

Università degli Studi di Padova

Dipartimento di Fisica e Astronomia

Corso di Laurea Triennale in

Astronomia

Tesi di Laurea

Astronomia in Cina: dall'antichità al XIV secolo d.C.

Relatore: Prof. Giulio Peruzzi

Correlatore: Dr.ssa Valeria Zanini

Laureando: Riccardo Cavalier 617510

Anno Accademico 2016-2017

## Indice:

Riassunto	3
Capitolo 1 contesto storico	4
Capitolo 2 Astronomia nel mondo antico	5
2.1 Rapporto uomo-astronomia	5
2.2 Il mito di Yao e lo “staff” astronomico	6
2.3 Il Calendario e il sistema Gan-Zhi	7
Capitolo 3: Strumenti e tempo	9
3.1 Lo Gnomone e la misura dell’anno tropico	9
3.2 La sfera armillare	11
3.3 La misurazione del tempo: le clepsydrae	12
3.4 Mappe stellari e suddivisione del cielo	13
3.5 L’osservatorio di Pechino	15
Capitolo 4 Cosmologia	17
4.1 Kai T’ien	17
4.2 Hun T’ien	19
4.3 Hsuan Yeh	20
Conclusioni	22
Bibliografia	23

## Riassunto

Il presente lavoro è un breve viaggio all'interno della civiltà cinese, in particolare si vogliono descrivere le componenti fondamentali che hanno legato questo popolo allo studio e all'utilizzo dell'astronomia. Il periodo storico che si analizza va dal 1500 a.C. circa fino alla metà del 1300 d.C. attraversando gran parte della storia cinese, dall'età del bronzo fino al medioevo inoltrato. La scelta di tale intervallo storico permette di racchiudere la maggior parte del lavoro astronomico cinese svolto senza l'influenza di terze parti<sup>1</sup>, inoltre si è scelto come inizio la metà del II millennio a.C. perché le testimonianze dell'epoca sono accertate proprio a partire dalla metà del 1500 a.C. Vengono presentate sia le tecniche usate, che gli strumenti utilizzati per l'osservazione e la misura (dallo gnomone ai veri e propri osservatori imperiali) analizzando anche quali sono le idee cosmologiche principali che hanno caratterizzato il pensiero cinese in quest'arco temporale.

I metodi utilizzati sono: bibliografico e confronto delle fonti.

---

<sup>1</sup> Con questo non si vuole intendere che la Cina fosse un paese chiuso, anche perché a partire dal IV-III secolo a.C., esistono testimonianze di influenza indiana data dalla nascita ed espansione del buddhismo, anche se tracce evidenti si riscontrano solo durante la dinastia Tang. Anche la matematica islamica ebbe certamente un ruolo chiave nello stimolare le menti cinesi, così come alcuni strumenti di origine persiana (globi e sfere armillari). E' anche possibile che ci sia stato un incontro tra la Cina e Babilonia che avrebbe portato alla creazione in Cina di un sistema sessagesimale di conteggio di giorni (tronchi celesti-rami terrestri). Alcuni studiosi, come il professor Lukas Nickel dell'Università di Vienna, pongono i primi rapporti tra Europa e Cina prima del viaggio di Zhang Qian, che nel 139 a.C. si spinse in Asia centrale, e prima dell'arrivo dell'ambasciata romana di Marco Aurelio del 166 d.C. (Scarpari,2016). La questione dunque è ancora aperta.

## Capitolo 1 Contesto Storico

L'inizio della civiltà cinese affonda le sue radici in un passato lontanissimo e, come per altre culture millenarie, la sua storia antica è avvolta nel mito e nella leggenda. Secondo quest'antica tradizione, grandi saggi e uomini virtuosi avrebbero guidato i popoli cinesi dalla fine del III millennio a.C. fino alla seconda metà del II millennio a.C. I cinesi indentificano questo periodo con la dinastia *Xia* (la prima dinastia ufficiale) ed è in questi tempi remoti che inizia a prender piede lo studio, seppur primitivo e puramente pratico, dell'astronomia.

Testimonianze più accurate giungono tra il 1700 a.C. e il 1000 a.C. circa, periodo della dinastia *Shang*, che segna il passaggio fondamentale tra antichità ed età del bronzo (Emile Biemont, 2005). Nei periodi successivi la storia della Cina<sup>2</sup> diventa turbolenta e contrassegnata da conflitti sia interni- che segnano i passaggi da una dinastia a quella successiva- che con popolazioni straniere stanziati ai confini (barbari). Incontriamo quindi la dinastia *Zhou* (1000 a.C. - 221 a.C.) che vede la nascita del confucianesimo, la dinastia *Qin* (221 a.C.-206 a.C.) a cui si deve l'inizio della Muraglia Cinese, gli *Han* (206 a.C. - 220 d.C.) periodo nel quale inizia a diffondersi il buddhismo, i Tre Regni (220 d.C. - 316 d.C.), le Sei Dinastie (316 d.C. - 618 d.C.) in cui venne scoperta la precessione degli equinozi, i *Tang* (618 d.C. - 907 d.C.), le Cinque Dinastie (907 d.C. - 960 d.C.), i *Sung* (960 d.C. - 1279 d.C.) e gli *Yuan* (1279 d.C. - 1368 d.C.).

Nonostante i numerosi conflitti che segnarono la storia della Cina, l'astronomia non venne mai abbandonata definitivamente e, anzi, la curiosità degli astronomi e il desiderio di avere dati sempre più precisi, portò a uno sviluppo tecnologico mirato.

---

<sup>2</sup> Useremo spesso il termine Cina in modo improprio per definire il regno dell'epoca senza tenere conto delle diversità regionali.

## Capitolo 2 Astronomia nel mondo Antico

### 2.2 Rapporto uomo-astronomia

Gli albori dell'astronomia risalgono, probabilmente, al III millennio a.C. quando piccole comunità di uomini iniziarono a osservare il cielo durante l'arco di un anno cercando di interpretare e dare un significato a ciò che vedevano. La funzione principale delle primissime osservazioni della volta celeste era di misura del tempo (alternanza giorno-notte, cicli lunare e solare e successiva stesura di calendari) accostata a quella profetica e divinatoria.

Per quanto riguarda la funzione sacrale, in Cina le prime testimonianze di queste pratiche giungono dal ritrovamento di ossa oracolari, gusci di tartaruga o ossa di piccoli animali sulle quali si applicavano, per mezzo di un carbone ardente, delle screpolature. Queste, insieme alla lettura delle stelle e dei corpi celesti allora conosciuti, venivano successivamente lette ed interpretate dall'indovino il quale, numerose volte, coincideva con il sovrano regnante. La caratteristica principale di questi reperti è che presentano su di essi sia le annotazioni relative al rito e il nome dell'indovino stesso, sia l'esito della lettura o la data del rituale. La scoperta di questi oggetti ha dato non solo testimonianze dirette del periodo della dinastia *Shang*, ma anche un ampio vocabolario dell'epoca (quasi 4000 caratteri) agevolando così lo studio di svariati frammenti di testi antichi.



