

Il geotide: un esperimento a scuola

1. INTRODUZIONE

Nel lontano passato il problema della forma della Terra non poteva servirsi della possibilità di avere una visione esterna e nello stesso tempo globale, per cui le soluzioni risentivano molto dell'indirizzo filosofico del momento. Infatti, i primi pensatori che si posero tale problema furono i filosofi greci, almeno nella cultura occidentale.

Le prime notizie ci provengono dalla letteratura omerica (X sec. a.C.); questa affermava che la Terra fosse piatta, circondata dall'acqua (Fiume Oceano) e ai cui confini vi sarebbero state gigantesche colonne a sorreggere la Volta Celeste.

Talet e Anassimandro, entrambi di Mileto (VII sec. a.C.), proposero una Terra piatta o cilindrica, galleggiante su un oceano infinito.

Nel VI-V sec. a.C. Parmenide ipotizzò una forma sferica in base a principi di equilibrio dinamico, primo accenno ad una causa scientifica.

Tra il V e il IV sec. a.C. i filosofi Platone e Aristotele accolsero la sfericità terrestre. In particolare, Aristotele proponeva l'idea di sfera per similitudine con i corpi celesti e per l'ombra che la Terra proietta sulla Luna durante un'eclisse di Luna.

Fin qui ipotesi speculative, ma nel III sec. a.C. Eratostene fu il primo a tentare una misura del mondo sul terreno. In base all'ipotesi sferica, misurò la distanza tra Alessandria e Siene (Assuan), anche se non sono sullo stesso meridiano, e misurò l'inclinazione del Sole nei due luoghi allo stesso momento. Con questi dati poté affermare che la circonferenza terrestre fosse molto vicino agli odierni 40000 km.

Nel I sec. d.C. con Tolomeo si ebbe il primo grande lavoro cartografico che introdusse le coordinate geografiche, successivamente chiamate latitudine e longitudine, confermando che l'idea di sfericità era ben presente.

Nel Medioevo l'idea di Terra piatta risorse principalmente per la carenza delle rappresentazioni cartografiche che prediligevano l'aspetto topologico, ossia la localizzazione relativa, invece di quello metrico. Comunque, negli scritti dotti si riporta che la Terra è a forma di mela.

La situazione rimase più o meno tale fino al XVI secolo, allorquando l'inizio delle esplorazioni, i progressi scientifici (tavole dei logaritmi a 14 decimali) e l'introduzione di strumenti (invenzione del telescopio) permisero un approccio scientifico al problema della forma della Terra.

Fu all'inizio del XVII sec. che l'olandese Snellius (1580-1626) scoprì il metodo della triangolazione per misurare lunghe distanze, come archi di meridiani. Il metodo consiste nel coprire la zona da misurare con una serie di punti disposti il più possibile come vertici di triangoli equilateri. A seguire, dei punti più vicini si misura la distanza angolare. Il calcolo delle distanze di una rete di triangolazione, detta anche geodetica, è possibile solo con la precisa misura di uno dei lati dei triangoli. Per il fatto che tutto il lavoro di triangolazione ha senso solo con la misura di un lato, tale lato è chiamato "Base Geodetica".

La misura dei meridiani con la tecnica della triangolazione permise di evidenziare localmente, ancora in un'era nella quale l'uomo non poteva staccarsi dalla superficie terrestre, la for-

ma reale della Terra. Tale slancio conoscitivo ebbe come base la nuova teoria della Gravitazione Universale di Newton (1642-1727), che prediceva una Terra schiacciata ai Poli a causa della rotazione.

Per quasi tre secoli si susseguirono misure di meridiani sia in Europa che fuori. La prima importante misura scientifica, durata un decennio, fu quella del meridiano di Parigi ad opera di Delambre (1749-1822) e Mechain (1744-1804)

e che servì per la definizione del metro campione. Seguirono le misure in Lapponia nel 1738 con Maupertuis (1698-1759) e in Ecuador con La Condamine (1701-1774). Anche in Italia il padre gesuita Boscovich (1711-1787) misurò l'arco di meridiano tra Rimini e Roma nel 1751. Nel 1819 Struve (1793-1864) misurò un arco di più di 2000 km da Capo Nord al Danubio. Con un grande lavoro di ricerca questa misura è stata dichiarata Patrimonio dell'Umanità dall'UNESCO nel 2005. Alla fine del XIX secolo, su proposta della Prussia nella persona del gen. Baeyer (1794-1885), fu iniziata la misura del meridiano centrale europeo. A tale impresa partecipò anche l'Italia e lo Stato Pontificio con il gesuita padre Secchi (1818-1878).

