

SULLO SPOSTAMENTO DEL MERCURIO OSSERVATO
AL PUNTO DEL GHIACCIO SULLA SCALA
DEI TERMOMETRI

MEMORIA
DEL CANONICO ANGELO BELLANI

Ricevuta adì 10 Marzo 1839.

Sono già trascorsi più di trent'anni da che io feci conoscere per la prima volta non ritornare il mercurio alli stessi punti della scala per un'eguale temperatura nei termometri già da qualche tempo costruiti; e ne assegnava la vera causa di questo fenomeno, provenire cioè, da una diminuzione di capacità nel recipiente del liquido per un lento restringimento del vetro (*Tentativi per determinare l'aumento di volume che acquista l'acqua prima e dopo la congelazione. Giornale di Fisica di Pavia anno 1808 pag. 429*). Ma non fu che quattordici anni dopo, quando da un estratto di un mio opuscolo pubblicato nel Gennaio del 1822 dalla *Biblioteca Universale di Ginevra* si cominciò fuori d'Italia a venire in cognizione di questa imperfezione da me riscontrata ne' termometri; e sulle prime si dubitò del fatto, poi della spiegazione da me data (*Biblioteca Universale febbrajo 1822*); fatto e spiegazione che ho quindi confermato con un altro mio più esteso lavoro intitolato: *Dell'incertezza nel determinare il punto del ghiaccio sui termometri . . . Di alcune proprietà del mercurio e del vetro e delle difficoltà che si sono finora presentate nel determinare le loro dilatazioni.* (*Giornale di Fisica di Pavia 1822 bimestre IV e 1823 bimestre 2.º*).

Non era tanto da maravigliarsi che la notizia di quel fenomeno fosse rimasta sconosciuta fuori d'Italia fino a tanto che un giornale estero l'avesse annunziata; quanto perchè il fenomeno stesso non fosse stato prima di me avvertito nello

spazio di cento anni almeno tra mille e mille persone che costruivano o usavano termometri, come cosa cotanto ovvia e che doveva di necessità presentarsi alla vista di chiunque sperimentando avesse posto il suo strumento nel ghiaccio che si fonde, come uno dei due punti fondamentali adattati per la sua scala, e come quello più facile e più sicuro d'ottenersi colla massima precisione. S' accresce la meraviglia ora nel considerare che dopo essersene trattato anche in giornali esteri, e specialmente nella (*Bibl. Univ.* Dicembre 1822), Giornale tanto stimato e diffuso in tutta l'Europa, sembra ancora ignorarsi da alcuni la vera causa; oppure si riproducon da altri, come loro proprie, esperienze e spiegazioni già da me istituite; avendo esposto al Pubblico prove sufficienti per poter asserire, essere vero tutto ciò che si disse e si dice conforme a quanto io già dissi, ed essere falso quanto ne discorda.

È ora mai a tutti noto che in un termometro di recente costruito immerso nel ghiaccio che si fonde, e marcato il termine dove il mercurio contenuto sembra stazionario lungo il tubo, ossia quando ha acquistata quella temperatura, si segna quel punto a zero come principio della scala; ma non è già che quel punto sia veramente stazionario, come già si suppose, perchè dall'istante che lo strumento fu costruito fino al termine di un anno circa, quel punto va lentamente innalzandosi con moto decrescente di modo che può giungere a segnare quasi un grado sopra 0; il qual fenomeno è ora conosciuto in fisica sotto la denominazione di *spostamento dello zero*. A quella più o meno lenta, e successiva elevazione partecipano per necessità anche tutti gli altri gradi della scala fino all'ebollizione del mercurio stesso, ma in minor quantità quanto più quelli si allontanano dal punto infimo della scala; perchè la bolla o il recipiente qualunque quanto più si riscalda, tanto più dilatandosi si accosta allo stato dell'originaria costruzione; di modo che ritornando a raffreddarsi all'egual grado di prima; la capacità del vetro stata aumentata dalla cresciuta temperatura non torna tosto a diminuire come prima

per la rigidità delle parti solide del vetro, a differenza di quelle del mercurio che per essere liquide ubbidiscono prontamente ad ogni cambiamento di volume dipendente dal calorico.

Ma ecco che uno dei più celebri chimici Berzelius (*Traité de Chimie Tomo VIII pag. 329*) ci viene ora a dire: „ essersi
 „ in questi ultimi tempi osservato che un termometro purgato
 „ d'aria cambiava a poco a poco il suo punto della congelazione durante le prime settimane, e che questo punto
 „ s'innalzava di un quarto di grado, di un mezzo grado, ed
 „ anche di un grado e mezzo. Questo fenomeno sembra dipendere dalla bolla che non essendo perfettamente sferica
 „ viene compressa dall'aria, ma senza che questo effetto arrivi subito al suo massimo. Se la bolla è di un vetro un poco
 „ grosso, o che non si prenda il punto della congelazione che dopo aver chiuso il termometro, il fenomeno non ha più
 „ luogo. Ma i fabbricatori di strumenti di fisica prendono sovente il punto della congelazione quando il termometro è
 „ ancora aperto. „ Già prima di Berzelius, Flaugergues, Gourdon, e Marcet e De la Rive (*Bib. Univ. febbrajo 1822, e Aprile 1823*) al primo annunzio del fenomeno avevano fatta una simile supposizione come la più ovvia a presentarsi, ma alla quale aveva io risposto in due parole; cioè che il fenomeno succede egualmente ne' termometri stati sempre aperti, e dovendosi la causa di questo fenomeno distinguere da quell'altra che opera subito, e quasi in totalità al momento che si toglie la pressione atmosferica quando si chiude ermeticamente il tubo del termometro. Non crederei poi che si trovino costruttori al presente di termometri cotanto inesperti da graduare lo strumento prima di chiuderlo ermeticamente; operazione preeliminarmente tanto essenziale, perchè volendosi privare di tutta l'aria è quasi di necessità che dall'estremità del tubo resa capillare esca qualche poco di mercurio nell'atto che si chiude ermeticamente.

