

*DI.FI.MA. 2017*

# **Ripetizione virtuale dell' esperimento di Ole Rømer**

**sulla misurazione della velocità della luce**

**tramite le occultazioni di un satellite di Giove**

Angelo Merletti

Liceo Scientifico “Maria Curie”, Pinerolo

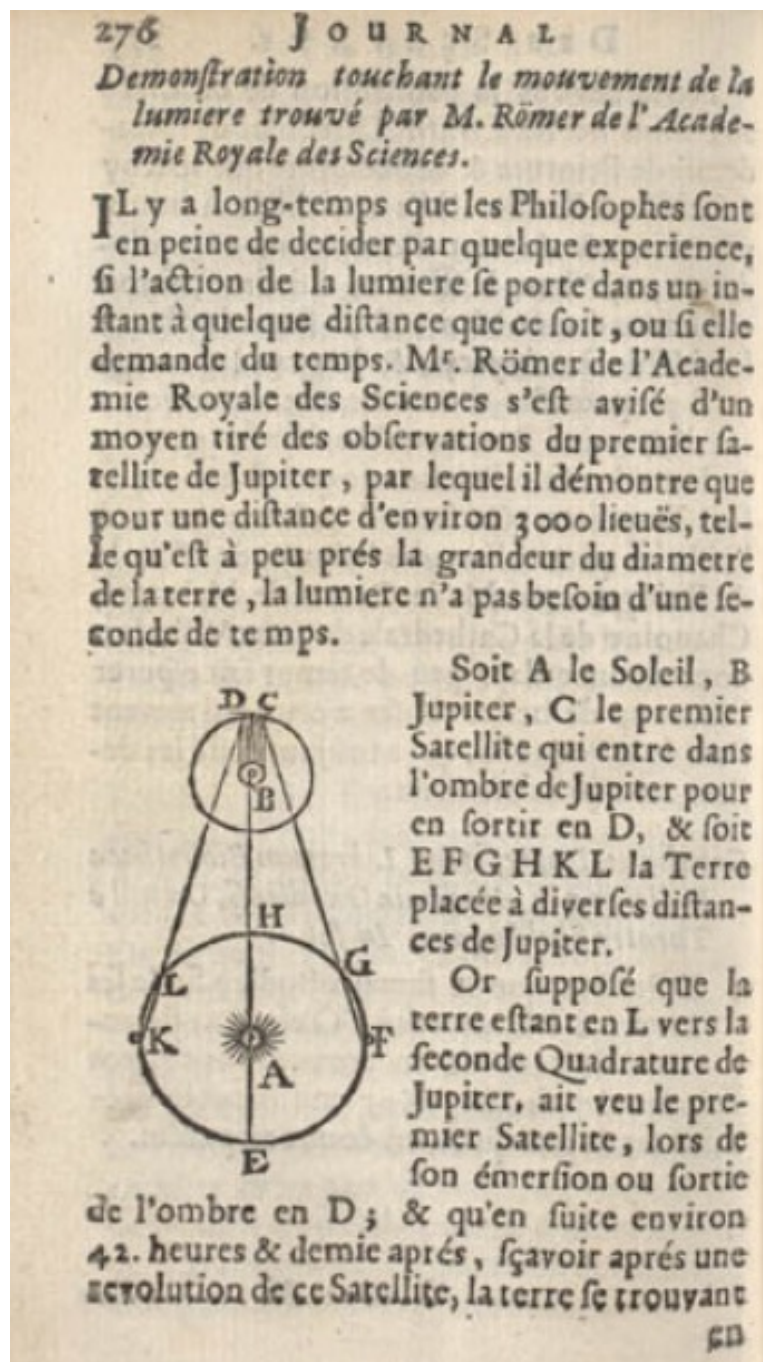
[merletti@curiepinero.gov.it](mailto:merletti@curiepinero.gov.it)

