

24.

Intorno agl'intimi movimenti osservati nei muri
dell'Osservatorio di Modena.(Memoria del Sgr. Dottor *Antonio Bernardi.*)

§. 1. **I** grandi progressi fatti dall'astronomia teorico-pratica in questi ultimi tempi concedono alle osservazioni ed ai metodi di riduzione quella giustezza, oltre alla quale poco rimane a desiderare. Se non che il modulo cui l'astronomo riferisce le sue misure è di troppo limitate dimensioni relativamente alle cose da misurarsi, e perciò si richiede in esso modulo somma esattezza di costruzione, invariabilità di posizione nelle intime parti e nelle adjacenti. Ma l'industria, e la mano dell'uomo non possono in grado assoluto conseguire tutto ciò, e conviene per altra via riconoscere e valutare nelle principali macchine astronomiche quelle variazioni che ponno influire sulla giustezza delle osservazioni. Se molto, e con molto profitto, si è studiato rapporto alla costruzione, alla posizione assoluta e relativa delle intime parti costituenti le diverse macchine astronomiche: poco però si è fatto riguardo alla stabilità dei solidi che ne costituiscono i sostegni; Lo scopo di questo scritto è appunto di far conoscere l'importanza di volgere l'attenzione anche a questa parte.

§. 2. I piccoli movimenti cagionati dalla forza espansiva del calorico nei fabbricati, specialmente di considerevole altezza, furono già avvertiti dal benemerito de Cesaris sulla Specola di Milano I), dal Moscati sulla torre di Sant'Alessandro in detta città II), ed in fine l'elasticità dei muri venne definitivamente comprovata dall'astronomo di Napoli *Carlo Broschi*, il quale dopo aver parlato del collocamento d'un circolo ripetitore di quella specola si esprime nel modo seguente rispetto al collocamento di un secondo circolo.

„L'altro circolo è collocato nella torretta occidentale, ed il suo basamento „sorge isolato, a differenza dell'altro, a guisa di grande pilastro dal mezzo della „collina, dove ha i suoi fondamenti, ed è totalmente staccato dal resto dell'edificio. „L'altezza di questo pilastro, di quasi tredici metri, fa sì che per la sua *elasti-* „*cità* oscilli facilmente, scuotendolo alquanto presso la sua sommità, e che per „uno sforzo non molto notevole anche s'inclini. Avendo avuta curiosità di conoscere „l'inclinazione prodotta in questo pilastro da una data forza, ho applicata alla sua

I) Est di Mil. 1813. pag. 105 app.

II) Mem. della Soc. Ital.

„sommità una tensione orizzontale nella direzione del meridiano di chilogrammi 40 „ed ho trovato per mezzo di un buon livello, che con tale forza l'inclinazione era „di 8" e con chilogramme 20 era di 4", ciò dà una giusta idea della sua elasticità, „e quindi della necessità di non appoggiarsi al pilastro quando si osserva, onde „non alterare la posizione del livello, e con esso quella di tutto lo strumento III).”

§. 3. La stabilità delle macchine astronomiche può dunque essere turbata da que' piccoli movimenti cagionati specialmente dall'immensa forza del sole sulla elasticità dei muri che costituiscono gli osservatorj: e il conoscere la legge e la quantità di cotali movimenti importerebbe moltissimo per la giustezza delle osservazioni degli astri. Sarebbe forse opera vana tentare la soluzione diretta di questo problema, tantè e così svariate sono le cause che lo involgono, ma non per questo dobbiamo intralasciare di cercare lume in proposito da osservazioni esatte, ed instituite in favorevoli circostanze. Per la qualcosa io riferirò il risultato di molte osservazioni appositamente instituite, durante la mia destinazione in qualità d'Aggiunto all'Osservatorio di Modena, col mezzo di tre squisiti livelli a bolla d'aria, inservienti alla rettificazione delle macchine di questa Specola. Prima però di entrare in dettagli relativi alle osservazioni, è necessario ch'io faccia conoscere la stabilità assoluta e relativa dei muri costituenti l'osservatorio, onde meglio apprezzare le deduzioni che verranno appresso.

