido proietto sopra un piano orizzontale con un dato grado di velocità, perderà egli il suo movimento, e ridurrassi alla quiete dopo aver percorso un tale determinato spazio, benchè passando al fatto, ciò succedesse con qualche differenza o in più, o in meno, mentre per la legge astratta l'enunciato solido dovrebbe procedere, posto il piano in tutti i suoi punti egualmente distante dal centro de' gravi, col grado di velocità impressogli di moto uniforme all'infinito.

