

El “Kitab al-‘Amal Bi-al-‘Asturlab”(Llibre de l’ús de l’astrolabi) d’Ibn al-Samh. Edició, traducció i estudi

Maria Mercè Viladrich iGrau

ADVERTIMENT. La consulta d’aquesta tesi queda condicionada a l’acceptació de les següents condicions d’ús: La difusió d’aquesta tesi per mitjà del servei TDX (www.tesisenxarxa.net) ha estat autoritzada pels titulars dels drets de propietat intel·lectual únicament per a usos privats emmarcats en activitats d’investigació i docència. No s’autoritza la seva reproducció amb finalitats de lucre ni la seva difusió i posada a disposició des d’un lloc aliè al servei TDX. No s’autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant al resum de presentació de la tesi com als seus continguts. En la utilització o cita de parts de la tesi és obligat indicar el nom de la persona autora.

ADVERTENCIA. La consulta de esta tesis queda condicionada a la aceptación de las siguientes condiciones de uso: La difusión de esta tesis por medio del servicio TDR (www.tesisenred.net) ha sido autorizada por los titulares de los derechos de propiedad intelectual únicamente para usos privados enmarcados en actividades de investigación y docencia. No se autoriza su reproducción con finalidades de lucro ni su difusión y puesta a disposición desde un sitio ajeno al servicio TDR. No se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al resumen de presentación de la tesis como a sus contenidos. En la utilización o cita de partes de la tesis es obligado indicar el nombre de la persona autora.

WARNING. On having consulted this thesis you’re accepting the following use conditions: Spreading this thesis by the TDX (www.tesisenxarxa.net) service has been authorized by the titular of the intellectual property rights only for private uses placed in investigation and teaching activities. Reproduction with lucrative aims is not authorized neither its spreading and availability from a site foreign to the TDX service. Introducing its content in a window or frame foreign to the TDX service is not authorized (framing). This rights affect to the presentation summary of the thesis as well as to its contents. In the using or citation of parts of the thesis it’s obliged to indicate the name of the author.

EL “KITĀB AL-^cAMAL BI-L-ASTURLĀB“
(LLIBRE DE L'ÚS DE L'ASTROLABI)
D'IBN AL-SAMḤ
EDICIÓ, TRADUCCIÓ I ESTUDI

Tesi de Doctorat dirigida pel
Dr. JOAN VERNET i GINÉS

MARIA MERCÈ VILADRICH I GRAU

Barcelona, desembre de 1984

Al meu pare

i a la meva mare

ES DIU D'UN SAVI QUE FOU VIST
AMB UN ALCORÀ A LA SEVA DRETA
I UN ASTROLABI A LA SEVA ES-
QUERRA, QUAN LI PREGUNTAREN
QUINA RAÓ L'IMPULSAVA A TENIR
AMBDUES COSES A PROP SEU, VA
CONTESTAR: " AMB L'ALCORÀ RE-
CITO LA PARAULA DE DÉU, I AMB
L'ASTROLABI REFLEXIONO SOBRE
LA CREACIÓ DE DÉU, PERQUÈ HEU
DE SABER QUE L'ASTRONOMIA ÉS
UNA FORMA D'ADORAR-LO".

(De les *Memòries* d'Abd Allāh,
rei de Granada, 1075-1090).

INTRODUCCIÓ

0. Introducció.

0.1. Motiu i gènesi.

L'objectiu d'aquest estudi és l'edició i el comentari d'un tractat d'ús d'astrolabi planisfèric medieval. El propòsit no hauria estat possible sense haver-me procurat una certa experiència pràctica i alguns coneixements que responen a les següents preguntes: Què és i com es construeix un astrolabi? Com funciona i perquè serveix? En primer lloc, vull explicar com tot això ha estat possible esperant fer més entenedor el perquè un estudiant d'Història Medieval se sent força motivat per un astrònom cordovès que va néixer ja fa més de mil anys i vol endinsar-se en els seus coneixements.

Penseu ara en la meua circumstància d'aquest estiu darrer, d'aïllament prolongat, quan tot treballant en la tesi tenia la companyia constant de molts de llibres i papers, una calculadora programable i una màquina d'escriure elèctrica. A vegades, i a fi d'esbargir-me una mica, connectava el televisor. Comprovava aleshores com d'altres nois i noies com jo iniciaven a Los Angeles una nova diada d'esforç i superació mentre jo, a la meua ciutat en descans, podia participar de la seva il·lusió "via satèl·lit". Davant d'aquests fets, beneficiant-me de l'enginy i la inventiva de l'home, pensava en allò que m'han ensenyat els meus professors: a veure el procés històric com a ininterromput, com un fil que descabdellen la continuïtat i el canvi. Tots plegats, com a historiadors, admetem que la nostra disciplina ha de servir-nos per a obrir els ulls i la consciència al nostre entorn i que el propòsit de comprendre el passat ha de significar una millor comprensió del present i del futur. Si pensem que aquest darrer és força abocat a la tecnificació ampla, ha de vibrar en els historiadors, sens dubte, l'interès pels que han estat antecessors dels científics d'avui.

A les pàgines que segueixen trobareu l'estudi d'una obra d'un astrònom andalusí conegut per Ibn al-Samh, que va morir l'any 1035. L'obra és un tractat sobre l'ús de l'astrolabi, un instrument astronòmic basat en la projecció estereogràfica de l'esfera celest que fou teoritzat pel savi Ptolemeu d'Alexandria i desenvolupat pels científics àrabs a Orient i a Occident. He preparat l'edició del text àrab, l'he traduït al català i he mirat

de fer entenedor el seu contingut. Però això ha suposat un cert temps de treball previ i destaco aquí aquest fet perquè no és gens casual que aquesta tesi tracti sobre l'astrolabi, ni que sigui llegida avui a Barcelona. Vull mostrar-ho explicant un seguit de circumstàncies que han conformat l'obra i, sense més dilatoria, començaré per les que m'hàn estat més properes.

Vaig anar familiaritzant-me amb aquest instrument astronòmic assistint al curs del Dr. Juli Samsó sobre Història de la Ciència Medieval, a la Facultat de Lletres de la Universitat Autònoma de Barcelona. Al llarg d'aquella assignatura profitosa vam començar a analitzar els textos sobre construcció i ús d'astrolabi del Manuscrit 225 del Scriptorium de Ripoll, avui a l'Arxiu de la Corona d'Aragó, i d'altres textos hispànics sobre aquest instrument, en llengües llatina i romanç castellà, coneguts bé a la Marca Hispànica bé a Castella entre els segles X i XIII. Apreníem aleshores a valorar la importància que tingué l'astrolabi i la seva divulgació amb el coneixement de la ciència àrab al món cristià medieval car era l'objecte de les primeres traduccions de textos científics de l'àrab al llatí que podem conèixer perquè van conservar-se al Monestir de Ripoll. Ens motivava especialment arribar a destriar l'origen dels llibres de construcció i ús d'astrolabi d'Alfons X el Savi, atesa la proximitat del setè centenari de la seva mort, que s'acompleix enguany. Per tant accedírem també als textos dels astrònoms i matemàtics de l'escola de Maslama al-Mağrībī (m. 1007) de què Ibn al-Samh fou membre.

Fruit d'aquell treball va ésser la Memòria de Llicenciatura que varem presentar junt amb el meu company, amic estimat, Ramon Martí, D'això fa no més dos anys, car m'estic referint als darrers cursos de carrera a la Universitat Autònoma de Barcelona, on l'interès d'ambdós estudiants per la Història d'al-Andalus ha rebut estímuls constants al costat dels Drs. Miquel Barceló i Juli Samsó, mentre hem accedit a un millor coneixement de la Marca Hispànica i la Catalunya Medieval a la vora dels Drs. Manuel Mundó i Frederic Udina, que varen introduir-nos en la documentació medieval dels arxius catalans. A tots ells vull manifestar-los aquí la meva estimació per tot allò amb què han contribuït a la meva formació amb una concepció molt oberta del medievalisme.

Va ser aleshores quan vaig començar a estudiar la llengua àrab i, més endavant, treballant ja en la publicació d'aquella tesina, el Dr. Juli Samsó em va suggerir l'interès de començar a llegir el tractat d'Ibn al-Samh, objectiu d'aquest estudi, que ara puc presentar mercès a alguns fets que descriuré tot seguit. En efecte, he dit mésamunt que no és casual que aquesta tesi es llegeixi a Barcelona car aquesta ciutat és, a hores d'ara, la seu d'una escola d'historiadors de la ciència que inicià J.M. Millàs i que ha tingut continuïtat a l'entorn del Departament de Llengua Àrab i Islam de la Universitat de Barcelona. La Història de L'Astronomia és un dels aspectes que ha rebut més dedicació especial entre els seus membres, de manera que hom disposa avui de molta bibliografia especialitzada sense la qual no hauria estat possible l'estudi que vaig proposar-me. També m'ha estat imprescindible la seva producció pròpia, centrada, en els darrers anys, en l'obra astronòmica d'Alfons X i, molt especialment, l'Assaig d'Història de les Idees Físiques i Matemàtiques a la Catalunya Medieval, que publicà J.M. Millàs el 1931 i que és avui un clàssic de la nostra historiografia*. Us prego que no hi llegiu cap intenció pretensiosa però, m'atreviria a dir que aquesta tesi dona, en algun aspecte, una certa continuïtat a aquesta obra, tot ocupant-se d'un tractat d'astrolabi. Per tot això vull expressar el meu agraïment a tots els membres d'aquest Departament que m'han ajudat i, en singular al Dr. Joan Vernet, que va acceptar de dirigir la tesi.

Igualment dono les gràcies als amics que, com Pere Balañà o Ramon Martí, m'han fet força suggeriments.

També al Dr. Manuel Riu, que ha volgut donar-li accollida a la Secció D'Història de la Universitat de Barcelona, i per acabar al Dr. Juli Samsó encara una altra vegada, moltes gràcies, car aquesta obra és tant seva com meva.

* Tant és així que ha estat editat novament com a primer volum de la "Biblioteca de Clàssics de la Ciència", Barcelona, 1983.

0.2. Astronomia andalusina. Notes breus.

Un dels trets més característics de la cultura àrab-islàmica des de les seves beceroles fou la gran capacitat d'assimilació dels sabers dels altres pobles amb els quals els musulmans entraren en contacte en el decurs de la seva expansió per Grècia, Pèrsia, Índia, Xina... D'altra banda hom pot assegurar l'existència de relacions entre la minvada cultura cristiana d'Occident i la dels conqueridors àrabs ja des dels temps de l'expansió musulmana.

Al llarg dels tres primers segles de l'Hègira la cultura islàmica occidental fou depenent de l'oriental, però les perspectives començaren a canviar a partir del segle X. A hores d'ara sabem, certament, que durant l'Alta Edat Mitjana -i -i precisament en aquest segle- la Península Ibèrica ocupà un lloc d'avantguarda dins el moviment científic europeu en constituir-se en el pont fonamental de connexió, pel que fa a l'astronomia, entre la ciència àrab i la llatina. Si la ciència andalusina, com en general tota la cultura àrab, assolí la seva maduresa a mitjan segle XI, havia estat durant l'anterior que els científics iniciaren les primeres aportacions originals.

Hem de pensar que el califat d'al-Ḥakam II al-Mustansir (961-976) fou una època decisiva per a la vida científica a al-Andalus. La preocupació intel·lectual d'aquest califa n'és un bon exponent car ell mateix s'ocupà en la recerca i aplegament de tot tipus de textos. La seva biblioteca contenia obres de filosofia, medicina, astronomia, aritmètica, geometria, musica, alquímia... I havia de ser prou important ja que se li atribueix la xifra mítica de 400.000 volums.

A l'entorn d'aquesta cort califal els andalusís començaren

0.2. Astronomia andalusina. Notes breus.

Un dels trets més característics de la cultura àrab-islàmica des de les seves beceroles fou la gran capacitat d'assimilació dels sabers dels altres pobles amb els quals els musulmans entraren en contacte en el decurs de la seva expansió per Grècia, Pèrsia, Índia, Xina... D'altra banda hom pot assegurar l'existència de relacions entre la minvada cultura cristiana d'Occident i la dels conqueridors àrabs ja des dels temps de l'expansió musulmana.

Al llarg dels tres primers segles de l'Hègira la cultura islàmica occidental fou depenent de l'oriental, però les perspectives començaren a canviar a partir del segle X. A hores d'ara sabem, certament, que durant l'Alta Edat Mitjana -i -i precisament en aquest segle- la Península Ibèrica ocupà un lloc d'avantguarda dins el moviment científic europeu en constituir-se en el pont fonamental de connexió, pel que fa a l'astronomia, entre la ciència àrab i la llatina. Si la ciència andalusina, com en general tota la cultura àrab, assolí la seva maduresa a mitjan segle XI, havia estat durant l'anterior que els científics iniciaren les primeres aportacions originals.