§. 4. L'osservatorio astronomico di questa capitale è situato sulla torre orientale del palazzo Ducale. La facciata principale di questo edificio guarda il punto sud-sud-ouest dell'orizzonte sensibile, e in corrispondenza i fianchi perpendicolari, la parte posteriore parallela alla direzione della facciata. Per ragione di brevità d'ora innanzi indicherò coi semplici punti cardinali dell'orizzonte le faccie rispettive della torre, sulla quale sono collocate le macchine inservienti alle osservazioni degli astri.

Ciò posto si deve notare che il lato ouest di cotesta torre, o propriamente dell'osservatorio, è appoggiato per quasi la totale sua altezza e forma un tutto continuato col fianco del palazzo: che il lato est è contiguo, ed anzi costituisce parte del lato minore del teatro di corte, che lo investe per circa i due terzi dell'altezza, mentre il lato maggiore di esso teatro forma linea retta colla facciata del palazzo e col lato sud dell'osservatorio. Segue di qui che i lati est ed ouest dell'osservatorio sono invariabilmente legati, e a così dire incastrati fra due grandi ammassi di fabbrica, capaci di assicurarne in questo senso la stabilità richiesta in tali edifizi. Per adattare inoltre cotesta parte del

palazzo, ad uso di specola, fu gettato un solidissimo arco poggianti sui piedetti lati della torre, il quale arco contribuisce non poco alla stabilità dell'osservatorio nell'indicata direzione, e perciò in questo senso non si potranno manifestare que piccioli movimenti menzionati da principio. Per lo contrario i due lati sud e nord del medesimo osservatorio sono liberi ed isolati nella totale loro altezza, e in questo senso la stabilità dell'edifizio è affidata semplicemente alla grossezza dei muri esterni ed alla tenacità dei materiali che li compongono. Infine il tetto di esso osservatorio a cagione dei due tagli meridiani, necessarij alle osservazioni degli astri culminanti, è diviso in tre parti l'una dall'altra in certa guisa staccate con pregiudizio ciò pure della stabilità.

§. 5. Ad un altezza di circa trentotto metri dal pian terreno sono collocate sulla torre le due principali macchine astronomiche. Tre livelli a bolla d'aria di eccellente costruzione servono a stabilire e riconoscere l'esatta posizione delle predette due macchine: uno serve allo strumento de' passaggi, e questo livello noterò col numero I: gli altri due sono destinati al circolo meridiano, dei quali l'uno, che indicherò col numero II, sta fisso costantemente sull'alidada colla direzione della sua bolla dal sud al nord: l'altro, che noterò col numero III, nell'ordinaria sua posizione è appeso entro una incassatura di legno posta verticalmente entro il massiccio che si erge nel centro della specola sulla sommità del grand' arco menzionato di sopra; le pareti di legno e la superficie di muro da esse conterminate sono spalmate di una vernice a colore caliginoso, onde togliere i riflessi ed i riverberi di luce pregiudicevoli allo stato normale della bolla. Il livello I è appeso, senza precauzione alcuna, mediante due staffe di ferro infisse nel muro esterno del lato est della specola, ed in molta prossimità al tetto che scola da questa parte. Il tubo del livello III è nella direzione est-ouest, o sia parallelo al lato sud dell'osservatorio: i tubi dei livelli I e II hanno direzione pressocchè parallela fra loro e perpendicolare alla precedente.

L'osservazione di più anni sulla bolla di questi tre livelli, nell'ordinaria loro sospensione, mi ha fatto scorgere delle singolarità che meritano di essere studiate, e le cose dette fin qui relative alla stabilità dell'osservatorio e alla particolare sospensione dei livelli, ci condurranno alla spiegazione dei fenomeni osservati.