Altri invece hanno asserito che il fenomeno succedeva

bensi ne' termometri a mercurio, ma non già ne' termometri ad alcool, per cui non ammettevano come causa il restringimento del vetro che sarebbe stato comune a questi e a quelli; ma che dipendesse da un lento sviluppo di una minima porzione d'aria rimasta fra le molecole del mercurio ed aderente alle interne pareti del recipiente, per cui ne aumentasse il volume; come si svolge dall'alcool medesimo quando si sottrae la pressione atmosferica; le quali bollicine d'aria come più voluminose nell'alcool e meno aderenti si fanno passare, com'è noto, nella parte del tubo rimasta vuota. Ma aveva io già fin dal principio prevenuta anche questa obbiezione col dimostrare che, siccome l'alcool meno o più rettificato si dilata da sei a sette volte più del mercurio alla temperatura della congelazione dell'acqua, e supposta un'eguale estensione di gradi (per esempio di una linea ciascuna) tanto in un termometro a mercurio come in uno ad alcool, per questo avrebbe fatto di bisogno di una capacità della bolla sei a sette volte meno; per cui l'effetto del suo restringimento sarebbe di altrettanto meno sensibile nello spostamento dello zero; non dipendendo il fenomeno da dilatazione del liquido, ma da diminuzione di capacità nella bolla. Supposto dunque che lo spostamento in un termometro a mercurio fosse di un grado della scala, in uno ad alcool non sarebbe che di un sesto o di un settimo per uno stesso grado. Dato invece che eguale fosse la capacità della bolla e del tubo ne' due termometri, conservando quello a mercurio la estensione di ogni grado eguale ad una linea; in quello ad alcool risulterà invece di sei a sette linee per la maggiore sua dilatabilità, ma la quantità dello spostamento sulla scala sarà in ambedue di una linea, ossia di una sesta o settima parte di un grado, essendo questo spostamento indipendente dalla diversa dilatabilità del liquido impiegato. Oltre al costruirsi comunemente i termometri ad alcool con tubi più larghi di quelli a mercurio, per cui in proporzione dell'estensione de' gradi che ne risultano è come se fossero costruiti con bolle minori, e perciò in essi

meno sensibile lo spostamento, possono concorrere altre circostanze a togliere apparentemente ne' termometri ad alcool l'effetto dovuto allo spostamento medesimo, e sono: 1.^o una porzione dell'alcool che facilmente può evaporare nella parte del tubo rimasta vuota, e che quindi si raccoglie e rimane aderente all'estremità chiusa ermeticamente massime se termina capillarmente: 2.^o un velo d'alcool che rimane aderente per qualche tempo lungo le pareti interne del tubo che bagna, quando da una temperatura più alta si fa rapidamente discendere il liquido appunto per osservare lo spostamento se ha luogo al termine del ghiaccio: 3.^o una porzione del liquido stesso che si converte allo stato aeriforme in ragione diretta della temperatura dell'ambiente e della capacità del tubo rimasta vuota: 4.^o precipitando col tempo una porzione della sostanza colorante dell'alcool e questa precipitazione dipendendo da una condensazione delle parti, deve per necessità diminuirne il volume totale: 5.^o se in origine un termometro ad alcool fu graduato nel ghiaccio, ma non tutta approfondata in esso quella porzione del tubo contenente il liquido, e stando la temperatura esterna più alta; precauzione a cui poco si bada generalmente; allora riposto il termometro nello stesso ghiaccio ma anche con tutta quella porzione del tubo, come si dovrebbe fare per esplorarne lo spostamento, questo ancorchè avesse luogo, potrebbe non apparire pel restringimento di quell'alcool in ragione diretta della lunghezza del tubo ch'era rimasta fuori e della temperatura più alta dell'ambiente. Ciò è in causa della grande dilatibilità dell'alcool rispetto al mercurio; per cui graduati due termometri l'uno ad alcool e l'altro a mercurio nello stesso bagno freddo, ma prolungata al di fuori un'eguale lunghezza di tubo occupata dal liquido stando la temperatura dell'ambiente più alta; rimessi ambedue nello stesso bagno con anche quella porzione di tubo occupata, il termometro ad alcool si manterrà più basso: viceversa succederà ne' gradi superiori. Se si costruisse un termometro coll'acqua, l'effetto dello spostamento sarebbe ancora