Hem de pensar que el califat d'al-Ḥakam II al-Mustansir (961-976) fou una època decisiva per a la vida científica a al-Andalus. La preocupació intel·lectual d'aquest califa n'és un bon exponent car ell mateix s'ocupà en la recerca i aplegament de tot tipus de textos. La seva biblioteca contenia obres de filosofia, medicina, astronomia, aritmètica, geometria, musica, alquímia... I havia de ser prou important ja que se li atribueix la xifra mítica de 400.000 volums.

A l'entorn d'aquesta cort califal els andalusís començaren

a demostrar que, havent accedit a la ciència antiga, podien desvetllar de nou l'interès d'aquesta, cultivar-la i trame- tre-la al món cristià posant de manifest, alhora, el grau d'esperit crític que havien hagut d'atènyer per tal d'adaptar-la a la seva experiència.

A fi d'il·lustrat una mica les qualitats que descriu, posaré alguns exemples.

0.2.1. Els numerals.

Un dels fets més destacables d'aquests temps fou la introducció a Occident dels numerals que s'empren avui i que són herència de les xifres índies o aràbigues.

Per oposició a les xifres dites *hurūf al-gubār*, a les dels àpexs de l'àbac de Boeci o a les dels "notaris" derivades de l'alfabet minúscul grec o del copte, les xifres àrabs es caracteritzen pel concepte de valor de posició en un sistema de base 10. La substitució dels numerals romans per les noves xifres àrabs, l'avenç de la numeració de posició i la utilització del zero a Occident és un procés força complex. No obstant això esmentaré algunes dades per a subratllar, de nou, que quelcom està canviant a al-Andalus a finals del segle X, en el panorama de la ciència.

Les bases de la numeració de posició i les regles de càlcul amb el zero, foren establertes al primer quart del segle VII per l'indi Brahmagupta (598-665). Mentre, l'Aritmètica d'al-Ḥwārizmī (m. 835) de l'any 820 reflecteix la introducció d'aquest sistema en el món científic àrab, transmissor del mateix a l'occident cristià.

Pel que fa a la Península Ibèrica descriuré molt breument les dades que coneixem. El manuscrit miscel·làni ovetense de l'El Escorial (R.II. 18), restaurat per Sant Eulogi (m. 859) i datat entorn del 850, conté una nota marginal

amb les primeres xifres àrabs, inclòs el zero. Però el problema que presenta aquesta nota és, precisament, el de conèixer quan va ser apuntada. Podria tractar-se d'un afegitó posterior i condicionar una datació errònia d'aquests numerals.

En canvi el còdex Albeldense, conservat també a l'El Escorial (d I, 12), que fou escrit pel monjo Vigila i està datat el 976, conté els nou números indis, escrits d'esquerra a dreta, posant de manifest que han estat coneguts a través de textos àrabs.⁰¹

Fou, tal vegada, a la Marca Hispànica on tingueren origen les xifres àrabs occidentals, avantpassats directes dels guarismes actuals. M. Destombes⁰² atribueix la procedència de les xifres que apareixen al seu astrolabi, a l'associació d'un valor numèric als caràcters de l'alfabet visigòtic en ús a la segona meitat del segle X, així, els valors de l'u al deu corresponen respectivament a les lletres A B C D E V Z H T I.

Les xifres propiament occidentals apareixen després, a partir del segle XI, amb una gran varietat com a conseqüència d'allò que hom anomena la "rotació paleogràfica"⁰³ dels àpexs que s'empraren en els àbacs. Recordem, però, que Guillem de Malmesbury (m. 1142) assegura que fou Gerbert d'Aurillac el primer en conèixer l'àbac dels sarraïns i hem de pensar que, molt possiblement, ho faria a la Marca Hispànica. En efecte, no oblidem que aquest monjo, que havia d'arribar al soli pontifici, va estudiar al Monestir de Ripoll.⁰⁴

-
01. Cf. G. MENÉNDEZ PIDAL, *Los llamados numerales árabes en Occidente* "Boletín de la Real Academia de la Historia", 145, (1959) 179-208.
 02. Cf. M. DESTOMBES *Un astrolabe carolingien et l'origine de nos chiffres arabes*, "A.I.H.S." 15, (Paris) (1962), 3-45. Cf. 9.
 03. G. BEAUJOUAN, *L'enseignement du Quadrivium*, "Settimane di studio del Centro Italiano di Studi sull'alto medioevo" XIX, (Spoleto) 1972
 04. L'estada de Gerbert a Ripoll ha estat novel·lada molt encertadament i amb amenitat per Lluís RACIONERO, *Cercamon*, Barcelona, Ed. 62, 1982.

En el decurs del segle X la vida cultural del Monestir de Ripoll experimentà un enriquiment molt profitós i la importància científica d'aquesta figura és exponent del nivell assolit per la ciència a la Marca Hispànica. Gerbert fou autor d'una obra cabdal, la *Geometria*, també d'un tractat d'astronomia i de l'obra *Regulae de numerorum abaci rationibus* sobre un nou sistema de càlcul que simplificava l'antic àbac romà emprant els àpexs de Boeci. Ultra això, la correspondència gerbertiana indica el permanent interès del monjo per les traduccions de la Marca Hispànica: així, el 984, demana a Bonfill que li enviï l'obra *De multiplicatio- ne et divisione numerorum libellum a Joseph ispano editum*.⁵

La Marca Hispànica que Gerbert conegué -on destacaven, pel que fa a la ciència i a la cultura, Ató de Vic, Guarí de Cuixà i Miró Bonfill de Girona- estava realitzant les primeres traduccions de l'àrab al llatí que havien d'ampliar els minsos coneixements científics de la cristiandat occiden- tal. Els abaciats d'Arnulf (947-970), Windiscle (970-999) i Seniofred (999-1008) són fites que marquen el creixement d'una biblioteca on es prepara l'època esplendorosa de l'abat Oliba.

0.2.2. Els textos astronòmics.

Tot seguit descriuré, en poques paraules, quines eren les corrents astronòmiques que conformaven les concepcions de l'ambient científic en què treballava Ibn al-Samh. Els propis textos científics mostren quines són les tècniques que arriben a al-Andalus des d'Orient. Aquest és el cas d'una gran obra astronòmica com és la refundició d'al-Ḥwārizmī (m. (m.c. 845) del *Sind Hind*, unes taules astronòmiques d'origen

05. Cf. J.M. MILLÀS, *Assaig d'Història de les idees físiques i matemà- tiques a la Catalunya Medieval*, Barcelona 1931.

indi que prenen com a base cronològica el calendari persa.

La revisió d'al-Hwārizmī fou introduïda a al-Andalus en temps d'Abd al-Rahmān II. Aquesta obra té un interès especial: fou aprofitada per l'home de ciència més important del califat cordovès, Maslama al-Mağrībī (m.c. 1007), qui va adaptar algunes d'aquestes taules al meridià de Còrdova deixant-nos un indicati d'aquella emancipació que he esmentat respecte a Orient. Però hom no pot precisar amb massa certesa quina part del text conservat correspon a l'autor i quina és resultat de l'ajust de Maslama.

No obstant això, l'interès de Maslama en revisar els càlculs d'al-Hwārizmī no és gens aliè a allò que els astrònoms estaven fent aleshores a Orient. Des del califat d'al-Ma'mūn (813-833) la tasca científica més important era l'elaboració de taules astronòmiques amb resultats pràctics obtinguts a través de l'observació. Aquestes *Zīg al-Mumtāhan* o *Tabulae Probatae* que resultaren d'aquesta pràctica, varen tenir un ressò molt clar al món medieval cristià i islàmic i foren conegudes a al-Andalus.

L'altra gran tradició astronòmica dins la ciència àrab és la ptolemaica, que deriva de l'*Almagest*, i es desenvolupa amb l'èmfasi de l'observació. Els textos de l'escola de Maslama ens assabenten del coneixement de les obres ptolemaiques a la Península Ibèrica. Ja deia Ibn Sā'id de Toledo (1029-1070) que aquest astrònom va esforçar-se en comprendre l'*Almagest*. També va elaborar unes notes al *Planisferi* que considerà necessàries per a la pràctica amb l'astrolabi. La difusió d'aquestes obres arriba als seus deixebles: per exemple, Ibn al-Saffār (m. 1035), esmenta la *Geografia* al seu tractat d'astrolabi. Ibn al-Samḥ emprà paràmetres ptolemaics derivats de l'*Almagest* - o de les taules d'al-Battānī - al seu tractat sobre l'equatori.⁰⁶ Fins i tot, les taules de climes dels textos

06. Cf. J. SAMSÓ, *Notas sobre el equatorio de Ibn al-Samḥ*, "Nuevos Estudios sobre Astronomía española en el siglo de Alfonso X". (Barcelona) (1983), 105-118.

d'astrolabi del ms. 225 del *Scriptorium* de Ripoll són una evidència més d'aquesta divulgació.⁰⁷

Així, doncs, avui hem de pensar en la coexistència a al-Andalus dels dos grans corrents astronòmics, l'indi-iranià i el ptolemaic, i en la recepció dels resultats de la nova astronomia creativa que es basava en el mètode experimental de l'observació.

De fet aquest és un dels trets més característics de l'astronomia islàmica, la història de la qual és sovint un procés lent d'assimilació i desenvolupament d'aquestes tradicions amb més o menys esperit crític. Si analitzem aquesta ciència al segle XI andalusí, pel que fa a les taules astronòmiques tenim dos exemples. Les *Tabulae Jahen* d'Ibn Mu^cād, on domina la influència de la tradició del *Sind Hind*. Aquestes taules bé que segueixen l'obra de Maslama, discrepen en algunes qüestions astrològiques com són la divisió de les dotze cases zodiacals i la projecció dels raigs dels planetes. Aquest segle proporciona, a més, un exemple clar del que ha estat el sincretisme que atribuïa més amunt a l'astronomia àrab: les *Taules de Toledo* elaborades per Azarquiel i la seva escola. Es componen d'una part original que és la dels paràmetres de moviments mitjans dels planetes. La resta deriva o bé de la recensió de Maslama o bé de les taules d'al-Battānī (m. 929). Les taules de retrogradació dels planetes i coordenades estel·lars poden relacionar-se directament o indirecta amb Ptolomeu. Finalment la taula del moviment d'accés i retrocés de l'esfera vuitena s'ha copiat del *Liber de motu octave sphere* de Tābit b. Qurra (m. 901).⁰⁸

07. Cf. R. MARTÍ i M. VILADRICH, *Las tablas de climas en los tratados de astrolabio del Ms. 225 del "Scriptorium" de Ripoll*, "Llull", 4, (1981), 117-117-122.

08. Cf. J. VERNET i J. SAMSÓ, *Panorama de la ciencia andalusí en el siglo XI*, "Actas de las Jornadas de Cultura Árabe e Islámica (1978)", Instituto Hispano-Árabe de Cultura, Madrid (1981). 135-163.

0.2.3. L'astrolabi.

L'astrolabi és un instrument astronòmic basat en la projecció estereogràfica de l'esfera celest que serveix per determinar tot tipus de relacions astronòmiques i topogràfiques sense que sia necessari emprar el càlcul matemàtic. L'astrolabi conté varis diagrames, taules i escales analògiques que permeten conèixer les posicions dels estels fixos en relació a l'horitzó, la posició relativa del sol en qualsevol moment del dia o de la nit; pot emprar-se com un rellotge i per a conèixer qüestions d'interès astronòmic i astrològic.⁰⁹

Aquest instrument, del qual Ptolomeu n'establí les bases al *Planisferi*, es difondria a l'Europa cristiana al temps que ho feia la ciència àrab a partir de la segona meitat del segle X. Havia de fer-ho a través del Monestir de Ripoll, constituint, junt amb l'àbac gerbertià, la principal aportació científica d'aquest període.

El ja esmentat ms. 225 d'aquest monestir conté les traduccions al llatí d'uns textos d'astrolabi que foren realitzades al voltant del 975: un d'ells és una traducció directa de *Lupitus Barchinonensis* i l'altre una recensió llatinitzant de la mateixa. Aquest darrer text assolí gran difusió als escriptors monàstics occidentals durant els segles XI i XII. Així el monjo de Reichenau Hermann Contractus (1013-1054), pogué disposar d'aquestes fonts ripolleses per al seu tractat d'astrolabi.

Al mateix ms. 225 es troben textos traduïts de l'àrab referents a fabricació de rellotges, construcció de gnòmons i me-

09. Vegeu W. HARTNER, *EI²*, s.v. *asturlāb*.

dició de l'hora diürna mitjançant el quadrant amb cursor que s'introdueix per primera vegada a Europa. Però, sens dubte, l'astrolabi és el més important de tots els instruments astronòmics medievals i objectiu clar, en conseqüència, dels astrònoms de l'escola de Maslama.