L'esatta modellizzazione della Terra è uno dei compiti della "Geodesia"; questa scienza è a fondamento, tra le altre, della topografia, della cartografia, della fotogrammetria, della dinamica satellitare, dell'ingegneria civile delle costruzioni. La superficie terrestre reale risulta molto complicata, per cui si rende necessario trovare una rappresentazione che la possa approssimare per poterla descrivere. Fondamentalmente vi sono due rappresentazioni: l'ellissoide di rotazione e il geotide.

L'ellissoide, chiamato anche *datum*, è una figura matematica che può usarsi localmente, ossia per piccole porzioni di superficie terrestre, o globalmente come per il WGS84, *datum* utilizzato dal sistema GPS (*Global Positioning System*).

L'ellissoide di rivoluzione è la figura che meglio rappresenta la forma della Terra? Oppure è solo l'approssima-

zione di qualche figura più complessa? Questi interrogativi risalgono al XVIII secolo. Già Boscovich supponeva che i paralleli potessero non essere delle circonferenze perfette; Delambre a proposito di un risultato di una misura affermava che si potrebbe supporre che l'emisfero australe sia un po' differente da quello boreale. Pre-scindendo dalle piccole variazioni locali, si può dire che circa un secolo e mezzo di teorie e accurate osservazioni astronomiche, gravimetriche prima e dei satelliti poi, sembrano mostrare che in realtà è necessario considerare una figura più complicata. L'ellissoide di rivoluzione non rappresenta la forma reale della Terra anche per un secondo motivo. Esso è una superficie che non tiene conto di irregolarità causate da distribuzioni asimmetriche di massa sulla superficie o all'interno del pianeta (terre emerse, montagne, vulcani, cavità ecc.). In aggiunta, l'utilizzo dell'ellissoide è reso più difficoltoso dal fatto che non è una superficie evidenziabile con misurazioni fisiche sul terreno.

La seconda rappresentazione, il geode, è una figura anch'essa matematica, ma che deriva da studi gravimetrici essendo una superficie di livello

del campo gravitazionale terrestre. Tale caratteristica ne permette la misurazione pratica sul terreno con il semplice strumento del filo a piombo. Il geode fu introdotto dal tedesco Listing (1808-1882) nel XIX secolo. La direzione del filo risulta sempre perpendicolare alle curve di livello del geode. La maggiore deviazione del filo risulta essere causata dalla presenza dei rilievi orografici e dalle locali densità della superficie terrestre.

Poiché la superficie libera di un liquido costituisce una superficie di livello, è naturale prolungare idealmente la superficie dei mari sotto i continenti. In realtà, le acque marine non sono in equilibrio sia per i venti sia per le maree, per cui si assume il livello medio misurato da idrometri o mareografi. Se si considera un ellissoide di rotazione avente opportuni semiassi si trova che il massimo scostamento dal geode è inferiore agli 80 m in valore assoluto con delle ondulazioni, innalzandosi in corrispondenza di catene montuose e abbassandosi nei fondali oceanici.

È evidente allora che in ogni punto della superficie terrestre sono definite due direzioni: la normale all'ellissoide e la verticale, ossia la normale al geode.

Le due direzioni possono in generale non coincidere e, in pratica, solo la seconda può essere determinata. Qualunque misura astronomica o geodetica che implichi la disposizione di uno strumento "in verticale", tramite l'uso del filo a piombo e/o livelle a bolla, è riferita al geode.

