

“La Macchina Planetaria che rappresenta il Sistema Solare del Mondo” di Giovanni Albrici

Laura Serra Perani

Ateneo di Scienze Lettere e Arti di Bergamo; Università degli Studi di Bergamo

Paolo Brenni

CNR, Fondazione Scienza e Tecnica, Firenze

La Macchina planetaria appartiene alla collezione di strumenti del Gabinetto di Fisica¹ del Liceo Paolo Sarpi di Bergamo ed è un planetario meccanico, costruito secondo il modello copernicano del Sistema solare, racchiuso in un globo di circa 80 cm di diametro, rappresentante la volta celeste stellata (figura 1). Il globo è sorretto da un piedistallo e l'altezza complessiva dello strumento raggiunge 170 cm circa; esso è alloggiato in una teca di legno e vetro, con ante apribili. Il planetario, le cui caratteristiche artistiche e costruttive fanno essere molto raro, almeno nel panorama italiano, è stato restaurato nei primi mesi del 2008 nei laboratori della Fondazione Scienza e Tecnica di Firenze da Paolo Brenni e dai suoi collaboratori².

La Macchina planetaria fu costruita per scopi didattici da Giovanni Albrici e da lui stesso venduta, nell'anno 1784, al Collegio Mariano, prestigiosa istituzione scolastica bergamasca di origine cinquecentesca che, a seguito delle vicende storiche di Bergamo, divenne Liceo Dipartimentale, Imperial Regio Liceo e infine Liceo Paolo Sarpi. L'acquisto dello strumento fu suggerito probabilmente da Lorenzo Mascheroni, docente presso la scuola bergamasca dal 1773 al 1786 e principale fautore del rinnovamento dell'insegnamento della fisica sperimentale, che da allora in poi doveva fondarsi sull'esperienza. La Macchina planetaria appartiene al primo nucleo degli apparecchi adatti alla didattica acquistati negli ultimi anni del Settecento dal Collegio Mariano, e segna la nascita del Gabinetto di Fisica, il cui primo Macchinista e custode fu proprio Giovanni Albrici.

Giovanni Albrici, nato a Vilminore in Val di Scalve nel 1743 dal pittore Enrico, frequentò il Seminario di Bergamo³ e fu ordinato sacerdote nel 1768, ma si dedicò soprattutto allo studio della Matematica, della Geometria e della Fisica sperimentale, «[...] segnatamente all'arte della costruzione ad uso delle macchine inservienti a tali studi [...]», come egli stesso scrive nel suo curriculum⁴. Entrato alle dipendenze del Collegio Mariano, nell'arco di una trentina d'anni fu assistente dei professori che si susseguirono nell'insegnamento della fisica sperimentale, «[...] costruendo quasi tutte le diverse Macchine che di mano in mano si rendevano necessarie⁵». La maestria dell'Albrici è riconosciuta esplicitamente da Francesco Maria Tassi⁶ che di lui dice:

[...] Oltre alle varie e ben intese macchinette che servono alla fisica sperimentale, da lui inventate ed eseguite con somma esattezza, [...] ha fatto due sfere copernicane, una assai grande [...] che è riposta nella libreria del Collegio Mariano, ed altra più piccola, ma lavorata con l'ultima esattezza per uso de' figli di S.A.R. l'Arciduca Ferdinando, la quale

¹ LAURA SERRA PERANI, *Gli strumenti del Gabinetto di Fisica del Liceo Classico Paolo Sarpi di Bergamo*, Associazione ex alunni del Liceo Sarpi, Bergamo 2009.

² Lo strumento in oggetto è stato restaurato grazie all'iniziativa dell'Associazione ex alunni Sarpi e al contributo di vari enti e privati. Una breve scheda relativa al restauro è riportata in fondo all'articolo.

³ Archivio della Curia Vescovile di Bergamo, Patrimoni, 45, fascicolo 29 (numerazione antica) del 22 marzo 1763.

⁴ Liceo Classico Paolo Sarpi, Archivio storico, LXXI, *Curriculum di Giovanni Albrici*.

⁵ Purtroppo Albrici non era solito apporre la firma sugli strumenti da lui costruiti; dando credito alle sue parole, tuttavia, molti apparecchi del Gabinetto di Fisica inventariati da Albrici nel 1793 e nel 1804 potrebbero essere stati da lui stesso costruiti; fra questi la *Macchinetta del cuneo*, il *Doppio cono* e la *Macchina elettrostatica* appartengono ancora oggi alla collezione del Liceo Sarpi; una *Macchina pneumatica* è invece conservata al Museo E.Caffi di Bergamo.