S'ha parlat molt sobre la capacitat dels monjos de la Marca Hispànica, estudiosos d'aleshores, per comprendre i aplicar a la pràctica uns conceptes nous que, sovint, se'ns presenten confusos als textos de Ripoll. Mentrestant, a Còrdova, Maslama al-Mağrīṭī teoritzava sobre aquest instrument, en la vessant més interessant que presenta: la teoria de la projecció estereogràfica, que aquí no he de tractar. És per això que vull assenyalar la transcendència que tingué l'obra d'aquest astrònom, que ja he esmentat, per concloure aquesta breu introducció: a través de l'anàlisi del tractat de construcció d'astrolabi d'Alfons X el Savi s'ha demostrat que els mètodes originals de Maslama al-Mağrīṭī foren aplicats a al-Andalus i als regnes cristians fins ben avançat el segle XIII, posant de manifest la categoria i la projecció intel·lectual d'aquest home i de la seva escola.⁰¹⁰

Així, doncs, no dubto que aquestes dades prèvies serviran d'esquer per als historiadors en general, que tal vegada així comprendran l'aridesa implícita en el tema que he de tractar. Només per aquesta postura d'acceptació científica els regracio des d'ara.

010. Cf. J. SAMSO, *Maslama al-Majrīṭī and the Alphonsine Book on the Construction of the Astrolabe*, "J.H.A.S." 4, (1980), 3-8.

0.3. Bibliografia.

0.3.1. Llibres i articles de revistes.

AUSEJO, E., 1: *Sobre los conocimientos trigonométricos en los Libros del Saber de Astronomía de Alfonso X el Sabio*, "Llull" , 6, (1983) 5-36.

BROCKELMANN, C., 1: *Geschichte der Arabischen Litteratur. Supplementbande*, Leiden, 1937-1942, 3 vols.

DESTOMBES, M., 1: *Un astrolabe Carolingien et l'origine de nos chiffres arabes*, "A.I.H.S." 15, (Paris) (1962)., 3-45.

DOZY, R.P., 1: *Historia de los Musulmanes de España* , 4 vols, Madrid, 1982.

GARCÍA FRANCO, S., 1: *Catálogo crítico de Astrolabios existentes en España*, Madrid, 1945.

HADDAD, F.I. i KENNEDY E.S., 1: *Geographical Tables of Medieval Islam*, "Al-Abhath", 24, (1971) 87-102. N.e . KENNEDY E.S. *Studies in the Islamic Exact Sciences* , Beirut, 1983, 636-651.

HOLMYARD, E.J., 1: *Maslama al-Majrūtī and the Rutbatu'-l-Hakīm* , "Isis" 6, (1924) 293-305.

HUGONNARD-ROCHE, H.; ROSEN, E.; VERDET, J.P., 1: *Introductions à l'Astronomie de Copernic*, Paris, 1957.

KENNEDY, E. S. 1: *A Survey of Islamic Astronomical Tables*, "Transactions, American philosophical Society"; N.S. 46, Pt. 2, (1956).

KENNEDY, E.S., 2: *Parallax Theory in Islamic Astronomy*, "Isis", 47, (1956) 33-53. N.e . *Studies in the Islamic Exact Sciences*, Beirut, 1983, 164-184.

KENNEDY, E.S. i JANJANIAN, M., 3: *The Crescent Visibility Tables in al-Khwārizmī's Zīj*, "Centaurus" 7 (1960) 73-78. N.e . *Studies*, 151-156.

KENNEDY, E.S., 4: *The Lunar Visibility Theory of Ya^cqūb ibn Ṭarīq*, "Journal of Near Eastern Studies" 27, (1968) 126-132. N.e . *Studies*, 157-163.

KENNEDY, E.S., 5: *al-Bīrūnī's Maqālīd ^cIlm al-Hay'ā*, "Journal of Near Eastern Studies" 30, (1971) 308-314. N. e . *Studies* , 596-602.

KENNEDY, E.S. i KRIKORIAN-PREISLER, H., 6: *The Astrological Doctrine of Projecting the Rays*, "Al-Abhath" 25, (Beirut) (1972) 2-15. N.e . *Studies*, 372-384.

KENNEDY, E.S., 7: *al-Bīrūnī on the Muslim Times of Prayer. The Scholar and the Saint: Studies in Commemoration of Abū'l-Rayhān al-Bīrūnī and Jalal al-Dīn al-Rūmī*. New York University, 1975. N.e . *Studies*, 299-310.

KENNEDY, E.S., 8: *The exhaustive Treatise on Shadows by Abū al-Rayhān Muhammad b. Ahmad al-Bīrūnī*, Aleppo, 1976, 2 vols.

KING, D., 1 : *Three Sundials from Islamic Andalusia*. "Journal for the History of Arabic Science" 2 (1978), 358-392.

KING, D., 2: *Ḳibla*, "Encyclopédie de l' Islam" , Vol V. (Leiden-Paris, 1979), 85-91.

KUNITZSCH, P., 1 : *Typen von Sternverzeichnissen in astronomischen Handschriften des zehnten bis vierzehnten Jahrhunderts.* Wiesbaden, 1966.

KUNITZSCH, P., 2: *Two Star Tables from Muslim Spain,* "J.H.A.S." (1980), 194-199.

KUNITZSCH, P., 3: *On the authenticity of the Treatise on the Composition and use of the astrolabe ascribed to Messahalla.* "A.I.H.S." 31, (1981) 42-62.

KUNITZSCH, P., 4: *Glossar der arabischen Fachausdrücke in der mittelalterlichen europäischen Astrolabliteratur,* "Nachrichten der Akademie der Wissenschaften in Göttingen, 1. Philologisch-Historische Klasse", 11, (Göttingen) (1982), 459-571.

MARÍN, M., 1: *Ṣahāba et Ṭābiʿūn dans al-Andalus: Histoire et légende* "Studia Islamica", LVI, (Paris) (1981), 5-49.

MARTÍ, R. i VILADRICH, M., 1: *En torno a los tratados hispánicos sobre construcción de astrolabio hasta el siglo XIII,* "Textos y Estudios sobre Astronomía española en el siglo XIII". (Barcelona-Bellaterra) (1981), 79-99.

MARTÍ, R. i VILADRICH, M., 2 : *En torno a los tratados de uso del astrolabio hasta el siglo XIII en al-Andalus, la Marca Hispánica y Castilla.* "Nuevos Estudios sobre Astronomía española en el siglo de Alfonso X". (Barcelona) (1983) 9-74.

MICHEL, H., 1: *Traité de l'Astrolabe*, Paris, 1947.

MICHEL, H., 2: *À propos de terminologie*, "Ciel et Terre" 67, (1951), 1-4.

MILLAS, J.M., 1: *Assaig d'història de les idees Físiques i Matemàtiques a la Catalunya Medieval*, Barcelona, 1931. N.e. "Biblioteca de Clàssics de la Ciència", Barcelona, 1983.

MILLÀS, J.M., 2: *Un nuevo tratado de astrolabio de R. Abraham ibn Ezra*, "Al-Andalus" V, (1940), 1-29.

MILLÀS, J.M., 3: *Las traducciones orientales en los manuscritos de la Biblioteca Catedral de Toledo*, Madrid, 1941.

MILLÀS, J.M., 4: *Estudios sobre Azarquiel*, Madrid-Granada, 1943-50.

MILLÀS, J.M., 5: *Sobre la valoración de la ciencia arabigo-española de fines del siglo X y principios del XI*, "Al-Andalus", XII (1947) 199-210.

MILLÀS, J.M., 6: *El Libro de los fundamentos de las tablas astronómicas de R. Abraham ibn Ezra*, Madrid-Barcelona, 1947.

MILLÀS, J.M., 7: *Los primeros tratados de astrolabio en la España árabe*, "R.I.E.E.I.", 3, (1955) 35-76.

NEUGEBAUER, O., 1: *The astronomy of Maimonides and its sources*. "Hebrew Union College Annual", Brown University, 22 (1949) 321-363. N.e. *Astronomy and History. Selected Essays*. New York, Berlin Heidelberg, Tokyo, 1983, 381-423.

PELLAT, CH., 1: *Ibn Hazm, bibliographe et apologiste de l'Espagne musulmane*, "Al-Andalus" XIX/1 (1954).

PINGREE, D. 1 : *Fragments of the works of Ya^cqūb ibn Tāriq* ,
"Journal of Near Eastern Studies" 27, (1968) 97-125.

POULLE, E., 1: *La fabrication des astrolabes au Moyen Age.* "Techniques et Civilisations" , 22, (1955), 117-128.

POULLE, E., 2: *Les instruments de la théorie des planètes selon Ptolémée : Equatories et horlogerie planétaire du XIII^e au XVI^e siècle*,
2 vols., Genève-Paris, 1980, 193-200.

SALAM, H., i KENNEDY, E.S. 1: *Solar and Lunar Tables in Early Islamic Astronomy* , "Journal of the American Oriental Society".
Vol 87, n^o 4, (1967) 492-497. N.e . KENNEDY, E.S., *Studies in the Islamic Exact Sciences*, Beirut, 1983, 108-113.

As-SALEH, J.A., 1: *Solar and Lunar Distances and Apparent Velocities in the Astronomical Tables of Ḥabaṣ al-Ḥāsib*, "Al-Abhath", 23, (1970), 129-177. N.e . KENNEDY, E.S., *Studies in the Islamic Exact Sciences*, Beirut, 1983, 204-252.

SAMSÓ, J., 1: *Nota acerca de cinco manuscritos sobre astrolabio.* "Al-Andalus" XXXI, (1966), 385-92.

SAMSÓ, J., 2: *À propós de quelques manuscrits astronomiques des Bibliothèques de Tunis: contribution a un Étude de l'astrolabe dans l'Espagne Musulmane.* "Actas del II Coloquio Hispano-Tunecino de Estudios Históricos". (Madrid-Barcelona), 1972, 171-190.

SAMSÓ, J., 3: *Maslama al-Majrītī and the Alphonsine Book on the Construction of the Astrolabe.* "J.H.A.S." 4, (1980), 3-8.

SAMSÓ, J., 4: *Instrumentos astronómicos.* "R.A.C.E.F.N." (Madrid), (1981), 98-126.

SAMSO, J., 5: *Notas sobre el equatorio de Ibn al-Samh*. "Nuevos Estudios sobre Astronomía española en el siglo de Alfonso X". (Barcelona) (1983) 105-118.

SAMSO, J., 6: *Sobre los materiales astronómicos en el "Calendario de Córdoba" y en su versión latina del siglo XIII*. "Nuevos Estudios sobre Astronomía española en el siglo de Alfonso X". (Barcelona) (1983) 125-138.

SÁNCHEZ-PÉREZ, J., 1: *Biografías de Matemáticos Arabes que florecieron en España*, Madrid, 1921.

SARTON, G. 1: *Introduction to the History of Science*, Vol. I, Baltimore, 1927.

SEZGIN, F., 1: *Geschichte des Arabischen Schrifttums*, Band V, Leiden, 1971; Band V, Leiden, 1974; Band VI, 1978; Band VII, 1979.

SUTER, H., 1: *Die Mathematiker und Astronomen der Araber und ihre Werke*. A "Abhandlungen zur Geschichte der mathematischen Wissenschaften". Heft X. Leipzig, 1900.

VALLVÉ, J., 1: *El codo en la España musulmana*, "Al-Andalus", XLI, (1976), 341-354.

VERNET, J., 1: *Las Tabulae Probatae*, "Homenaje a J. M. Millàs Vallicrosa", II (Barcelona) (1956) 501-522. N.e. VERNET, J., "Estudios sobre Historia de la Ciencia Medieval", (Barcelona-Bellaterra), (1979) 191-212.

VERNET, J. i CATALÀ, M. A. 2: *Las obras matemáticas de Maslama de Madrid*, "Al-Andalus", XXX, (1965) 15-47. N.e. "Estudios sobre Historia de la Ciencia Medieval" (Barcelona-Bellaterra), (1979) 241-271.

VILADRICH, M. i MARTÍ, R. ,2: *Las tablas de climas en los tratados de astrolabio del Manuscrito 225 del 'Scriptorium' de Ripoll.* "Llull" 4, (1981) 117-122.

VILADRICH, M. i MARTÍ, R.,4: *Sobre el Libro dell Ataçir de los'Libros del Saber de Astronomía de Alfonso X el Sabio.* "Nuevos Estudios sobre Astronomía española en el siglo de Alfonso X". (Barcelona))1983) 75-100.

VILADRICH, M.,1: *On the Sources of the Alphonsine Treatise dealing with the Construction of the Plane Astrolabe,* " J.H.A.S.", 6, (1982), 167-171.

WEGENER, A., 1: *Die astronomischen Werke Alfons X.* "Bibliotheca Mathematica". 6. (1905), 129-185.

ZINNER, E., 1: *Un invento español en el siglo X,* "Euclides" 42, (1944), 559-562.