più notevole che non in quelli a mercurio, per esser la dilatazione dell'acqua ne' gradi di temperatura prossimi alla sua congelazione nulla, anzi retrograda, e potendosi facilmente formare recipienti molto grandi. Del resto aveva io già dimostrato (*Giornale di Fisica di Pavia* 1823 bim. 1.^o Articolo 1.^o) che il mercurio per sua natura non essendo idoneo ad assorbire alcun liquido ne' fluido aeriforme, non potrebbe menomamente sviluppare aria, sottratta la pressione atmosferica; e benchè si continui comunemente a dire che coll'ebollizione del mercurio si viene a purgarlo dall'aria e dall'umidità ospitante nella costruzione de' barometri e de' termometri; quella operazione propriamente non serve che a sviluppare ed espellere l'umidità e l'aria aderente alle pareti del vetro mediante quell'alta temperatura; e per cui quella minima porzione d'aria che pur si scorge talvolta all'estremità del tubo barometrico, quando coll'inclinazione si obbliga il mercurio a riempirlo, oppure rimane nella bolla del termometro, era dessa un residuo di quella ch'era aderente alle interne pareti, raccoltasi in un punto solo; quando però quella discontinuità del mercurio non provenisse talvolta da polviscoli rinchiusi, e già prima esistenti nell'aria, oppure da estranee molecole già aderenti al vetro.

Altri due distinti Fisici, Legend e Despretz, riconobbero bensì quella stessa causa da me assegnata e comprovata in diverse mie Memorie, ma senza che neppur se ne faccia dal primo di me menzione; e in quanto poi da me discordano, si trovano fra loro stessi in opposizione. Nella seduta 30 Gennaio 1837 dell'Accademia R. delle Scienze di Parigi Legend ha presentato una *Nota sullo spostamento dello zero nella scala dei termometri a mercurio* colla quale volle provare:

„ 1.^o Che lo spostamento dello zero raggiunge il suo limite
„ di grandezza ossia arriva al suo massimo dentro lo spazio
„ di quattro mesi. 2.^o Nei termometri il recipiente de' quali
„ è in vetro, lo spostamento arriva fino a mezzo grado centi-
„ grado, ma in quelli che hanno il recipiente di cristallo o

di smalto, lo spostamento è generalmente nullo; anzi, soggiunge, che dalle sue sperienze risulterebbe assolutamente nullo; ma che avendo passati in rivista altri termometri costruiti e marcati allo zero già lungo tempo prima da *Bunten* ch'era l'artefice medesimo che aveva costruiti i suoi, ne trovò fra quelli uno che segnava perfino un innalzamento di mezzo grado. 3.° Quando lo spostamento è effettuato, se si riscalda il termometro fino all'ebollizione del mercurio e che si lasci raffreddar nell'aria, lo zero ricade al punto ch'era immediatamente dopo la costruzione del termometro; ma rimonta col tempo come la prima volta. 4.° Quando un termometro è riscaldato sino verso il 300 e raffreddato lentissimamente, come si può fare col mezzo d'un bagno d'olio, lo zero rimonta molto più che non avrebbe fatto senza ciò.... Un termometro a recipiente di cristallo, scaldato e raffreddato allo stesso modo, prova pure uno spostamento nella sua scala ma un poco meno che se fosse di vetro. 5.° In una serie di sperienze nelle quali la temperatura non oltrepassava 290°, con un lentissimo raffreddamento lo spostamento ossia l'innalzamento dello zero fu di gradi 1° e 4 per un recipiente di vetro e di 1° e 2 per un recipiente di cristallo. Ora quel primo termometro lasciato all'aria libera per un tempo sufficiente, avrebbe provato uno spostamento di circa 0° 3; rimane dunque 1.° e 1 per l'effetto d'averlo fatto ricuocere... 6.° Un termometro stato ricotto a 300, ossia se si riscalda di nuovo fino all'ebollizione del mercurio, e che si lasci raffreddar nell'aria, lo zero ridiscende ma non già fino al punto cui era immediatamente dopo la sua costruzione. 7.° Lo spostamento succede tanto in un termometro aperto come in uno privo d'aria e chiuso ermeticamente; ma forse è minore lo spostamento nel primo che nel secondo caso. 8.° Si conchiude che questo spostarsi dello zero non può essere attribuito ad una elevazione del mercurio proveniente da uno sviluppo d'aria, perchè non succede col cristallo alle temperature comuni, e che non