⁶ F.M. TASSI, *Vite de' pittori, scultori e architetti bergamaschi*, Bergamo 1793, Tomo II, p. 114.

esaminata da' Regi astronomi della Specola di Brera in Milano, e trovata per vari giorni giustissima ne' vari suoi movimenti meritatamente riscosse la loro approvazione [...]

Seguendo le tracce dei contatti di Albrici con gli astronomi della Specola di Brera è stato possibile attribuire allo stesso Albrici la nota manoscritta, anonima, dal titolo: *La Macchina Planetaria che rappresenta il Sistema Solare del Mondo*, conservata nella Biblioteca dell'Osservatorio Astronomico di Brera⁷, nella quale vi è la descrizione proprio dello strumento conservato presso il Liceo Sarpi. Il documento è completato da un disegno (figura 2) nel quale l'autore ha rappresentato la sezione del planetario così come è stato realizzato e che possiamo vedere ancora oggi. Il confronto fra questo documento e gli altri manoscritti di Albrici relativi alla Macchina, nonché il recente restauro, hanno consentito interessanti considerazioni circa la costruzione dello strumento. Vediamo prima la sua descrizione.

Planetario

Sul piano dell'orbita terrestre lo stesso Albrici ha descritto la sua macchina, affermando di essersi basato sul *Compendio di Astronomia* dell'astronomo francese Joseph Jerome de Lalande (1732-1807), nel rispetto dei periodi orbitali e dei periodi riferiti alle costellazioni.

"MACHINA PLANETARIA

O SIA IL SOLARE SISTEMA DEL MONDO

Con la quale si fa vedere la posizione e distribuzione delli Corpi Celesti, e principalmente delli Pianeti con li loro Satelliti, ed in poche ore con questa si fa vedere le loro rivoluzioni intorno al Sole con li moti fra loro rispettivamente proporzionali calcolati con la Tavola contenente il risultato delle più recenti osservazioni per le rivoluzioni de' Pianeti fatta dal Celebre Astronomo di Parigi il Sig. De La Lande. [...]

Il planetario (figura 3) è quindi la rappresentazione del Sistema solare e riproduce il moto della Terra intorno al Sole e della Luna intorno alla Terra; sono riprodotti anche il moto intorno al Sole dei pianeti interni Mercurio e Venere, e di quelli esterni Marte, Giove e Saturno. Giove è una piccola sfera di ottone circondata dai 4 satelliti Medicei (piccoli cristalli di rocca); la sfera raffigurante Saturno è circondata dall'anello e da 6 piccoli cristalli a rappresentare i suoi satelliti. Manca il pianeta Urano, benché fosse stato scoperto nel 1781 dall'astronomo William Herschel (1738-1822); proprio questa mancanza suggerisce l'ipotesi che nel 1781 la Macchina fosse già costruita e quindi difficile da modificare.

Il meccanismo contenuto nel piedistallo è ad orologeria (figura 4), una chiave carica la molla che comanda il pendolo, il quale trasmette il movimento all'insieme di ruote dentate e pignoni collegati mediante asticcioline ai vari pianeti. Gli ingranaggi che muovono la Terra e i pianeti interni sono contenuti in una cassa cilindrica che costituisce il piano dell'eclittica. Sopra tale piano vi è il quadrante di un orologio, di cui mancano le lancette, che indica la durata della rivoluzione terrestre intorno al Sole, corrispondente ad un'ora.

La Terra, rappresentata con una sfera di 2 cm di diametro sulla quale sono visibili i continenti, ruota su se stessa e compie il suo moto di rivoluzione mantenendo costante l'inclinazione dell'asse rispetto al piano dell'eclittica.

La Luna è una perla di fiume che ruota intorno alla Terra sopra un anello il cui bordo è inclinato, a rappresentare l'inclinazione dell'orbita lunare. Il moto della Luna è evidenziato da un indice che scorre su un disco sul quale Albrici ha dipinto le fasi lunari.

⁷ Archivio Storico dell'Osservatorio astronomico di Brera, Miscellanea 5, numero 9. Ringrazio Agnese Mandrino per avermi segnalato il documento.

