

---



---

# N U O V O

## E SICURO MEZZO PER RICONOSCERE LA FIGURA DELLA TERRA

Del Sig. ANTONIO CAGNOLI.

**L**A teoria Neutoniana della gravitazione universale è comprovata oramai con maraviglioso consenso da tutti i fenomeni celesti, che infino ad ora si sono potuti sottomettere dalle forze del calcolo, e dell'osservazione. Non v'ha forse Astronomo, il qual pur non tenga oggidì per certo, essere il nostro pianeta compresso ai poli e rilevato all'equatore. In fatti legando con la teoria prelodata il supposto della Terra ellittica, si spiegano stupendamente la precessione degli equinozj, e la nutazione dell'asse terrestre. Altri argomenti in favor dell'ellitticità si desumono dalla rotazione, la qual già è generalmente ammessa; altri ancora dalle varie lunghezze del pendolo a diverse latitudini. Tutti per altro abbisognano di qualche ipotesi sull'interna densità del globo, la qual pur troppo sarà sempre occulta alle umane investigazioni. Se alla mancanza di questa essenzial cognizione s'aggiugne il grave discordamento delle misure de' gradi da una figura regolare della Terra; se alle dubitazioni, che durano ancora sulla verità dello schiacciamento polare ( veggasi il §. XXXI. de' *Principj di Geografia* ecc. del Sig. Cav. *Lorgna* ), si arroe la diffensione che regna sopra la quantità di quello; sarà lecito dire non lieve guadagno, qualor venga fatto a taluno di metter fuori un mezzo, indipendente da qualunque ipotesi, per determinar con facilità, e con grandissima precisione, le differenze de' raggi terrestri ad un numero immenso di punti della superficie. Tale in vero è l'assunto della presente Memoria.

Sempre s'è detto, dacchè si parla di schiacciamento, che la parallasse della luna sarebbe attissima a palesarlo, se le variazioni, che risente per causa di quello, fossero grandi ab-

Ff ij

bastanza, da poter essere colte con tutta sicurezza dagli osservatori. Ma come, a suppor che lo schiacciamento non passi

$\frac{1}{300}$  del semidiametro, giusta l'odierna più comune valutazione, non corre altra differenza che di 9" tra le parallasse all'equatore e ad una latitudine accessibile verso il polo, verbigrazia a 60°; così non è che pur troppo vero, una differenza sì tenue dover nascondersi di leggieri sotto gli errori possibili delle due osservazioni. Ecco il motivo, per cui suggerirono in vano il *Mansfredi* ed il *Maupeituis* d' esplorare lo schiacciamento, osservando direttamente la parallasse lunare; nè alcun profitto s'è ancor ricavato per questa via.

Ma non farebbe già il primò caso, che un variazione, minutissimo per un verso, generasse effetti da un altro canto molto notabili. L'industria di chi cerca dee volgersi a quella parte ove sian più potenti: e questo è stato lo scopo delle mie meditazioni. Nè senza frutto. Imperocchè hannovi tali circostanze, dove un solo minuto secondo di più o di meno nella parallasse può causare una differenza di 15, 20, 30 secondi di tempo, e più ancora, nella durata dell'occultazione d'una stella dietro la luna. Ma le occultazioni, e massime l'immersione al lembo oscuro, possono agevolmente osservarsi senza commettere errore di un secondo di tempo. Ecco dunque occasioni, non solo certissime per levare ogni dubbio sulla verità d'uno schiacciamento, ma di più assai feconde per distinguer le gradazioni di quello a diverse latitudini. L'importanza del soggetto m'invita a trattarlo con la maggior chiarezza e sminuzzamento.

Non perderò già tempo a mostrare, che per conchiuder lo schiacciamento dall'osservazione della parallasse non bisogna il soccorso d'alcuna ipotesi. Come lo schiacciamento non è altro che disuguaglianza de' raggi terrestri, e questa non è altro che disuguaglianza di parallasse; così il trovar per osservazione la parallasse ineguale a diverse latitudini è trovar per osservazione immediata lo schiacciamento. Una cosa inchiude l'altra senz'ajuti intermedj. Tutta la difficoltà consiste a liberare da ogn'incertezza le osservazioni che mostrino la parallasse ineguale. Ma questa è appunto la prerogativa special delle Occultazioni, che ho prese di mira.

Fanno in vero gli Astronomi, calcolando le occultazioni, variare la parallasse in conformità dello schiacciamento, che a ciascun piace adottare. Però queste variazioni non sogliono indurre per l'ordinario differenze notabili nella relativa durata delle occultazioni osservate a diverse latitudini. Le differenze notabili nascono solamente in certe circostanze, a cui non fu volta finora particolare attenzione. E questo è il motivo, che le occultazioni non hanno servito ancora nè punto nè poco a determinare lo schiacciamento.