*Figura 1 Osso oracolare rinvenuto ad Anyang, nella provincia Henan. La scoperta di questo reperto portò, tra il 1928 e il 1937, all'avvio di numerose campagne archeologiche le quali portarono alla luce quasi 20000 oggetti simili.*

In tempi remoti il re veniva considerato, come in altre civiltà, il Figlio del Cielo (*tianzi*) e il suo mandato, ovvero il diritto di governare, era divino (*tiangming*). Lo stretto rapporto tra governante e

cielo si protrarrà per tutto il corso della storia cinese mettendo in evidenza una delle caratteristiche principali degli astronomi del tempo: la sistematica e costante osservazione della volta celeste. Tra le stelle era infatti possibile codificare il volere e il giudizio divino e il re, insieme a pochi funzionari, era la figura investita di questo privilegio; eventi di natura straordinaria (comete, eclissi, novae) venivano interpretati come ammonimenti o castighi nei confronti di un cattivo governo.

L'osservazione e lo studio dei cicli astronomici principali (lunare e solare) si collega in maniera naturale alla necessità di un calendario, alla compilazione dunque di un'opera che aiuti lo svolgimento corretto delle funzioni e dei riti civili. La cultura antica cinese si basava sull'agricoltura e sulla pastorizia ed era quindi fondamentale per l'epoca conoscere il ciclo delle stagioni, i momenti di semina e di scioglimento delle nevi.

Il calendario, per la sua importanza, veniva contrassegnato dallo stemma della casata che si impegnava a compilarlo. L'accettazione del calendario da parte del singolo rappresentava, nell'antica Cina, la sottomissione a quella specifica casata evidenziando ancora come la conoscenza dell'astronomia, seppure molto arcaica, venisse utilizzata come strumento di potere.

### 2.3 Il mito di *Yao* e lo “staff” astronomico

L'incarico d'indovino e di sacerdote da parte del regnante segna, nel corso della storia dell'astronomia cinese, lo stretto rapporto tra governo e astronomia. La testimonianza principale di questo legame si trova nel mito dell'Imperatore *Yao*, narrato nel primo capitolo del *Shu Ching* (Documenti), una raccolta di opere collocabili tra VIII-V secolo a.C. che descrivono la storia antica cinese. La leggenda narra che questo mitologico re diede il compito ai fratelli *Hsi* e *Ho* di calcolare la posizione del Sole, della Luna e delle stelle e, attraverso lo studio degli astri, erudire l'uomo sulle stagioni. Versioni successive del mito aumentano da due a quattro i personaggi incaricati dall'imperatore di recarsi ai quattro angoli del mondo per regolare il cammino del Sole ed evitare le eclissi (viste sempre come presagio malevolo<sup>3</sup>).

“L'astronomia è dunque la scienza segreta dei re-sacerdoti”<sup>4</sup>. Il popolo non aveva diritto, né aveva la possibilità, di conoscere nulla riguardo agli astri. Tuttavia, l'imperatore non avrebbe mai potuto governare e dedicarsi con diligenza alle osservazioni astronomiche nello stesso tempo. Nel *Chou Li*

---

<sup>3</sup> L' eclisse nella Cina della dinastia Han era chiamata “shih” che tradotto significa “mangiare”, ed è proprio di questo periodo la credenza che le eclissi fossero l'azione di un drago celeste che lentamente mangiava la Luna o il Sole. Fu probabilmente dal IV secolo a.C. che iniziarono le prime ricerche sistematiche per capire il fenomeno.

<sup>4</sup> La frase è attribuita al sinologo tedesco Richard Wilhelm, citato da Needham in *Scienza e civiltà in Cina* volume 3.

(Documento sui riti di Chou), opera del II secolo a.C., viene descritto un gruppo di quattro figure che, insieme, rappresentano un vero e proprio “team”, le cui mansioni erano estremamente mirate. Troviamo infatti il *Fong Siang Chi*, ovverosia l’astronomo reale, che aveva il compito di seguire e annotare tutte le notti i movimenti degli astri e della Luna, nonché calcolare la posizione del Sole durante il giorno, con particolare attenzione negli equinozi e nei solstizi. Egli aveva anche l’arduo compito di stesura del calendario. Accanto all’astronomo troviamo l’astrologo, *Pao Tchang Chi*, che, sempre mediante l’osservazione dei corpi celesti, aveva il compito di auspicare la buona o cattiva sorte oltre a predire eventuali catastrofi naturali. Accanto a queste due fondamentali figure vi sono poi una sorta di meteorologo (*Chi Chih*) addetto anche all’osservazione delle eclissi e il funzionario della clepsydra (*Chhieh Hu Chi*), ovvero orologi ad acqua usati per scandire il tempo in modo regolare. E’ chiaro dunque che l’osservazione e la raccolta dei dati erano operazioni fondamentali nella Cina antica e medioevale – essa è infatti la cultura con il più grande archivio della storia<sup>5</sup> -tanto che si arrivò a una vera e propria èquipe imperiale tenuta gelosamente all’interno delle mura del palazzo.

### 2.3 Il Calendario e il sistema Gan-Zhi

La stesura di un calendario è una pratica che accumuna moltissimi popoli ed in Cina era estremamente importante perché decretava il potere del sovrano, oltre a regolare festività e riti civili. Grazie alle ossa oracolari possiamo collocare i primi calendari già nel 1400 a.C. (anche se non si possono escludere ipotesi di calendari anteriori molto meno precisi), epoca corrispondente alla dinastia *Shang*. Si trattava di calendari basati sul ciclo lunare e sulla durata di una lunazione media di 29,5 giorni. Tuttavia il ciclo delle stagioni è collegato al moto di rivoluzione del Sole (il valore attuale è di 365,2422 giorni), risultando così più “utile” ai fini pratici rispetto a quello lunare. Così cominciò in Cina il tentativo di risoluzione di un problema che accompagnerà per moltissimi secoli tutto l’apparato scientifico, cioè trovare un accordo tra il moto di rivoluzione lunare e quello solare. Purtroppo i due cicli sono incommensurabili e quindi la stesura di un calendario luni-solare era possibile solo con alcuni accorgimenti artificiali, come l’aggiunta di eventuali giorni o mesi intercalari per far quadrare i conti e far cadere l’inizio dell’anno sempre nello stesso giorno<sup>6</sup>.

---

<sup>5</sup> L’archiviazione cinese fu un’opera incredibile e dimostra la grande accuratezza e precisione con la quale gli astronomi tabulavano ogni cosa. E’ incredibile come tanto materiale sia sopravvissuto fino ai giorni nostri avendo attraversato momenti molto difficili come ad esempio nel 213 a.C. quando l’imperatore Qin Shi Huang-ti, influenzato dalle continue richieste dei pensatori dell’epoca, ordinò la distruzione di tutti i libri di storia, filosofia e astronomia considerati inutili.

<sup>6</sup> Questo aggiustamento artificiale venne adottato da altre civiltà arcaiche come ad esempio i Babilonesi.

Le continue e metodiche osservazioni cinesi portarono, nel VI-V secolo a.C., alla stesura di un calendario basato sul concetto di “*er-shi-si jie-qi*”, ovvero “ventiquattro parti quindicinali” (Ronan, 1997). L’anno veniva diviso in 12 parti, i *chung-c’hi* (Biemont, 2005), della durata di 30,4375 giorni, che a loro volta vengono divise in due parti, i *chieh*, di 15,219 giorni ciascuna. E’ proprio attraverso questa suddivisione che i cinesi scoprirono un ciclo della durata di 19 anni, nei quali le fasi lunari si ripresentavano nelle stesse modalità rispetto all’anno solare; in particolare determinarono che 19 anni solari medi corrispondono quasi perfettamente a 235 lunazioni medie (lo scarto è di circa 2h e 5min). Questo è il ciclo metonico, scoperto in Grecia da Metone di Atene un secolo dopo rispetto agli astronomi cinesi. Inoltre essi notarono che 228 *chung-c’hi* corrispondevano a 235 lunazioni complete. Ricalcolarono dunque il mese sinodico trovando il valore di 29,53085 giorni, un numero molto più preciso di quello di Metone e identico a quello di Callippo<sup>7</sup> (Biemont, 2005).