§. 6. Un movimento quasi continuo, specialmente in certi tempi dell'anno, diretti ora dal nord al sud, ora dal sud al nord si osserva nella bolla dei livelli segnati I e II, mentre il livello III trovasi d'ordinario in una perfetta quiete. Cotale movimento essendo di sua natura complicato e complesso, io lo distinguerò come segue, e come realmente si manifesta: 1°. Periodica oscillazione della bolla:

2°. Trepidazione agli estremi di essa bolla durante il moto periodico: 3°. Agitazione convulsiva e forte della bolla che irregolarmente comparisce riguardo all'epoca ed alla violenza. L'oscillazione periodica si mostra in tutti tre i livelli, colla sola differenza, che nel livello I è molto sensibile, un pò meno nel livello II, appena si manifesta nel livello III. La trepidazione agli estremi della bolla è massima nel livello I, medicore nel livello II, nulla affatto nel livello III. L'agitazione convulsiva si manifesta in tutti, e solo più sensibile nei due primi.

§. 7. Il movimento periodico della bolla varia, a seconda delle diverse stagioni dell'anno, e procede nel modo seguente.

Nelle basse temperature d'inverno è piccolissimo e quasi insensibile, specialmente nelle giornate nuvolose: massimo nelle medie temperature, e relativamente più grande in primavera che in autunno: medio nelle temperature estive. Inoltre cotesto movimento della bolla segue costantemente il corso del sole: nel mattino la bolla trovasi verso il nord del tubo, nel dopo pranzo verso il sud, e di qui retrocede a misura che il sole si volge verso il nord. Gli estremi della bolla dall'una e dall'altra parte sono variabili relativamente allo spazio che percorrono entro il tubo, o sia non hanno un limite determinato nè di spazio, nè di tempo. In ogni modo però ho potuto assicurarmi che la bolla, giunge il mattino verso le nove ore, e mezza al suo massimo dalla parte di nord: verso le quattro di sera dalla parte di sud. Questa specie di regolarità si manifesta sensibilmente nelle giornate di lunga durata, vale a dire dall'aprile al settembre.

La quantità assoluta del movimento della bolla varia, non solo da stagione a stagione, come si è avvertito, ma varia pur anche da un giorno all'altro. Riscontrasi maggiore nelle giornate serene e calde, e relativamente minore nelle nuvolose e meno calde: e in proporzione tanto più grande quant'è maggiore la differenza di temperatura fra il giorno e la notte, e fra gli oggetti esposti al sole a quelli in ombra. Nelle giornate nuvolose di estate, comunque calde, il movimento della bolla è più lento, percorre minore spazio entro il tubo di quando i giorni sono sereni, e le ore del retrocedere dall'una parte e dall'altra sono diverse dal nuvolo al sereno.

§. 8. Il movimento periodico della bolla nei livelli I e II è sempre, o quasi sempre, accompagnato da una trepidazione o tremolio visibile agli estremi di essa bolla, mentre in quella del livello III non si osserva mai un consimile fenomeno. Cotesta trepidazione è in perfetto accordo col movimento periodico della bolla, in guisa tale che quando questo è massimo anche la trepidazione

è più forte, meno sensibile quando quello è minimo, e così in proporzione. Questa circostanza merita particolare attenzione, poichè a mio credere porge la spiegazione di esso tremolio, come si vedrà più innanzi.

L'agitazione convulsiva nella bolla si mostra dal più al meno in tutti tre i livelli in circostanza di vento impetuoso, e specialmente quando spira da sud a nord o in contraria direzione.