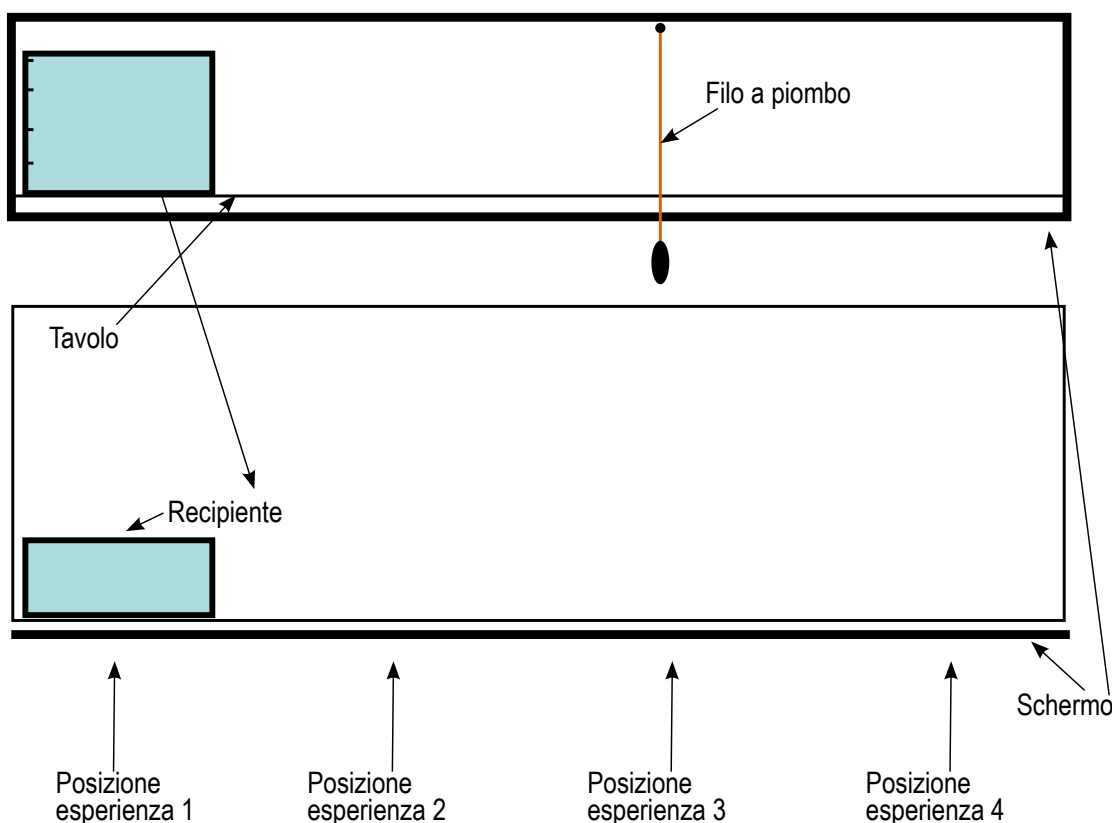
2. UN ESPERIMENTO A SCUOLA

L'esperienza che segue, adatta soprattutto ad allievi di Scuola secondaria di primo e secondo grado, permette di evidenziare una superficie del geode e le sue peculiarità basandosi sull'osservazione della superficie libera di un liquido (ad esempio, l'acqua). L'esperienza viene divisa in varie fasi per evidenziare singole caratteristiche del geode.

Nella figura, in alto vi è la vista frontale dell'apparato sperimentale, mentre in basso la vista dall'alto.

Materiale occorrente:

tavolo lungo almeno 2 m;
un recipiente lungo almeno 40 cm



di plastica trasparente con una scala centimetrica da un lato segnata ogni 5 cm;

schermo di plastica trasparente lungo quanto il tavolo e ad esso attaccato e alto 10 cm più del recipiente;

asta di legno diritta lunga 10 cm più del tavolo (da usare appoggiando il lato più lungo della faccia più piccola allo schermo del punto precedente per non avere flessioni e/o torsioni);

pennarello indelebile che scriva sulla plastica (4 colori diversi);

filo a piombo: pezzo di corda o di filo di plastica colorata come quello per le canne da pesca con un peso attaccato all'estremità;

squadra con righello;

livella da muratore;

livella a tubo: tubo di gomma trasparente aperto alle due estremità e contenente del liquido.

Esperienza 1:

Si riempia il recipiente di acqua fino al primo segno (quota 5 cm) e lo si ponga quasi sul bordo lungo del tavolo e quasi attaccato allo schermo di plastica. Aspettando che l'acqua si stabilizzi, si disegni il livello sullo schermo col pennarello di un colore. Si ripeta l'esperienza per almeno altre 3 quote (10, 15 e 20 cm) con altrettanti colori diversi. Si esegua la stessa operazione al bordo opposto del tavolo spostando il recipiente di acqua.

Con l'asta di legno si segni il livello, lungo quanto il recipiente, dello stesso colore nella zona centrale sinistra dello schermo. Questo per ogni colore. Una volta terminata questa operazione di "ipotesi" (dedurre da due osservazioni in punti diversi cosa dovrei aspet-

tarmi in un altro punto), si sposti il recipiente in corrispondenza dei segni appena fatti sullo schermo e lo si riempia fino al segno verificando che il livello coincida con la graduazione disegnata sul recipiente.

