

MENSURA CAELI

Territorio, città,
architetture, strumenti

Atti dell'VIII Convegno Nazionale
della Società Italiana di Archeoastronomia (SIA)

A CURA DI
MANUELA INCERTI

UnifePress

2010

INDICE

Presentazione, <i>di Francesco Bertola</i>	p.	9
Introduzione, <i>di Manuela Incerti</i>		11
Prefazione. L'architettura e il cosmo nelle fonti, <i>di Manuela Incerti</i>		17
INTRODUZIONE AI LAVORI		
I. UNESCO Thematic Initiative <i>Astronomy and World Heritage</i> , <i>di Anna Sidorenko-Dulom</i>		37
II. Commissione Nazionale UNESCO per l'Italia. Gruppo di progetto <i>Cultura immateriale e diversità</i> . Convenzione per la protezione e la promozione delle espressioni della diversità culturale. Estratto del piano di attuazione, <i>di Silvana Rizzo</i>		43
III. Architettura, "segno" dell'Universo?, <i>di Emma Mandelli</i>		47
TERRITORIO, CITTÀ, ARCHITETTURE, STRUMENTI		
IV. <i>Opus Dei Project</i> . Orologi solari medioevali italiani. Un archivio per lo studio e la tutela del patrimonio gnomonico medioevale in Italia, <i>di Mario Arnaldi</i>		55
V. <i>In forma dunque di candida rosa</i> . Un disegno gotico per Firenze, <i>di Maria Teresa Bartoli</i>		63
VI. Geometrie per il disegno della terra e del cielo, <i>di Paolo Bertalotti, Mauro Luca De Bernardi, Izabel Alcolea e Maria Chiara Bonora</i>		75
VII. Rappresentazione e comunicazione del Palazzo della Ragione di Padova e del suo ciclo astrologico, <i>di Malvina Borgherini e Emanuele Garbin</i>		94
VIII. Gnomonica e architettura a Roma nel XVII secolo, <i>di Cristina Cándito</i>		103
IX. Roccabruna: un'architettura adrianea a immagine del cielo, <i>di Giuseppina Enrica Cinque e Elisabetta Lazzeri</i>		116

X.	Where the earth meets the sky: the Roden Crater project by James Turrell, <i>di Agostino De Rosa</i>	131
XI.	La dodicesima parte del cielo: da Schifanoia alla <i>Ferrariae novae restauratio</i> , <i>di Manuela Incerti</i>	161
XII.	Padre Maignan e l'orologio catottrico di Trinità dei Monti. Identificazione delle località ordinate per latitudine presenti nel quadrante, <i>di Nicoletta Lanciano e Emanuele Bellucci</i>	181
XIII.	Archaeoastronomy and landscape archaeology as clues for a new interpretation of Machu Picchu, <i>di Giulio Magli</i>	190
XIV.	Tell Arad (zone H e M) e Bab edh-Dhra' (Charnel House A44): la geometria di alcuni edifici E.B.A. Lo squadro numerico, la composizione armonica e l'unità di lunghezza, <i>di Marcello Ranieri e Andrea Polcaro</i>	202
XV.	La misura del tempo nel chiostro romanico di Sant Cugat, <i>di Adriana Rossi</i>	214
XVI.	Il tempio e le stelle. Analisi dell'orientamento di templi e santuari delle popolazioni parlanti la lingua osca, <i>di Francesco Ruggieri e Mario Pagano</i>	229
XVII.	Misura del ritardo accumulato dalla rotazione terrestre, ΔUT_1 , alla meridiana clementina della basilica di Santa Maria degli Angeli in Roma, <i>di Costantino Sigismondi</i>	240
XVIII.	Il santuario dell'età del Bronzo di Trinitapoli. Il Calendario di Pietra, <i>di Anna Maria Tunzi, Mariangela Lo Zupone, Elio Antonello, Vito Francesco Polcaro e Francesco Ruggieri</i>	249
	ASTRONOMIA CULTURALE	
XIX.	Le stelle delle Orse e Arturo, <i>di Elio Antonello</i>	261
XX.	Il cielo del <i>Samarangana Sutradhara</i> . Trattato indiano sull'architettura degli inizi del sec. XI, <i>di Annamaria Dallaporta e Lucio Marcato</i>	267