La grande mole di dati di cui disponevano i cinesi portò a ulteriori perfezionamenti dei calendari durante la dinastia *Tang*. Nel VI e nel VII secolo d.C. infatti furono introdotte le correzioni al calendario riguardo il moto irregolare del Sole lungo l’eclittica e l’irregolarità dei moti lunari.

Il perfezionamento del calendario continuò fino al XIII-XIV secolo d.C., corrispondenti alle dinastie *Yuan* e *Ming*, indicando la ricerca continua, e quasi ossessiva, degli astronomi cinesi.<sup>8</sup>

---

<sup>7</sup> La citazione di Biemont vuole evidenziare il confronto tra due culture significative dell’epoca anche se il ciclo di Metone era conosciuto già dal VI secolo a.C. dalla civiltà babilonese e utilizzato poi dalla cultura ebraica per la realizzazione del calendario in uso ancora oggi.

<sup>8</sup> Oggi la Cina utilizza il nostro stesso calendario (Gregoriano) anche se, per tradizione, viene accostato al tradizionale calendario cinese, ovvero un’opera molto antica composta da un ciclo di 19 anni, con dodici anni composti da 12 mesi e i rimanenti da 13 così da regolare e permettere l’inizio dell’anno sempre nella stessa data.



## Capitolo 3 Strumenti e Tempo

### 3.1 Lo Gnomone e la Misura dell'anno Tropicico

Lo gnomone è sicuramente uno degli strumenti di misurazione più antichi. Esso non è altro che un bastone o uno stilo di altezza nota (i cinesi adottarono uno stilo lungo 8 *chi*, corrispondente a circa 2,5 m), collocato perpendicolarmente rispetto al suolo con il quale si misura l'ombra del Sole proiettata sul terreno. Nella cultura cinese lo gnomone era usato con estrema accuratezza nei solstizi e negli equinozi. La sua caratteristica fondamentale infatti è che la lunghezza dell'ombra varia nel corso della giornata e dell'anno: essa avrà il suo massimo durante il solstizio d'inverno quando il Sole è più basso rispetto l'orizzonte, mentre sarà minima al solstizio d'estate, e sarà uguale nei due equinozi.

Grazie allo gnomone è possibile anche la determinazione dei punti cardinali: lo si può fare tracciando una circonferenza e posizionando lo gnomone nel suo centro. L'ombra proiettata dovrà essere osservata all'alba e al tramonto. Segnando poi i punti di intersezione ombra-circonferenza e tracciando una linea che colleghi i punti designati, si ottiene l'asse Est-Ovest (Treccani, 2001).



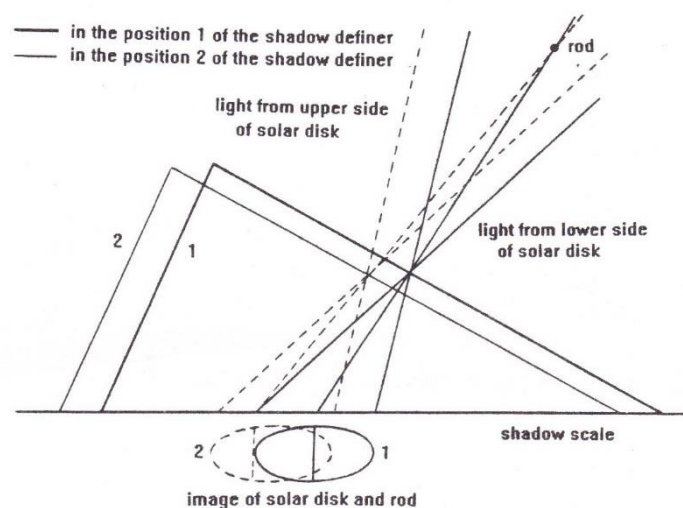
Figura 2 Torre di Dengfeng, nella provincia di Henan. Conosciuta anche come Osservatorio di Gaocheng, venne costruito per ordine dell'imperatore Kublai Khan. Si notano la scala graduata e la corda tesa alla sommità della struttura.

Un altro utilizzo dello gnomone permette anche il calcolo dell'eclittica, cioè dell'inclinazione dell'asse terrestre rispetto al piano orbitale (circa  $23,5^\circ$ ) e il calcolo dell'anno tropico, ossia il tempo necessario perché il Sole torni nella stessa posizione in cielo. Si deve a *Guo Shoujing*, astronomo reale della dinastia *Yuan* vissuto dal 1231 al 1316 d.C., il calcolo, quasi perfetto, della durata dell'anno tropico. A questo scopo, fece erigere nel 1276 una torre,

l'osservatorio *Denfeng* nella provincia di *Henan*, alta 12 m, che svolgeva la stessa funzione di uno gnomone. La struttura principale della torre era sormontata da due stanze tra le quali si faceva passare una corda, parallela al suolo, mentre di fronte la torre si posizionava una scala graduata, lunga circa 40 m e disposta lungo il meridiano. Per il completo funzionamento dello strumento si utilizzava anche il

“definitore d’ombra” (figura 3, shadow definer, Li Qibin, 1997), una piastra mobile di rame di forma triangolare che veniva posizionata sopra la scala graduata, forata su un lato.

L’utilizzo di tale strumento permise a *Shoujing* di avere una chiara misura dell’ombra proiettata, cosa non possibile con l’utilizzo di uno gnomone standard a causa della penombra diffusa che il disco solare forma sul bordo.



*Figura 3 Schema esplicativo del funzionamento dello "shadow definer" di Guo Shoujing. L'ellisse che si formava all'interno dello strumento serviva a far coincidere il foro dello strumento, la corda tesa e il disco solare; una volta che questi tre elementi fossero stati allineati si otteneva una sola chiara ellisse e si poteva quindi procedere con la misura. (Li Qibin, 1997)*

Il procedimento era quindi quello di misurare la lunghezza dell’ombra del sole usando l’allineamento di tre componenti: forellino, centro del disco solare e corda. Quando l’ellisse, immagine del Sole, che si veniva a formare sulla scala era divisa a metà dall’ombra della corda allora si registrava la misura. Grazie a questo meccanismo *Guo Shoujing* riuscì a calcolare l’anno tropico attribuendogli un valore di 365,2425 giorni, lo stesso valore che si usa nel calendario Gregoriano con la differenza che l’astronomo cinese lo scoprì circa 300 anni prima e con un errore rispetto alle più moderne stime di soli 26 secondi.