0.3.2. Catàlegs , Diccionaris i Enciclopèdies.

- 1- *Catalogus Codicum Manuscriptorum Orientalium qui in Museo Britannico asservantur. Pars Secunda, Codicis Arabici Complectus* , London, 1846; .
- 2- H. DERENBOURG i H.P. RENAUD, *Les Manuscrites Arabes de l'Escurial*. Paris, 1941 .
- 3- *Dictionary of Scientific Biography*, Charles Scribner's Sons, New York, vols, V i XIV, 1972- 1976.
- 4- *Encyclopédie de l'Islam*, Houtsma, Paris 1908-1938, 4 vols.
- 5- *Encyclopédie de l'Islam*, E.J. Brill- Maisonneuve, Leiden-Paris 1960-

0.3.3. Abreviatures.

A.I.H.S. : "Archives Internationales d'Histoire des Sciences"

E. I. : *Encyclopédie de l'Islam*

GAS : *Geschichte des Arabischen Schrifttums.* (Cf. SEZGIN, F. 1)

J.H.A.S. : "Journal for the History of Arabic Sciences".

N.e.: Nova edició .

R.A.C.E.F.N.: "Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales".

R.I.E.I. : Revista del Instituto Egipcio de Estudios Islámicos"

TYP: *Typen von Sternverzeichnissen in astronomischen Handschriften des zehnten bis vierzehnten Jahrhunderts.* (Cf. KUNITZSCH, P. 1).

0.3.4. Alguns criteris adoptats.

1. Transcripció dels mots àrabs segons l'establert per la *Gran Enciclopèdia Catalana* exceptuant la lletra ġ que transcriuré per "g". (Cf. s.v. "àrab").

2. Cito la bibliografia indicant l'autor i el número que correspon a la publicació segons l'establert en funció de la dada d'edició. Les fonts historiogràfiques àrabs se citaran exclusivament a través del nom de l'autor.

3. La numeració dels folis del manuscrit és al marge amb el número corresponent al foli original i amb les lletres r o v indicant la pàgina *rectus* o *versus* . Una barra inclinada mar-

ca el començament exacte de cada foli.

4. Els signes de puntuació del text àrab són meus. He assajat d'adaptar-los a les característiques de l'obra. La indicació de començament de capítol -per exemple, الباب ج - és presenta sempre en traç més gruixut, bé que no ho he senyallat.

5. A l'edició he normalitzat l'ortografia del *hamza* segons les regles gramaticals actuals.

6. Els afegitons, ja sia a la traducció o bé a l'edició, van entre claudàtors.

0.4. Estat de la qüestió.

Potser el lector buscarà sota aquest epígraf el desenvolupament de la història d'un tema que ha de tractar la tesi, on s'esmentin un seguit d'estudis que s'han de confrontar i valorar en el decurs de l'obra. Però amb l'astrolabi ens trobem, com és massa freqüent en la Història d'al-Andalus, mancats dels suficients estudis monogràfics i rigurosos que facin possible valoracions de conjunt i conclusions més o menys decisives. Els textos ens reserven encara moltes sorpreses que hem d'anar destriant i justificant.

No obstant això, és cert que aquest treball, que no té res de definitiu, s'inscriu dins unes coordenades d'investigació que he de descriure molt breument.

L'obra que ara presentem té dues vessants: és, d'una banda, una edició d'un manuscrit inèdit sobre astrolabi, i això li confereix ja un grau de novetat. En certa manera, com a edició i traducció d'un tractat d'astrolabi en llengua àrab, dona continuïtat a la tasca d'altres editors d'aquest tipus d'obres astronòmiques¹.

D'altra banda inclou un estudi dels mètodes descrits al text esmentat que és la continuació d'una primera aproximació de conjunt que havíem fet amb anterioritat als tractats de construcció i ús d'astrolabi a al-Andalus, la Marca Hispà-

-
1. J.M. MILLÀS fou l'editor dels tractats d'astrolabi de Ripoll, les primeres traduccions a occident de l'àrab al llatí, com va evidenciar a l'*Assaig*. Edità també altres textos, com són:
- un probable original de Johannes Hispanus. Cf. 3, 322-327.
 - un text atribuït a Mašāllāh . Cf. 3, 313-321. (Pseudo-Māšāllāh 2-c segons la denominació establerta: R. MARTÍ i M. VILADRICH, 3).
 - el "*Tratado de uso del astrolabio planisférico de Maslama al-Mayriti de Cordoba en la traducción latina de Johannes Hispanus*"; (Pseudo-Maslama) Cf. 3, 261-284.
 - Text d'Ibn al-Saffar , cf. 1, 35-49.
 - Text d'Abraham b. Ezra, cf. 2 1-29.
- També R.T. GUNTHER, editor del *De operatione vel utilitate astrolabii*, cf. 1, 195-231. (Pseudo-Māšāllāh 1-c i Pseudo-Māšāllāh 1-u).

nica i Castella entre els segles X i XIII². L'astrolabi andalusí i hispànic ja havia estat objecte de diversos estudis monogràfics des d'aproximacions molt diverses³. No obstant això, llavors es feia necessari entrar en els continguts del major nombre de textos que fos possible i en la informació que aquests havien de contenir sobre els coneixements i la pràctica dels astrònoms.

Si bé no varem fixar-nos aleshores objectius massa precisos, certament, en concloure el treball, podíem extreure un seguit de conclusions que no he de modificar de moment.

En un principi vaig decidir deixar aquí de banda tot allò relatiu a la construcció de l'astrolabi i he d'advertir que no m'hi extindré massa. Sobre aquests textos considero que la millor aportació fou la identificació de part de l'obra d'Alfons X amb una secció d'un tractat erròniament atribuït a l'astrònom bagdadí Mašāllāh (segona meitat s. VIII), i que es tractava d'un text de l'escola de Maslama. Seguim pensant que la tradició llatina i hispànica deu molt a aquesta escola malgrat que no hem pogut evidenciar totalment quines foren les fonts dels textos de construcció que es conegueren a l'occident medieval a través de les traduccions de la Marca Hispànica i Castella. Ara bé, ja dèiem aleshores que per completar més la informació mancava conèixer el text de construcció d'Ibn al-Samh, que, tal vegada, obligaria a canviar alguna d'aquelles conclusions. No vull avançar res en aquest sentit però he de dir que he trobat dos petits fragments d'aquesta obra, considerada tradicionalment com a perduda, i espero poder fer-los públics en breu.

2 . Cf. M. VILADRICH i R. MARTÍ 1; R. MARTÍ i M. VILADRICH 2 i 3.

3 . Cf.: M. DESTOMBES , 1.

D. KING, 1.

P. KUNITZSCH, 2, 3 i 4.

H. MICHEL, 1.

E. POULLE, 1.

J. SAMSÓ, 1, 2, 3 i 4.

Coneixíem bé els mètodes de projecció de l'escola de Maslama⁴ i els vèiem reflectits a l'obra d'Alfons X⁵. Constatant aquesta relació podíem sospitar que les afinitats es repetissin en els textos d'ús. De fet el llibre d'Ibn al-Saffār era l'únic de què disposavem que fos directament atribuïble a l'escola andalusina i era ben coneguda l'ampla projecció que tingué i la producció manuscrita que va generar⁶. Per la nostra part manifestàvem la seva incidència en l'obra de Raimon de Marsella⁷, mentre que s'havia apuntat que l'obra d'Ibn al-Nattāh, encara inèdita, podia tenir relació amb aquell text.

Així doncs, restaven per conèixer dues fonts de fàcil accés: el text d'Ibn al-Nattāh i el d'Ibn al-Samh. He de dir que l'edició del llibre d'ús d'astrolabi d'Ibn al-Samh significava emprendre l'estudi d'una obra en la qual havia dipositat certes esperances de possible identificació textual amb el tractat d'Alfons X. Si bé això no ha estat possible, és cert que la investigació no ha estat improductiva. Ans al contrari, si l'astrolabi ens va dur a encetar el tema de l'astrologia matemàtica d'Alfons X⁸, ara ens trobem amb un autor de l'escola de Maslama que també s'hi ocupa específicament en un tractat d'astrolabi. I encara, si voleu seguir llegint, constatareu que els manuscrits, com he dit en començar, poden reservar-nos algunes sorpreses com ho ha estat el coneixement, a al-Andalus, al segle XI, d'alguns paràmetres establerts per Ḥabaš al-Ḥāsib (fl. 835) que trobareu aquí documentats.

4 .Estudiats per J.VERNET i M.A. CATALÀ, 2.

5 .Cf. J. SAMSÓ, 3.

6 .Cf. J. SAMSÓ, 1 i 2.

7 .Cf. R. MARTÍ i M. VILADRICH, 3, 71.

8 .Cf. M. VILADRICH i R. MARTÍ, 4.

0.5. El manuscrit. Fonts emprades per al seu estudi.

0.5.1. Descripció del manuscrit.

L'obra d'Ibn al-Samh *Kitāb al-^camal bi-l-asturlāb* es conserva en un manuscrit *unicum*, propietat de la British Library i catalogat com Add. 9.602.

Per a la descripció del manuscrit i la transcripció del text àrab he emprat una còpia microfilmada obtinguda del servei de reproduccions de la biblioteca londinesa esmentada, car no he tingut ocasió de veure l'original.

Desconec les dades relatives a la procedència del manuscrit, quan, on i per qui va ser realitzada la còpia, atès que no hi ha cap indicació al text i tampoc al *Catalogus Codicum Manuseriptorum Orientalium qui in Museo Britannico asservantur*, on és ressenyat amb el número 405⁹.

El manuscrit consta de 55 folis i conté dues obres:

1- Una obra d'Ibn al-Nattāh¹⁰ sobre l'ús de l'astrolabi, que ocupa des del foli iv al foli 24v. En aquest darrer apareix - *in fine*- l'encapçalament d'una altra obra a través de la següent anotació:

الحمد لله مسلمة المجريطي من حكماء الاندلس كتابه الذي سماه
رتبة الحكيم وجعله قريبا لكتابه الاخر الذي سماه غاية الحكيم في
السحر و الطلسمات و رسالة اين بكر ابن بشرون لابن السمح في الصناعة.

Segueix un primer vers que pertany probablement a l'obra *Rutbat al-Hakīm*, que no ha estat editada i, per tant, no ho he pogut comprovar. Malgrat això, veiem com es reitera aquí l'atribució d'aquestes dues obres a Maslama al-Mağrītī¹¹ alhora que

⁹ Cf. *Pars Secunda, Codices Arabici Complectus*, London, 1864. 191.

El meu agraïment al Prof. Charles Burnett, qui m'envià la fotocòpia d'aquesta ressenya.

¹⁰ No m'ha estat possible la identificació d'aquest astrònom.

s'esmenta la *Risāla* sobre l'alquímia d'Abū Bakr b. Bišrūn¹² dirigida a Ibn al-Samḥ, de la qual també tenim notícia a través d'Ibn Ḥaldūn¹³.

Segueix el foli 25r, en blanc, tot diferenciant els dos textos.

2- L'obra d'Ibn al-Samḥ, *Kitāb al-ʿamal bi-l-asturlāb*, des del foli 25v al 55v i falta, al menys, un darrer foli.

La identificació d'ambdós autors és completa, tant a la portada del manuscrit¹⁴ com a l'interior, i apareixen sempre citats amb els *nasabs* d'Ibn al-Samḥ i d'Ibn al-Nattāh.

El text d'Ibn al-Samḥ es presenta en pàgines de dinou línies de text, escrit en lletra magrebina regular i clara, sense vocalitzar, sense *hamzas* i amb algun *tašdīd*.

L'estat de conservació és molt bo, si hom exceptua el foli 55v, del qual no he pogut llegir la meitat inferior car es troba força deteriorada, probablement a causa de la humitat. Els folis estan numerats en caracters àrabs orientals i en caracters occidentals al marge superior dels folis. La numeració occidental és més clara, més recent i substitueix a l'altra. Em referiré sempre a aquesta paginació.

Finalment, cal assenyalar que hi ha poques notes als marges, sempre del mateix copista i a vegades escrites en sentit perpendicular al de l'escriptura.

11 .Aquest fet ha estat prou freqüent malgrat l'article de E.S. HOLMYARD, 1, on expressa els seus dubtes respecte a aquesta atribució, cf.298-99. Maslama al-Mağrītī ha estat confós sovint amb el seu deixeble Abū Maslama Muhammad b. Ibrāhīm b. ʿAbdaddā'im al-Mağrītī (GAS, IV,294-298) considerat avui com l'autor d'aquestes obres. També l'historiador IBN ḤALDŪN esmenta Maslama al-Mağrītī com a autor d'aquestes, cf. 1,III,1155.

12 GAS IV,298.

13 .IBN ḤALDŪN,1,III, 1156-1171.

14 .Mitjançant la nota següent:

كتاب فيه رسالة بن النطاح و رسالة بن السمح رحمهما الله تعالى و رضي عنهما
و القصد فيهما معرفة العمل بالاسطرلاب المسطح الشمالي .

0.5.2 . Fonts editades.