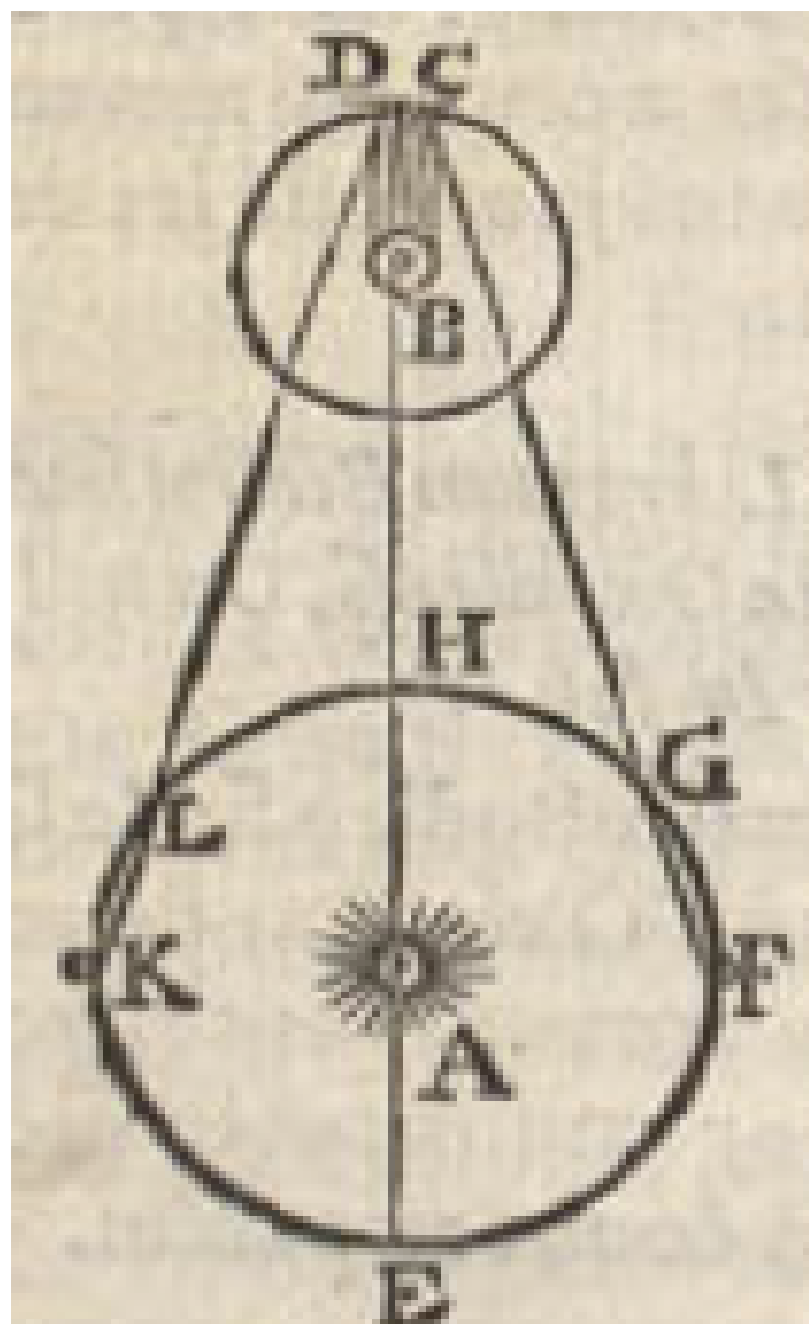
**Démonstration touchant le mouvement de la lumière trouvé par M. Roemer de l'Académie des sciences", *Journal des Sçavans* du lundi 7 décembre 1676, pp. 276-279.**

Io è uno dei quattro satelliti di Giove scoperti da Galileo nel 1609, il più vicino al pianeta.

Il periodo di rotazione di Io è di circa 42.5 ore e, a seconda del periodo durante l'anno in cui si osserva si assiste ad un progressivo ritardo o anticipo rispetto ai tempi previsti.

Tale effetto fu interpretato da Römer nella seconda metà del '600 come l'evidenza che la luce si propagasse con velocità finita fra i cieli.

