

**È** ben noto il fatto che le cinque piramidi principali della quarta dinastia (le tre maggiori di Giza e le due di Snefru a Dashur) furono orientate con un alto grado di precisione ai punti cardinali. È difficile stabilire oggi con precisione l'orientamento originale, poiché il loro rivestimento è quasi interamente distrutto, con le eccezioni della piramide a doppia pendenza di Dashur, la cuspide della seconda piramide di Giza, qualche blocco residuo nella parte più bassa della piramide di Khufu, e la parte inferiore, di granito, della terza piramide di Giza. Si possono però ricavare dati ragionevoli anche da ciò che rimane e da accurate misure delle distanze tra gli angoli.

**R**iportiamo qui gli angoli di deviazione rispetto al nord dei lati est per i quali esiste una documentazione completa:

Meidum<sup>(1)</sup>  $-20' \pm 1,0'$

Piramide a doppia pendenza  $-17,3' \pm 0,2'$

Piramide rossa  $-8,7' \pm 0,2'$

Khufu  $-3,4' \pm 0,2'$

Khafra  $-6,0' \pm 0,2'$

Menkaure  $+12,4' \pm 0,2'$

**N**ella letteratura recente<sup>(2)</sup> sono presi in considerazione anche i dati relativi alle due piramidi della quinta dinastia (Sahure e Nefirirkare), ripresi dal lavoro di Zaba<sup>(3)</sup> riportati con un errore di soli 10'. Entrambe presentano però una minor precisione costruttiva e sono oggi talmente danneggiate, che la misura dell'orientamento appare difficile da ottenere con tale precisione.

**A**i fini di questo studio, potrebbe essere interessante il caso della piramide di Sahure, per la quale è dichiarato un orientamento di  $-23' \pm 10'$ . Ciò è però assurdo, poiché è ben noto che la base di tale piramide fu realizzata con una deviazione di oltre 1,5 gradi.

**R**iguardo ai dati, benché un'approssimazione di soli 0,2' (=12 arcosecondi) appaia discutibile, per via delle difficoltà sopra esposte, ai fini del presente studio è sufficiente considerare anche un errore di un minuto d'arco (che è certamente esagerato per i metodi moderni di misurazione), e perciò non

discuteremo ulteriormente l'argomento della precisione delle misure moderne. Gli errori commessi dai costruttori, nell'identificazione della direzione prescelta, devono essere considerati nell'ordine dell'errore minimo che si può compiere con l'osservazione ad occhio nudo, ossia 1-2 minuti d'arco. Le deviazioni rispetto al nord sono maggiori di tale valore e inoltre sembra strano che raggiungano il minimo nella Grande Piramide. Ciò può essere visto (e così sarà visto qui) come un dato sperimentale, ottenuto con misure fisiche, che si deve spiegare in termini fisici. Se si assume, come è naturale, che l'abilità dei costruttori nello stabilire allineamenti rimanesse costante per tutto il periodo della quarta dinastia, è ovvio che debba esistere una fonte d'errore sistematica, dipendente dal tempo. Il solo fenomeno che si possa considerare capace di produrre tale errore è, ovviamente, la precessione. Ne segue, come per primo osservò Haack, che tutti i metodi d'orientamento che danno risultati indipendenti dalla precessione sono esclusi, in particolare il metodo proposto da Edwards, molto ragionevole, che consisteva nella bisezione dei punti di levata e di tramonto d'una stella non circumpolare su un orizzonte artificiale.