1. El segon *Libro de Astrolabio Llano, Libro dell Ataçir, Libro dell Alcora, Libro de las laminas de los siete planetas* d'Alfons X el Savi. Ed. M. RICO y SINOBAS: *Libros del Saber de Astronomía del Rey D. Alfonso X de Castilla, Madrid 1863-1867.*
2. *Zīj d'al-Battānī*, Ed. C.A. NALLINO : *Al-Battānī sive Albatēnii Opus Astronomicum, Milà 1903, 2 vols.*
3. *Zīj d'al-Ḥwārizmī-Maslama*, Ed. H. SUTER : *Die Astronomischen Tafeln des Muhammed ibn Mūsā al-Khwārizmī, Copenague 1914.* També O. NEUGEBAUER : *The Astronomical Tables of al-Khwārizmī, Copenhaguen 1962.* Citaré SUTER 2, NEUGEBAUER 2.
4. *Text De operatione vel utilitate astrolabii* Ed. R.T. GUNTHER: *Early Science in Oxford, vol. V Chaucer and Messallah on the astrolabe, Oxford 1929, 195-231, esmentat com Pseudo-Māšāllāh 1-u.*
5. Manuscrit 225 del *Scriptorium* de Ripoll, citat segons els *Incipits* establerts pel seu editor, J.M. MILLÀS: *Assaig d'Historia de les Idees Físiques i Matemàtiques a la Catalunya Medieval, Barcelona 1931.*
6. *Tractat d'ús d'astrolabi d'Ibn al-Saffār* , Trad. J.M. MILLÀS : *Assaig 29-48, Ed. J.M. MILLÀS : Los primeros tratados de astrolabio en la España árabe, RIEI, 3 (1955), 35-49. Reproduït a Nuevos estudios sobre Historia de la Ciencia española, Barcelona, 1960, 61-78.*

7. Text d'ús d'astrolabi d'Abraham b. Ezra, Ed. J.M.MILLÀS
Un nuevo tratado de astrolabio de R. Abraham ibn Ezra
"Al-Andalus" V (1940) 1-29.
8. *El Tratado sobre uso del astrolabio planisférico de Maslama al-Maḡrīḡī de Córdoba en la traducción latina de Johannes Hispanus*, Ed. J.M. MILLAS *Las Traducciones Orientales en los Manuscritos de la Biblioteca Catedral de Toledo*, Madrid 1942, 261-284. L'anomenaré Pseudo-Maslama.
9. El llistat de Coordenades geogràfiques elaborat per E.S. KENNEDY i F.I. HADDAD, *Geographical Tables of Medieval Islam*, "Al-Abhath" 24,1971, N.e. *Studies in the Islamic Exact Sciences*, Beirut 1983,636-649.
10. *Narratio Prima de Rheticus*, Trad. H. HUGONNARD-ROCHE, E. ROSEN, J-P. VERDET: *Introductions a l'Astronomie de Copernic*, Paris,1975.
11. *Almagest de Ptolomeu*, Trad.G.J. TOOMER: *Ptolemy's Almagest*, Londres 1984.

0.5.3. Fonts historiogràfiques àrabs.

- ʿAbd Allāh al-Muzaffar bi-llāh: ("Memòries"), *El siglo XI en primera persona. Las "Memorias" de ʿAbd Allāh, último rey zīrī de Granada, destronado por los Almorávides (1090)*. Traducción de E. LEVI-PROVENÇAL y E. GARCIA GOMEZ, Madrid 1980. Se citarà en nota com E. LEVI-PROVENÇAL i E. GARCIA GOMEZ.
- Ḥāǧǧī Ḥālifa: *Kaṣf al-zunūn*, ed. Teheran, 1967, 2 vols.
- Ibn al-Abbār: *Kitāb al-Takmila li-kitāb al-Šila*, ed. F. CODERA, *Bibliotheca Arabico-Hispana* t. V-VI, Madrid, 1887-89. Principi de l'obra, des d' a ç, ed. A. BEL i M. Ben CHENEB, Alger, 1920. Suplements, variants i índexs, ed. ALARCÓN i GONZÁLEZ PALENCIA, a "Miscelánea de Estudios y Textos Árabes", Madrid 1915, pp. 147-690.
- Ibn Abī Uṣaybiʿa : *Ṭabaqāt al-aṭibbāʿ*, ed. Beirut 1956, 2 vols.
- Ibn Ḥaldūn : *Al-Muqqadima*, trad. V. MONTEIL: *Discours sur l'Histoire Universelle*, Beirut 1967-1968, 3 vols.
- Ibn al-Ḥaṭīb: *Al-Iḥāṭa fi aḥbār Garnāṭa*, Ed. MUHAMMAD ʿABD ALLĀH ʿINĀN, El Caire, vol I, 1973; vol. II, 1974; vol. III, 1976; vol. IV, 1978.
- Ibn Sāʿid: *Kitāb ṭabaqāt al-umam*, trad. R. BLACHÈRE. *Livre des catégories des nations*, Paris, 1935.
- Al-Maqqarī : *Naḥḥ al-Ṭīb*, Ed. R. DOZY et alii: *Analectes sur l'Histoire et la Littérature des Arabes d'Espagne*, Amsterdam, 1967, 2 vols.

0. 5. 4. Manuscripts.

Ms. Istanbul Yeni Çami 784,29. 62v - 229.

Ms. Berlin (Ahlwardt) 5750.

Ms. 972 Biblioteca d' El Escorial, 29r-29v.

IBN AL-SAMḤĪ I LA SEVA OBRA

1.1. L'autor.

Malgrat la importància que la personalitat científica d'Ibn al-Samh devia assolir en el context d'al-Andalus de la seva època, convé posar de relleu, de bell antuvi, la concisió amb que la quasi totalitat de les fonts documentals ens parlen de la seva trajectòria i dels seus escrits. Tanmateix, un examen atent de les fonts esmentades ens permet de recollir aquí les dades que segueixen.

Abū-l-Qāsim Asbag b. Muhammad Ibn al-Samh al-Garnāṭī¹⁵ nasqué a Còrdova l'any 979, en temps d'al-Hakam al-Mustansir, fill d'una família cordovesa culta, i morí a la ciutat de Granada el 18. raġab. 426 / 29. maig. 1035 a l'edat de 56 anys¹⁶.

Fou alumne de l'escola de Maslama al-Maġrītī (m. 389/1007-8) amb qui aprengué aritmètica, geometria i la pràctica amb els instruments i les taules astronòmiques. Fou conegut amb el sobrenom de "el Geòmetra" (*al-Muhandis*)¹⁷.

Ibn al-Samh visqué els esdeveniments de la segona fitna andalusina que va desmembrar el califat cordovès. Podem suposar que, com a conseqüència dels esdeveniments polítics, es traslladà a Granada per a treballar sota la protecció de Habūs ibn Mākzan¹⁸. Pocs documents ens parlen d'aquesta època amb tan-

15. Cf. SÁNCHEZ PÉREZ, 1, n°59, 67-68; EI² 953; BROCKELMANN, I, 472; SUTER, 1, 85; SARTON, I, 715; GAS V, 356 i VI 249.

16. Cf. IBN ABĪ USAYBĪ^CA 63, diu que morí el 1035, a l'edat de 56 anys solars. IBN AL-ĤATĪB Ī, 428, IBN SA^CID, 131.

17. IBN SA^CID 130; IBN ABĪ USAYBĪ^CA 63; IBN ḤALDŪN III, 1057.

18. IBN ABĪ USAYBĪ^CA 63. D. PINGREE a EI² 953, indica que Ibn al-Abbār és autor d'una biografia d'Ibn al-Samh segons d'edició de A. BEL i M. BEN CHE-NEB. Vaig cercar aquesta biografia a l'edició de CODERA y RIBERA a la Biblioteca Arabico-Hispana V i VI on s'editava, l'any 1887 l'obra *al-Takmila li-kitāb al-šila* d'Ibn al-Abbār segons un manuscrit d'El Escorial. En aquesta edició hi ha una nota al peu de la pàgina 5 on s'indica: *Codex in principio mutilus nunc extat, et saltem primi libri dimidium deesse credendum est, nam exciderunt biographie litteris ا, ب, ت, et ث incipientes*. Resulta així que en aquesta edició manquen les primeres lletres i comença amb la lletra ج faltant, àdhuc, algunes biografies d'aquesta.

A l'article sobre Ibn al-Abbār de M. BEN CHENEBA a EI¹ II, 375/A, .../...

ta fidelitat com les memòries del rei ^CAbd Allāh, de caràcter testimonial . Aquest sobirà de la taifa zīrī de Granada era besnét de Habūs ibn Mākzan, de la tribu berber africana Šinhāğa que s'establí a al-Andalus en temps dels amirís. Habūs ibn Mākzan regnà a Granada en el període 416-429 / 1025-1038.

Malauradament la narració d'^CAbd Allāh sobre el regnat del seu besavi no és massa explícita, però dóna alguna dada significativa ¹⁹ entorn d'una qüestió que ja havia destacat Ibn Hayyān: l'interés de les tribus berbers Zanāta i Šinhāğa pels indicatius externs de civilització i cultura, malgrat fóra només una conducta imitativa de les taifes andalusines tot cercant l'arabització amb una actitud il·lustrada:

... "No le era fácil al rey de Granada encontrar un primer ministro {...} En este tiempo, se deseaba que un primer ministro fuera muy literato; que fuera capaz de componer las cartas que se enviaban a otros príncipes y que se escribían en prosa rimada y en un estilo sumamente rebuscado. El rey de Gra-

es fa al·lusió a l'edició de CODERA tot datant-la el 1889. Malgrat aquesta errada, acceptem que M. BEN CHENEB coneixia l'edició Aleshores, l'any 1920, junt amb A. BEL, i a partir d'un manuscrit d'Alger, van editar la part que faltava de la *Takmila*, des de la lletra [!] fins a ^ع. Per motius que desconec sembla ser que tampoc van acabar la seva tasca i que l'obra va ser continuada i s'ha acabat de publicar a Tunis.

Restava examinar el *Apèndix a la edició de Codera de la "Tekmila" de Aben al-Abbār*, dins la *Miscelánea de Estudios y Textos Arabes*. Centro de Estudios Históricos, Madrid 1915, 147-690, de M. ALARCÓN y C.A. GONZÁLEZ PALENCIA. Aquest apèndix va elaborar-se segons un manuscrit de la biblioteca particular de Soliman Pacha Abaza d'El Caire. Sense cap mena d'introducció aclaratoria, s'estructura l'obra en cinc parts: addicions, esmenes, índex onomàstic, bibliogràfic i toponímic. Ara bé, el manuscrit d'El Caire comença amb la lletra [!] i aleshores resulta que tampoc es troba aquí, ni per Abū-l-Qāsim ni per Ašbag, la biografia cercada.

19. Per exemple, refereix ^CAbd Allāh les preferències de Habūs pel seu nebot Yaddayr b. Hubāsa, per a la seva successió, en comptès del seu fill Badīs car: ... "veía en él inteligencia y afición a los libros y al trato de los juristas..." Cf. E. LÉVI-PROVENÇAL i E. GARCÍA GÓMEZ, 93.

nada, sobre todo, gustaba de esta especie de talento. Se parecía a un advenedizo que trata de darse aire de gran señor: semibárbaro, se tomaba un trabajo infinito para no parecerlo. Se preciaba de algo literato y hasta pretendía que la nación de que era oriundo, la de Cinhedja, no era por su origen berberisca, sino árabe. Necesitaba, pues, a toda costa, un ministro que en nada fuera inferior a los de sus vecinos {...} Samuel era un genio superior, y, en efecto, su saber era extenso y profundo. Era matemático, lógico, astrónomo y sabía por lo menos siete lenguas".²⁰

Podem suposar que la presència d'Ibn al-Samh devia ésser ben acollida a la cort zīrf on ell devia beneficiar-se d'un ambient adequat per al seu treball, que es perllongà fins a la seva mort, l'any 426 / 1035. Sabem, d'altra banda, que fou mestre d'Abū Marwān Sulaymān b. Muḥammad b. ^CIsa Ibn al-Nāšī, científic destacat en els camps de l'aritmètica i la geometria ²¹.

20. Cf. R. P. DOZY, 1, IV, 38-39. R.P. DOZY es basa en aquest historiador per a escriure sobre Samuel ha-Levi, secretari i conseller de Habus .