„ viene impedito col lasciar il termometro aperto; per cui è
„ necessariamente dovuto ad un restringimento del recipiente.
„ La pressione dell'aria non influisce che poco o punto su
„ questo restringimento; per cui bisogna attribuirlo ad una
„ operazione propria del vetro. Si può credere che questo
„ effetto sia in relazione colla tempera che gli fa subire un
„ raffreddamento pronto; ma è singolare che questo stesso
„ effetto non succeda col cristallo, sebbene si temperi come il
„ vetro ec. „ (Annales de Chim. et Phys. Dec. 1836 pag.
368). Dice pertanto l'Autore che fra li 60 termometri da lui
sperimentati a bolla di cristallo o di vetro tenero detto smalto
conservati alle temperature comuni, si spostavano *poco o nulla*
in confronto di quelli di vetro più duro; la differenza de' quali
non superava un mezzo grado centigrado; ma poi tosto sog-
giunge che uno di Buntzen dello stesso vetro dolce differiva
tanto come uno di vetro duro; e che anche i suoi termome-
tri di vetro tenero riscaldati fino a 300° e poi raffreddati
lentamente si spostavano *un poco meno* di quelli di vetro
duro. Anzi per questa specie di ricuocitura, ossia di *stempera*,
provavano uno spostamento maggiore di quello che assegnava
naturalmente, succedere a quelli di vetro duro. In secondo
luogo dice l'autore che quando lo spostamento in su è stato
effettuato naturalmente, se si viene a riscaldare il termometro
sino all'ebollizione del mercurio, ma che si lasci raffreddar
nell'aria, ossia rapidamente, *lo zero ricade al punto ch'era im-
mediatamente dopo la sua costruzione, ec.*

Io dunque dirò: 1.° Che lo spostamento naturale non rag-
giunge il suo termine dentro lo spazio di quattro mesi, come
ho trovato su milliaja di termometri in quarant'anni di prove;
ma che si può limitare ad un anno, eccetto quelle minime va-
riazioni che possono succedere anche per effetto dei soli cam-
biamenti di temperatura atmosferica, come si dirà più innanzi.

2.° Vi sarà bensì differenza da un termometro all'altro
nella quantità e nella durata del tempo di questo spostamento;
ma non mi sono accorto che una differenza notevole potesse

provenire dalla diversità del vetro. In quella mia prima relazione del fenomeno aveva già detto positivamente che non influiva sul risultato *la qualità diversa di vetro o cristallo*; e in un successivo scritto indico lo *smalto e il cristallo* come egualmente soggetti. La quantità poi dello spostamento naturale a me consta essere in generale alquanto maggiore di quella assegnata da Legrand, ma non mai arrivare un grado centigrado.

3.° Non è poi possibile che dopo una temperatura eguale a quella dell'ebollizione del mercurio ricada lo zero al punto ch'era immediatamente o prossimamente subito dopo la costruzione del termometro; perchè se Legrand medesimo prova che quanto più si riscalda un termometro e si raffreddi quindi spostamente, tanto più si abbassa il punto dello zero; per la stessa ragione siccome la temperatura del mercurio bollente è ben lontana dall'eguagliar quella della bolla vitrea nell'atto che passa dallo stato pastoso a quello solido, così dovrà sempre essere maggiore l'abbassamento sul termometro riempito subito dopo soffiata la bolla e tosto graduato nel ghiaccio, che non quando si rimettesse dopo molto tempo al grado del mercurio bollente.

4.° Aveva io già ripetutamente assomigliato l'effetto dello spostamento a quanto deve succedere nei vetri non ricotti per una specie di tempera, come succede in un modo eminente ma in senso opposto e finora inesplicabile nelle lacrime bat-taviche e ne' così detti matraccini di Bologna; ma non ho mai stimato che il *ricuocere* i termometri, ossia lo *stemperarli* rimediasse pienamente al difetto, perchè nelle vicende di temperatura alle quali si assoggettano comunemente questi strumenti, anche fra i soli limiti dalla congelazione all'ebollizione dell'acqua, si alterano sensibilmente i punti fissi per un parziale spostamento. D'altronde in pratica sarebbe operazione troppo lunga e fastidiosa il ridurre prima tutti i termometri capaci a sopportare il grado dell'ebollizione del mercurio, e lasciarli lentissimamente raffreddare per quindi diminuire nell'uso più comune la lunghezza, o capacità del tubo poco più

sopra i gradi dell'ebollizione dell'acqua, cioè di due terzi circa; e tanto più quando si volesse limitare la scala a soli 40 o 50 gradi sopra 0°, come frequentemente si pratica coi termometri che non devono esporsi che alle temperature dell'atmosfera. Oltre di che in questi essendo ogni grado molto più esteso ed anche suddiviso, lo spostamento riescirebbe sensibile egualmente anche nella variazione di pochi gradi. Credo dunque mezzo più comodo, più sicuro e più completo il lasciar *stazionare* i termometri un anno prima di fissarne la scala, e anche per fissar questa cominciar dal segnare il punto del ghiaccio, e quindi quello dell'acqua bollente, e non viceversa; perchè nel primo caso sebbene il detto punto si trovasse più basso rimettendo lo strumento nel ghiaccio, pure col tempo anche questo minor difetto svanirebbe, mentre facendo l'operazione inversa si troverebbe col tempo rialzato, e per sempre il punto marcato nel ghiaccio. Mi sembra poi che pei comuni termometri ne' quali non si richiede la maggior precisione, basterebbe anche appena fatti di fissarli sulla scala un mezzo grado al dissotto del punto marcato nel ghiaccio che si fonde, per trovarli poi dopo un anno rimontati al vero punto stazionario con qualche minima diversità da potersi trascurare.

5.° Trovo finalmente difettoso il metodo indicato dall'Autore nel costruire i termometri, se confessa *doversi talvolta riscaldare a differenti riprese qualche termometro durante un'intera giornata senza neppur potere riescire a scacciarne tutta l'aria aderente alle pareti del recipiente, mentre in altre circostanze basta un'ora o due: per me basta uno o due minuti.* E qui mi sia lecito di soggiungere che nelle opere di alcuni Fisici d'altronde celebratissimi s'insegna bensì il modo di riempire i termometri, ma che poi in pratica non si riconosce pel migliore.

