

Planetario di Caserta

Piazza G. Ungaretti, 1 – 81100 Caserta – tel. 0823/344580 - www.planetariodicaserta.it, info@planetariodicaserta.it

Attività didattica

"Le montagne della Luna"

Galilei e la nascita dell'astronomia moderna / Esplorare lo spazio celeste con la Geometria

Obiettivi educativi

attività modulare, interdisciplinare (matematica, astronomia, storia e filosofia della scienza), particolarmente adeguata per ottenere il pieno coinvolgimento degli studenti, adatta a costruire una forma mentis scientifica, rivolta ad allievi che abbiano studiato i primi rudimenti di astronomia e di matematica del primo anno delle Scuole Secondarie Superiori.

Struttura e contenuti:

- introduzione storica-filosofica alla nascita della moderna astronomia (le osservazioni di Galileo, il processo a Galileo etc.);
- struttura della Luna: dimensioni, distanza dalla Terra, fasi, terminatore.
- lezione al planetario "Esplorare lo spazio celeste mediante la geometria";
- calcolo della stima dell'altezza delle montagne della Luna col metodo ideato da Galileo basato sul teorema di Pitagora.

Durata:

E' stimata in **6 ore**. Avendo a disposizione meno tempo, in **2 ore** si realizzando i moduli *b)*, *d)* utilizzando le presentazioni multimediali introduttiva su "numeri e misure" e "Esempio Galilei", disponibili sul sito del Planetario.

Materiali necessari:

- computer e proiettore (o Lavagna Interattiva Multimediale);
- calcolatrice per ciascun studente;
- accesso alla rete telematica Internet per ciascun studente o gruppo di studenti

La matematica richiesta:

- Teorema di Pitagora
- algebra con i razionali.

5.1. Il Protagonista: Galileo Galilei

Nacque a Pisa il 15 febbraio 1564, primogenito di Vincenzo, borghese fiorentino liutista e teorico della musica. Studiò all'Università di Pisa nel 1581 prima medicina ma dal 1583 si dedicò alla matematica e alla meccanica (enunciando la legge di isocronismo del pendolo a soli 21 anni). Già professore di matematica a Pisa, nel 1589, per guadagnare uno stipendio più alto (Galileo "teneva famiglia", irregolare e anche numerosa!!) richiese ed ottenne la cattedra all'Università di Padova dove giunse nel 1592. L'interesse di Galilei per astronomia è documentato con certezza della lettera, spedita a Kepler (il famoso astronomo tedesco, di poco più giovane di Galileo ed allievo di Brahe) che gli aveva spedito il suo libro "*Mysterium Cosmographicum*".

5.2. Lo strumento indispensabile alla scoperta: il cannocchiale

Sin dall'autunno del 1609 Galilei puntò verso il cielo notturno il "suo" cannocchiale. Il cannocchiale, inventato in Olanda qualche mese prima (con un ingrandimento di circa 4-5X), fu, già nell'agosto di quell'anno, da egli stesso perfezionato a 20X. Con quello strumento Galilei intraprese l'osservazione della Luna, della quale realizzò alcuni disegni di grande efficacia.

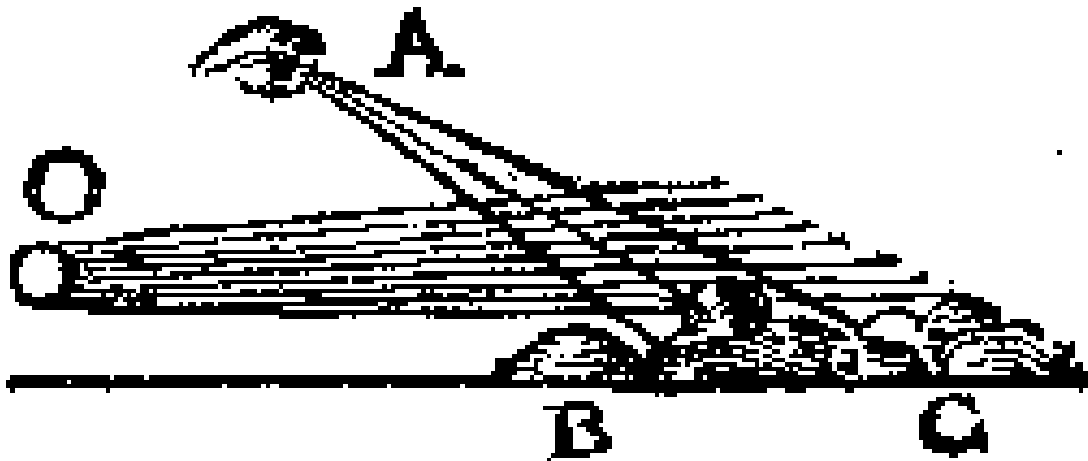
Planetario di Caserta

Piazza G. Ungaretti, 1 – 81100 Caserta – tel. 0823/344580 - www.planetariodicaserta.it, info@planetariodicaserta.it