Il problema spinse Kate Spence a proporre un nuovo metodo d'orientamento, che spiega il fenomeno con l'inclusione di un errore sistematico, dipendente dal tempo, dovuto alla precessione. Questo metodo si adatta molto bene alla variazione che si osserva negli errori, se si ritengono costanti le abilità dei costruttori, e consiste nell'osservare la linea congiungente due stelle circumpolari, precisamente Kochab e Mizar. Quando una di queste due stelle si trova nel punto più alto, la corda è perpendicolare all'orizzonte. Spence propone che i costruttori di piramidi identificassero la direzione nord grazie a questo allineamento. A causa del moto di precessione dell'asse terrestre, è facile accorgersi che

l'allineamento non identifica sempre la stessa direzione, ma presenta un lento spostamento da "sinistra" a "destra" del polo. Con la quantificazione di tale spostamento nel tempo, Spence mostra che l'allineamento corrispondente fitta bene i dati sperimentali se si assume che la data della "cerimonia di orientamento" cadde per la piramide di Khufu nel 2467 a.C.  $\pm$  5 anni. Se si accetta che questo fosse effettivamente il metodo in uso, esso permette di stabilire le date di costruzione di tutte le piramidi della quarta dinastia, che verrebbero fissate circa 80 anni più tardi di quanto sia comunemente accettato. Non esiste nessuna documentazione relativa ad una cerimonia d'orientamento, per le piramidi dall'antico regno, tuttavia la cerimonia di fondazione detta "estensione della corda", in cui si fissava un allineamento astronomico, è ben documentata nel caso dell'orientamento dei templi ed è già presente in una stele dell'antico regno, la cosiddetta "Pietra di Palermo".

**B**elmonte propone che il metodo usato consistesse nel misurare gli allineamenti, come proposto da Spence, ma con due stelle non opposte rispetto al polo (probabilmente Megrez e Phecda). Il polo si trova così sul prolungamento di una corda che si vede al di sotto o al di sopra di esso. Questo appare più naturale (almeno per dei moderni osservatori del cielo ad occhio nudo) e riconcilia la cronologia astronomica con quella comunemente accettata. Occorre tuttavia osservare che la datazione astronomica dei cosiddetti "condotti di areazione" della piramide di Khufu è più conforme con la prima datazione di Spence.<sup>(4)</sup>

**L'**orientazione della piramide di Khafra, se si assume il metodo sopra riferito, coincide con la linea di riferimento soltanto se il punto corrispondente "trasla in su". Ciò costituisce naturalmente una seria obiezione al metodo

basato sull'allineamento di due stelle. Per risolvere il problema, Spence ritiene che l'orientamento della seconda piramide fosse stabilito nella stagione opposta, rispetto alle altre. In tal caso, ovviamente, la corda avrebbe una posizione opposta, rispetto al polo, da una stagione all'altra, e il dato "slittato" corrisponderebbe. Spence propone perciò che la piramide di Khafra sia l'unica ad essere stata orientata nella stagione estiva, mentre tutte le altre lo furono in inverno. Anche con l'ipotesi di Belmonte è necessario pensare ad una procedura speciale per l'orientamento della piramide di Khafra. In tal caso, occorre pensare che tale piramide sia l'unica che venne orientata con le due stelle allineate nella culminazione inferiore, mentre tutte le altre piramidi vennero orientate con le stelle nella culminazione superiore.

In entrambi i casi, è chiaro che l'eccezionalità della seconda piramide è "imbarazzante". Nel caso della teoria di Spence, è piuttosto strano che una cerimonia di natura religiosa legata ad un fenomeno astronomico, come l'orientamento della gigantesca tomba regale, non avvenisse sempre nella stessa data, come ad esempio i rituali connessi col ciclo di

Sirio. È quindi difficile essere d'accordo con la pur ingegnosa spiegazione di Spence, sull'inversione delle stagioni, come causa dello "scivolamento" del punto di orientamento della piramide di Khafra. Nel caso dell'ipotesi di Belmonte, è chiaro (e infatti lo stesso autore ne discute) che è più semplice e naturale usare l'allineamento delle stelle in basso, anziché in alto. Per esempio, nel caso dell'allineamento basso, si poteva usare uno strumento, come quello ben documentato detto Merkheth (per l'angolo relativamente piccolo formato dalla stella con l'orizzonte), mentre per una misura basata sulla culminazione alta occorrerebbe pensare ad un altro tipo di strumento.