Nella seduta 19 Giugno 1837 Despretz presentò all'Accademia Reale di Parigi le sue *Osservazioni sullo spostamento e sulle oscillazioni dello zero del termometro a mercurio* (*Annales des Chimie e Physique T. LXIV an 1837 pag. 312.*

L'Institut N. 218 con qualche variazione). Comincia a dire che sino dal 10 febbrajo 1833 aveva presentato alcune di queste osservazioni, e che trovò variare lo zero, ossia spostarsi coll'abbassarsi di nuovo se si rimetteva il termometro nell'acqua bollente e quindi novamente nel ghiaccio; e che questa osservazione era stata confermata da Legrand: cosa che io aveva pubblicata e in tanti modi confermata nel 1822-23. Mi fa quindi l'onore di nominarmi in una Nota dicendo però semplicemente che *Bellani, in Italia, Flaugergues* (e non *Flaugerges*) *in Francia hanno fatto conoscere per li primi l'ascensione dello zero col tempo. Altri Fisici l'avevano osservato senza farlo conoscere, perchè l'avean attribuito a qualche errore d'osservazione.* Ma Flaugergues non ne parlò che nel Giugno 1822 alla pagina 117 della Biblioteca Universale di Ginevra, e dietro a quanto aveva io già fatto sapere nel Gennajo antecedente dello stesso Giornale; notizia che io aveva già resa pubblica in Italia quattordici anni prima, cioè nell'anno 1808 come già ho dimostrato. D'altronde Flaugergues non indicò neppure la vera causa del fenomeno, mescolando anche molti errori fisici nel suo ragionamento, da me fatti notare nel successivo anno 1823 col mezzo del soprannominato giornale di Fisica di Pavia. Anzi lo stesso Flaugergues neppur sospettando di quell'innalzamento dello zero ne' termometri a mercurio, aveva invece supposta e riprodotta una vecchia opinione, eh'era tutto all'opposto, in alcune sue *Osservazioni sulla diminuzione di dilatabilità dello spirito di vino ne' termometri* (*Journal de Physique: Paris 1808 Avril pag. 295*); osservazioni che furono tosto da me confutate in quel mio lavoro dello stesso anno inserito nel detto Giornale di Fisica di Pavia.

Come poi abbia Despretz potuto *conoscere* che altri Fisici avevano osservato l'innalzamento dello zero *senza farlo conoscere*, non lo dice. Dice poi che la durata del periodo entro il quale lo zero continua ad elevarsi dopo la sua costruzione, non sia già di soli tre o quattro mesi come vorrebbe

Legend, ma bensì di quattro a cinque anni. Però dalla tavola annessa della marcia di due termometri ben si vede che il massimo cambiamento è succeduto dentro il primo anno; e siccome l'autore confessa che que' suoi termometri servirono per qualche tempo in alcune sue sperienze, per cui qualche volta provavano delle variazioni di temperatura da -20 a $+20$, come altri avean servito per altre sperienze a determinare temperature comprese fra $+30^{\circ}$, e 100° ; ecco perchè la loro marcia riportata al termine della congelazione dell'acqua poteva talvolta essere stazionaria, ed anche rovesciata, ossia retrogradata osservandosi perfino in quella tavola che il primo termometro, dall'8 Aprile 1834 al 17 Aprile 1835 non fece neppur un passo innanzi. Non si poteva dunque propriamente dire in vista di quelle estranee variazioni di temperatura, che lo zero avesse continuato naturalmente ad ascendere per lo spazio di quattro o cinque anni, tanto più che si mostrava retrogradato dal 9 febbrajo 1837 fino al 23 Giugno dello stesso anno, epoca in cui cessarono le osservazioni (sebbene la Memoria, come si è veduto, fosse stata presentata fino dal 19 di detto mese ed anno). Se, come ho tante volte detto, lo zero rimane per qualche tempo più sotto, passando il termometro da una temperatura più alta ad una più bassa, ma sempre a $+0^{\circ}$; l'opposto deve succedere nel passaggio da una temperatura -0° a 0° .

Inoltre si fa notare dall'Autore che que' suoi termometri erano terminati da una capacità piena d'aria di modo che il recipiente era egualmente compresso all'esteriore come all'interiore: usandosi pertanto in queste sperienze di termometri molto sensibili e perciò col recipiente del mercurio di una capacità grandissima in proporzione del tubo, siccome erano alcuni di quelli adoperati dall'Autore che davano persino il centesimo di grado; quell'aria contenuta nel tubo e nell'appendice superiore variando di tensione secondo la temperatura dell'ambiente, doveva più o meno deprimere la colonna del mercurio, e tanto più quando vi fosse concorsa diminuzione

della pressione atmosferica sul recipiente medesimo, effetto già conosciuto. Anche il conservare i termometri nel tempo che non restano in azione orizzontali o verticali, non è cosa indifferente, perchè la colonna del mercurio lungo il tubo colla sua pressione tolta od aggiunta, e secondo la durata, può accelerare e ritardare lo spostamento, ed anche renderlo retrogrado. Si spiegherebbe in tal guisa come nel mese di Giugno del 1837 anche senza le altre cause concomitanti diventasse retrograda l'altezza del mercurio, acquistando maggior tensione d'aria ospitante per la maggior temperatura dell'atmosfera, essendo questo il solo mese di estate in cui durante li 5 anni si fece la prova.