5.3 Le fonti: Le lettere e il “Sidereus Nunciuss”

«Per soddisfare a Vostra Signoria molto Illustrissima ed Eccellentissima, racconterò brevemente quello che ho osservato con uno de' miei occhiali guardando nella faccia della luna; con strumento eccellente, si può con gran distinzione scorgere quello che vi è; et in effetto si vede apertissimamente, la luna non essere altramente di superficie uguale, liscia e tersa, come da gran moltitudine di gente vien creduto esser». (“Galileo ad Antonio de' Medici in Firenze / Padova, 7 gennaio 1610”). in *Le opere. Volume XI. Carteggio 1611-1613*, Nuova ristampa della Edizione Nazionale..., Firenze, Barbera, 1964-65.

Una dettagliatissima disamina, con una puntigliosa difesa delle proprie ipotesi sulle montagne della Luna, è contenuta nella «Lettera del Sig. Galileo Galilei al Padre Christoforo Grienberger della Compagnia di Gesù, in materia delle montuosità della luna. In Bologna, MDCLV», datata Firenze, 1° settembre 1611, da cui è tratto il seguente disegno su come si formano i punti illuminati che compaiono nella parte in ombra della faccia della Luna.



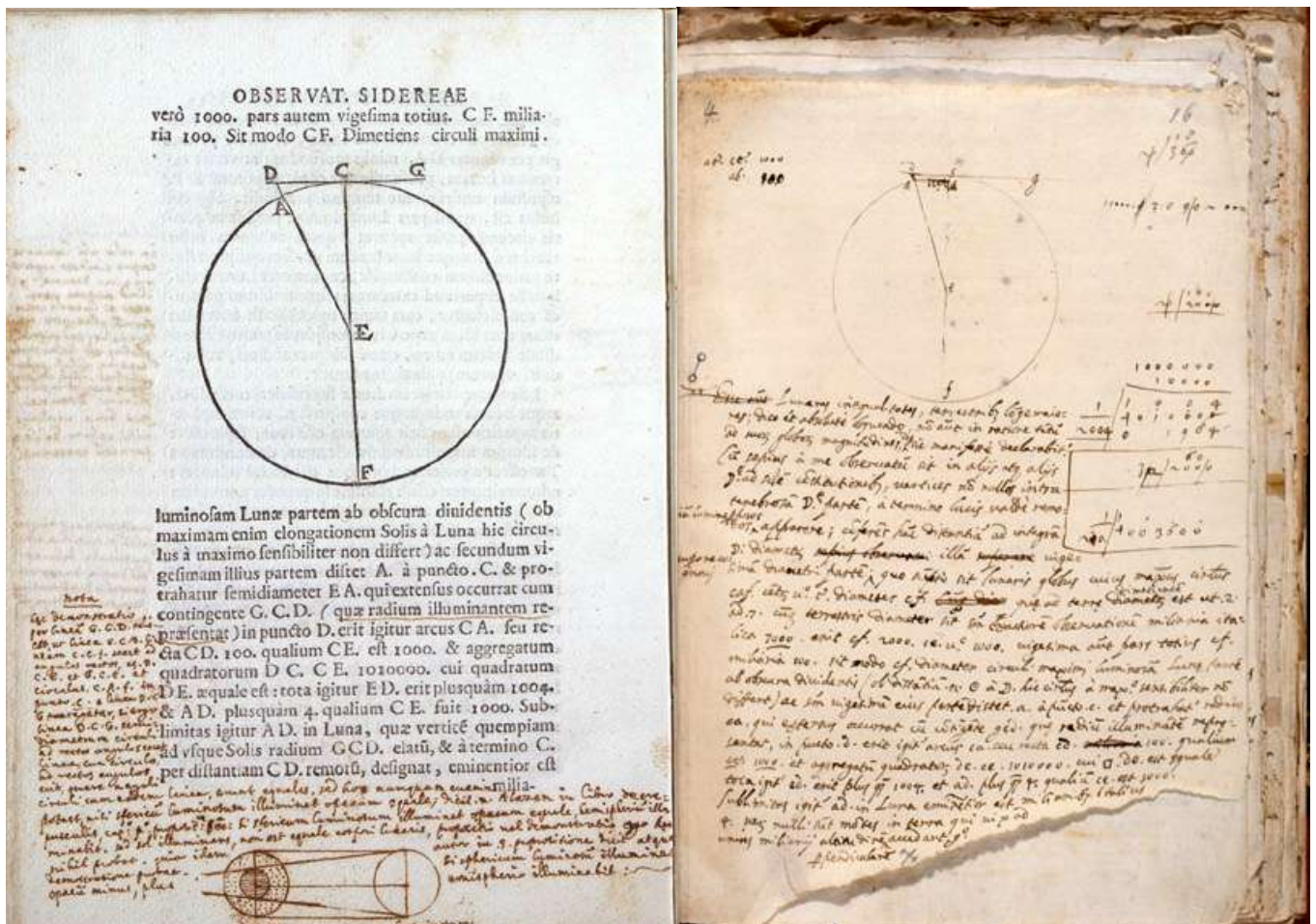
(*Sidereus Nunciuss*. a cura di F. Flora, 1953).