Lo gnomone era stato utilizzato anche tra il 721 d.C. e il 725 d.C. dagli astronomi *Yi Xing* e *Nangong Yue* per misurare la lunghezza di un arco di meridiano (Ronan, 1997). Il progetto consisteva nella misurazione simultanea della lunghezza dell’ombra proiettata dallo gnomone standard al solstizio d’inverno e d’estate da più punti osservativi, non perfettamente allineati lungo la direzione Nord-Sud,

ma abbastanza numerosi da coprire una vasta area. Il confronto e il successivo calcolo portarono ad un risultato sbagliato (1° corrispondeva secondo la misurazione a 155 Km, mentre il valore vero è di 111 Km) ma la grandiosità del progetto in quest'epoca storica non deve essere per nulla sottovalutata.

### 3.2 La Sfera Armillare

In Cina, la sfera armillare veniva chiamata *hun yi*, ovvero “strumento della sfera celeste” e si compone di una serie di cerchi, fissi e mobili, rappresentativi dei massimi cerchi di interesse astronomico (eclittica, equatore celeste, etc). La sua invenzione viene attribuita a *Loxia Hong* nel 104 a.C. ed era probabilmente composta solo da due cerchi rappresentanti l'equatore celeste e un meridiano. Con il prosieguo delle osservazioni vennero aggiunti altri cerchi significativi: *Geng Shouchang* nel 52 a.C. aggiunse un anello equatoriale fisso, nell'84 d.C. si aggiunse l'eclittica mentre, nel 125 d.C., *Zhang Heng* aggiunse due anelli con funzione di orizzonte e circolo verticale<sup>9</sup>. (Ronan, 1997)



Figura 4 Riproduzione dello strumento semplificato di Guo Shoujing, *jian yi*. Nella parte superiore si può notare la struttura puntata verso il Polo Nord Celeste, mentre il cerchio in posizione verticale serviva per il calcolo dell'azimut.

Il grande sviluppo di questo strumento si ebbe con *Guo Shoujing*, nel 1270 d.C., che semplificò la sfera armillare utilizzando solo un cerchio tale per cui il suo asse di rotazione fosse parallelo all'asse polare. In Cina è conosciuto come *jian yi*, “strumento semplificato”<sup>10</sup>. Con esso era possibile, grazie ad un cerchio verticale, la determinazione dell'altezza e dell'azimut, oltre ad avere una graduazione che definiva le case lunari al momento dell'osservazione. Questo è il primo esempio nella storia di montatura

<sup>9</sup> In Grecia la sfera armillare era stata inventata e usata già da Eratostene, a cui si attribuisce l'invenzione di questo strumento nel 255 a.C. Dalla bibliografia consultata non è emersa evidenza di scambi culturali con la Cina in questo e nei successivi due secoli, anche se non è da escludere a priori non essendoci prove consistenti che neghino questa possibilità.

<sup>10</sup> Molte delle opere di Guo Shoujing ci sono pervenute grazie alla dinastia Ming (la successiva alla Yuan di Guo) che ripresentò gli strumenti utilizzati dal grande astronomo. Anche la Corea ebbe un ruolo chiave con il re Sejong il quale, spinto da un desiderio di rilancio scientifico e tecnologico del suo paese, ordinò di costruire gli strumenti di Shoujing e di utilizzarli e studiarli nella sua corte.

equatoriale (per avere apparecchiature basate sullo stesso principio in Europa bisognerà aspettare le armille equatoriali di Tycho Brahe).

### 3.3 La misurazione del tempo: le clepsydrae

La misurazione del tempo è una pratica comune a tutti i popoli del mondo antico, e anche in Cina uno dei primi strumenti atti a questa funzione era l'orologio solare, ovvero l'evoluzione dello gnomone. Infatti, esso non è altro che lo strumento di misura dell'ombra circondato però da una scala graduata che segnava l'ora. L'utilizzo di questo strumento è certamente collocabile in tempi piuttosto remoti dato il particolare interesse per lo studio delle ombre. Tuttavia l'orologio solare non venne mai abbandonato, anzi, ne vennero progettati sempre più complessi tanto da arrivare, durante la dinastia Song (XII-XIII d.C.), a un particolare orologio equatoriale che possiamo definire "doppio" dato che era possibile la lettura su due diverse superfici: è una meridiana equatoriale. La struttura è inclinata della stessa gradazione dell'eclittica, mentre lo stilo è perpendicolare al piano in direzione del Polo Nord Celeste. In particolare, quando era estate e il Sole si muove al di sopra dell'equatore celeste le osservazioni venivano effettuate nella parte superiore dello strumento, mentre in inverno si guardava quella inferiore. (Ronan, 1997)



Figura 5 Rappresentazione del XIII-XIV secolo d.C. di una clessidra con plurimi serbatoi ausiliari. Questo tipo di strumento fa parte della categoria: clessidre a deflusso.

Un po' più ingegnose, ma non esclusive della Cina, erano le *clepsydras*, primitivi orologi ad acqua che sfruttavano il deflusso di una nota quantità di fluido per scandire precisi intervalli di tempo. I cinesi utilizzarono questo meccanismo già dal VII secolo a.C. Esistono due tipi di orologi ad acqua: quelli a deflusso e quelli ad afflusso. I primi sfruttavano un recipiente di capienza nota su cui si praticava un forellino da cui si faceva fuoriuscire l'acqua e, per mezzo di una scala graduata, si misurava allora l'intervallo di tempo. I secondi invece consistevano sempre in un recipiente d'acqua, questa volta integro, entro cui si collocava un secondo recipiente più piccolo forato. Conoscendo le caratteristiche di questa tazza bucata era possibile misurare gli intervalli di tempo di fuoriuscita dell'acqua. Entrambi i metodi però sono affetti da errori non trascurabili, a causa di svariate problematiche: al variare del livello dell'acqua varia anche la velocità di afflusso e deflusso comportando

quindi un'irregolarità evidente; inoltre si può avere la perdita di una porzione di acqua per evaporazione e, a basse temperatura, il flusso d'acqua può stagnare o, addirittura, congelare. Furono così attuati degli stratagemmi per cercare di migliorare la calibrazione degli strumenti. Per regolare il flusso d'acqua venne installata una catena di serbatoi secondari che alimentavano il serbatoio sottostante. In questo modo, più serbatoi si fossero utilizzati, più regolare sarebbe stata la misurazione. Altra ingegnosa soluzione fu quella di sostituire l'acqua con il mercurio.

La più grande opera di orologeria della Cina è sicuramente la torre di *Kaifeng*, costruita da Su Song tra il 1088 e il 1090 d.C., alta 12 m, costituita da due piani e sormontata da una piattaforma aperta su cui poggiava una sfera armillare (Needham, 1985). La meraviglia di questa costruzione stava però al suo interno e precisamente nel meccanismo: al primo piano c'era il motore, costituito da una ruota idraulica messa in moto da un getto d'acqua regolato da un sistema di serbatoi ausiliari, che metteva in moto un globo celeste posizionato al piano superiore. Inoltre sulla piattaforma ruotava anche la sfera armillare che permetteva così seguire i moti degli astri in cielo (Ronan, 1997), anche se è molto probabile che un meccanismo del genere portasse a un errore non trascurabile.



*Figura 6 Torre orologio di Kaifeng. In questa illustrazione si può notare il complesso meccanismo che metteva in funzione il globo celeste e la sfera armillare alla sommità della struttura.*

Questo è il primo esempio di orologio meccanico della storia. Purtroppo l'opera non esiste più al giorno d'oggi.