XXI.	Nuove, antiche sorprese geologiche al di là delle (prime) Colonne d'Ercole, <i>di Sergio Frau</i>	275
XXII.	Mito e razionalità nel cielo di Ovidio, <i>di Elena Francesca Ghedini e Isabella Colpo</i>	280
XXIII.	Il ruolo della statistica nell'archeoastronomia, <i>di Vito Francesco Polcaro</i>	307
XXIV.	Uno straordinario cielo stellato di Piero della Francesca. Il <i>Sogno di Costantino</i> in S. Francesco ad Arezzo, <i>di Vladimiro Valerio</i>	318
STORIA DELLA SCIENZA		
XXV.	Kepler e le sue misconosciute leggi di partenza, <i>di Francesco Castaldi</i>	333
XXVI.	Il calendario runico conservato nel Museo Missionario Etnologico dei Musei Vaticani, <i>di Massimo Ricci, Silvia Listorti e Nicoletta Lanciano</i>	342
SESSIONE POSTER		
XXVII.	Analisi dei moti propri stellari e forma delle costellazioni, <i>di Elio Antonello</i>	353
XXVIII.	La rivoluzione del ciclo zodiacale. La simbologia olistica e l'archeoastronomia, <i>di Teodoro Brescia</i>	357
XXIX.	<i>In hoc signo vinces</i> , <i>di Bruno Carboniero e Fabrizio Falconi</i>	364
XXX.	Primstaff. I calendari runici del Museo Astronomico e Copernicano di Roma e di S. Geneviève a Parigi, <i>di Silvia Listorti, Massimo Ricci e Nicoletta Lanciano</i>	369
XXXI.	La supernova del 1054 a Bisanzio, <i>di Giovanni Lupato</i>	376
XXXII.	Chi l'ha vista? Cas A, un resto di supernova inspiegato, <i>di Andrea Martocchia e Vito Francesco Polcaro</i>	384
	Gli autori	389

ELIO ANTONELLO

ANALISI DEI MOTI PROPRI STELLARI E FORMA DELLE COSTELLAZIONI

Abstract. The precession effects estimated by means of polynomial expressions in time are valid for epochs only within few millennia before and after the present date, therefore one can just estimate roughly the absolute position of the stars in the very far past. However, the attempt to get an insight into the ancient myths concerning the constellations requires the possibility of representing the sky of many ten thousand years ago. In this attempt one has to deal essentially with the shape of the constellations, that is with the relative position of the stars, therefore he can neglect the precession and take into account just the stellar proper motions, along with parallaxes and radial velocities. It is shown that the data gathered by satellites and modern instrumentation allow us to estimate with good precision the motion of nearby stars, so it is possible to represent their relative position even in the far past.

I programmi di simulazione della visibilità del cielo normalmente disponibili coprono un arco temporale che di solito va dal giorno giuliano 0 (4713 a.C.), fino all'anno 10000 d.C. circa. Con tali programmi è possibile rappresentare in modo abbastanza affidabile la posizione assoluta degli astri visibili da varie posizioni sulla Terra, mediante una stima sufficientemente accurata della precessione. Il modello si ritiene valido per un intervallo temporale di alcuni millenni intorno alla data odierna. Prima e dopo tali epoche, la rappresentazione mediante espansione polinomiale non è ritenuta valida, e di conseguenza possiamo stimare solo in modo grossolano la posizione assoluta delle stelle. D'altro lato, il tentativo di intuire in qualche modo il senso degli antichi miti riguardanti le costellazioni richiede di poter andare molto indietro nel tempo, e ricostruire il cielo anche di molte decine di migliaia di anni fa. Siccome in questo tentativo abbiamo a che fare essenzialmente con la forma delle costellazioni, cioè con la posizione relativa delle stelle le une rispetto alle altre, e non con la loro posizione assoluta, possiamo non tenere conto della precessione, ma solo dei loro singoli spostamenti. Dati sempre più precisi ottenuti con nuovi strumenti permettono di stimare il moto delle stelle vicine, in modo tale che è possibile rappresentare la loro posizione relativa nel cielo anche a distanza di un centinaio di migliaia di anni con una precisione generalmente migliore di alcune decine di minuti d'arco.