●sserviamo che c'è un'interpretazione dei dati semplice, naturale, quasi ovvia dal punto di vista fisico, che conduce ad una soluzione semplice del problema del "segno sbagliato" dell'orientamento di Khafra. L'errore nell'orientamento della seconda piramide si può far rientrare perfettamente nella linea di interpolazione, se si ammette che il punto che rappresenta Khafra possa precedere quello che rappresenta Khufu sull'asse dei tempi.<sup>(5)</sup>

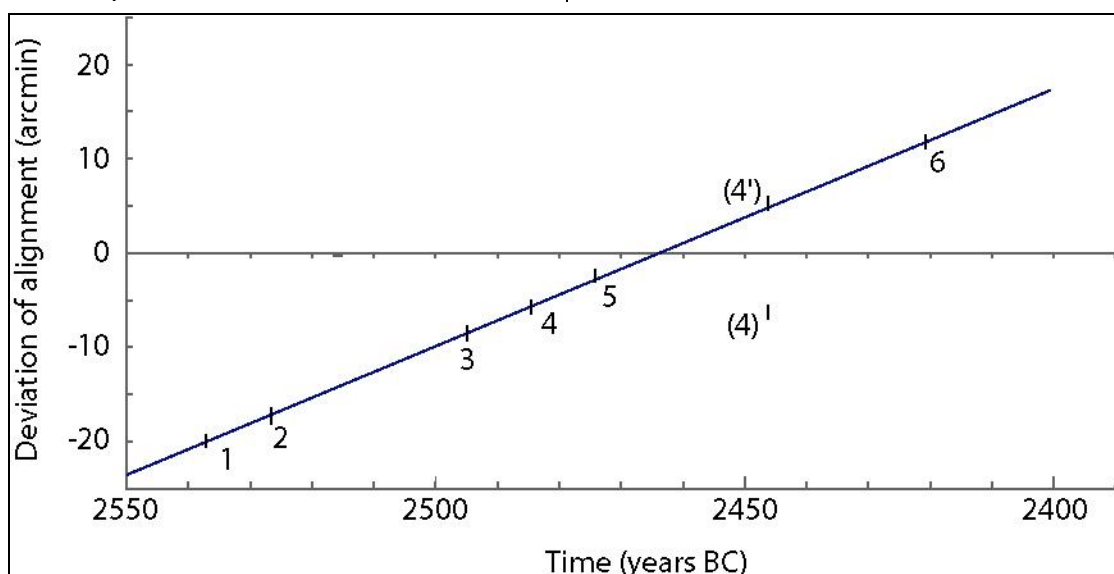


Fig. 1 La retta rappresenta la deviazione dal nord in minuti d'arco, in funzione del tempo, della congiungente le stelle Kochab e Mizar. Se il metodo usato per orientare le piramidi è quello proposto da Spence, i punti numerati consentono di ricalcolare le date delle piramidi: 1. Meidum; 2. Doppia pend.; 3. Rossa; 4. Khafra; 5. Khufu; 6. Menkaure. La seconda piramide qui viene prima di Khufu, per le ragioni spiegate nel testo. Il punto 4' rappresenta ancora la stessa piramide in accordo invece con la proposta di Spence della "stagione inversa".

**V**ediamo quale tipo di evidenza si trovi, riguardo al fatto che la seconda piramide di Giza sia stata costruita dopo la prima. Si tratta di un'asserzione ben fondata su dati archeologici? A parte l'attribuzione offerta da Erodoto per le piramidi di Giza, circa 2000 anni dopo la loro costruzione, mentre la prima piramide è solidamente attribuita a Khufu per via dei cosiddetti "marchi di cava", scoperti nelle quattro camere superiori delle cinque cosiddette "camere di scarico" sopra la camera del Re, nessuna iscrizione, di nessun genere, che menzioni Khafra o alcun altro re della quarta dinastia e databile a quel periodo, è mai stata scoperta in tutto il complesso della seconda piramide (piramide, strada rialzata, tempio della valle, tempio della Singe, la stessa Sfinge). L'unica prova disponibile consiste nella scoperta della famosa statua di diorite di Khafra e di frammenti di altre, nel tempio della valle (la molto discussa presenza del nome di Khafra come proprietario della sfinge, nella "stele del sogno", è comunque su un'iscrizione di circa mille anni posteriore).