Dirò bensì che quanto più i recipienti de' termometri sono di grosse pareti, tanto più lento sarà il finale spostamento ed in Francia costruendosi per lo più questi non con una soffiata, ma con pezzi di tubi cilindrici già tirati alla fornace come erano anche quelli dell'Autore, e perciò di pareti generalmente più grosse, deve l'effetto esser più lento, e meno notevole se quel pezzo fosse di vecchia data aggiunto al tubo non più riscaldato fino al punto della fusione, che al luogo dell'unione, e se prima d'introdurvi il mercurio non fu riscaldato in tutta la lunghezza almeno fino a diventar rovente se non molle. Altre cause concorrono eziandio ad alterarne il punto fisso quando se ne vuol ripetere lo sperimento, come sarebbe lo stesso gravitare dello strumento sul ghiaccio in cui si sperimenta, perchè col proprio peso schiaccia alquanto la holla e ne diminuisce la capacità per cui il mercurio sale lungo il tubo. La stessa elasticità del vetro non mai perfettissima fa sì che indipendentemente da variazione di temperatura, col solo far oscillare la colonnetta del mercurio contenuta nel tubo, mediante piccole scosse dal sotto in su, rimane quella or più alta or più bassa; nè ciò farà maraviglia se si considera che l'estensione di ogni grado è di $\frac{1}{2750}$ in rapporto alla dilatazione apparente del mercurio nel recipiente, secondo Dulong e Petit, e supposto ogni grado diviso

in 100 parti, ciascuna delle quali potendosi ancora ad occhio suddividere, avremo sensibile non solo ma suddivisibile la 648000 parte di variazione nel volume, e perciò nella capacità del recipiente. Tralascio altre avvertenze, come sarebbe che il ghiaccio fondentesi che si adopera provenisse sempre da acqua pura; che tutto il tubo sin dove arriva il mercurio, si debba trovare in quello immerso, perchè se la temperatura esterna fosse superiore, influirebbe sulla dilatazione di quella porzione di colonna mercuriale rimasta fuori del bagno; oltre di che se fosse una miscella d'acqua e ghiaccio, non rimanendo costante la sua altezza sopra il recipiente del mercurio, non lo comprimerebbe sempre egualmente; e fuori della miscella lo spostamento apparirebbe in ogni caso sempre minore per la sottratta pressione del liquido incombente ec.

Del resto la spiegazione dello spostamento data da *Le grande e Despretz* coincide pienamente con la mia. „ Io diceva (*Giornale di Fisica di Pavia anno 1822 pag. 279*) se questo „ raffreddamento avesse luogo con somma lentezza, le mole- „ cole si potrebbero disporre secondo la propria attrazione „ di cristallizzazione; ma quando l'abbandono del calorico „ succede rapidamente e non uniformemente in tutta la massa „ del vetro, allora le molecole non possono che in parte ub- „ bidire alle rispettive forze attraenti, rimanendo in uno stato „ di tensione contrario allo stato d'equilibrio. Succede un „ fatto analogo coll'acciajo, le molecole del quale per un „ freddo subitaneo non hanno tempo di disporsi secondo la „ natura loro, e ne risulta l'effetto della tempra, ec. „ Si sa che l'acciajo temperato ha un volume maggiore di quando ha perduto la tempra.

Despretz finisce col riferire l'esperienza di Pictet che una barra di ferro non ritorna alle primiere dimensioni scaldata e quindi nuovamente raffreddata come prima; la qual esperienza aveva ancor io già citata (1): riporta inoltre un' espe-

(1) *Laplace e Lavoisier* scaldando ad un certo grado una verga metallica, quindi ricondotta alla temperatura primiera, videro che rimaneva un poco più lunga di

rienza di Savart sullo solfo medesimo, il quale fuso e poscia nuovamente raffreddato rimaneva di un colore più oscuro, che perdeva col tempo riacquistando il suo bel color giallo. Avrebbe inoltre desiderato l'autore di sperimentare se lo spostamento avesse avuto luogo in un termometro col recipiente del mercurio in ferro invece di vetro: ma senza ricorrere a questo mezzo troppo difficile a conseguirsi, sarebbe bastato il pesare idrostaticamente un recipiente qualunque di ferro chiuso ermeticamente; lo che io già consigliai (Giornale di Fisica di Pavia anno 1822 pag. 277) nei recipienti in vetro, ed osservai che grossi e sensibilissimi Areometri di vetro col tempo diventavano specificamente più pesanti dell'acqua, ossia diminuivano di volume stando eguale la massa. Ho accennato in altro mio scritto che Prinsep aveva trovato sensibilmente diminuita la capacità di una storta di ferro, come riporta in una nota della sua *Memoria sulla valutazione delle alte temperature inserita nel T. XLI. Annales de Chim: et Phys.* Io però devo soggiungere che in questi ultimi giorni avendo immerso nell'acqua a 0 un areometro di Nicholson costruito in latta già da molt'anni, e fattolo in quella profundare fino alla metà del sottil gambo portante il bacinetto de' pesi additizzi; e quindi immerso nell'acqua bollente, e prestamente raffreddato, e novamente rimesso nell'istess'acqua ad eguale temperatura di 0, mi diede indizio piuttosto di una diminuzione di volume, che non di un aumento. Feci uso nell'esperienza di acqua al grado della congelazione, come quello più facile a conservarsi costante, circondato di neve il recipiente, e colla temperatura stessa dell'ambiente prossima a quel grado; oltre di che dato anche che la temperatura di quell'acqua si fosse di qualche minima frazione di grado alterata (lo che non posso nel mio caso neppure supporre); da un'altra prova, la minima e dirò anche impercettibile differenza nella dilabilità dell'acqua prossima a quella temperatura, non avrebbe potuto punto alterare il ri-