Prima ch'io venga a dichiarare quelle circostanze tanto propizie, gioverà ad apprezzarne tutta l'utilità definire il preciso grado di sicurezza, di cui son capevoli il computo e l'osservazione delle occultazioni. Riguardo al computo, sembra che la distanza apparente de' centri della luna e della stella non possa essere esatta, se non per quanto conoscanfi esattamente il luogo apparente della stella, e quello della luna col diametro di essa. A tal cognizion si perviene, calcolando l'osservazione delle due fasi, fatta in luogo, del qual ben si sappia la longitudine, e dove l'alterazione della parallasse a cagion dello schiacciamento non abbia prodotto divario notabile nella durata della occultazione: condizioni non rare, nè difficili da ottenersi. Si suppongono allora ben noti il luogo della stella, ed il diametro della luna, sui quali elementi corre la minore incertezza, e lasciando cadere sul luogo della luna i piccoli errori che fossero in quelli, si rintracciano, comparando il computo alle osservazioni, gli errori delle tavole nella longitudine e nella latitudine della luna avviluppati coi precedenti ( veggasi la Memoria premiata dall'Accademia di Copenaghen, *Méthode pour calculer les longitudes géographiques, Verone chez Ramanzini* ). Nello stato presente dell'Astronomia non veggio pericoli di momento in quella accumulazione d'errori, sebben si tratti di cimento delicatissimo. Tuttavia rispettando l'importanza di questo, si toccherebbe l'apice, verificando con numero sufficiente d'osservazioni il luogo della stella, e anche il diametro della luna secondo il medesimo cannocchiale che adoprafi per le occultazioni.

Avendo riconosciuto gli errori delle tavole lunari, si correggono, e s'hanno elementi che rappresentano fedelmente lo

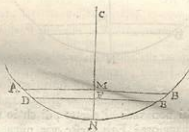
stato del cielo. Non v'ha dubbio che allora il calcolo della durata d'una occultazione, od anche del solo momento dell'immersione, o dell'emersione, pel luogo dove si vuol discoprire lo schiacciamento, attinge il sommo dell'esattezza, purchè la longitudine geografica di quel luogo sia stata in prima determinata col mezzo d'alquante occultazioni, nelle quali, che son la più parte, lo schiacciamento non siasi fatto sentire notabilmente.

Quanto poi alla sicurezza delle osservazioni di questo genere, ho già detto, che le immersioni dalla parte oscura non vanno soggette al minimo errore. Quelle dalla parte illuminata possono patire qualche lieve incertezza, se la stella non sia della prima nè della seconda grandezza, o se la forza dell'istromento sia minor del dovere. Le emersioni dall'emisferio tenebroso sono degne, generalmente parlando, di molta fiducia: ma quelle dal lucido son di tutte le più dubbiose. Pur supponendo eziandio che l'errore in quest'ultimo caso possa andar fino ad otto e anche dieci secondi di tempo, farà egli valevole ad occultare del tutto lo schiacciamento, in quelle circostanze ch'io contemplo, e dove il divario, ch'ei deve produrre, può esser le dieci e le venti volte maggiore del detto error presupposto? Senza che ci possiamo attenere alle osservazioni più sicure: ed una sola fase ben osservata nel luogo, dove s'esplora lo schiacciamento, è bastante a svelarlo, mediante la comparazione del momento calcolato col momento osservato.

Or si venga pertanto ad esporre, quali sieno di fatti le circostanze, in cui la differenza della parallasse, da una latitudine all'altra, possa manifestarsi in guisa, da non dover dubitarne punto. Affin d'abbracciar virtualmente tutti i casi, piglierò le quantità medie, negli elementi che han parte in questa determinazione. Pongasi dunque, che sia la Luna alla mezzana distanza sua dalla terra, onde il suo diametro appaja di  $31' 30''$ , la parallasse equatoriale di  $57' 40''$ , il moto orario di  $32' 56''$ , 5. Pongasi inoltre, che venga osservata una occultazione dalla latitudine di  $60^\circ$ : abbiamo giusto, in quel parallelo appresso poco, tre Specole rinomate; a Pietroburgo, a Stockolm, a Upsal. Pongasi finalmente, che l'altezza apparente della Luna sia di  $10^\circ$ . Se non v'ha depressione

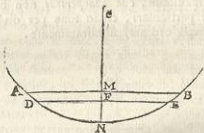
ne nella superficie terrestre, la parallasse di altezza sarà  $56' 47''$ , 44. Ma se la depressione polare montasse a  $\frac{1}{300}$  del raggio, faria la medesima parallasse  $56' 38''$ , 93. Patirebbe dunque la parallasse, nelle poste circostanze, un' alterazione di  $8''$ , 5: quantità troppo piccola in vero, per poterli prometter di ravvisarla sicuramente, per via d' osservazioni dirette dell' altezza della luna.