21. Cf. IBN SA^CID, 134.

1.2. Les obres d'Ibn al-Samh

A continuació es disposa una relació de les obres conegudes d'Ibn al-Samh segons les mencions que d'elles fan els autors clàssics medievals. Ja que és impossible d'establir la cronologia d'aquestes obres, les citaré practicament en l'ordre en què apareixen a GAS²² donant en primer lloc les que tracten d'aritmètica i geometria i després les astronòmiques. Però cal recordar abans que, a més, Ibn Ḥaldūn li atribueix un comentari a l'*Almagest*, al qual no hi ha cap més al·lusió, així com tampoc n'hi ha a una *Gran Història* que li és atribuïda per Ibn al-Ḥaṭīb²³. Les obres d'Ibn al-Samh són les següents:

- 1- *Al-Kāfi fī l-hisāb al-hawā'ī*. (Allò que basta per al càlcul mental). Continguda com anònim al ms. El Escorial 973/1 (fols.1-30) i ms. Berlin 6010 (fols.1-23), aquesta obra, en deu capítols, li és atorgada per Ḥaġġī Ḥālifa, *Kaṣf al-zunūn* II, 1377.
- 2- *Kitāb Jimār al-ʿadad al-maʿrūf bi-l-Muʿāmalāt*, (llibre sobre la utilitat dels números), tractat d'aritmètica comercial que li atribueixen Ibn Sāʿid, *Ṭabaqāt*, 130; Ibn Abī Uṣaybiʿa, *Ṭabaqāt al-aṭibbā'* I, 63; Ḥaġġī Ḥālifa, *Kaṣf al-zunūn* I, 523; Ibn al-Ḥaṭīb, *Ihāṭa* I, 428.
- 3- *Kitāb ṭabīʿat al-ʿadad*. (llibre sobre la naturalesa del número); Ibn Sāʿid, *Ṭabaqāt*, 130; Ibn Abī Uṣaybiʿa, *Ṭabaqāt al-aṭibbā'* I, 63.
- 4- *Al-kitāb al-kabīr fī l-handasa*. (Gran llibre de la geometria), Ibn Sāʿid, *Ṭabaqāt* 130; Ibn Abī Uṣaybiʿa, *Ṭabaqāt al-aṭibbā'* I, 63; Ḥaġġī Ḥālifa, *Kaṣf al-zunūn* II, 1472; Ibn al-Ḥaṭīb, *Ihāṭa* I, 428.
- 5- *Kitāb al-Madḥal ilā l-handasa fī tafsīr Kitāb Uqlīdis*, (Introducció a la geometria en què es comenta el Llibre d'Euclides),

22. GAS, V 356 i VI 249.

23. *Al-Muqqadima* III, 1065; *Ihāṭa* I, 428.

Ibn Sā^cid, *Ṭabaqāt*, 130; Ibn Abī Uṣaybi^ca, *Ṭabaqāt al-atibbā'* I, 63, Ḥaḡḡī Ḥālifa, *Kaṣf al-zunūn* II, 1742; Ibn al-Ḥaṭīb, *Iḥāṭa* I, 428.

6- *Al-Zīg*. (*Taules astronòmiques*), és a dir unes taules segons el *Sind Hind* amb cànons o instruccions per a la seva utilització com indiquen Ibn Sā^cid, *Ṭabaqāt* 131 i Ibn Abī Uṣaybi^ca *Ṭabaqāt al-atibbā'* I, 63. Pel que fa a Ibn Ḥazm, a la *Risāla fī fadl al-Āndalus*, deixa clar que fou autor d'unes taules astronòmiques distintes de les que elaborà Maslama²⁴.

7- Fou autor d'un llibre sobre l'equatori que tan sols es conserva en versió castellana als *Libros del Saber de Astronomía* d'Alfons X el Savi, com a *Libro de las láminas de los siete planetas*²⁵. Aquesta obra ha estat recentment objecte de diversos estudis²⁶.

8- *al-Ta^crīf bi-ṣūrat al-asturlāb*. (Coneixement de la configuració de l'astrolabi), Ibn Sā^cid, *Ṭabaqāt*, 130; Ibn Abī Uṣaybi^ca *Ṭabaqāt al-atibbā'* I, 63; Ḥaḡḡī Ḥālifa, *Kaṣf al-zunūn* II, 139. Tots tres la qualifiquen d'obra sobre l'astrolabi que contindria un tractat de construcció, dividit en dues parts, i un altre d'ús. Aquest darrer és l'objectiu d'estudi d'aquest treball i, pel que fa a la part de construcció, ha estat considerada com a perduda²⁷.

24. Cf. AL-MAQQARĪ *Analectes sur l'Histoire des Arabes d'Espagne* II, 119. Contràriament la traducció francesa d'aquest paràgraf no és gens explícita en aquest punt. Cf. CH. PELLAT, I, 89.

25. Ed. M. RICO y SINOBAS, I, III, 241-271.

26. Cf. A. WEGENER I, 129-185. E. POULLE 2 i, J. SAMSÓ, 5, 105-118

27. En canvi he trobat que a H. DERENBOURG i H.P. RENAUD I, II, 122, es diu, sobre el ms. 972 d'El Escorial, que conté als folis 29r/29v dues qüestions extretes del llibre d'ús d'astrolabi d'Ibn al-Samh, conegut per *Kitāb al-^camal bi-basturlāb*. La mateixa indicació es repeteix a GAS VI, 249. Comprovat el manuscrit, puc assegurar que es tracta de dos capítols del llibre de construcció que expliquen com projectar els estels fixos a l'aranya de l'astrolabi. A les conclusions tractaré novament aquesta qüestió.

**COMENTARIS AL CONTINGUT
ASTRONÒMIC I ASTROLÒGIC DEL
“LLIBRE DE L’ÚS DE L’ASTROLABI”
D’IBN AL-SAMHĪ**

2.1. Descripció de l'instrument.

El tractat d'Ibn al-Samh s'inicia, com és freqüent en els textos sobre l'ús dels instruments astronòmics, amb una descripció de l'aparell. Es tracta d'una mena de pròleg que, sense oferir indicacions per a la construcció, permet saber quins elements donen forma material a la projecció estereogràfica de l'esfera celest.

Aquí considero innecessari explicar els mètodes de traçat de les làmines²⁸. En canvi, em sembla molt més profitós reproduir gràficament com és un astrolabi, atès que la seva configuració és descrita a bastament per Ibn al-Samh. Serà més útil, per a la comprensió del seu primer capítol, dibuixar un astrolabi, és a dir, el que puc imaginar-me segons la descripció que inclou el text d'aquest astrònom²⁹.

Al llarg de la seva descripció, Ibn al-Samh empra, com és habitual en aquesta mena de textos científics, una terminologia específica per a la denominació de les peces i de les línies que configuren la composició i el traçat de l'astrolabi: una terminologia d'origen àrab que perdurarà, a través dels segles i s'introduirà - amb moltes variacions³⁰ - a les llengües a què es traduiran els textos científics àrabs que durant l'Edat Mitjana informen la ciència occidental.

Per començar, heus aquí un breu vocabulari dels mots que hauré d'utilitzar constantment, al costat de llurs respectives equivalències àrabigues. Els he traduïts al català se-

28. Sobre la construcció de l'astrolabi cf. dues obres de caràcter general com són H. MICHEL¹ i S. GARCÍA FRANCO¹, sobre aquest instrument. Pel que fa referència als textos andalusins relatius a la construcció d'astrolabis, M. VILADRICH i R. MARTÍ¹,.

29. Vegeu la figura n° 1.

30. A R. MARTÍ i M. VILADRICH³, 11-15 ja vam recollir els termes presents a les descripcions d'astrolabis contingudes en els tractats del Ms. 225 de Ripoll, al text Pseudo-Māšallāh lu, Pseudo-Maslama, Ibn al-Saffār, Abraham b. Ezra i Alfons X. Avui, però, vull fer al·lusió a l'obra recent de P. KUNITZSCH⁴, car és un important glossari de terminologia àrab emprada al conjunt de textos europeus sobre l'astrolabi planisfèric.

guint el criteri de J.M. Millàs i Vallicrosa, talment com es reflecteix en la seva obra clàssica sobre el tema, escrita en la llengua esmentada, o sia, a l'Assaig d'Història de les idees Físiques i Matemàtiques a la Catalunya Medieval.

La mare (*al-umm*): caixa cilíndrica amb un fons de poc gruix dividit en quatre parts iguals per dos diàmetres. Al seu interior conté les làmines i està voltada de la corona circular graduada (*al-ḥağra*); porta annexionat el suspensori i conté diversos traçats al seu dors. Sobre el diagrama del dors cal assenyalar que els radis s'orienten de forma anàloga als de les làmines que corresponen a una projecció des del pol sud.

Les làmines (*al-ṣafā'ih*): discos metàl·lics perfectament plans i pulimentats, amb un diàmetre ajustat a l'interior de la corona. Sobre elles es projecten les línies que han de servir per a mesurar les coordenades equatorials (meridià nord/sud i línia est/oest, l'equador i els tròpics), les horitzontals (almucantars i azimuts) i conté també les línies de les hores temporals per a cadascun dels horitzons que hom desitgi.

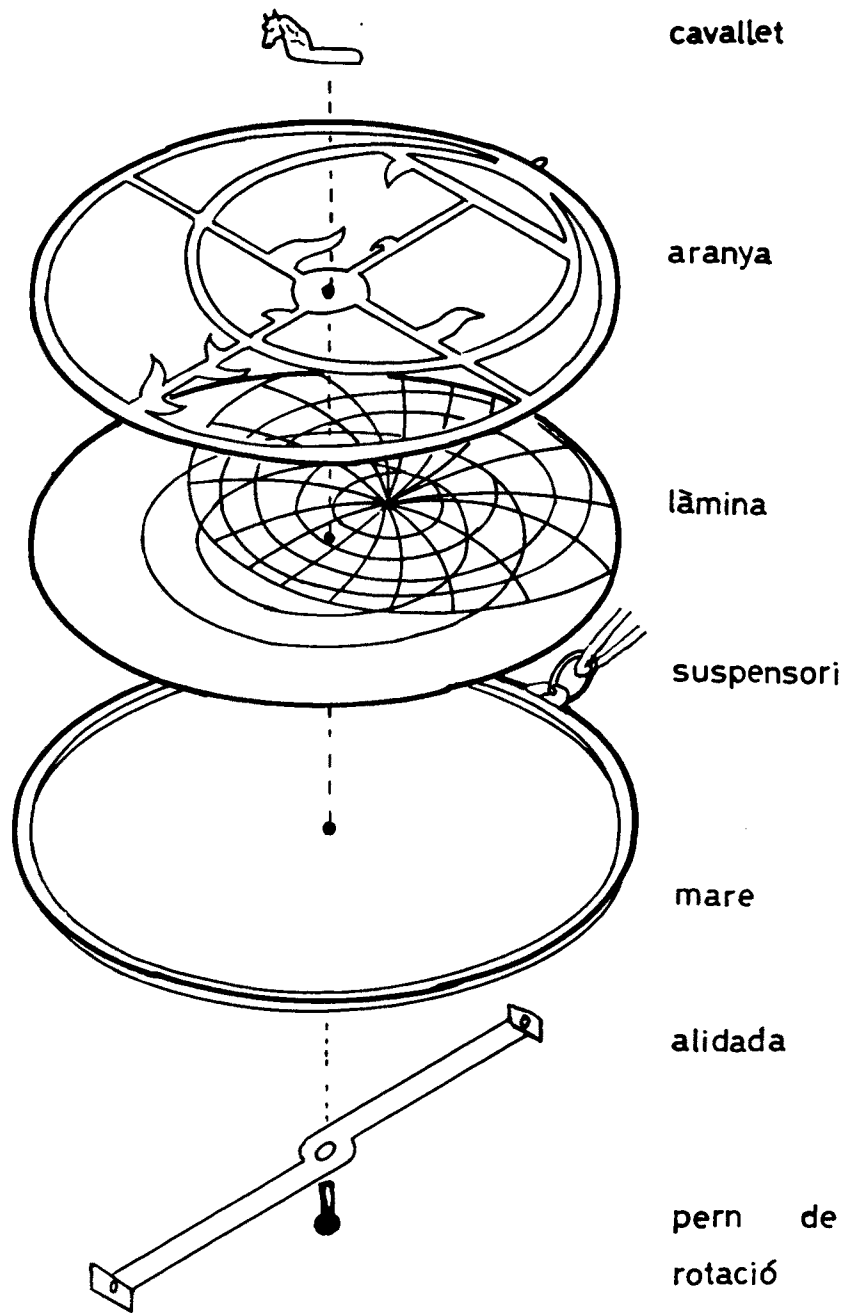
L'aranya o xarxa (*al-^cankabūt* o *al-ṣabaka*): làmina metàl·lica plana, pulimentada i perforada en funció d'uns garfis traçats segons les coordenades dels estels que representin en les seves projeccions estereogràfiques. Gira sobre les làmines i duu un petit índex (*al-murī*) que corre sobre la corona circular graduada.

L'alidada (*al-^cidāda*): regleta metàl·lica que gira sobre l'eix del conjunt i que porta dues pínules foradades (*al-ṣaṭaba*) per observar el sol i els estels. S'empra fent-la girar sobre el dors de l'astrolabi.

-
- Consta de seixanta-tres veus extretes de quaranta-dos textos occidentals amb transcripció arab, traducció alemana, significat i ressenya del lloc on es troben definits. L'estudi inclou també la descripció dels textos emprats amb contingut, autor, datació, possibles relacions entre ells i localització.

El pern de rotació (*al-qutb*): eix foradat que uneix totes les làmines i que es fixa introduint-hi el cavallet (*al-faras*).

El suspensori (*al-^cilāqa*): aparell compost de tres peces: un clau fixat a l'extrem superior de la mare i dues anelles (*al-^curwa* i *al-halqa*) amb les quals hom penja d'una corda l'astrolabi, permetent així que aquest adopti una posició vertical.



