

La velocità della luce

Paper 0001/2008

GAS Astronomical Observatory

via Matteotti, 4

Soresina

Italy

info@osservatoriosoresina.it

www.osservatoriosoresina.it

C.Ghisleri

17 ottobre 2008

Sommario

Chi ha intuito che la luce non si propaga istantaneamente? Chi ha cercato per primo di misurare la velocità di propagazione della luce? Chi veramente ci è riuscito e come? Come è possibile misurarla in mezzi diversi dall'aria? In questa breve dissertazione cercheremo di dare una risposta a questi quesiti che spesso i visitatori dell'osservatorio si pongono, risposte che, per certi versi, possono essere sorprendenti e rivelare la genialità della mente umana nel descrivere fenomeni non direttamente osservabili nella vita di tutti i giorni.

1 Galileo Galilei

Fin dall'antichità si pensava che la luce si propagasse istantaneamente, con velocità infinita. Il primo a intuire che la velocità si propaga con velocità finita, fu Galileo Galilei, nella prima metà del '600. Per provare la sua intuizione, fece un semplice esperimento: andò con una lanterna coperta da un panno su una collina e mandò un suo amico, anch'esso dotato di lanterna, su una collina a un chilometro circa di distanza. Quando Galileo scopriva la lanterna, il suo amico avrebbe dovuto fare altrettanto. Galileo sperava di vedere un ritardo fra il suo gesto e quello del suo amico, ritardo corrispondente al tempo impiegato dalla luce per percorrere due volte la distanza fra le colline. I due gesti erano invece praticamente contemporanei, quindi si poteva dedurre che o la luce si propaga davvero istanta-

neamente, con velocità infinita, o che si propaga con velocità finita, ma così alta da non poter essere misurata con alcun esperimento terrestre. Vedremo presto che la seconda soluzione si rivelò quella esatta.

2 I satelliti di Giove

Come detto, nessun esperimento terrestre avrebbe permesso di misurare la velocità della luce, ma la natura ci ha messo a disposizione un esperimento astronomico, che l'astronomo danese Ole Rømer seppe sfruttare per questa difficile misura. Rømer lavorava nella città delle stelle di Uraniborg, fondata dal maestro Tycho Brahe, su una piccola isola in prossimità di Copenaghen. In particolare studiava le occultazioni dei satelliti di Giove da parte del pianeta stesso, e notò che il tempo impiegato

dai satelliti (soprattutto Io) per transitare davanti o dietro al pianeta era differente a seconda dei periodi dell'anno. In particolare scoprì che quando la Terra era più lontana da Giove, Io impiegava esattamente $16'36''$ in più a transitare davanti o dietro al pianeta di quando la Terra era più vicina. Forse Io compie orbite con velocità maggiore in certi periodi dell'anno e con velocità minore in altri? Niente di più falso, Io mantiene sempre la stessa velocità orbitale attorno a Giove, semplicemente la luce percorre più spazio per arrivare alla Terra quando questa è più lontana e Giove si trova sempre pressappoco nella stessa posizione lungo la sua orbita, dato che il suo periodo di rivoluzione è molto maggiore di quello della Terra, compie un'orbita intorno al Sole in 11 anni. Quindi, come si può vedere in Figura 1 la distanza supplementare percorsa dalla luce in $16'36''$, è pari al diametro dell'orbita terrestre, che è di circa 300000000 di chilometri.

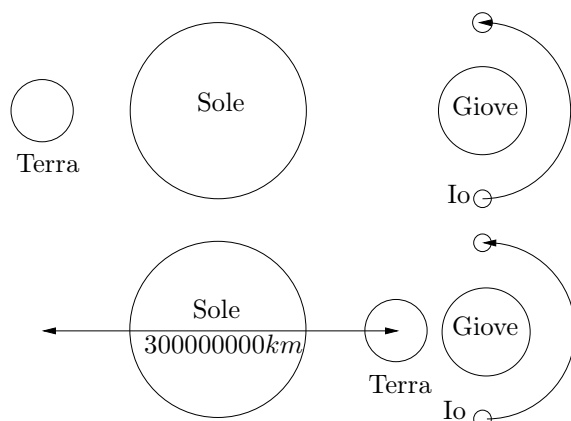


Figura 1: **Schema delle posizioni di Giove, Terra e Io rispetto al Sole. Quando la Terra è più lontana da Giove, la luce proveniente da Io percorre circa 300000000km in più in $16'36''$**

Quindi la velocità della luce si può calcolare semplicemente come rapporto fra la distanza percorsa dalla luce e il tempo impiegato:

$$v = \frac{300000000km}{996s} = 300100 \frac{km}{s} \quad (1)$$

Rømer trovò una velocità di circa $200000 \frac{km}{s}$, a causa dell'imprecisione sul dato dell'orbita terrestre. Si era trovato un valore della velocità della luce nel vuoto e si era provato che tale valore era finito,

ma come poter misurare la velocità della luce in un mezzo, ad esempio, l'acqua?