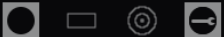




# STELLARIUM

Io

Tipo: **luna**  
Magnitudine: **6.75**  
Magnitudine assoluta: -1.68  
Magnitudine media in Opposizione: 5.02  
RA/Dec (J2000.0): 13h56m36.23s/-10°50'03.7"  
RA/Dec (in data): 13h57m34.01s/-10°55'15.5"  
Angolo orario/DE: 9h01m59.38s/-10°55'15.5"  
Az/Alt: +297°36'36.8"/-39°02'27.1"  
Longitudine/latitudine eclittica (J2000.0): +210°55'02.7"/+1°01'21.8"  
Longitudine/latitudine eclittica (in data): +211°10'09.5"/+1°01'16.9"  
Obliquità dell'eclittica (in data): +23°26'06.3"  
Longitudine/latitudine galattica: -32°18'00.6"/+48°52'41.7"  
Longitudine/latitudine supergalactic: +131°19'39.0"/+11°32'42.0"  
Costellazione IAU: Vir  
Tempo Siderale Medio: 22h59m34.1s  
Tempo Siderale Apparente: 22h59m33.4s  
Distanza dal Sole: 5.445AU (814.579 Mln km)  
Distanza: 6.429AU (961.778 Mln km)  
Diametro apparente: +0°00'00.8"  
Periodo siderale: 1.77 giorni (0.005 a)  
Giorno Siderale: 42h27m33.5s  
Giorno Solare Medio: 42h28m36.0s  
Angolo di Fase: +1°33'23.3"  
Elongazione: +8°31'51.7"  
Fase: 1.00  
Illuminato: 100.0%  
Albedo: 0.630



Europa

Callisto

Giove

Io

Amaltea

Io

Ganimede

Terra, Pinerolo, 379m

CDV 0.0646°

18.2 FPS

2017-10-15 22:51:56 UTC+02:00

## I metodo

Individuare un'emersione (punto  $A$ )

Registrare il tempo  $t_A$  a cui avviene e la distanza  $d_A$  di Io dalla Terra.

Qualche mese dopo ripetere la rilevazione (punto  $B$ , tempo  $t_B$ , distanza  $d_B$ ).

Contare quante rivoluzioni  $N$  ha compiuto Io attorno a Giove fra le due rilevazioni.

Il prodotto  $NT_{Io}$  è la durata di  $N$  cicli di Io come se la Terra fosse ferma nel punto  $A$ .

Lo scarto  $\Delta t = t_B - t_A - NT_{Io}$  è il tempo impiegato dalla luce per percorrere il tratto  $AB$ .

La differenza  $d = d_B - d_A$  fra le distanze è lo spazio percorso in più dalla luce nella seconda posizione.

**Il rapporto  $d / \Delta t$  è la velocità della luce.**

## **II metodo**

Individuare una successione di emersioni (punti  $A_k$ )

Registrare i tempi  $t_k$  a cui avvengono e le distanze  $d_k$  di Io dalla Terra.

Contare quante rivoluzioni  $N_k$  ha compiuto Io attorno a Giove fra due rilevazioni successive.

Calcolare gli scarti  $\Delta t_k = t_k - t_{k+1} - N_k T_{Io}$  (tempi impiegati dalla luce per percorrere i tratti  $A_k A_{k+1}$ ).

Riportare in un grafico gli scarti  $\Delta t_k$  (ascisse) e gli spazi  $d_k$  (in ordinate)

**Il coeff. angolare della retta interpolante è la velocità della luce.**

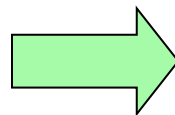
Modello:

$$t_1 = t_0 + T_{Io} + \frac{d_{01}}{c}$$

$$t_2 = t_1 + T_{Io} + \frac{d_{10}}{c}$$

...

$$t_n = t_{n-1} + T_{Io} + \frac{d_{n-1,n}}{c}$$



$$t_n = t_0 + nT_{Io} + \frac{d_{0,n}}{c}$$



$$d_{0,n} = c(t_n - t_0 - nT_{Io})$$

(La velocità della luce è la pendenza della retta)