**L**a presenza della statua non può essere considerata una prova definitiva di appartenenza, se si tiene anche conto che il "furto" di monumenti era piuttosto comune nell'antico Egitto.

**D'**altra parte, vi sono elementi che fanno pensare che la seconda piramide sia stata costruita prima di quella di Khufu. Innanzitutto, chiunque abbia visitato Giza sa che, benché sia un po' più piccola di quella di Khufu, la piramide di Khafra sembra più grande, perché costruita in posizione più elevata. Perché Khufu non avrebbe scelto quella posizione, se era il primo? Perché Khafra scelse di costruire una piramide più piccola, ma non di molto, il che sarebbe stato giustificabile da motivi economici? Di solito, chi ha la possibilità di costruire edifici più grandi

non ne costruisce di piccoli.<sup>(6)</sup> L'idea che "Khafra preceda Khufu" non è nuova ed è già stata proposta da altri autori, sulla base però di motivazioni diverse da quelle di tipo astronomico qui riportate.<sup>(7)</sup>

**C**i sono infatti evidenze geologiche che mostrano come la strada rialzata di Khafra sia stata fatta prima della piramide di Khufu, poiché sembra stranamente delimitare uno dei lati della cava di Khufu.<sup>(8)</sup> Se accettiamo per il momento che la seconda piramide sia stata la prima ad essere costruita, la data astronomica suggerisce un periodo molto prossimo al 2500 a.C. (col metodo di Belmonte, vicino al 2580 a.C.).

**S**e la piramide è stata realmente costruita prima di quella di Khufu, è necessario capire chi ne fu il costruttore. Si potrebbe tuttavia supporre che lo stesso Khufu abbia fatto costruire due piramidi, come probabilmente fece Snefru a Dashur. Infatti non è molto chiaro perché Snefru abbia realizzato due piramidi, e non dev'essere stato necessariamente per una ragione di natura tecnica. Sono evidenti problemi strutturali nella piramide a doppia pendenza, che consistono essenzialmente in una dislocazione del manto esterno ai blocchi del nucleo, nell'intero monumento, ma nulla prova che tali problemi siano emersi durante la costruzione e che ciò abbia spinto alla decisione di mutare l'angolo, e poi di costruire una nuova piramide<sup>(9)</sup>.

**E** ovvio comunque che la nostra ipotesi ha una possibilità di essere vera soltanto se la tomba di Khafra può essere collocata altrove. Non è d'altronde evidente l'attribuzione della piramide incompiuta della IV dinastia a Zawyet el Arian, che potrebbe essere assegnata a Khafra.

**I**n definitiva, poiché la cronologia standard delle due piramidi non è provata al di là di ogni dubbio, la *possibilità* di una cronologia

inversa, suggerita dai puri dati astronomici, non può essere respinta sulla base dei puri dati archeologici disponibili. Vi sono alcune altre *possibilità* di datare con alta precisione le piramidi della quarta dinastia, grazie alla dendrocronologia, che sembrano essere stata trascurata nel passato, visto che – almeno a conoscenza dell'autore – né le travi di cedro presenti nella camera sepolcrale della piramide a doppia pendenza, né il legno delle barche di Khufu sono stati datati in questo modo. Inoltre sembra che una sbarretta di legno sia presente anche nel condotto nord della camera della regina della piramide di Khufu(10).

**D**al punto di vista arqueo-astronomico, sarebbe di estremo interesse il confronto dei dati di orientamento della Sfinge e del Tempio della Valle di Khafra, con quelli delle piramidi, così come di quelli dei siti di Zawyet el Arian ed Abu Roash.(11) Un'evidenza definitiva potrebbe anche giungere da un'analisi geologica rigorosa e sistematica delle cave di Giza, che è attesa da molti anni.