Ma quell' alterazione sì tenue produce effetti solennemente visibili in certi casi. E questi s'aggirano al *Maupertuis*, il qual parla bensì delle occultazioni per discoprire lo schiacciamento (*Préface au Discours sur la parallaxe de la lune*), ma parla di tutte in generale, e così leggermente da mettere a lor confronto gli appulsi, quai altrettanto capaci a determinarlo. Or come è ben lungi, che questi si possano osservare con quella sicurezza di tempo, che è conceduta dalle apparizioni e sparizioni istantanee delle stelle nelle occultazioni; così è manifesto, che *Maupertuis* non ha mai posto l'occhio sui casi particolari, ch'io sono per divisare, e che si allontanano dagli ordinarij misuratamente.



Suppongaſi che *ANB* ſia una porzion della circonſerenza dell' emiſterio lunare oppoſto all' Oſſervatore, *C* il centro della luna, e che il raggio *CN*, il qual divide in due parti eguali l' arco *ANB*, ſi confonda col circolo verticale del luogo dell' oſſervazione. Suppongaſi inoltre, che la ſaetta *MN* ſia di  $60''$ , e che mentre dura l' occultazione, la corda *AB*

della luna sia quella che passi tra l'occhio e la stella, se la terra è sferica; o vi passi la corda  $DE$ , se la terra è schiacciata di  $\frac{1}{300}$ . Sarà  $MF = 8''$ , e come s'è dichiarato di sopra. Computando sul moto orario medio della luna, si trova che la durata dell'occultazione dietro  $AB$  farebbe di  $20'$   $7''$  di tempo, e quella dietro  $DE$  di  $18'$   $41''$ . Or si vegga qual solenne divario sia questo di  $1'$   $26''$  di tempo, e quanto siano adattate sì fatta specie d'osservazioni, non solamente a convincer li dubitanti dello schiacciamento, ma inoltre a svelare con grande approssimazione al vero la lunghezza relativa de' raggi terrestri a diverse latitudini. Imperocchè, nel caso proposto, per ogni venzemillesimo di differenza in detta lunghezza, nasce il divario di  $1''$  sul tempo dell'occultazione.



Oltrechè chi non vede, l'effetto, di ch'io ragiono, poter essere assai maggiore? Egli cresce vie più, secondo che la faceta  $MN$  è più piccola. S'ella fosse, a cagion d'esempio, di  $30''$ , il tempo dell'occultazioni sotto  $AB$  farebbe  $14'$   $20''$ , e sotto  $DE$   $12'$   $10''$ ; monterebbe dunque il divario a  $2'$   $10''$  di tempo: e però in tal caso una differenza di 500 piedi più o meno nella lunghezza del raggio terrestre potrebbe rendersi sensibile, poichè produrrebbe  $1''$  di differenza nella durata dell'occultazione.

So bene,

So bene, che quati mai non succede che il cammino apparente della stella nè sia rettilineo, nè perpendicolare al verticale che passa per quella nel momento del mezzo dell' occultazione, conforme è stato da me supposto: ma ognuno vorrà concedermi queste supposizioni, come quelle che tengono appresso poco il mezzo tra i casi possibili. Poichè se talvolta i fenomeni s'allontanano da esse in guisa da render minori gli effetti dello schiacciamento nella durata delle occultazioni, di quel che ho trovato coi computi esposti di sopra, spesso altresì interverrà che si osservino maggiori. Per il che non esito punto nell' affermare, che il mezzo da me qui additato, nè dipendente da alcuna ipotesi, è il più sicuro di quanti finora sono stati adoprati per ben ravvivare lo schiacciamento del globo.