# Problemi...

Istante dell' immersione – emersione  
di Io dall' ombra di Giove

Parallasse Terra - Giove

Orbita ellittica

# Emersione dall'ombra di Giove

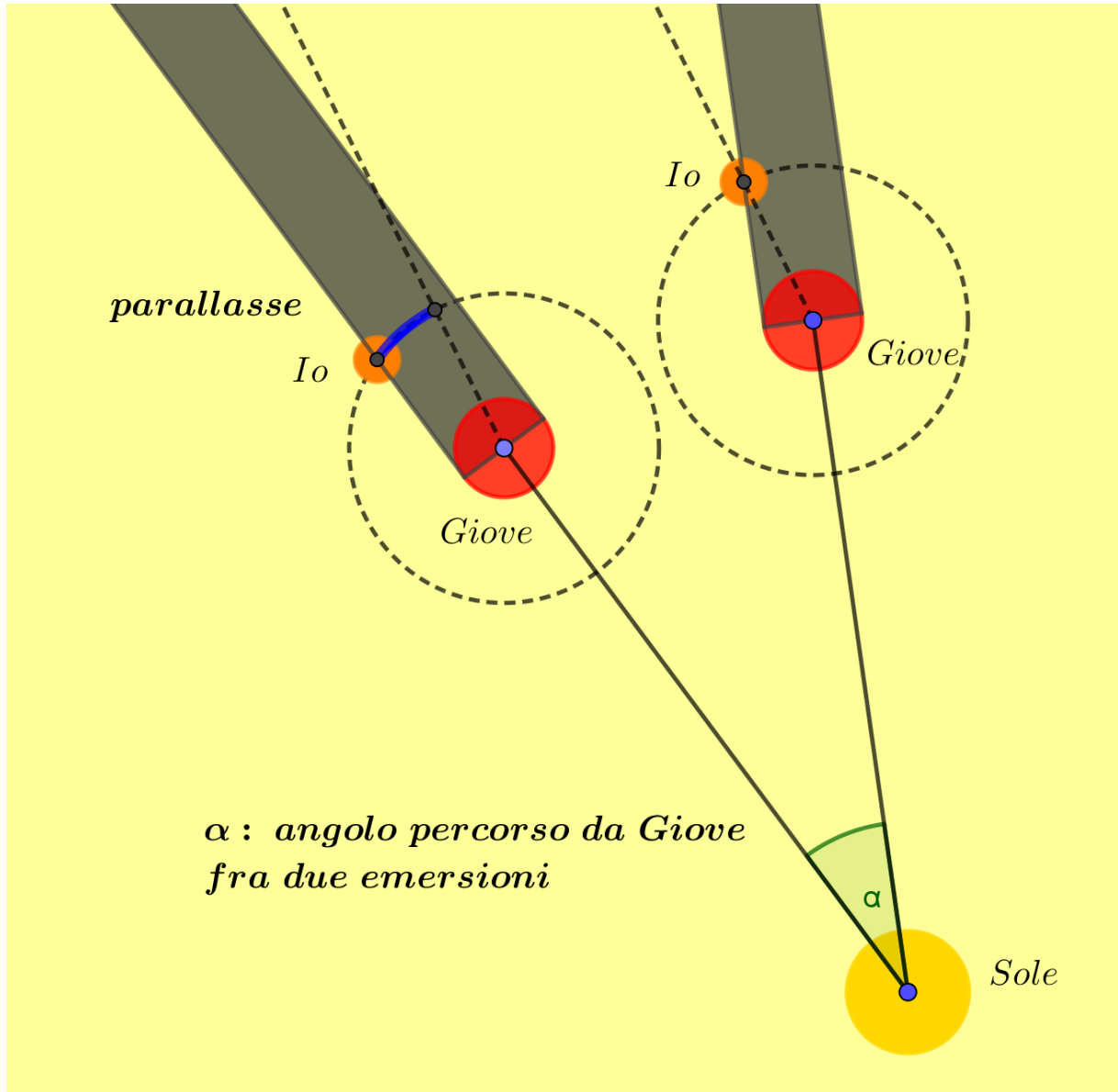


Io

Adrastea

Data e ora										✕
Data e ora					Giorno giuliano					
2001	-	1	-	7	9	:	16	:	27	