§. 9. L'escursione totale della bolla entro il tubo importerebbe, nel suo massimo, una inclinazione nell'asse del tubo di circa venti secondi in arco: cotale inclinazione è di gran lunga superiore a quella dovuta alla differenza di temperatura ai due estremi del livello; poichè il Professor *Belli* ha dimostrato, che un grado di differenza termometrica agli estremi del tubo cagiona una inclinazione nell'asse di soli quattordici secondi, e nell'ordinaria sospensione del livello I cotale differenza non può essere che piccolissima, e forse appena sensibile, al termometro differenziale. Ond'è che la cagione principale del movimento in discorso si deve ripetere dalla forza dei raggi solari e del calorico, che inegualmente si diffonde e ingrossa i muri costituenti l'osservatorio. Ben è vero però che in tale supposizione la massima escursione della bolla dovrebbe mostrarsi nei grandi calori di estate, mentre le osservazioni, come si è già detto, la fanno conoscere nelle medie temperature, specialmente di primavera: ma a questo riguardo conviene riflettere che nei grandi calori estivi la bolla si accorcia in modo straordinario, e quindi il livello è molto meno sensibile di quando la bolla presenta una considerevole lunghezza entro il tubo. Nell'inverno la bolla abbraccia le novanta, e fino le cento, parti della scala segnata sul tubo: nel massimo caldo ne abbraccia quindici o tutto al più venti. Oltre a ciò si deve notare che ne' grandi calori estivi la differenza di temperatura fra il giorno e la notte e fra le diverse ore del giorno non è così sensibile come in primavera, prima che il calor del sole compenitri, e in certa guisa si equilibri nell'interno degli ambienti e de' diversi corpi sulla terrestre superficie. Alle due indicate cause si potrebbe aggiugnere anche una terza riferibile alla curvatura interna del tubo costituente il livello I. Misurando le parti della scala segnata sul tubo in diverse epoche dell'anno, si trova un valore diverso e propriamente massimo in estate, medio in primavera ed autunno, minimo nell'inverno. Da ciò si deduce che la curvatura nel mezzo del tubo è maggiore che altrove, quindi il livello meno sensibile all'epoca della minore lunghezza della bolla. Il valore di ogni parte della scala ridotto in arco è il seguente: in estate $5'',074$; in primavera e autunno $0'',895$; in inverno $0'',688$.

§. 10. Due cause adunque, escludendo la terza, concorrono a produrre il totale movimento periodico nella bolla dei livelli di questa specola, e sono la differenza di temperatura agli estremi del tubo e l'ingrossamento o rigonfiamento dei muri nella parte direttamente battuta dal sole. Con isquisite sperienze non sarebbe forse difficile determinare partitamente l'ammontare di ciascheduna delle predette cause, ma di ciò non mi sono occupato minimamente. L'oggetto principale delle mie ricerche quello si era di rinvenire la cagione del tremolio agli estremi della bolla durante la sua periodica escursione, e credo di non essermi ingannando attribuendolo appunto all'ingrossamento suaccennato dei muri. Imperocchè l'azione del calorico non si estende uniformemente a tutto il fabbricato, quand'anche le parti che lo compongono fossero apparentemente collocate in parità di circostanze, mentre la diversa conduttibilità pel calorico, le diverse modificazioni di superficie, nei materiali componenti i muri, la diversa sovrapposizioni tenacità, e simili altre cagioni, si appongono ad una regolare ed uniforme diffusione del calore nel complesso del solido. Quindi è che gl'intimi movimenti della fabbrica debbono essere sommamente svariati, ma tuttavia sensibili al livello, e produrre nella bolla quella trepidazione, riconoscibile nella sola direzione di sud a nord, per la circostanza dei fabbricati contigui all'osservatorio, come si fece notare fin da principio.

L'agitazione convulsiva e forte nasce dall'impeto del vento contro la comprovata elasticità dei muri, ed anche a questo riguardo chiaro apparisce come esser debba maggiore nella direzione anzidetta.

§. 11. Il Direttore della Specola di Modena, Sigr. Professore *Giuseppe Bianchi*, in una lettera al Cavaliere Cerlini, astronomo di Milano, poscia negli atti del Reale osservatorio di Modena, e infine in una apposita memoria, inserita nel tomo ventunesimo della Società Italiana, ha parlato a lungo dei movimenti in discorso, ed ha cercato di darne una spiegazione, deducendola da multiplice causa di natura diversa dalle esposte di sopra. Ma cotale spiegazione non parendomi troppo conforme alle immediate mie osservazioni, ho creduto opportuno di richiamare in proposito il risultato delle mie ricerche, onde mettere gli astronomi in avvertenza su tale argomento. Avrei io pure potuto riportare le tabelle delle osservazioni appositamente istituite, non che le avvertenze praticate, onde possibilmente eliminare la cause estranee, ma in uno scritto di questa natura ho creduto conveniente notare soltanto i risultati e le deduzioni che, a mio parere, si potevano giustamente stabilire.

Modena, giugno 1843.