Infatti le differenze nella lunghezza de' pendoli sono troppo minute, troppo malagevoli da misurarsi con precisione, troppo legate all'ignota densità interna della Terra, perchè possano stare al paragone nè men da lungi con le patentissime varietà, denotate sopra, nella durata delle occultazioni. Così le misure de' gradi son tanto discordi fra loro, che il rispettabile Autore, cui citerò quanto prima, giunge a sciamare: quanto più gradi si son misurati, tanto più incerta esser divenuta la figura della Terra. Oltrechè si rifletta all' enormi spese, fatiche e stenti, che le misure de' gradi richiedono. Si rifletta alle gravi incertezze, che sparge in queste misure la deviazion che può nascere, nel piombino degli istrumenti intervenienti alle osservazioni astronomiche, per causa delle montagne, terreni inclinati, cavità sotterranee, ed altre irregolarità ne' primi strati della superficie terrestre, dalle quali avvenga che il perpendicolo sia tirato più da una banda che dall' altra. E di quanto momento siano coteste incertezze, si veggia nella riputata Opera del *Boscovich* ( *de Expeditione litteraria, lib. V. §. 230 & seqq.* )

Forse mi si opporrà, non esser facile che si combinino con frequenza le due condizioni necessarie al mio intento, cioè: che l'altezza della luna, e la corda del disco lunare, la qual copre la stella, sian piccole. Questa è senza dubbio la ragione, per cui non è stata per anche notata la grande opportunità di queste circostanze a mettere in chiaro lo

schacciamento col mezzo delle occultazioni. Certa cosa è, che quanto più alta è la luna sull'orizzonte, e quanto più vicino al centro di lei è il cammino apparente della stella, tanto più vien minore la differenza di parallasse dalla Terra sferica alla schiacciata, e per conseguenza più facile da confondersi cogli errorucci degli elementi che pigliansi nel calcolo. Ma queste sono appunto le occasioni propizie per le osservazioni che hanno a servir di confronto; e dalle quali abbiam detto che debbono ricavarli gli errori delle tavole, e ben determinarsi le longitudini geografiche.

Quanto poi alle condizioni richieste ove vuolsi scoprire lo schiacciamento, è ben vero che non possono accoppiarsi di frequente; ma spiandole con diligenza, quanto merita l'importanza dello scopo, si coglieranno forse più spesso che non si pensa. Come non passa mese, per dir così, senza che nasca l'occultazione di qualche stella cognita; e come non v'ha occultazione, senza che si riuniscano, per qualche porzion della superficie terrestre, le circostanze da me ricercate; quand' anche fosse delle venti volte solo una, che in quella porzione giacesse qualche Osservatorio astronomico; le questioni sopra lo schiacciamento e la sua quantità sarebber risolte ben presto.

Del resto cotali questioni, per cui si son fatti immensi sacrificj, e basta citar le misure de' gradi, meriterebbero bene, che s' incontrassero spese d' assai minori col far viaggiar degli Astronomi affin di coglier le occultazioni ne' siti più favorevoli: e questa farebbe degna impresa de' Principi, che più si distinguono nel proteggere le scienze. Si perverrebbe così poco a poco a conoscere in un gran numero di punti la lunghezza relativa de' raggi terrestri; ed è molto verisimile, che si potesse finalmente dedurne la vera ed esatta figura di tutta la Terra.

Sebben sembri nelle misure de' gradi, che tal figura non sia regolare, può anche darsi che in fatto le irregolarità non consistano tanto nella figura o ne' raggi, quanto nella tessitura de' primi strati, dalla cui diversa densità dipende l'errore occulto del perpendicolo degl' istromenti, errore, che altrove ho mostrato, poter essere sufficiente a sanare tutti i discordamenti delle misure prese finora. Per conseguenza la



variazion della parallasse a diverse latitudini potrebbe proceder benissimo con una certa regolarità, quale apparisce che regni nella variazion della gravità o sia nelle lunghezze del pendolo.

Sarebbe in potere d'ogni Accademia primaria l'avviarsi a buon conto ad una tanta scoperta per due vie. Riguardo al tempo passato, col dimandare e radunar da ogni parte le osservazioni d'occultazioni, state fatte entro un dato intervallo, per esempio ne' dieci ultimi anni, e coll'incaricare alcuni Calcolatori di trascegliere e soggettare al computo tutte quelle, che fossero acconcie a mostrare lo schiacciamento in diversi punti. Riguardo al tempo avvenire, facendo metter nelle Efemeridi accurate predizioni de' luoghi, o zone, dove più importerebbe che fosse osservata una od altra occultazione, massime delle stelle principali, affinchè ciò servisse ad avvertimento ed eccitamento di quegli Astronomi, che si trovassero stanziati opportunamente, o fossero meglio in grado di trasportarsi ne' siti più vantaggiosi. Egli mi pare che questi presagi farebbero assai più giovevoli ed importanti di quelli delle fasi degli eclissi solari, per le quali i calcolatori d'efemeridi foglion prenderli molta briga.