Tutte le stelle si muovono con una propria velocità e direzione di spostamento nella nostra Galassia, e anche il Sole si sposta, trascinandosi dietro il Sistema solare. La parte esterna della Galassia, dove sta anche il nostro Sistema solare, ha forma di disco, con delle braccia a spirale; tale

struttura ruota globalmente con un periodo di circa 250 milioni di anni. Visti dal Sistema Solare, gli spostamenti delle stelle, data la loro distanza da noi, sono estremamente piccoli. Tranne pochi casi, nei quali sono dell'ordine del secondo d'arco per anno, gli spostamenti per le stelle visibili a occhio nudo sono generalmente di qualche decimo o alcuni centesimi di secondo d'arco per anno. Di conseguenza è necessario effettuare misure su vari anni per poter stimare con precisione gli spostamenti. Nella scorsa decade, il satellite *Hipparcos* dell'ESA (1997) ha permesso la misura accurata dei moti propri e della parallasse (distanza) di varie migliaia di stelle. Sebbene i moti propri siano molto piccoli, il loro effetto su varie migliaia di anni può modificare significativamente la posizione apparente delle stelle, e quindi la forma delle costellazioni.

Il *moto proprio* è rappresentato con i simboli μ_α e μ_δ dove α è l'ascensione retta e δ la declinazione della stella, e si esprime in secondi d'arco per anno. Con la trigonometria si ricavano le tre componenti ortogonali della velocità spaziale della stella (Smart 1968) nel sistema equatoriale (X, Y, Z):

$$\begin{aligned} U &= -k (\mu_\alpha / p) \sin \alpha \cos \delta - k (\mu_\delta / p) \cos \alpha \sin \delta + R \cos \alpha \cos \delta \\ V &= k (\mu_\alpha / p) \cos \alpha \cos \delta - k (\mu_\delta / p) \sin \alpha \sin \delta + R \sin \alpha \cos \delta \\ W &= K (\mu_\alpha / p) \cos \delta + R \sin \delta \end{aligned}$$

dove p è la parallasse (in secondi d'arco), R è la velocità radiale (in km/sec), e k una costante che vale 4.74. Moltiplicando per un intervallo temporale Δt , si ottiene lo spostamento lineare nelle tre componenti; da esso si possono ricavare poi le nuove coordinate α e δ . Da notare l'ipotesi implicita che il moto sia rettilineo e uniforme; essa può essere considerata valida su un tempo scala di 100mila anni, ma non su milioni di anni. La componente U è nella direzione del punto gamma (equinozio; asse X), la V verso il punto sull'equatore con ascensione retta 90° (asse Y), e la W verso il polo (asse Z). La posizione nello spazio di una stella di coordinate α , δ note si può esprimere come:

$$X_0 = D \cos \delta \cos \alpha, \quad Y_0 = D \cos \delta \sin \alpha, \quad Z_0 = D \sin \delta,$$

dove D è la distanza della stella, proporzionale a $1/p$. Dopo un intervallo di tempo Δt , la posizione è $X_1 = X_0 + U \Delta t$, $Y_1 = Y_0 + V \Delta t$ e $Z_1 = Z_0 + W \Delta t$. Le nuove coordinate saranno quindi: $\delta_1 = \text{atan} [Z_1, (X_1^2 + Y_1^2)^{1/2}]$ e $\alpha_1 = \text{atan} (Y_1, X_1)$, mentre la nuova distanza sarà $D_1 = (X_1^2 + Y_1^2 + Z_1^2)^{1/2}$, in base alla quale va determinata anche la nuova magnitudine della stella.

Una stima degli errori con i quali si ottengono le nuove coordinate deve tenere conto della precisione nella misura delle grandezze α , δ , μ_α , μ_δ , p , R . A seguito delle misure del satellite *Hipparcos*, la precisione di α , δ , μ_α , μ_δ , p , è generalmente molto buona, meglio del millesimo di secondo d'arco. La precisione di R varia invece a seconda della qualità delle osservazioni spettroscopiche, e può andare da una piccola frazione di km/sec

nei casi migliori, fino a diversi km/sec nei casi più incerti, tanto da essere confrontabile con lo stesso valore di R . Quindi è l'errore in questa grandezza che pesa maggiormente nel bilancio, e l'effetto è tanto maggiore quanto più vicina è la stella al Sistema solare. Complessivamente, nel caso delle stelle visibili a occhio nudo, l'errore tipico nelle coordinate α_1 e δ_1 è di pochi minuti d'arco per un intervallo Δt di 50 mila anni, e sale a varie decine di minuti d'arco nei casi di velocità radiale più incerta. Un caso particolare sono le stelle doppie visuali ben risolte, come per esempio α Cen, dove bisognerebbe tener conto preliminarmente del moto orbitale apparente delle stelle.