### 3.4 Mappe Stellari e suddivisione del Cielo

La stesura di mappe raffiguranti il cielo è una pratica molto antica in Cina e venne coltivata al punto da renderla quasi un'arte. Prima di poter parlare di vere e proprie mappe e di catalogazione stellare però dobbiamo aspettare il IV-III secolo a.C. grazie al lavoro di *Shi Shen*, *Gan De* e *Wu Xian* che classificarono 1464 stelle raggruppate in 284 costellazioni<sup>11</sup>.

Esiste tuttavia un esempio di antichissima mappa celeste (III millennio a.C.), nella scogliera di *Jiangjunya*, nella provincia di *Jiangsu*, dove, su una parete di pietra, si trova un'incisione che

---

<sup>11</sup> Tra il 424 d.C. e il 453 d.C. l'astronomo Chen Zhuo unì, in un unico globo celeste, i lavori di Shi Shen, Gan de e Wu Xian attribuendo ad ognuno di loro colori diversi. Questo lavoro ha dato vita al così detto "cielo tradizionale" (Needham, 1985).

raffigura degli uomini intenti in qualche rito accompagnati da stelle brillanti. Si possono anche osservare il Sole e la Luna rappresentati in diverse posizioni, probabilmente a significare la loro diversa posizione durante il corso dell'anno e delle stagioni (è questa una delle caratteristiche che permette di definire “mappa” quest'incisione neolitica). Sembra inoltre che una parte dell'opera sia lucidata, cosa che probabilmente sta a indicare la Via Lattea, osservabile in cielo come una striscia biancastra. E' chiaro che l'incisione in sé non rappresenta una mappa, ma permette di comprendere che l'attenzione nella rappresentazione grafica del cielo nella cultura cinese è un interesse remoto che si è poi trasmesso nei secoli.

La più antica mappa stellare su carta che ci sia pervenuta risale al 700 d.C. ed è la rappresentazione di tutto il cielo. Essa viene da *Dunhuang* nella provincia di *Gansu* e si basa sul lavoro dell'astronomo reale *Qian Luozhi* (questi raccolse i dati fino allora tabulati e, nel 310 d.C., unì i diversi cataloghi disponibili). Non presenta un sistema di riferimento e quindi, sotto questo aspetto, pecca di precisione ma indica più di 1350 stelle suddivise in tredici sezioni.

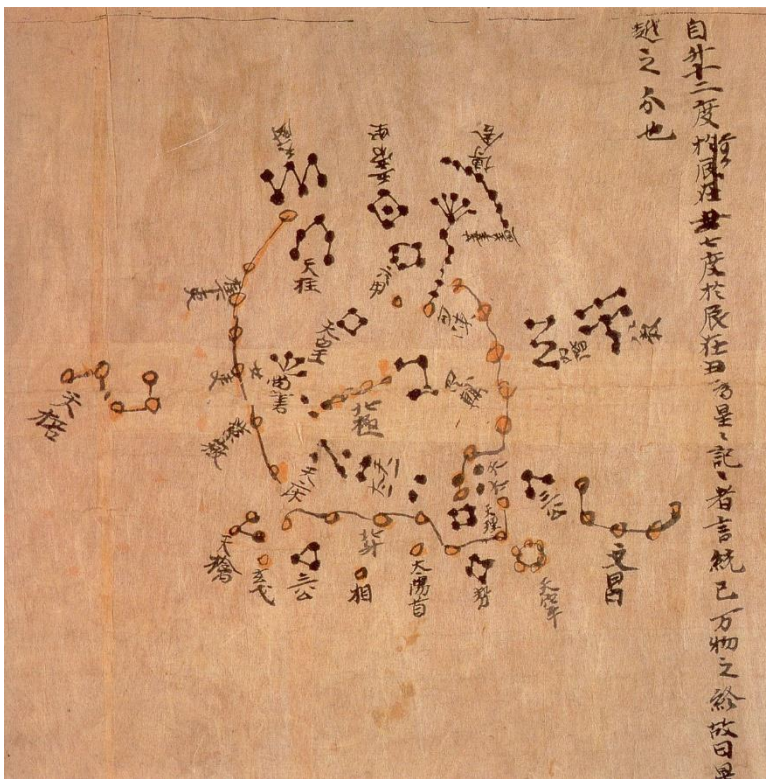


Figura 7 Sezione della carta stellare di Dunhuang rappresentante le principali costellazioni del polo nord celeste. L'intera mappa è un rotolo di pergamena di grandezza 390x25 cm. Si possono notare i diversi colori utilizzati per contrassegnare le stelle.

Per la compilazione di una carta o mappa stellare è necessario avere dei punti fissi in cielo, punti che possono essere usati come riferimenti per ogni diversa osservazione. Fondamentalmente è quindi una suddivisione del cielo. Una di queste è quello dei “Cinque Palazzi”, ovvero una ripartizione della sfera celeste in cinque regioni, a ciascuna delle quali era assegnato un nome ed un colore. La regione principale di questo schema è il “Palazzo della Tenuità Imperiale”<sup>12</sup>, che racchiudeva tutte le stelle che circondavano il Polo Nord celeste e quindi era formato da quelle stelle che vengono denominate circumpolari,

<sup>12</sup> Viene anche chiamato “Palazzo centrale” e rappresenta la dimora celeste dell'imperatore e della sua famiglia.

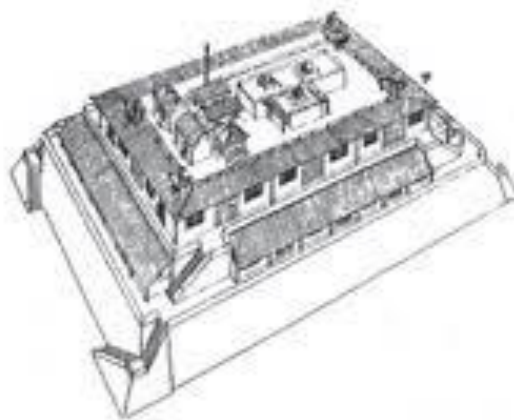
ossia stelle che non tramontano e non sorgono mai. Le altre quattro regioni rappresentavano i punti cardinali e sono: il Palazzo dell'est, Ovest, Sud e Nord simboleggiati rispettivamente dal Drago Azzurro, la Tigre Bianca, l'Uccello Vermiglio e il Guerriero Nero. Simile a questa è una suddivisione chiamata dei "Nove Campi", in cui una regione stava al centro e le altre a coronarla.

Esistono poi altri due schemi che, come riferimento, utilizzano due corpi celesti ben noti agli astronomi cinesi: Giove e la Luna. Il primo è la divisione dell'equatore celeste in 12 case, rappresentanti i dodici anni che impiega il pianeta a completare una rivoluzione attorno al Sole, il secondo invece, usato già nel V secolo a.C., divideva il cielo in 28 regioni diseguali, chiamate case lunari (il mese siderale dura 27,32 giorni medi).

### 3.5 L'osservatorio di Pechino

Per tutto il corso della sua storia la Cina è stata erosa dall'interno da continue lotte (per la maggior parte passaggi di dinastia), tuttavia questo non ha danneggiato la continuazione degli studi astronomici. L'importanza che i cinesi attribuivano allo studio del cielo andava, infatti, oltre i problemi degli uomini, e la massima espressione di questa caratteristica la si riscontra negli osservatori imperiali, edifici costruiti su ordine dell'imperatore del momento per concentrare gli uffici burocratici e scientifici.