Già nel 1997 era stato segnalato un manoscritto⁸ di Albrici completato da un disegno, nel quale è riportata la descrizione dettagliata del meccanismo del planetario, delle ruote dentate e del relativo numero di denti che comandano il movimenti di tutti i pianeti (figura 5). Tale descrizione, a nostro avviso, rappresenta però una sorta di progetto del planetario, realizzato poi con alcune modifiche; il disegno del manoscritto di Brera (figura 2), al contrario, corrispondendo realmente allo strumento, è stato redatto quando la Macchina planetaria era già costruita. Nella Macchina planetaria, infatti, le aste che sorreggono i pianeti sono diritte, il Sole è disassato ed è dotato di rotazione propria e sul piano dell'orbita terrestre è posto il quadrante di un orologio. Tutti questi particolari sono visibili nel disegno del manoscritto di Brera (figura 2), ma non nel disegno del progetto (figura 5), dove le asticcioline che sorreggono i pianeti sono curve, il Sole è montato sul perno centrale e manca l'orologio.

Il restauro della Macchina planetaria ha consentito di verificare la corrispondenza fra i periodi di rivoluzione indicati da Albrici nel documento di Brera e quelli reali calcolati in base al numero di denti degli ingranaggi; i risultati riportati nella tabella in appendice appaiono in discreto accordo. Il confronto dei disegni di Albrici con la realtà, inoltre, ha evidenziato alcune differenze rispetto al progetto; Albrici infatti ha apportato qualche modifica al numero dei denti di alcuni ingranaggi⁹ e ha aggiunto nella cassa che racchiude i meccanismi che muovono la Terra e il Sole una serie di ingranaggi per trasmettere il movimento alle lancette dell'orologio (figura 6). Durante il restauro si è inoltre constatato che il meccanismo, rispetto a quelli coevi realizzati in Francia o in Inghilterra, è costruito in modo piuttosto rudimentale e comporta non pochi attriti.

Il terzo documento relativo alla Macchina planetaria, intitolato *In questa macchina si spiega*¹⁰ e redatto da Lorenzo Mascheroni, ne attesta l'uso didattico. Nel manoscritto, infatti, sono elencati alcuni argomenti quali, ad esempio, l'alternarsi del dì e della notte, il susseguirsi delle stagioni, il parallelismo dell'asse terrestre, le eclissi, la spiegazione dei quali può utilmente avvalersi dell'uso del planetario

Sfera celeste

Il planetario è racchiuso in una sfera costituita da fili d'ottone (figura 1), ma per la sua descrizione, possiamo riferirci proprio a quanto si legge nel manoscritto conservato nella Biblioteca dell'Osservatorio Astronomico di Brera

Questa macchina rappresenta in questo sistema la vera posizione del cielo e delle stelle fisse, la distribuzione ed il moto delli primari pianeti. Il cielo con le stelle principali si rappresenta con un globo del diametro di due piedi e mezzo di Parigi¹¹. Questo globo, benché sia intero, tuttavia non impedisce agli spettatori di vedere dentro del medesimo ogni cosa; perciocché gli spazi che restano vacui di figure negli altri globi ordinari in questo restano forati e aperti; e le costellazioni sono sostenute da tanti fili d'ottone che formano le linee di longitudine e latitudine. Sta poi fisso e fermato con il polo australe dell'eclittica sul suo piedistallo. Le costellazioni antiche e moderne sia dentro che fuori sono dipinte a chiaroscuro di colore azzurro, e sopra di queste distribuite in oro le stelle principali con le loro rispettive grandezze.[...] La linea dell'eclittica sopra cui sono li dodici segni e i mesi a loro corrispondenti sta fissa orizzontalmente ed attaccata all'emisfero australe.

⁸ Biblioteca Civica di Bergamo (d'ora in poi BCBg), Fondo manoscritti, MMB459 (14). Il manoscritto è stato segnalato per la prima volta da MARIA MENCARONI ZOPPETTI, *Prè Giovanni Albrici e il sistema del mondo*, "La Rivista di Bergamo", n. 8, marzo 1997, p. 58. La trascrizione del documento si trova in LAURA SERRA PERANI, op. cit. Appendice I.

⁹ L'asse terrestre è fissato sopra una ruota di 8 denti anziché 7, mentre l'anello sul quale scorre l'asse possiede 32 e non 28 denti

¹⁰ BCBg, Fondo manoscritti, MMB459 (14).