«Nel quarto o quinto giorno dopo la congiunzione, quando la Luna ci mostra i corni splendenti, il termine di divisione tra la parte scura e la chiara non si stende uniformemente secondo una linea ovale, come accadrebbe in un solido perfettamente sferico, ma è tracciato da una linea ineguale, aspra e assai sinuosa. Infatti molte luminosità come escrescenze si estendono oltre i confini della luce e delle tenebre, e per contro alcune particelle oscure si introducono nella parte illuminata. Di più: anche gran copia di piccole macchie nerastre, del tutto separate dalla parte oscura, cospargono quasi tutta la plaga già illuminata dal Sole, eccettuata soltanto quella parte che è cosparsa di macchie grandi e antiche. Notammo pure che le suddette piccole macchie concordano, tutte e sempre, in questo: nell'avere la parte nerastra volta al luogo del Sole; nella parte opposta al Sole invece sono coronate da contorni lucentissimi, quasi montagne accese. Uno spettacolo simile abbiamo sulla Terra verso il sorgere del Sole quando vediamo le valli non ancora illuminate e splendenti i monti che le circondano dalla parte opposta al Sole: e come le ombre delle cavità terrestri di mano in mano che il Sole si innalza si fanno più piccole, così anche queste macchie lunari, al crescere della parte luminosa, perdono le tenebre». (*Sidereus Nunciuss*. In *Opere di Galileo Galilei*. La Letteratura Italiana. Storia e Testi a cura di Ferdinando Flora, 1953).

«Avendo io più e più volte osservato, in diverse posizioni della Luna rispetto al Sole, che nella parte tenebrosa della Luna alcuni vertici, anche se abbastanza lontani dal confine della luce, ne apparivano pervasi, mettendo a raffronto la loro distanza con l'intero diametro della Luna, accertai che questa distanza supera talvolta la ventesima parte del diametro. Stabilito questo, si pensi il globo lunare, il cui circolo massimo sia CAF, il centro E, il diametro CF, che sta al diametro della terra come due a sette; poiché il diametro terrestre, secondo le più esatte osservazioni, misura 7000 miglia italiane, sarà CF 2000, CE 1000, la ventesima parte di tutto CF 100 miglia». (*Sidereus Nunciuss*, cit.).

Planetario di Caserta

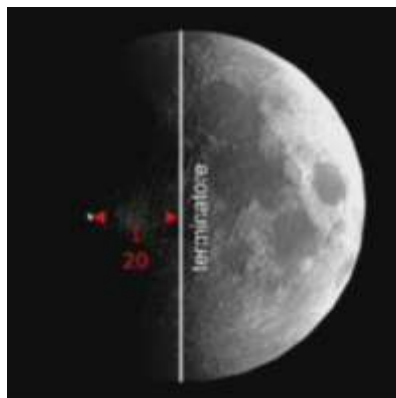
Piazza G. Ungaretti, 1 – 81100 Caserta – tel. 0823/344580 - www.planetariodicaserta.it, info@planetariodicaserta.it



A sinistra: (Sidereus Nuncius, cit.) nella copia con annotazioni di Galilei (Bibl. Naz. Centrale Firenze); a destra: Lo schema geometrico nel manoscritto del Sidereus Nuncius (Bibl. Naz. Centrale Firenze).