Conclusioni 1:

Nell'ambito della forzata approssimazione del piano locale (la curvatura terrestre non è possibile vederla con un esperimento di queste dimensioni), la superficie di livello del liquido si dispone alla stessa altezza.

Esperienza 2:

Avendo tracciato i livelli di diversi colori, si verifichi che ponendo il filo a piombo in uno dei punti dello schermo, il filo stesso si dispone, una volta terminate le sue oscillazioni, sempre perpendicolarmente (da verificare con la squadra) alle linee disegnate. Per verificare ciò si attacchi in alto il filo a piombo allo schermo facendo in modo che sia libero di oscillare (p. es. ad un chiodo un pò più sporgente) in una zona a destra del centro e si disegni con la squadra sullo schermo le perpendicolari (non ha importanza se alla stessa altezza dell'esperienza precedente). Successivamente si collochi il recipiente dietro lo schermo e si inizi a riempirlo d'acqua.

Conclusioni 2:

La superficie del liquido nel recipiente si dispone perpendicolarmente al filo a piombo e lungo la linea disegnata per cui la superficie identifica e rende visibile la figura del geoide, che permette di descrivere dal punto di vista gravimetrico la superficie della Terra.

Esperienza 3:

Alzando da un lato il recipiente si verifichi che il livello rimane sempre parallelo a quello disegnato sullo schermo (varierà l'altezza perché aumenta la superficie anche se il volume rimane sempre lo stesso). Se nella nuova posizione si aggiunge acqua si raggiungerà il livello precedente.

Conclusioni 3:

La superficie del geoide, identificata dalla superficie libera del liquido, dipende solo dalla forza di gravità che ha la direzione visualizzata dal filo a piombo e la direzione dalla posizione del peso rispetto al punto di vincolo, e non dalla forma o disposizione del recipiente. Qui vi può essere un collegamento alla caratteristica dello stato liquido di adattarsi al contenitore, nonché al principio di Archimede.

Esperienza 4:

Appoggiare una livella da muratore alle righe disegnate sullo schermo e osservare la posizione della bolla d'aria.

Conclusioni 4:

La livella, grazie alla bolla d'aria nel liquido, evidenzierà la perfetta orizzontalità. Inoltre, la livella da muratore si rileverà come un ulteriore strumento per evidenziare la superficie del geoide. Qui vi può essere un collegamento con il principio dei vasi comunicanti. Lo stesso risultato si ottiene con una livella a tubo.

Sezione Lazio

LA GEOGRAFIA E LE SCUOLE DI SPECIALIZZAZIONE ALL'INSEGNAMENTO SECONDARIO (SSIS)

Obiettivi della ricerca:

- Individuare il quadro orario degli Insegnamenti di Geografia nelle SSIS regionali, indirizzo Linguistico-Letterario;
- Individuare l'organizzazione dei curricula di Geografia (Insegnamento area 2 e attività di labora-

torio e tirocinio aree 3-4) nelle SSIS regionali indirizzo Linguistico-Letterario;

- Verificare la presenza (in termini di quantità) di tesi finali di abilitazione in Geografia nelle singole SSIS indirizzo LL;
- Verificare eventuali difficoltà a far svolgere tirocini osservativi e attivi in Geografia presso le scuole accoglienti di ciascuna SSIS indirizzo LL;
- Verificare l'esistenza o meno di un Supervisore proprio per la Geografia;
- Confrontare gli ambiti tematici

della Geografia trattati nelle diverse SSIS;

- Individuare eventuali percorsi (all'interno delle diverse SSIS) dove la Geografia viene sviluppata in termini multidisciplinari o interdisciplinari;
- Far conoscere i risultati dell'indagine alle componenti Università e Scuola e SSIS;
- Aprire un confronto-dibattito sul ruolo della Geografia nelle SSIS per la formazione dei nuovi docenti;
- Aprire un confronto-didattico sui programmi di Geografia nei

corsi universitari proprio per coloro che poi frequenteranno le SSIS.

Chi fosse interessato agli sviluppi di questa ricerca può consultare il sito <www.aiig.it> o contattare Emilia Degennaro <emilia.degennaro@tin.it>.

*Emilia Degennaro,
Consigliere nazionale dell'AIIG,
referente per il
Settore Formazione Secondaria
di secondo grado e per le SSIS*