prima; ma che per un urto dato alla verga si faceva scomparire questa differenza (*Annal. de Chimie. et Phys. T. LVI pag. 267.*)

sultato. Forse che la diversità di temperatura da me conosciuta all'aerometro metallico non fu sufficiente per manifestare il fenomeno; o forse meglio quella temperatura dell'acqua bollente ha contribuito a ravvicinare le parti della latta stata in origine distesa sotto il laminatojo e battuta a colpi di martello.

Il chiarissimo Sig. Dottor Fusinieri epilogando negli *Annali delle Scienze del Regno Lombardo Veneto Vol. VII. anno 1837 pag. 294*) le sopradette sperienze di Legrand (senza neppur far cenno delle mie) ha preso un abbaglio col fargli dire: *più che si riscalda un termometro, lasciato poscia raffreddare lentamente, e più ascende col tempo lo zero: in questo caso la totale ascensione ha luogo immediatamente dopo il lento raffreddamento e non col tempo.* Parlando poi delle altre sperienze di Despretz alla pag. 312 soggiunge: *Ma non si deono ascrivere soltanto al vetro quelle oscillazioni, si deono attribuire in parte anche allo stesso mercurio, il quale pure secondo la suddetta legge d'inerzia molecolare di non obbedire intieramente all'azione del calore dee o restringersi, o dilatarsi meno di prima al ritorno della stessa temperatura. Che tutta la oscillazione dello zero dei termometri a mercurio non debba essere ascritta al solo vetro, emerge anche da ciò che si tratta appunto di termometri a mercurio e non ad alcool.* Se si avesse ad attribuire in parte anche ai fluidi quell'inerzia che si riscontra ne' solidi, oltre che la fluidità stessa sembra opporsi a questa attribuzione, nel nostro caso il mercurio avrebbe dovuto subire nel termometro un movimento tutto in opposizione con quello prodotto dal cambiamento di volume e per conseguenza di capacità; nel primo doveva apparentemente far diminuire il volume del secondo. D'altronde perchè attribuire al solo mercurio e non all'alcool la stessa proprietà, se è comune anche ai fluidi? Io poi in quella mia Memoria (*Dell'incertezza nel determinare il punto del ghiaccio ecc. Giornale di Fisica di Pavia anno 1822 pag. 273*) aveva provato all'evidenza che nè il mercurio, nè l'alcool influivano per loro stessi nel fenomeno dello spostamento.

Il chiarissimo Sig. G. Libri (*Memoria sulle determinazione della scala nel termometro dell'Accademia del Cimento. Annal. de Chim. et Phys. T. XLV 1830*) aveva trovato che in alcuni termometri dell' antica Accademia del Cimento rimessi nel ghiaccio, lo spirito di vino in essi contenuto discendeva allo stesso o quasi allo stesso punto originario. Egli gentilmente mi aveva mostrato nel suo passaggio da Milano questi termometri, siccome molti altri ne aveva io veduti nel Museo di Firenze, e nell'Università di Bologna. Devo dunque premettere che i gradi di questi termometri già poco fra loro distanti non sono già tracciati sopra scale di legno, carta, o metallo come si fa adesso, ma vi sono divisi i gradi immediatamente sul tubo stesso termometrico con alcuni globetti di vetro, o smalto colorato fusivi sopra, ossia perline alternanti ogni cinque o dieci nere con una bianca, o viceversa per poterli più facilmente contare. Ora oltre all'essere questa divisione molto grossolana di modo che lo spazio occupato da ogni globetto equivaleva in alcuni di que' termometri a poco meno dell'intervallo fra un grado e l'altro, non si sarebbe potuto per conseguenza ben precisare il punto di ciascun grado dove incominciava e dove finiva: per quanto poi fosse stata grande l'abilità dell' artefice, ossia del *gonfia*, che certo era grandissima, non era possibile che potesse sempre fissare alla lucerna i globetti equidistanti, nè potevansi più correggere un errore commesso. Non era poi possibile di potersi eseguire questa graduazione rimanendo lo spirito nel bulbo e lungo il tubo, perchè come ciascuno può immaginarsi, dovendosi fondere quel globetto di vetro e saldarsi sulla superficie del tubo, bisognava che il tubo stesso partecipasse in que' punti ad una temperatura altissima di vetro rovente, alla quale sicuramente non avrebbe potuto reggere il liquido contenuto e ne veniva di necessità la rottura del tubo medesimo. Ora nessun mezzo rimaneva, a mio avviso, per segnarvi e per eseguire la scala se non che dopo riempito il termometro, e fissati in qualunque modo i punti principali della divisione, votare nuovamente lo strumento,