# Parallasse Sole-Giove-Io

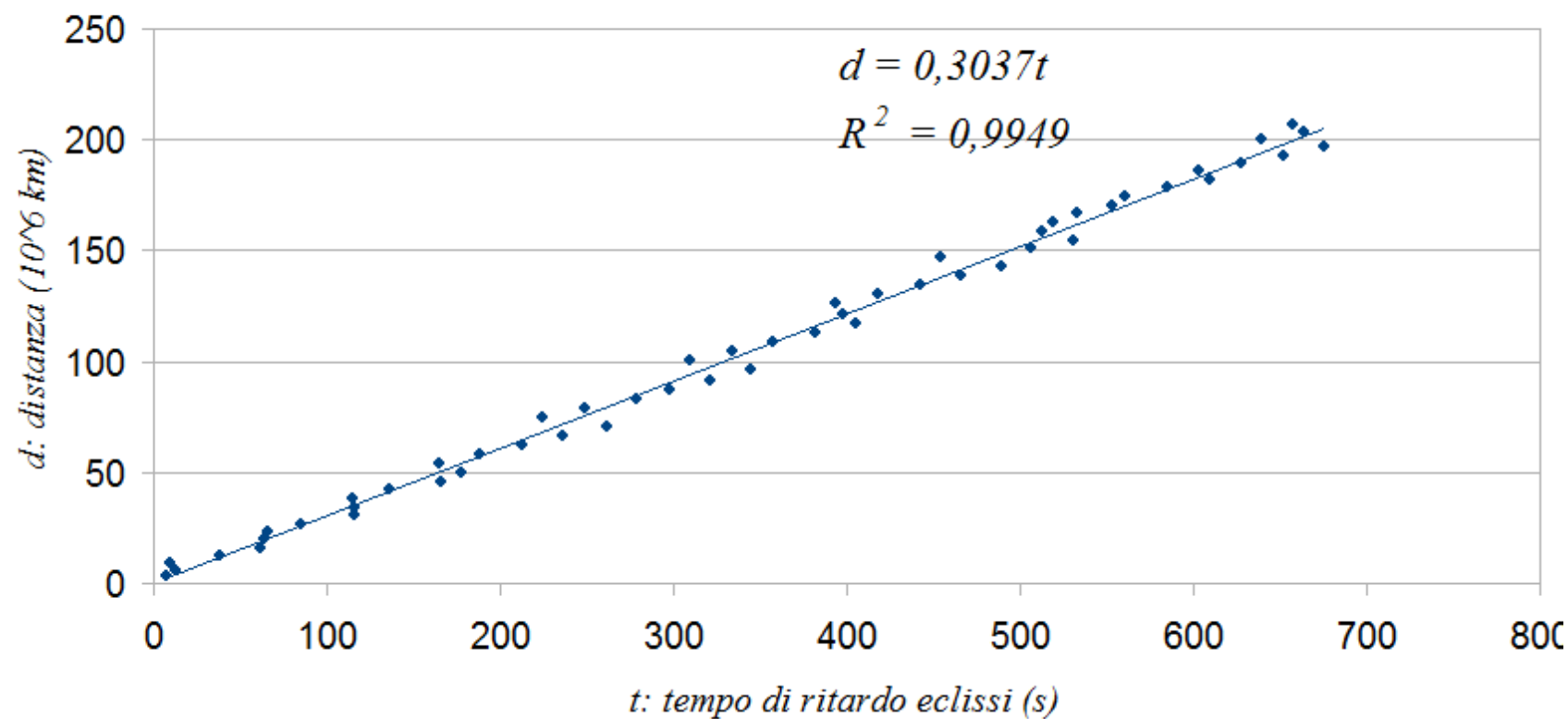


# Correzione parallasse sul periodo di Io

$$T_{Io-app} = \frac{T_{Io}}{1 - \frac{T_{Io}}{T_{Giove}}}$$

Microsoft Excel - dati2bis [Read-Only]													
File Edit View Insert Format Tools Data Window Help													
Arial 10 B I U													
Ora fine eclisse													
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	
1	<b>Roemer 1675</b>				<b>Previsione dei tempi di eclisse di Io</b>								
2													
3	Periodo Io non corretto		1,7691378		152853,505								
4	Periodo Io corretto		1,7698604		152915,935								
5													
6													
7		<b>Ora fine eclisse</b>			<b>distanza</b>	<b>tempo eclisse</b>			<b>previsione</b>	<b>tempo eclisse</b>	<b>diff, tempo</b>	<b>dist. Percorsa</b>	
8	<b>data</b>				<b>Giove-Terra</b>	<b>progressivo</b>		<b>N ever</b>	<b>eclisse</b>	<b>misurato</b>	<b>(secondi)</b>	<b>dalla Terra risp.</b>	
9	05/01/01	14	46	47	641,492	1915,07416	0	0	0				
10	07/01/01	9	15	31	644,531	1916,84411	1,00005	1	1,76986036	1,76995	7,74476566	3,039	
11	09/01/01	3	44	12	647,66	1918,61403	2,00008	2	3,53972072	3,53987	12,8975313	6,168	
12	10/01/01	22	12	45	650,88	1920,38385	3,00006	3	5,30958108	5,30969	9,41029696	9,388	
13	12/01/01	16	41	50	654,198	1922,15405	4,00025	4	7,07944145	7,07989	38,7550626	12,706	
14	14/01/17	11	10	48	657,604	1923,92417	5,0004	5	8,84930181	8,85001	61,1878283	16,112	
15	16/01/01	5	39	27	661,086	1925,69406	6,00042	6	10,6191622	10,6199	63,7485939	19,594	
16	18/01/01	0	8	5	664,642	1927,46395	7,00043	7	12,3890225	12,38979	66,3093596	23,15	
17	19/01/01	18	37	0	668,277	1929,23403	8,00056	8	14,1588829	14,15987	85,2861252	26,785	
18	21/01/17	13	6	7	671,99	1931,00425	9,00076	9	15,9287433	15,93009	116,358891	30,498	
19	23/01/01	7	34	42	675,765	1932,7741	10,0008	10	17,6986036	17,69994	115,463657	34,273	
20	25/01/01	2	3	17	679,595	1934,54395	11,0007	11	19,468464	19,46979	114,568422	38,103	
21	26/01/01	20	32	15	683,484	1936,31406	12,0009	12	21,2383243	21,2399	136,137188	41,992	
22	28/01/17	15	1	20	687,434	1938,08426	13,0011	13	23,0081847	23,0101	165,481953	45,942	
23	30/01/01	9	30	8	691,434	1939,85426	14,0012	14	24,7780451	24,7801	177,546719	49,942	