Secondo alcune fonti gli osservatori cinesi vennero eretti già dal II secolo d.C., ma sarebbero andati distrutti non essendo sopravvissuti alle guerre. Tuttavia, nella località di Pechino, si erge ancora l'osservatorio astronomico datato 1279 d.C., costruito durante la dinastia Yuan.



*Figura 8 Osservatorio di Pechino durante la dinastia Yuan. Venne eretto nel 1279. La struttura è a tronco di cono e sulla sommità si trovavano gli strumenti osservativi.*

Quest'edificio dalla forma squadrata misura 60x45,5 metri di base e si erge su tre piani (il terzo è una terrazza aperta in cui si trovavano tutti gli strumenti osservativi), per un'altezza totale di poco più di 21 m. Al suo interno i vari piani sono divisi in stanze, ognuna delle quali aveva una diversa funzione. Al primo troviamo: l'ufficio del Presidente, la sezione calendaristica oltre a quella "temporale" e un magazzino per gli strumenti. Salendo si trovano i laboratori e la libreria. (Li Qibin, 1997)

All'epoca lavoravano all'interno della struttura quasi settanta persone, ognuna con incarichi ben specifici. Coloro i quali avevano il dovere di osservare il cielo avevano a disposizione una gamma enorme di strumenti, primo fra tutti il *Jianyi*, l'armilla semplificata, poi il *Gao-biao*, il grande gnomone, e lo *Yingfu*, il definitore d'ombra, tutti strumenti inventati o perfezionati dall'astronomo *Guo Shoujing*. In tutto si contavano 17 strumenti, tra i quali non mancavano le clessidre, tavole numeriche e globi celesti.

Grazie quindi all'apparato strumentale l'osservatorio di Pechino vide la registrazione di 1600 fenomeni celesti nell'arco di 88 anni, tra i quali eclissi lunari e solari, meteoriti, moti planetari e comete tra le quali quella di Halley del 1301, oltre alla pubblicazione di numerosi testi scientifici e un calendario importantissimo, il *Shoushi*, in cui *Guo Shoujing* presentò il suo calcolo per l'anno tropico (sez. Gnomone). (Li Qibin)

Gli osservatori d'epoca medioevale si presentano quindi come enormi banche dati e centri di ricerca avanzatissimi tecnologicamente e funzionanti in tutte le ore del giorno (sezione burocratica e sezione scientifica).



## Capitolo 4 Cosmologia

### 4.1 Kai T'ien

Letteralmente viene tradotto con “il cielo come un manto” e probabilmente fu la prima idea di universo su modello matematico partorita dalle menti cinesi attorno al III secolo a.C. (Needham, 1985). Con modello matematico si vuole indicare una delle caratteristiche chiave della cosmologia cinese: l'assenza di concetti fantastici e folkloristici, come l'intervento di entità superiori, oltre al fatto di non ricercare un'origine dell'universo ma limitarsi alla stesura di uno schema che possa mettere in relazione la grande mole di dati raccolta e tabulata nei secoli precedenti. Cielo e Terra vengono considerati come cupole concentriche, il primo in rotazione rispetto all'asse polare mentre la seconda ferma al di sotto, attorno alla Terra e in corrispondenza dell'orizzonte, il tutto è circondato da un gigantesco oceano.

Nel *Chou pi suan ching* (Il classico aritmetico dello gnomone di Chou) si può trovare l'intera stesura di questo schema, nonché il metodo con cui gli astronomi si cimentarono a misurare le grandi distanze di questo spazio in cui vivevano. Attraverso l'uso dello gnomone e quindi del calcolo della sua ombra e all'utilizzo di teoremi sui triangoli simili e quello di Pitagora, i cinesi provarono a quantificare distanze come l'altezza del cielo, la distanza del Polo Nord Celeste e il diametro del Sole; inoltre formularono la teoria del moto del Sole.

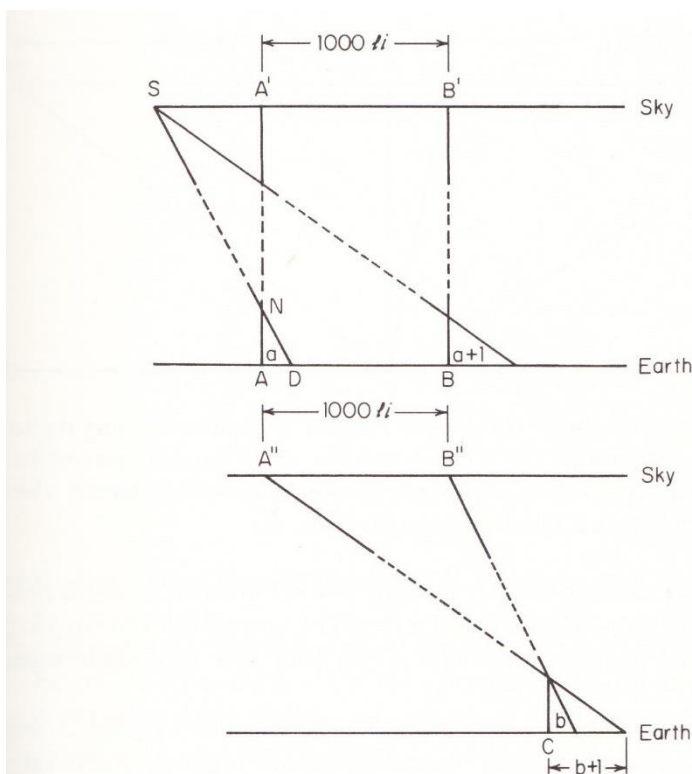


Figura 9 Schema illustrativo del concetto “I ts'un ch'ien li” alla base della teoria Kai T'ien. (Nakamura, 1969)

Il concetto base del Kai T'ien è il “I ts'un ch'ien li”, ovvero uno ts'un (circa 2,5 cm) fino 1000 li (circa 500 Km) (Nakayama, 1969). Il parallelismo tra Terra e cielo consente di avere uguali distanze ( $AB=A'B'$ ), il punto S rappresenta il Sole da cui partono i raggi che incontrano due gnomoni di altezze congruenti nei punti A e B. L'ombra proiettata nel punto A ha una lunghezza pari ad a, mentre in B (a 1000 li di distanza) l'ombra sarà di a+1, dove l'unità rappresenta uno ts'un. La seconda figura mostra come questo ragionamento possa essere applicato al Sole in due differenti posizioni durante l'anno. I

cinesi credevano che, mano a mano che ci si spostasse di 1000 *li* dal Polo Celeste, si sarebbe misurata una differenza di uno ts'un sull'ombra a terra, mentre ci sarebbe stata una diminuzione dello stesso valore se ci si fosse spostati di 1000 *li* a sud.