Nelle FIGG. 27.1. e 27.2. vengono mostrati due esempi di ricostruzione della posizione relativa delle stelle in epoche remote, confrontati con l'epoca attuale. Le simulazioni sono state effettuate utilizzando le misure del satellite *Hipparcos* e i dati di velocità radiale nel catalogo di Barbier-Brossat – Figon (2000). Nel primo caso (FIG. 27.1.) Sirio, nel Cane Maggiore, alcune decine di migliaia di anni fa si trovava sulla Via Lattea, e anche Procione, nel Cane Minore, era molto spostato verso nord-est rispetto a oggi. Nel secondo caso (FIG. 27.2.) varie decine di migliaia di anni fa, al cosiddetto "triangolo estivo" di stelle brillanti, costituito da Deneb (Cigno), Altair (Aquila) e Vega (Lira) si era aggiunta anche la stella Arturo (Boote), discussa in questo Convegno in relazione alle altre costellazioni delle Orse, Maggiore e Minore.

Riferimenti bibliografici

BARBIER-BROSSAT M., FIGON P. (2000), *Catalogue général de vitesses radiales moyennes pour les étoiles galactiques. Mean radial velocities catalog of galactic stars*, «Astronomy and Astrophysics Supplement», 142, pp. 217-223.

SMART W.M. (1968), *Stellar Kinematics*, Longmans, Green & Co., London.

FIG. 27.1. *Procione (Procyon, Cane Minore), Sirio (Sirius, Cane Maggiore) e Orione (Orion) come appaiono oggi (a sinistra) e come apparivano 34000 anni fa (a destra); Milky Way indica la posizione della Via Lattea*

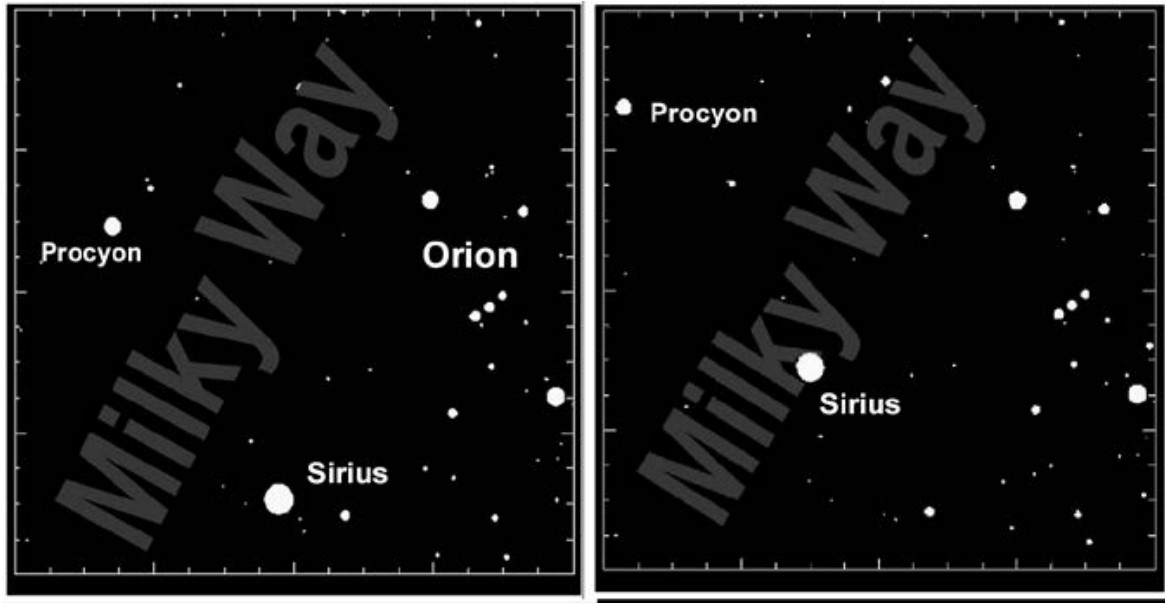


FIG. 27.2. *Le tre stelle brillanti che formano il triangolo estivo, Deneb (Cigno), Altair (Aquila) e Vega (Lira) come appaiono oggi (a sinistra) e come apparivano 60000 anni fa (a destra), dove si era aggiunto Arturo. Notare anche il cambiamento di forma di Cassiopea*