Nombroses aplicacions de l'astrolabi planisfèric responen al fet que aquest instrument permet reproduir, reduint-la al pla equatorial, la situació de l'esfera celest en un moment determinat. Si hom considera, a més, que es disposa de les projeccions d'horitzons distints, en làmines intercanviables, resulta que aquest instrument pot representar la situació esmentada de l'esfera per a diferents latituds geogràfiques.

D'altra banda, la mesura dels moviments celests aparents a un horitzó qualsevol pren com a referència, i de fet es redueix, al curs fictici del sol en el seu moviment diürn sobre l'horitzó, en el seu curs durant un any sobre l'eclíptica i també als moviments que descriuen els estels fixos en transcórrer la nit.

La finalitat de les primeres operacions que seguiran és la de transportar a l'astrolabi, és a dir, a la projecció estereogràfica de l'esfera celest, la mesura de coordenades, ja siguin equatorials, eclíptiques o bé horitzontals, a fi de reflectir els moviments dels astres.

2.2. Obtenció del grau del sol.

El grau del sol és l'element indispensable per a la representació del moviment diürn aparent del sol sobre l'horitzó. Així, doncs, un dels primers problemes que tracta el text és la determinació del grau del sol sobre l'eclíptica, és a dir, el punt d'aquest cercle on es troba el sol en un dia de l'any. Obtingut aquest punt, reproduïrem l'esmentat moviment fent girar l'aranya de l'astrolabi sobre els almucàntars de la làmina de la nostra latitud.

Per a la resolució d'aquest problema, Ibn al-Samh ofereix diverses possibilitats, que es fonamenten en la representació anàloga, sobre l'astrolabi, dels moviments del sol i dels estels, i en l'observació del cel.

2.2.1. Representació dels moviments del sol.

Els diversos elements i magnituds que hom conegui es podràn combinar per a obtenir el grau del sol car són els que permeten la representació dels moviments del sol a l'astrolabi. Si guin, per exemple, coneguts els elements següents:

1- Ascendent i hores temporals: situat sobre l'horitzó oriental el grau de l'ascendent, el grau de l'eclíptica que es troba sobre la línia de l'hora temporal coneguda és el grau del sol, si és de nit. Si és de dia, el grau del sol serà l'oposat d'aquell punt, determinat sobre l'eclíptica, car de dia el grau del sol es troba sobre l'horitzó i durant la nit recorre la part de la làmina que hi ha sota l'horitzó senyalant, en moure's, el pas del temps a les divisions horaries ³¹.

2- Ascendent i altura: si hom disposa l'astrolabi amb el grau de l'ascendent sobre l'horitzó oriental, coneguda l'altura del sol sobre el nostre horitzó -determinada mitjançant ob-

31. Capítol 17.

servació- el grau de l'eclíptica que cau sobre l'almucàntar corresponent a aquesta altura -oriental o occidental- serà el grau del sol ³².

3- Ascendent i azimuth: preparat l'astrolabi amb el grau de l'ascendent sobre l'horitzó oriental, el grau de l'eclíptica que es troba sobre l'azimut és el grau del sol ³³.

4- Azimut i altura: si sabem en quin quadrant de l'eclíptica ha de trobar-se el grau del sol en funció de l'estació de l'any en què ens trobem, buscarem -fent girar l'aranya de grau en grau- el punt d'aquell quadrant que assoleix aquella altura sobre aquell azimuth ³⁴.

5- El quadrant de l'eclíptica on ha de trobar-se el grau del sol segons l'estació que sia de l'any i l'altura meridiana del sol aquell dia -obtinguda per observació-: hom situarà correlativament els graus d'aquest quadrant sobre l'altura assenyalada a la línia meridiana de l'astrolabi fins que trobi el que s'hi ajusti perfectament, que serà el grau del sol ³⁵.

6- El quadrant de l'eclíptica, l'altura i l'hora temporal: cal situar correlativament els graus d'aquest quadrant sobre l'almucàntar que s'ha determinat fins que l'oposat d'algun d'aquests graus caigui sobre l'hora temporal en la qual operem ³⁶. Amb el mateix procediment podrem operar si coneixem, en comptes de l'hora temporal, l'angle horari ³⁷.

7- El quadrant de l'eclíptica, l'azimut i l'hora temporal: hom situarà correlativament els graus del quadrant sobre l'azimut determinat fins a trobar un grau l'oposat del qual escaigui sobre l'hora desigual determinada ³⁸.

8- Ascendent i angle horari: conegut l'ascendent d'un moment

32. Capítol 19.

33. Capítol 64.

34. Capítol 63.

35. Capítol 102.

36. Capítol 15.

37. Capítol 22.

38. Capítol 65.

determinat s'obté l'angle horari corresponent i es resta d'aquest l'angle horari transcorregut des de l'ortus del sol. Realitzada aquesta operació sobre els graus de la corona, buscarem aquell grau de l'eclíptica que escau sobre l'horitzó oriental car la resta que hem fet significa que hem posat l'aranya en la posició en que es trobava l'esfera celest quan va iniciar-se el dia, puix que el grau de l'eclíptica que ascendeix en aquell moment és el grau del sol del dia ³⁹.

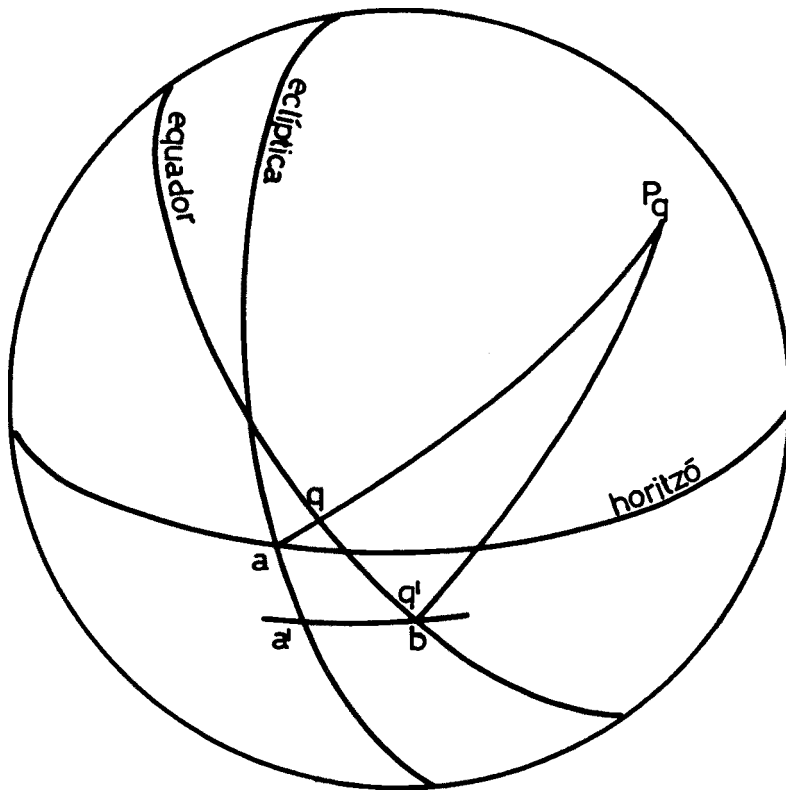
D'altra banda, si hom coneix, com es pot veure a la figura nº 2, l'ascendent a del moment i l'angle horari passat des de la sortida del sol, per a obtenir el seu grau, o l'oposat, pot restar l'angle horari qq' a l'ascensió recta de l'ascendent. El punt b obtingut sobre l'equador creua l'horitzó simultàniament amb el grau de l'eclíptica a' que correspon al grau del sol d'aquell dia ⁴⁰.

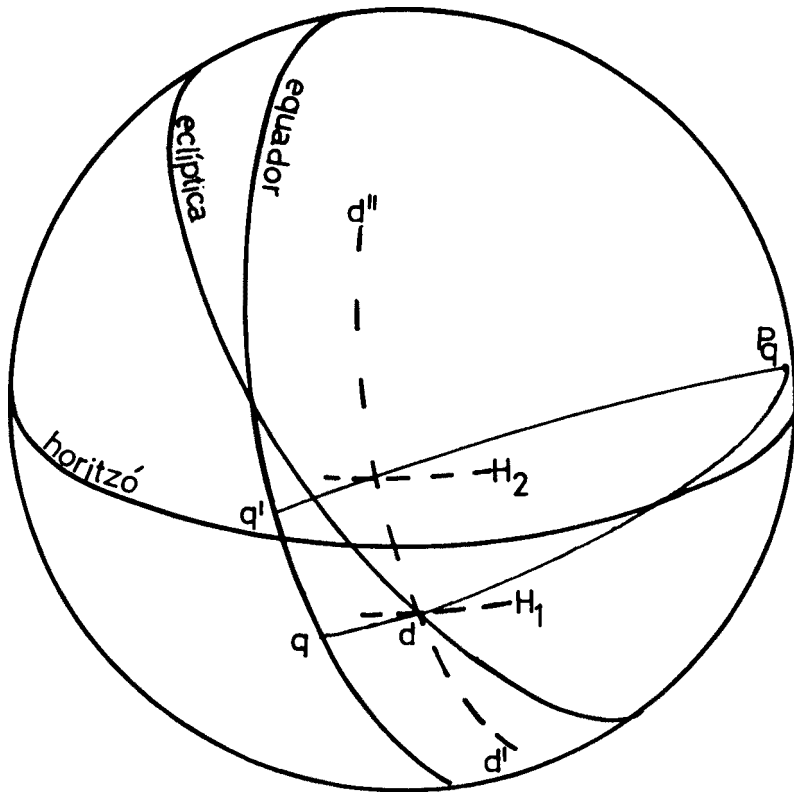
9- El quadrant de l'eclíptica, l'angle horari i el nombre d'hores temporal passades. Segons la figura nº: 3 es col·loca el primer grau de l'estació a l'horitzó oriental -posició H_1 -, o bé el seu oposat sobre l'occidental, i es practica el senyal q amb l'índex de la corona. Aquest grau descriu el paral·lel de declinació $d'dd''$, i després d'un determinat nombre d'hores desiguals, es troba en la posició H_2 . Novament se nyalarem a l'equador el punt q' . Anirem provant amb els successius graus de l'estació fins a trobar-ne un per al qual es verifiqui que l'arc qq' correspon a l'angle horari donat. Quan això s'esdevingui, haurem trobat el grau del sol que buscarem ⁴¹.

39. Capítol 25.

40. Capítol 31.

41. Capítol 28 i Capítol 42





2.2.2. Representació dels moviments dels estels.

Durant la nit, hom pot ajudar-se dels estels per a conèixer el grau del sol. Novament les diverses coordenades i mesures de les posicions relatives d'aquests astres poden combinar-se de maneres distintes per a aconseguir aquest objectiu. Siguin coneguts, per exemple:

1- Les hores temporals i l'altura d'un dels estels fixos representats a l'aranya, Situem el seu garfi sobre l'almucàntar corresponent, sia a orient o a occident. El grau de l'eclíptica que, mitjançant aquesta operació s'haurà situat sobre l'hora

temporal coneguda, és el grau del sol, car es treballa de nit i el grau del sol és sota l'horitzó ⁴²

2- Altura i angle horari: es col·loca el garfi de l'estel sobre l'almucàntar corresponent a la seva altura i es determina, mitjançant l'índex dels graus de la corona, l'ascensió recta de l'estel. Hom resta d'aquesta ascensió recta l'angle horari conegut, i, aleshores, el grau de l'eclíptica que s'haurà situat sobre l'horitzó occidental serà el grau del sol ⁴³. En restar l'angle horari de l'ascensió recta hem situat l'aranya en la posició de l'esfera quan començava la nit, quan el sol creuava l'horitzó occidental tot ocultant-se.

3- Azimut d'un estel i hora temporal: si hom situa el garfi d'un estel sobre l'azimut que li correspon, el grau de l'eclíptica que cau sobre l'hora temporal en què hom opera és el grau del sol ⁴⁴.