5.4 Il problema fisico

In aperto contrasto con la tradizione aristotelica che voleva i corpi celesti perfettamente sferici e levigati, la superficie lunare, osservata al telescopio, presentava avvallamenti e protuberanze. Galileo aveva inoltre notato la presenza di piccole zone luminose situate nella parte oscura del disco lunare in prossimità del terminatore, la linea di separazione tra la parte illuminata e quella in ombra. Col progredire dell'alba sulla superficie lunare, le macchie luminose si univano poi alla zona illuminata.



dal sito dell'Istituto e Museo di Storia della Scienza Firenze

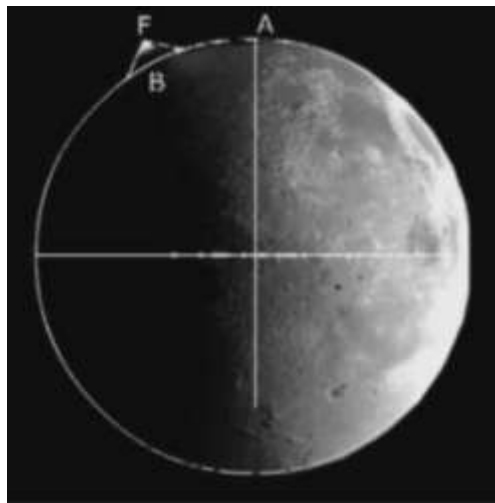
Planetario di Caserta

Piazza G. Ungaretti, 1 – 81100 Caserta – tel. 0823/344580 - www.planetariodicaserta.it, info@planetariodicaserta.it

Galileo attribuì correttamente il fenomeno alla presenza di rilievi montuosi le cui alte cime vengono raggiunte dai raggi solari prima delle zone sottostanti, esattamente come avviene sulla Terra quando, all'alba, le vette delle montagne sono già illuminate dai raggi del Sole, mentre il fondovalle è ancora immerso nel buio. Con un metodo semplice ma ingegnoso, Galileo fu in grado di calcolare l'altezza dei monti lunari.

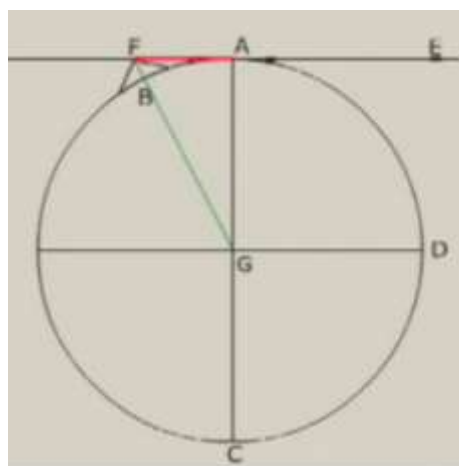
5.5 Il problema geometrico

Galilei infatti stimò la distanza della montagna dal terminatore (che è la curva di demarcazione tra zona illuminata e zona in ombra della Luna) in circa un ventesimo del diametro apparente della Luna.



dal sito dell'Istituto e Museo di Storia della Scienza Firenze

Dividendo, quindi, per 20 la lunghezza del diametro lunare vero, nota fin dall'antichità, ricavò la lunghezza del segmento FA.

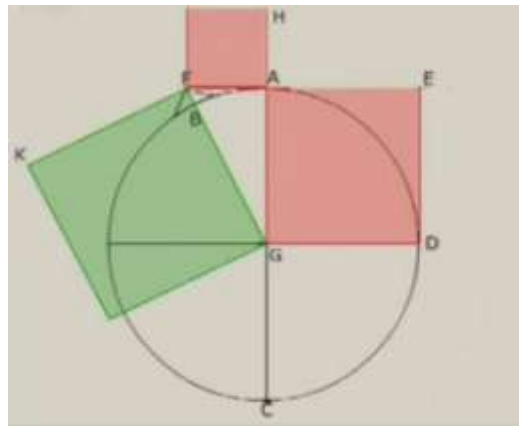


dal sito dell'Istituto e Museo di Storia della Scienza Firenze

Applicando poi il teorema di Pitagora, al triangolo rettangolo GAF, trovò l'ipotenusa FG.