¹¹ Il piede reale di Parigi, unità di misura lineare in uso prima dell'adozione del sistema metrico decimale, corrisponde a 0,324839 metri.

La sfera celeste è dunque divisa a metà dal piano dell'eclittica e il cerchio inclinato e dorato rappresenta l'equatore celeste; questa caratteristica, scelta probabilmente dall'Albrici per ragioni di visibilità, differenzia la sua sfera dagli altri globi celesti. Nella sfera dell'Albrici, infatti, il polo nord è sull'asse perpendicolare all'eclittica, i fili orizzontali, 5 sopra e 5 sotto il piano dell'eclittica, sono ad esso paralleli, i ventiquattro meridiani passano per il polo dell'eclittica e quelli passanti per i punti corrispondenti agli equinozi e ai solstizi sono in cartone dorato. L'intelaiatura di fili di ottone sorregge le sagome di cartone rappresentanti le costellazioni; quando la sfera è chiusa, le immagini che vediamo sono simili a quelle che si osservano sui globi celesti; il punto di vista è esterno, come se l'osservatore fosse al di fuori della sfera. Ma la particolarità di questa sfera stellata, che la rende unica nel suo genere e che ne evidenzia lo scopo didattico, è che «per maggior comodo si divide per metà levandosi l'emisfero boreale» (figura 7), mostrando l'immagine della volta celeste così come appare ad un osservatore che volga gli occhi verso il cielo.

Le stelle appartenenti alle costellazioni sono rappresentate in modo diverso a seconda della loro magnitudine. Stelle di prima grandezza quali Vega (alfa Lyrae), o le stelle che formano il carro dell'Orsa maggiore sono indicate da cristalli di rocca di varia dimensione; le stelle meno luminose sono invece disegnate in oro.

Le costellazioni che troviamo rappresentate nel globo sono quelle indicate da Lalande nel suo Trattato di Astronomia al quale Albrici si è riferito e che Lalande ha così suddiviso¹²:

12 Costellazioni dello Zodiaco

23 Costellazioni Boreali degli antichi

15 Costellazioni australi degli antichi

22 Costellazioni aggiunte dal Hewelius, Halley e altri

2 di recente introduzione

14 Costellazioni australi di Bayer

14 Costellazioni dell'abate de La Caille

Le costellazioni degli antichi, riportate da Tolomeo (II secolo d.C) nella sua opera *Almagesto*, sono 48, di cui le dodici costellazioni dello Zodiaco si sviluppano nella fascia comprendente l'eclittica e che facendo da sfondo al moto del Sole sono legate alle stagioni. Albrici ha disegnato le costellazioni dello Zodiaco a cavallo della linea mediana del globo e su tale linea ha indicato i mesi, i giorni e i segni zodiacali. Nell'emisfero boreale sono rappresentate le costellazioni riconducibili a personaggi o vicende mitologiche, come, ad esempio, Cefeo, Cassiopea e la figlia Andromeda, Perseo con la testa di Medusa; Ercole con Cerbero, il Bifolco con i suoi cani e l'Orsa maggiore.

Alcune antiche costellazioni sono legate a oggetti, come ad esempio l'Altare, ma anche la Lira e il Triangolo boreale o La nave degli Argonauti.

Nell'iconografia delle costellazioni l'Albrici si è ispirato con molta probabilità alle tavole contenute nell'*Atlas Coelestis* dell'astronomo inglese John Flamsteed, pubblicato postumo nel 1729 e più volte rieditato; va sottolineato che questo atlante, nel quale la rappresentazione ha come punto di vista quello di un osservatore terrestre, ha influenzato tutta la cartografia settecentesca ed è citato espressamente dallo stesso Lalande¹³.

Nelle tavole dell'*Atlas Coelestis* sono indicate quali riferimento per la posizione delle stelle le linee parallele all'eclittica e i meridiani passanti per i poli dell'eclittica. L'Albrici quindi avrebbe potuto estrapolare dalle tavole di questo atlante le coordinate delle stelle e servirsene per il loro posizionamento nella sfera della Macchina planetaria.