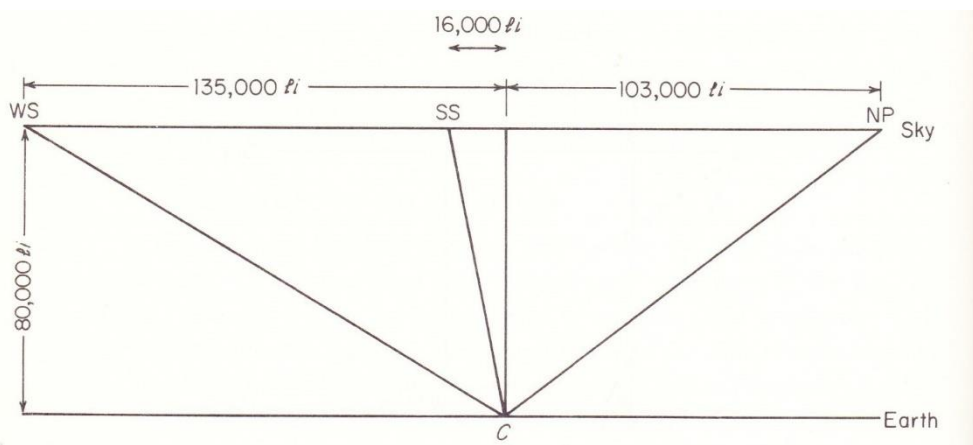


Figura 10 Schema illustrativo rappresentante il parallelismo tra cielo e terra oltre alle distanze fondamentali calcolate dagli astronomi cinesi. (Nakamura, 1969)

Facendo riferimento alla figura sopra abbiamo così l'altezza del cielo pari a 80000 *li* (circa 40000 Km) oppure la distanza del Polo Nord Celeste pari a 103000 *li* (51500 Km), calcolati prendendo in considerazione la posizione del Sole al solstizio d'inverno (punto WS) e al solstizio d'estate (punto SS), mentre il punto NP è il Polo Nord Celeste. Le distanze di 16000 *li* (8000 km) e 135000 *li* (67500 Km) rappresentate in figura sono le distanze orizzontali tra il sito di osservazione (punto C) e la posizione del Sole a mezzogiorno nei solstizi.

La luce del Sole veniva proiettata sulla Terra allo stesso modo di una lampada appesa al soffitto, illuminando solo una porzione pari a 167000 *li*, e si muoveva lungo traiettorie circolari, con centro il Polo Nord Celeste, che variavano durante il corso dell'anno. Quando ci si trovava al solstizio d'estate il Sole era più vicino al Polo, 119000 *li*, mentre al solstizio d'inverno si trovava nel circolo più distante, 238000 *li*. Agli equinozi il Sole si muoveva su traiettorie intermedie pari a 178500 *li* di distanza dall'asse di rotazione. Lo spostamento trasversale del Sole, quindi come passa da un circolo a un altro, non è menzionato nel testo originale.

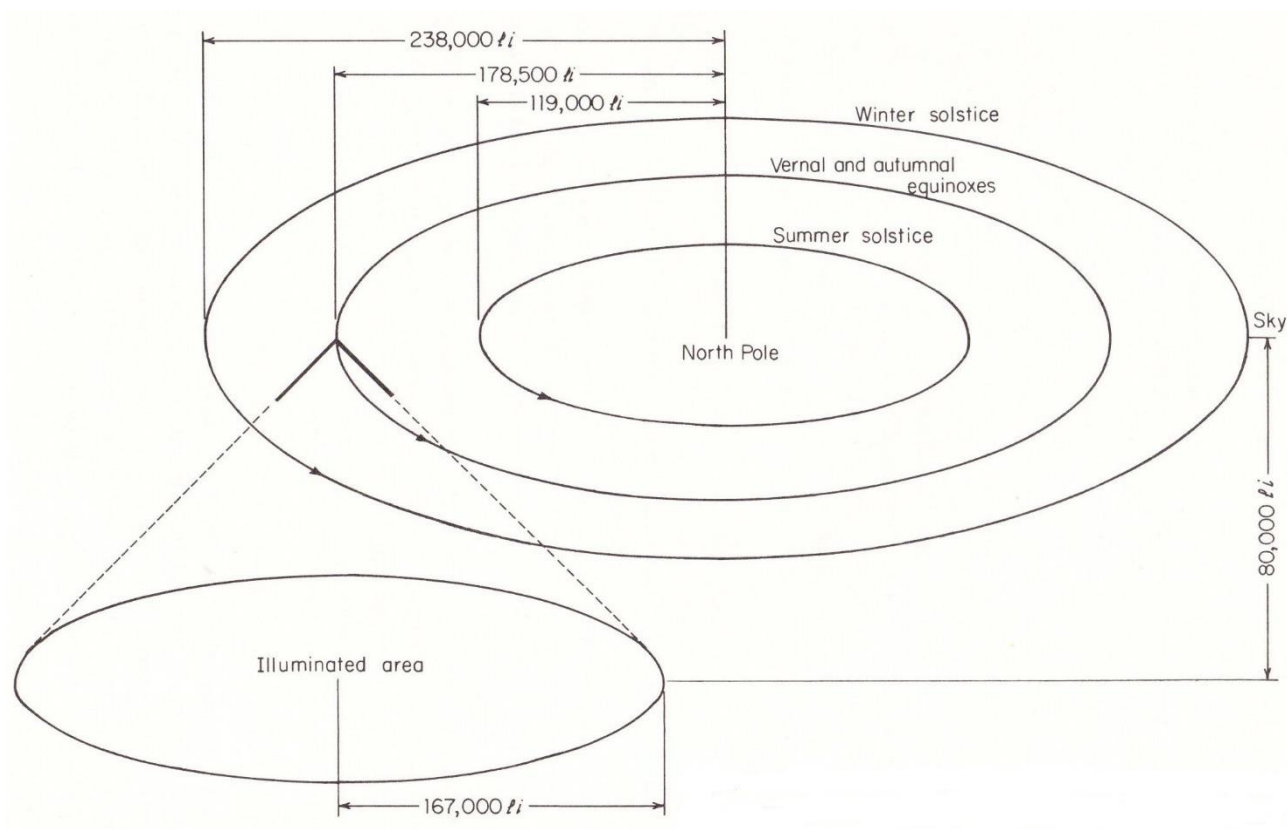


Figura 11 Schema riassuntivo dei moti del Sole e della sua illuminazione "a lampada".

#### 4.2 Hun T'ien

Lo studio della volta celeste con lo gnomone porta inevitabilmente a errori sistematici, causa la trasformazione di misure di spazi curvilinei (cielo) in misure lineari. Come già visto, intorno al I secolo a.C. nascono in Cina le armille sferiche, strumenti capaci di rappresentare e misurare in maniera più consistente la posizione degli astri in cielo. E' proprio in questo periodo (e fino al III secolo d.C. almeno) che nasce e si diffonde nell'Impero la teoria cosmologica *Hun T'ien*, "il cielo avvolgente".

Riportiamo qui le parole di *Zhang Heng*, astronomo reale e uomo d'ingegno del I secolo d.C., che nel suo *Ling Hsien* descrive la teoria e rappresenta la più antica testimonianza a noi pervenuta:

"La volta celeste è simile a un uovo di gallina e tonda come un proiettile di balestra; la terra è simile al tuorlo dell'uovo e giace sola nel centro. Il cielo è grande e la terra è piccola. All'interno della parte inferiore della volta celeste vi è acqua. La volta celeste è sostenuta dal vapore, la terra galleggia sulle acque" (Needham, 1985)

Così come nel *Kai T'ien*, anche il cielo avvolgente non parla di genesi né di interventi divini, oltre a descrivere un universo sempre limitato e circondato da un gigantesco oceano. La Terra immobile è posta al centro del tutto, mentre il motore è il vapore che muovendosi intorno, dà moto ai grandi astri.