24	01/02/01	3	58	31	695,472	1941,62397	15,0011	15	26,5479054	26,54981	164,555485	53,98	
25	02/02/01	22	27	31	699,548	1943,39411	16,0012	16	28,3177658	28,31995	188,71625	58,056	
26	04/02/01	16	56	31	703,665	1945,16425	17,0014	17	30,0876261	30,09009	212,877016	62,173	
27	06/02/01	11	25	18	707,724	1946,93438	18,0015	18	31,8574865	31,86022	236,173782	66,232	
28	08/02/01	5	54	31	712,003	1948,70453	19,0017	19	33,6273469	33,63037	261,198547	70,511	
29	10/02/01	0	22	31	716,202	1950,47397	20,0015	20	35,3972072	35,39981	224,879313	74,71	
30	11/02/01	19	51	31	720,426	1952,24441	21,0016	21	37,1670676	37,16965	246,940676	78,924	

## Distanza percorsa dalla luce vs tempo impiegato



La velocità della luce risulta in  $(303700 \pm 3036)\text{km/s}$

## Discussione

La rilevazione diretta dei dati è più istruttiva (rispetto alle effemeridi) in quanto permette di cogliere i dettagli e rendersi conto dei problemi legati a tali osservazioni.

Purtroppo non è sempre possibile l'osservazione diretta:

- per ragioni legate alla strumentazione,
- per ragioni di orario dei fenomeni
- Per la scarsa propensione all'osservazione del cielo da parte degli studenti anche a causa dell'inquinamento luminoso delle nostre città.

Dal punto di vista didattico l'uso di Stellarium (o di altro software equivalente) può essere un interessante ausilio (ma non un'alternativa all'osservazione diretta) per chiarire molti aspetti delle complicate dinamiche dei moti nel sistema solare.

## **Discussione**

E' possibile ripetere esperimenti classici, come:

- la misura della distanza Terra – Luna con il metodo della parallasse
- la determinazione delle orbite ellittiche dei pianeti (interni o esterni) con il metodo usato da Keplero
- Osservare moti retrogradi dei pianeti allineamenti e fare previsioni.
- Determinare la configurazione del cielo in una data qualsiasi anche centinaia di anni fa e confrontare con le osservazioni del tempo.
- ...

**Per questo è un valido ausilio didattico a fianco dell'osservazione diretta del cielo.**

GRAZIE PER L' ATTENZIONE!

Angelo Merletti  
Liceo Scientifico “Maria Curie” – Pinerolo  
[merletti@curiepinero.gov.it](mailto:merletti@curiepinero.gov.it)