Fra le costellazioni aggiunte dai *moderni*, come li definisce Lalande, vi sono quelle introdotte dall'astronomo tedesco Johann Bayer nel 1603, a seguito della più diffusa conoscenza dei cieli australi dovuta allo sviluppo della navigazione e ai viaggi oltremare; sono le costellazioni dell'Indiano, del Camaleonte, del Pavone, della Fenice, del Tucano, dell'Uccello del paradiso

¹² J.J. DE LALANDE, *Compendio di Astronomia colle tavole astronomiche*, Padova 1777, p. 55

¹³ *Ivi*, p. 54

Vi sono poi quelle introdotte dall'astronomo polacco Jan Hewelius nel 1690 nel suo famoso catalogo *Uranometria*, fra le quali lo Scudo di Sobieski (per celebrare il re di Polonia), il Leone minore, la Lince.

Le costellazioni citate sono tutte contenute nell'*Atlas Coelestis* di Flamsteed; ad esse si aggiungono le 14 costellazioni introdotte dall'astronomo francese Nicolas-Louis de Lacaille a seguito della campagna di osservazioni del cielo australe, intrapresa nel 1752 e che celebrano le opere dell'ingegno umano, secondo lo spirito illuminista del tempo. Fra queste gli Attrezzi dello scultore, il Fornello chimico, il Microscopio, il Telescopio, la Macchina pneumatica.

Il globo celeste di Albrici è la rappresentazione delle costellazioni che la comunità scientifica del suo tempo aveva delineato e che sono legate al progresso delle osservazioni astronomiche avvenute fino alla fine del Settecento. Mancano infatti le costellazioni introdotte nei primi anni dell'ottocento, come il Pallone aerostatico, La macchina elettrica, il Gatto, e, al contrario, sono ancora presenti quelle costellazioni che successivamente la comunità scientifica ha eliminato a seguito del progredire dell'Astronomia e della conseguente necessità di ridefinire i confini delle costellazioni, quali, ad esempio nell'emisfero boreale, la costellazione di Antinoo, che Albrici disegna sotto l'Aquila, il Toro reale di Poniatowski, Cerbero a tre teste nella mano di Ercole, l'Oca nelle fauci della Volpe e, nell'emisfero australe, La Quercia di Carlo II re di Inghilterra, il Triangolo minore.

Queste costellazioni, tuttavia, anche se scomparse dalla cartografia ufficiale, continuano a vivere nella volta celeste della Macchina planetaria a testimonianza della Scienza astronomica della fine del Settecento e dell'arte di costruire mirabili oggetti il cui scopo principale era legato alla didattica della Fisica sperimentale.

Breve nota sul restauro e la pulizia della macchina planetaria dell'Albrici

La "macchina planetaria" dell'Albrici è stata restaurata presso la Fondazione Scienza e Tecnica di Firenze nel 2008. Nonostante lo strumento fosse relativamente completo e non avesse subito gravi danni nel corso di oltre due secoli, esso era estremamente sporco e necessitava di un intervento di pulizia e di restauro approfondito.

La parte meccanica di questo planetario era sostanzialmente integra anche se l'asse del pignone che trasmette il moto dal meccanismo ad orologeria agli ingranaggi dei pianeti era spezzato ed è stato necessario saldarlo. Tutto il congegno è stato accuratamente smontato, ripulito, lubrificato e rimontato. La sfera rappresentante il sole e il bordo della scatola di legno che racchiude il meccanismo presentavano scheggiature, crepe e incrinature ed è stato necessario rifare la doratura alla foglia dopo aver riparato i danni riscontrati. Il piano della scatola recante le iscrizioni era estremamente sporco ed è stato ripulito. Il quadrante dell'orologio e la corona circolare indicante mesi, giorni e segni zodiacali erano anneriti dall'ossidazione e un'accurata pulizia ha permesso di far riapparire l'argentatura originale. Non sono state invece ricostruite le lancette mancanti, la cui forma ci è sconosciuta. La sporcizia aveva reso praticamente invisibili le scritte e i disegni riportati sulla corona circolare e relativi alle posizioni lunari. Anche in questo caso l'intervento ha permesso di riportare alla luce sia i diagrammi che i loro colori originali.

Le aste metalliche che reggono i pianeti sono state consolidate mentre i sostegni dei loro satelliti, che erano stati malamente incurvati, sono stati raddrizzati.