3 L'esperimento di Fizeau

Nel 1849 il francese Hyppolite Fizeau fece per la prima volta una misura diretta della velocità della luce, dimostrando che un esperimento terrestre era possibile. L'apparato sperimentale era semplice ma allo stesso tempo geniale, costituito da una sorgente di luce, uno specchio e una ruota dentata messa in rotazione. L'apparato sperimentale è schematizzato nella Figura 2.

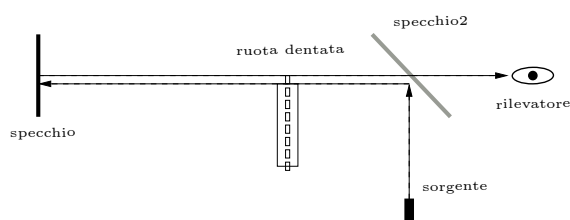


Figura 2: **Apparato sperimentale della prova di Fizeau.**

La luce parte e passa attraverso la ruota dentata se non trova un dente. Percorre una distanza ℓ per arrivare allo specchio e viene riflessa, percorrendo di nuovo una distanza ℓ per arrivare di nuovo alla ruota dentata, che nel frattempo è ruotata. Se il raggio di luce incontra un dente non passa e non vediamo alcun raggio riflesso, mentre se incontra uno spazio vuoto, arriva al nostro occhio. Mentre il raggio di luce percorreva una distanza 2ℓ , l'ingranaggio è ruotato di un angolo $\Delta\theta$ in un tempo Δt , quindi con velocità angolare:

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} \quad (2)$$

La velocità della luce sarà semplicemente la distanza percorsa 2ℓ nello stesso tempo Δt :

$$c = \frac{2\ell}{\Delta t} \quad (3)$$

Le incognite di queste due equazioni sono c e Δt , mentre conosciamo ω , $\Delta\theta$ e ℓ . L'unica cosa comune delle due equazioni è l'intervallo di tempo Δt , quindi:

$$\Delta t = \frac{\Delta\theta}{\omega} \quad \Delta t = \frac{2\ell}{c} \quad (4)$$

$$\frac{2\ell}{c} = \frac{\Delta\theta}{\omega} \quad (5)$$

$$c = \frac{2\ell\omega}{\Delta\theta} = 3,13 \cdot 10^8 \frac{m}{s} \quad (6)$$

Il sistema fu in seguito perfezionato da Foucault, che trovò una velocità di $2,98 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$, molto simile al valore accettato oggi, misurato con dei sistemi laser, con una precisione altissima. Questo è il valore misurato in aria (nel vuoto è 1,00029 volte superiore), per avere lo stesso dato in acqua è semplicissimo, basta infatti porre l'apparato sperimentale in una vasca e seguire la medesima procedura sperimentale. Per poter effettuare tale misura, Fizeau pose la ruota dentata a $8km$ dallo specchio, in modo che la luce percorresse $16km$ in $\frac{1}{20000} s$.

4 Valore odierno

Il valore attualmente accettato della velocità della luce è di $299792458 \frac{m}{s}$ e si è trovato misurando il ritardo fra due impulsi laser che percorrono distanze differenti. Il valore della velocità della luce è anche utilizzato come riferimento per la definizione di altre unità di misura, fra cui il *metro*, definito proprio come distanza percorsa dalla luce in $\frac{1}{299792457} s$.

CRISTIAN GHISLERI. Nato a Cremona nel 1985 è laureato in Fisica, all'università degli studi di Milano. Studente del corso di laurea magistrale in Fisica sempre presso il medesimo Ateneo, indirizzo di Fisica della Materia, con particolare attenzione ai semiconduttori, all'elettronica e alle nanotecnologie, ha lavorato per diversi mesi sul microscopio a forza atomica (AFM) per la misurazione di forze a livello di singola molecola. Socio del Gruppo Astrofili Soresinesi dal 1998, si occupa principalmente della strumentazione informatica e scientifica dell'osservatorio astronomico di Soresina e della divulgazione.