e perfettamente asciugarlo internamente (operazione lunga e difficile in tubi così capillari); e quindi applicarvi al dardo della fiamma que' globetti ai punti prima marcati; e poscia nuovamente introdurvi lo spirito e in quella quantità che dovesse corrispondere al grado della temperatura indicata, chiudendosi infine ermeticamente. Ora facilmente si scorge che oltre a tutte le altre cause già da me assegnate che potevano concorrere a diminuire ne' termometri a spirito la già piccola differenza del loro spostamento in confronto a quelli a mercurio, la costruzione stessa della scala in quelli dell'Accademia del Cimento vi doveva maggiormente contribuire.

Ma che giova prodarre nuovi argomenti e nuove sperienze riguardo allo spostamento, se il fenomeno del cambiamento di volume nel vetro, come anche nell'acciajo per effetto della tempera o del lento raffreddamento era già stato osservato in Italia, e pubblicato già da più di un secolo e mezzo?

Magisterii naturae et artis. De Lanis. Brixiae 1686. Tomus secundus. De motu rarefactionis et condensationis liber octavus: pag. 344.

“§ LVII. Vitrum, si postquam igne incanduit, aquae immergatur, majus spatium occupat, quam antea ignitionem; sic eadem virga, quae dum candesceret igne elungabatur, et lente refrigerata pristinae longitudini restituebatur, si post ignitionem subito frigore afficeretur per immersionem in aquam aut alium liquorem, non recuperabit pristinam longitudinem, sed notabiliter longior remanebit. Narrat etiam Geminianus Montanarius, guttam seu globulum solidum ex vitro prius temperatum, id est post ignitionem subito aquae immersum, et deinde ponderatum tum in aere, tum in aqua, deprehensum esse habere molem aequalem grauis ejusdem aquae $47 \frac{1}{10}$. Deinde vero, cum ipsum vitrum rursus candefactum sponte ac sensim refrigerescere permisisset, bilance appensum nihil prioris ponderis in aere ammisisset cognovit, at vero in aqua illud ponderando, animadvertit ejus molem fuisse imminutam, ita ut aequaret grana ipsius aquae $46 \frac{4}{10}$, ac proinde moles ista ad priorem ejusdem vitri molem se haberet ut 46 ad 47. „

„ §. LVIII. Alia minore guttula (ut refert idem Auctor) in aere et in aqua examinata, tum ante, tum post ammissam priorem temperaturam (quam ammisit mediante ignitione longiore, scilicet semihoraria) adeo imminuta est, ut moles ad molem esset ut 100 ad 96 $\frac{1}{2}$; cum prioris guttae, moles fuerit ut 100 ad 98 $\frac{1}{2}$. Observavit enim etiam in aliis solidis globulis, quo diutius candescunt in igne ita tamen ut non patiantur fusionem, eo magis molem eorum imminui. Forse (subit auctor) perchè meglio vanno poco a poco condensandosi, ed unendosi a luogo loro le parti, che forzatamente stavano distese e rare, perchè di poi in certo spazio di tempo, come di due ore incirca, non s'addensano più, se non si fondono in modo che le gallozzole di dentro si diminuiscono (1). „

„ §. LIX. Idem auctor diversa adducit experimenta a se ipso habita, quibus ostendit duritiem chalybis majorem duritiae ferri non provenire ex eo quod ferrum densius evadat mediante temperatura, ut plurimi judicant, siquidem, ut ipse asserit (quod etiam verissimum est) ferrum temperatum levius esse in specie, adeoque minus densum, quam ferrum simplex.

Primo, inquit ille, frustulum chalybis temperatum perfecte, seu ut ajunt *a tutta tempra*, exhibuit pondus proportionaliter ad aequalem molem aquae, ut 7716 ad 1000. illud idem frustulum distemperatum fuit ad ipsam aquam ut 7791 ad 1000.

Secundo. Idem frustulum exiguo calore rursus temperatum fuit in dicta ratione ut 7779 ad 1000 cc. cc.

„ Liber undecimus. De adhaerentia partium ad invicem in eodem corpore, et de resistentia discontinuationis. Cap. I. pag. 487.

§. VIII. Dum ferrum ignitum et consequenter etiam dilatatum et extensum ad majorem molem, extinguitur in aqua,

(1) Ne abbiamo un esempio nelle così dette Lagrime bataviche.

licit iterum condensetur, et coarctetur fere ad priorem molem (tantillum enim manet dilatatum) partium, tamen nexus et mutua adhaerentia, qua frizioni resistit, plurimum minuitur, ut patet ex eo, quod frangibile evadit. Quod si in igne rursus coquatur et sensim per se ipsum frigescat, priorem partium consistentiam, ductilitatem, et firmiorem nexum recuperat, et simul eandem prorsus molem, quam antea obtinebat.,