Le due semisfere componenti la sfera celeste erano particolarmente sporche soprattutto nelle parti più esposte alla polvere (esterno della semisfera superiore, interno di quella inferiore). Inoltre le costellazioni in cartone avevano assunto una colorazione verdastra dovuta al fatto che la gomma lacca stesa su di esse era ingiallita modificando il loro colore azzurro. Una delicata pulizia con alcool ha permesso di rimuovere la lacca rendendo visibile sia le iscrizioni che il colore originale. Molte parti delle costellazioni, soprattutto quelle più sottili, erano danneggiate e il cartone presentava strappi e sfilacciature. Tali danneggiamenti sono stati

riparati utilizzando carta giapponese e apposite resine acriliche, che hanno anche permesso di consolidare le parti delicate. Sulle costellazioni è stata poi stesa una velatura protettiva. Infine è stato necessario ripulire il bordo sul quale poggia la semisfera superiore, recante le indicazioni dei mesi e dei segni zodiacali. Tale bordo era annerito sia dalla polvere sedimentata su di esso che dall'alterazione della gomma lacca che lo ricopriva. La base in legno, ben conservata, dopo una semplice pulizia è stata passata a tampone con una soluzione alcolica molto diluita di gomma lacca.

Gli interventi menzionati hanno reso alla macchina planetaria un aspetto probabilmente assai simile a quello originale e ne hanno ripristinato la funzionalità.

Appendice

Calcolo dei periodi di rivoluzione dei pianeti

Dopo avere individuato gli ingranaggi che, a partire dall'ingranaggio principale, muovono ciascun pianeta, si è calcolato il periodo di rivoluzione intorno al Sole riferendolo alla rotazione terrestre. Gli ingranaggi sono indicati fra parentesi con la lettera che si è loro attribuita nella figura 6 e il rispettivo numero di denti. Nell'ultima colonna della tabella è riportato il periodo di rivoluzione indicato da Albrici nel documento di Brera.

Pianeta	n° giri ruota principale	n° giri ruota pianeta	rotazioni terrestri corrispondenti	indicazioni di Albrici
Terra	1 giro (C83)	$\frac{83}{6} \times \frac{79}{12} \times \frac{32}{8} = 364,3$ giri (H8)	364,3	
Luna	1 giro (P67)	$\frac{67}{10} \times \frac{24}{13} = 12,36$ giri (S13)	29,5	29
Mercurio	1 giro (C83)	$\frac{83}{26} \times \frac{26}{20} = 4,15$ giri (M20)	88	87
Venere	1 giro (G15)	$\frac{15}{22} \times \frac{22}{24} = 0,625$ giri (O24)	228	224
Marte	1 giro (1B17)	$\frac{17}{32} = 0,531$ giri (2B32)	687 (1 anno 322gg)	686
Giove	1 giro (1C7)	$\frac{7}{83} = 0,0843$ giri (2C83)	4327 (11 anni 313gg)	11 anni 315gg
Saturno	1 giro (1D4)	$\frac{4}{118} = 0,0339$ giri (2D118)	10767 (29 anni 181gg)	29 anni 164gg
Sole	1 giro (C83)	$\frac{83}{26} \times \frac{26}{20} \times \frac{24}{7} = 14,23$ giri (3S7)	25,6	25
Orologio Lancetta minuti	1 giro (Y42)	1 giro (1J10)	60 minuti	
Orologio Lancetta ore	1 giro (1J10)	$\frac{10}{40} \times \frac{10}{30} = \frac{1}{12}$ giro (1W30)	1 ora	

Bibliografia

Dekker Elly, *Istituto e Museo di Storia della Scienza Catalogue of Orbs, Spheres and Globes*, Giunti, Firenze 2004.

De Lalande Joseph Jerome, *Compendio di Astronomia colle tavole astronomiche*, Padova 1777.

Flamsteed John, *Atlas Coelestis*, London 1753.

Henry C. King, in collaboration with John R. Millburn, *Geared to the stars the evolution of planetariums, orreries, and astronomical clocks*, University of Toronto Press, Toronto 1978.

Mencaroni Zoppetti Maria, *Prè Giovanni Albricci e il sistema del mondo*, «La Rivista di Bergamo», n. 8, marzo 1997.

Serra Perani Laura, *Gli strumenti del Gabinetto di Fisica del Liceo Classico Paolo Sarpi di Bergamo*, Associazione ex alunni del Liceo Sarpi, Bergamo 2009.

(senza autore) *The Clockwork of the Heavens*, Asprey & Company, London 1973.