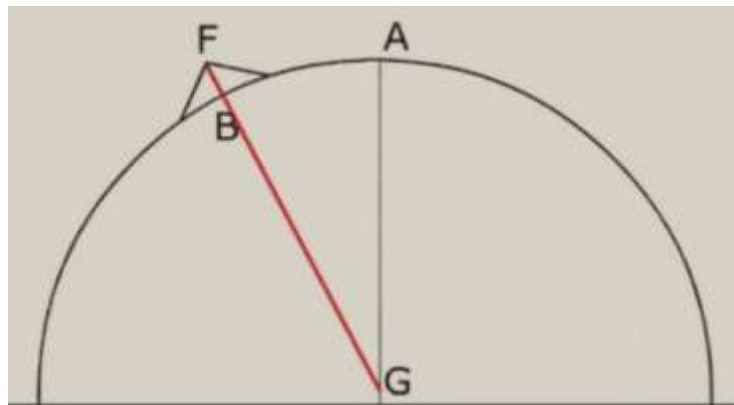
Planetario di Caserta

Piazza G. Ungaretti, 1 – 81100 Caserta – tel. 0823/344580 - www.planetariodicaserta.it, info@planetariodicaserta.it



dal sito dell'Istituto e Museo di Storia della Scienza Firenze

Essa rappresenta la distanza della vetta della montagna dal centro della Luna. Sottraendo da questa il raggio lunare, si ottiene così l'altezza della montagna.



dal sito dell'Istituto e Museo di Storia della Scienza Firenze

5.6. I calcoli matematici.

$$FA = \frac{1}{10} AG$$

Quindi, nel triangolo, rettangolo in A, si ha

$$FG^2 = FA^2 + AG^2$$

da cui

$$FG = \sqrt{FA^2 + AG^2}$$

ed, essendo $BG = AG$, infine

$$FB = (FG - BG) = (\sqrt{FA^2 + AG^2} - AG) = \sqrt{\left(\frac{1}{10} AG\right)^2 + AG^2} - AG = \sqrt{AG^2 \left[\left(\frac{1}{10}\right)^2 + 1\right]} - AG =$$

Planetario di Caserta

Piazza G. Ungaretti, 1 – 81100 Caserta – tel. 0823/344580 - www.planetariodicaserta.it, info@planetariodicaserta.it

$$\begin{aligned} &= AG\sqrt{\frac{1}{100}+1} - AG = AG\left(\sqrt{\frac{1+100}{100}} - 1\right) = AG\left(\frac{\sqrt{101}}{10} - 1\right) = \\ &= \frac{AG}{10}(\sqrt{101} - 10) \cong \frac{AG}{10}0,05 = 0,005AG \end{aligned}$$

Quindi, per Galilei le montagne della Luna hanno un'altezza stimata in 5 millesimi del raggio della Luna. Con un $R_L = 1738\text{km}$ si ottiene un'altezza $FB = 8,665\text{km}$.

Oggi, si sa che la montagna più alta della Luna misura $\approx 4,7\text{ km}$ circa (monte Huyghens).

5.6 Spunti di riflessione

- Se la distanza del punto luminoso dal terminatore fosse stata stimata in $1/15$, la montagna sarebbe risultata più alta o più bassa? Di quanto?
- Viceversa, se la stima della distanza dal terminatore fosse stata valutata in $1/25$, la montagna sarebbe risultata più alta o più bassa di quella stimata? Di quanto?
- calcola l'errore relativo commesso da Galilei.
- le stime cambiano se le osservazioni sono effettuate, invece che al Primo Quarto, nella fase di Luna Crescente o Gibbosa Crescente o Ultimo Quarto?

5.7 Approfondimenti e materiali

Istituto e Museo di Storia della Scienza, Sezione "Didattica on-line", collana "Gli strumenti della scienza", <http://www.museogalileo.it/esplora/didatticaonline/collanastrumentiscienza.html>

G. Galilei, *Sidereus Nuncius*, Venezia, 1610, in Biblioteca Nazionale Centrale di Firenze, Manoscritto di pugno di Galilei, <http://fermi.imss.fi.it/rd/bdv?bdviewer/bid=976455>

Mostra completa dei libri di Galileo: <http://brunelleschi.imss.fi.it/bibliotecagalileo/indice.html>

G. Galilei, *Sidereus Nuncius*, Venezia, 1610, edizione moderna in diversi formati (doc, html): <http://www.liberliber.it/libri/g/galilei/index.htm>

G. Galilei, *Sidereus Nuncius*, in *Opere di Galileo Galilei. La Letteratura Italiana. Storia e Testi* a cura di F. Flora, 1953.