*L'autore ringrazia Robert G. Bauval e Juan Belmonte per i numerosi commenti costruttivi su una prima versione di questo lavoro.*

*Traduzione dall'inglese del preprint registrato <http://arxiv.org/abs/physics/0307100> a cura di Alberto Arecchi*

**Note:**

(1) C'è una certa ambiguità in proposito, poiché Dorner riporta un valore praticamente uguale a quello della piramide a doppia pendenza (il che potrebbe implicare il fatto che i progetti siano partiti insieme, v. sotto), mentre nella letteratura si riferisce di solito il dato che qui usiamo, derivato da Petrie. Si veda F. Petrie, *The pyramids and temples of Gizeh*, Field & Tuer, London 1883 (members.optushome.com.au/fmetrol/petrie/); *Maidum*, Nutt, London 1892.J. Dorner, *Die Absteckung und astronomische Orientierung ägyptischer Pyramiden*; Ph.D. Thesis, Innsbruck University 1981; *Form und Ausmasse der Knickpyramide*, Mitt. Deutsch. Archaeologisch Inst. Abteilung Kairo **42**, 43, (1986).

(2) K. Spence, *Ancient Egyptian chronology and the astronomical orientation of pyramids*, Nature **408**, 320 (2000). Si veda anche D. Rawlins and K. Pickering, Nature **412**, 699 (2001). J.A.

Belmonte, *On the orientation of old kingdom egyptian pyramids*, *Archeoastronomy* **26**, 2001, S1.

(3) Z. Zaba, *L'orientation astronomique dans l'ancienne Egypte et la precession de l'axe du monde*, Ed. Ac. Tchech. Sci., Prague 1953.

(4) V. Trimble, *Astronomical investigations concerning the so called air shafts of Cheops pyramid* M.I.O.A.W.B. **10** (1964) 183; A. Badawy *The stellar destiny of pharaoh and the so called air shafts in Cheops pyramid* M.I.O.A.W.B. **10** (1964) 189; R. Bauval, *Cheop's pyramid: a new dating using the latest astronomical data*, *Disc. Egypt.* **26**, 1993, 5. V. Castellani, *Il cielo degli antichi*, *Giornale di Astronomia*, Vol. **24**, n.3, 1998; si veda anche [www.mporzio.astro.it/~vittorio/Arclcz4.htm](http://www.mporzio.astro.it/~vittorio/Arclcz4.htm)

(5) È degno di nota il fatto che, se si considerasse seriamente il dato fornito da Zaba per la piramide di Sahure (-21') e riportato da Spence, la nostra ipotesi non funzionerebbe, perché condurrebbe ad una datazione molto antica e folle per questa piramide. Tuttavia, come abbiamo detto prima, quel dato non può essere considerato corretto.

(6) Michelangelo, nel costruire la cupola di San Pietro a Roma, disse "Più grande ma non più bella", con riferimento alla cupola di Santa Maria del Fiore a Firenze.

(7) E. Moyer, [www.gizapyramid.com/ernest\\_moyer4.htm](http://www.gizapyramid.com/ernest_moyer4.htm)

(8) C. Reader, *A geomorphical study of the Giza necropolis with implications for the development of the site*, *Archeometry* **43** (2001) 149. M. Lehner, *The complete pyramids*, Thames and Hudson, London (1999).

(9) V. Maragioglio and C. Rinaldi, *L'architettura delle piramidi menfite*, Rapallo-Torino, 1966.

(10) Si veda R. Gantenbrink in [www.cheops.org](http://www.cheops.org)

(11) Dati recenti della missione archeologica francese mostrerebbero che tale piramide ha una grande deviazione dal nord vero (quasi un grado). Le conseguenze sull'analisi dei metodi di orientazione sono ancora da esplorare. B. Mathieu, *Travaux de l'Institut francais d'archeologie orientale en 2000-2001*, *Bull. Inst. Franc. Arch. Orient.* **101**, (2001)

(<http://www.ifao.egnet.net/doc/Rapports/rapport2001.pdf>).

di Giulio Magli  
[magli@mate.polimi.it](mailto:magli@mate.polimi.it)