Si è passati così da una rappresentazione piatta, o semi-sferica, a una completamente sferica, e proprio dalla teorizzazione di una forma sferica si ipotizzarono le grandezze (allo stesso modo del *Kai T'ien*) in gioco. Un grande contributo a questo proposito è stato quello di *Cheng Hsuan* (127 d.C.-200d.C.) che misurò la grandezza del cielo. Per farlo egli prese per vera l'altezza del cielo espressa nel *Kai T'ien*, ovvero 80000 li, considerò la sfericità del cielo stesso e misurò l'ombra di uno gnomone nel sito considerato il centro dell'universo (*Yang-ch'eng*). Con l'aiuto del teorema di Pitagora e l'assunzione che il Sole orbiti sempre alla stessa distanza dalla Terra, *Cheng* misurò il raggio dell'universo e lo moltiplicò per la costante che in Occidente chiamiamo pi-greco. Ottenne una circonferenza pari a 513687.68172 li. (in km sono 256843,84086).

Hsuan yeh

Parallelamente alla scuola *Kai T'ien*, tra il I secolo a.C. e il III secolo d.C., si venne a creare anche la scuola *Hsuan Yeh* che, diversamente dalle altre, non aveva alcuna base empirica né matematica, oltre al disinteressarsi di calcoli precisi. L'idea alla base di questa concezione rappresenta sicuramente una delle astrazioni più incredibili che l'uomo medioevale abbia immaginato. Lo schema infatti teorizzava un universo infinito e vuoto, ovvero un illimitato spazio in cui Sole, Luna e pianeti galleggiavano e venivano trasportati da un vento sotto forma di vapore, mentre il cielo non era altro che un'illusione portata dall'occhio umano.

“Essi dicevano che la volta celeste era vuota e priva di sostanza. Quando volgiamo in su lo sguardo verso di essa possiamo vedere che è immensamente alta e lontana, senza confine alcuno. [...] Il Sole, la Luna e la compagnia delle stelle fluttuano (liberamente) nello spazio vuoto muovendosi o stando immobili. Tutti sono vapore condensato. Così i sette corpi luminosi ora appaiono ed ora scompaiono, un tempo avanzano e un tempo retrocedono, ciascuno all'apparenza seguendo una diversa serie di regolarità [...]. La loro velocità dipende dalle singole nature, il che dimostra che non sono fissati ad alcunché, poiché se fossero allacciati al corpo del cielo, ciò non potrebbe essere.” (Needham, 1985)

Così scriveva *Ge Hong*, filosofo e alchimista del IV secolo d.C., riguardo al *Hsuan Yeh*, mettendo in evidenza i pilastri che rendono incredibile questa idea cosmologica.

Questo pensiero non ebbe gran fortuna e con il passare di qualche secolo scomparì completamente mantenendo però un grande valore sia storico che antropologico. Infatti lo Hsuan Yeh scardina tutte le caratteristiche che rendono uno schema “cinese”: a) calcolo e precisione non esistono, quasi non sono necessari, b) pensare di risiedere su un pianeta immerso in vuoto infinito è in contrapposizione con tutte le idee antropocentriche dell'epoca (sia in Cina che in Europa), c) è assente un ordine celeste

che metta in armonia i moti dei principali elementi luminosi del cielo, l'unico elemento è il vapore che spiega il moto.

Concludiamo con un piccolo passaggio attribuito al filosofo *Teng Mu* del XIII secolo d.C.:

“Il Cielo e la Terra sono grandi, e pur tuttavia nell’immensità dello spazio vuoto non sono che un granello di riso [...]. Lo spazio vuoto è come un regno e il cielo e la Terra non più di un singolo individuo in quel regno. [...] Quanto sarebbe irragionevole supporre che oltre al cielo e alla terra che ci è dato di vedere non vi siano altri cieli ed altre terre!” (Needham, 1985)

Per dare consistenza scientifica a un pensiero così profondo e grande bisognerà aspettare qualche secolo e qualche grande scoperta astronomica.

## Conclusioni

Il lavoro presentato ripercorre gran parte della storia cinese con argomento centrale l'evoluzione, strumentale e cosmologica, dell'astronomia. Si è visto come questa scienza fosse fondamentale in epoca arcaica e come poi questo carattere è riuscito a mantenersi per secoli, passando da gnomoni a osservatori imperiali e sfere armillari di notevole precisione.

I temi trattati sono stati scelti per avere il panorama più ampio possibile, così da presentare la cultura e le principali scoperte cinesi. Oltre gli argomenti, la stesura segue un carattere temporale per ogni capitolo permettendo così di seguire meglio gli avvenimenti dell'epoca.

Sono ancora moltissimi i dubbi e le mancate conferme su questa civiltà, soprattutto per le epoche più remote e per la distruzione di opere anche più recenti; sarebbe infatti interessante avere più dati riguardo eventuali scambi culturali con civiltà come quella babilonese, greca e araba, visto che, a priori, non possono essere escluse. Anche la parte strumentale necessiterebbe di uno studio più accurato data l'incredibile mole di strumenti a disposizione degli astronomi in Cina.

Per completare al meglio l'elaborato sarebbero necessari approfondimenti su tutti i temi trattati, cosa che richiederebbe uno specifico lavoro di ricerca e di studio delle fonti originali. Tuttavia questa breve rassegna ha cercato di fornire una panoramica quanto più completa possibile delle principali caratteristiche dell'originale storia astronomica della Cina.

## Bibliografia

Biémont Émile, *Ritmi del tempo, Astronomia e calendari*, Zanichelli Editore, Bologna, 2005

Chang Chia-Feng, Chen Meidong, Huang Yi-Long, Sun Xiaochun e Wang Rongbin, *La scienza in Cina: dai Qin-Han ai Tang. Il cielo*, [www.treccani.it](http://www.treccani.it), 2001

Cullen Christopher, *Astronomy and mathematics in ancient China: the Zhou bi suan jing*, Cambridge Press, New York, 1996

Li Qibin, *Application of pinhole imaging principle in Guo Shoujing's measurements of tropical year*, in Nha Il-Seong e Stephenson F. R. (edited by), *Oriental astronomy from Guo Shoujing to King Sejong*, Yosei University press, Seoul, 1997

Li Qibin, *Beijing astronomical observatory in the Yuan dynasty*, in Nha Il-Seong e Stephenson F. R. (edited by), *Oriental astronomy from Guo Shoujing to King Sejong*, Yosei University press, Seoul, 1997

Nakayama Shigeru, *A history of japanese astronomy, Chinese background and western impact*, Oxford University press, Londra,

Needham Joseph, *Scienza e civiltà in Cina, Volume Terzo: La matematica e le scienze del cielo e della terra*, Giulio Einaudi editore, Torino, 1985

Pigatto Luisa e Zanini Valeria (a cura di), *Astronomy and its instruments before and after Galileo*, Cooperativa Libreria Università di Padova, Padova, 2010

Ronan Colin, *Astronomia in Cina, Corea e Giappone*, in Walker Christopher (a cura di), *Astronomia prima del telescopio*, Dedalo, Bari, 1997

Scarpari Maurizio, *I greci nell'esercito di terracotta. Scambi tra Cina e Grecia lungo la via della seta*, in "Corriere della Sera", 2016

Sivin Nathan, *Cosmos and computation in early chinese mathematical astronomy*, Brill, Leiden, 1969