La varietat de possibilitats que ofereix el tractat d'Ibn al-Samh pren un relleu especial si tenim en compte els altres tractats andalusís i hispànics d'ús de l'astrolabi. Fins i tot permet considerar que Ibn al-Samh reflecteix una intenció més didàctica que els altres, bé que no sempre pugui ser titulada d'excessivament pedagògica. Cap de la resta de textos que he pogut estudiar presenta aquesta varietat, ja que tots es limiten, pràcticament, a fer referència al diagrama solar o calendari zodiacal del dors de l'astrolabi ⁴⁵ i a inclou-

42. Capítol 76.

43. Capítol 80.

44. Capítol 97

45. Diagrama que consta de dos cercles excèntrics. El primer, exterior, és dividit en els dotze signes zodiacals i graduat de 5° en 5°. Sobre ell es mesura el moviment del sol en longitud al llarg de l'any i es determina la posició concreta d'aquest astre a l'eclíptica qual-sevol dia de l'any que interressi. El segon, interior, conté les divisions dels mesos i els dies. Situant l'alidada de l'astrolabi sobre la data, la pròpia alidada indica la posició del sol en longitud sobre l'eclíptica, donant a conèixer el grau del sol. El text que analitzo contenia un capítol relatiu a aquest diagrama, com pot veure's a l'índex que precedeix al text. Malauradament s'ha perdut el darrer foli del manuscrit que havia de contenir-lo junt amb el capítol

re les regles pràctiques de determinació del grau del sol per a qualsevol dia de l'any. Vegem, tanmateix, aquests sistemes pràctics, que també tenen ressò en l'obra d'Ibn al-Samh. Pel que fa referència al primer, Ibn al-Samh li dedica un capítol, el 129, pràcticament il·legible i truncat en el propi manuscrit⁴⁶. En canvi, proporciona una taula que permet resoldre aquest problema d'una manera aproximada mitjançant "el sistema *al-Mumtahan*".

He assajat de determinar la procedència dels valors d'aquesta taula, continguda al capítol 2, entenent que amb l'expressió "sistema *al-Mumtahan*" es refereix a una taula computada per observació astronòmica⁴⁷. Amb aquesta finalitat he deduït les posicions del sol en longitud, a partir d'Aries 0° pels dies de l'any que dona el text. Després, calculant successivament per als anys 1020, 1025, 1030 i 1033, les longituds corresponents a aquestes dades, inferides de la *Tabula motus Solis, Lunae, anomaliae Lunae et nodi borealis in annis Romanorum collectis ab aera*, que conté el *Zīj* d'al-Battānī⁴⁸ he pogut evidenciar que els valors d'Ibn al-Samh deriven d'al-Battānī. He volgut incloure també les xifres que s'obtidrien segons el *Zīj* d'al-Ḥwārizmī-Maslama per tal de tenir una altra referència comparativa. Les taules següents mostren els resultats obtinguts:

.130. Indicaré, no obstant això, que al *Libro de las láminas de los siete planetas*, Ibn al-Samh emprà una excentricitat de 1/30 i situa l'apogeu solar a 25° Geminiš. Cf. M. RICO y SINOBAS, I, III, 241-71.

Sobre la descripció del calendari zodiacal, el seu traçat i la seva presència als textos andalusís vegeu M. VILADRICH i R. MARTÍ, 1, 15-16 i R. MARTÍ i M. VILADRICH, 3, 97-98.

47. Sobre aquestes taules astronòmiques orientals vegeu J. VERNET, 1, 501-522 / 191-212.

46. Convé de recordar aquí que l'origen d'aquest diagrama fou objecte de polèmica entre J.M. MILLÀS i E. ZINNER. Cf. respectivament: 5, 199-210 i 1, 550-562.

48. Ed. C.A. NALLINO, I. II, 72,

		31v/32r	1020	1025	1030	1033
M	1	345;30°	347;20,51°	347;23,39°	347;26,27°	347;28,07°
	15	30'	0;10,00°	0;12,47°	0;15,33°	0;17,13°
A	1	16°	16;47,03°	16;49,47°	16;52,33°	16;54,12°
	15	30;30°	30;21,19°	30;24,02°	30;26,46°	30;28,24°
M	1	45°	45;45,31°	45;48,14°	45;50,57°	45;42,34°
	15	59;30°	59;09,53°	59;12,35°	59;15,17°	59;16,55°
J	1	74;30°	75;23,09°	75;25,50°	75;28,32°	75;30,09°
	15	89°	88;43,26°	88;46,08°	88;48,50°	88;50,26°
J1	1	104°	103;58,43°	104;01,25°	104;04,06°	104;05,43°
	15	119;30°	117;21,44°	117;24,27°	117;27,09°	117;28,46°
A	1	133°	133;41,34°	133;44,17°	133;47,01°	133;48,39°
	15	149;30°	147;13,47°	147;16,32°	147;19,16°	147;20,55°
S	1	163°	163;47,58°	163;50,44°	163;53,30°	163;55,10°
	15	179;30°	177;34,01°	177;36,49°	177;39,36°	177;41,16°
O	1	192;30°	193;26,32°	193;29,21°	193;32,10°	193;33,51°
	15	209;30°	207;27,12°	207;30,02°	207;32,53°	207;34,35°
N	1	223;30°	224;36,07°	224;38,59°	224;41,51°	224;43,34°
	15	239°	238;48,51°	238;51,44°	238;54,36°	238;56,20°
D	1	254°	255;07,19°	255;10,12°	255;13,05°	255;14,48°
	15	269;30°	269;24,18°	269;27,46°	269;30,39°	269;32,23°
G	1	286°	285;44,03°	285;46,56°	285;49,48°	285;51,32°
	15	301°	299;57,59°	300;00,51°	300;03,43°	300;05,26°
F	1	317°	317;08,56°	317;11,47°	317;14,37°	317;16,20°
	15	332;30°	331;11,36°	331;14,25°	331;17,15°	331;18,56°

Càlculs realitzats segons el *Zīj* d'al-Battānī emprant una calculadora HP 41C.

A partir de la taula anterior he obtingut aquest quadre de diferències entre cadascun dels valors d'aquella respecte al valor del tractat d'Ibn al-Samh. Les diferències són manifestament petites i no admeten cap dubte sobre la procedència de les dades d'Ibn al-Samh.

-1;5051°	-1;5339°	-1;5627°	-1;5807°
+0;2000°	+0;1713°	+0;1427°	+0;1247°
-0;4703°	-0;4947°	-0;5233°	-0;5412°
+0;0841°	+0;0558°	+0;0314°	+0;0136°
-0;4331°	-0;4814°	-0;5057°	-0;4234°
+0;2007°	+0;1725°	+0;1443°	+0;1305°
-0;5309°	-0;5550°	-0;5832°	-1;0009°
+0;1634°	+0;1352°	+0;1110°	+0;0934°
+0;0117°	-0;0125°	-0;0406°	-0;0543°
+2;0816°	+2;0533°	+2;0251°	+2;0114°
-0;4134°	-0;4417°	-0;4701°	-0;4839°
+2;1613°	+2;1328°	+2;1044°	+2;0905°
-0;4758°	-0;5044°	-0;5330°	-0;5510°
+1;5559°	+1;5311°	+1;5024°	+1;4844°
-0;5632°	-0;5921°	-1;0210°	-1;0351°
+2;0248°	+1;5958°	+1;5707°	+1;5525°
-1;0607°	-1;0859°	-1;1151°	-1;1334°
+0;1109°	+0;0816°	+0;0524°	+0;0340°
-1;0719°	-1;1012°	-1;1305°	-1;1448°
+0;0542°	+0;0214°	-0;0039°	-0;0223°
-0;1557°	+0;1304°	+0;1012°	+0;0828°
+1;0201°	+0;5909°	+0;5617°	+0;5434°
-0;0856°	-0;1147°	-0;1437°	-0;1620°
+1;1824°	+1;1535°	+1;1245°	+1;1104°

Cal no ignorar que disposem d'una taula anàloga a la del tractat d'astrolabi en una de les obres del nostre astrònom que es conserva exclusivament en versió alfonsina i tracta de la construcció de l'equatori. Em refereixo al *Libro de las láminas de los siete planetas*⁴⁹ i en concret al seu capítol X, *De cuemo se deue sennalar el cerco del sol et de cuemo se deue partir*⁵⁰, on es descriu la construcció d'un calendari zodiacal com els que es troben als astrolabis i en el qual no s'especifica la procedència de les dades. També, he calculat les posicions del sol en longitud per als dies de l'any que es donen en aquest tractat, les que corresponen als mateixos anys que en el cas anterior i, després, les diferències respectives.

	<i>láminas</i>	1020	1025	1030	1033
1 M		347;11,22°	347;14,10°	347;26,27°	347;28,07°
30 A	45°	44;47,56°	44;50,39°	44;53,21°	44;54,59°
30 Mg	74;45°	73;28,46°	73;31,28°	73;34,09°	73;35,46°
29 J	102°	102;04,12°	102;06,54°	102;09,35°	102;11,12°
29 JI	131°	130;48,11°	130;50,54°	130;53,38°	130;55,16°
28 Ag	160°	159;53,12°	159;55,58°	159;58,43°	160;00,23°
27 S	189;30°	189;27,33°	189;30,22°	189;33,11°	189;34,52°
27 O	219;30°	219;32,40°	219;35,31°	219;38,23°	219;40,05°
26 N	250°	250;01,14°	250;04,07°	250;07,00°	250;08,44°
26 D	281°	280;38,19°	280;41,12°	280;44,05°	280;45,49°
1 G	286°	285;44,03°	285;46,56°	285;49,48°	285;51,32°
30 G	316°	315;08,03°	315;10,54°	315;13,45°	315;15,27°

(He emprat les taules d'al-Battānī reduïdes a un programa amb la calculadora HP 41C).

49. Ed. M. RICO y SINOBAS 1, III, 241-72.

50. Pàgs. 258-59

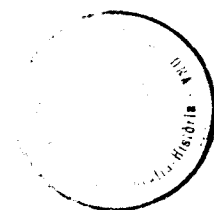
Taula de diferències

+ 0;12,04 °	+ 0;09,21 °	+ 0;06,39 °	+ 0;05,01 °
+ 1;16,14 °	+ 1;13,32 °	+ 1;10,51 °	+ 1;09,14 °
- 0;04,12 °	- 0;06,54 °	- 0;09,35 °	- 0;11,12 °
+ 0;11,49 °	+ 0;09,06 °	+ 0;06,22 °	+ 0;04,44 °
+ 0;06,48 °	+ 0;04,02 °	+ 0;01,17 °	- 0;00,23 °
+ 0;02,27 °	- 0;00,22 °	- 0;03,11 °	- 0;04,52 °
- 0;02,40 °	- 0;05,31 °	- 0;08,23 °	- 0;10,05 °
- 0;01,14 °	- 0;04,07 °	- 0;07,00 °	- 0;08,44 °
+ 0;21,41 °	+ 0;18,48 °	+ 0;15,55 °	+ 0;14,11 °
+ 0;15,57 °	+ 0;13,04 °	+ 0;10,12 °	+ 0;08,28 °
+ 0;51,57 °	+ 0;49,06 °	+ 0;46,15 °	+ 0;44,33 °

Contràriament a aquest fet, els valors que s'obtenen a partir de les dades del \mathbb{Z}^2 d'al-Ḥwārizmī-Maslama ⁵¹ presenten unes diferències excessives respecte a Ibn al-Samh. Per tal d'evidenciar-ho donaré, a continuació, els valors que resulten del càlculs, en aquesta ocasió, tan sols per a l'any 1030, car és innecessari insistir més en aquesta possibilitat. També , he reduït aquestes taules a un programa amb la mateixa calculadora.

51. Cf. Ed. H. SUTER 2, i també O. NEUGEBAUER 2.

		31v/32r	1030	Δ
M	1	345;30°	338;00,53°	7;29,07°
	15	30'	351;51,52°	8;38,08°
A	1	16°	8;29,57°	7;30,03°
	15	30;30°	22;03,29°	8;26,31°
Mg	1	45°	37;25,28°	7;34,32°
	15	59;30°	50;47,03°	8;42,57°
J	1	74;30°	66;56,20°	7;33,40°
	15	89°	81;09,56°	7;50,04°
Jl	1	104°	95;23,58°	8;36,02°
	15	119;30°	108;57,54°	10;32,06°
Ag	1	133°	125;13,22°	7;46,38°
	15	149;30°	138;42,40°	10;47,20°
S	1	163°	155;14,45°	7;45,15°
	15	179;30°	169;00,31°	10;29,29°
O	1	192;30°	184;54,15°	7;35,45°
	15	209;30°	198;56,51°	10;33,09°
N	1	223;30°	216;08,24°	7;21,36°
	15	239°	230;23,04°	8;36,56°
D	1	254°	246;43,23°	7;16,37°
	15	269;30°	261;02,31°	8;27,29°
G	1	286°	278;25,09°	7;34,51°
	15	301°	292;41,28°	8;18,32°
F	1	317°	309;56,05°	7;03,55°
	15	332;30°	324;01,59°	8;28,01°



	<i>Láminas</i>	1030	Δ
1 M		339;00,31°	
30 A	45°	37;25,28°	7;34,32°
30 Mg	74;45°	65;59,24°	8;45,36°
29 J	102°	94;26,59°	7;33,01°
29 J1	131°	123;18,15°	7;41,45°
28 A	160°	152;18,51°	7;41,09°
27 S	189;30°	181;54,38°	7;35,22°
27 O	219;30°	212;04,59°	7;25,01°
26 N	250°	242;38,04°	7;21,56°
26 D	281°	273;18,42°	7;41,18°
1 G	286°	279;26,24°	6;33,36°
30 G	316°	308;55,26°	7;04,34°

2.3. Altura d'un astre sobre l'horitzó

L'observació directa de l'altura d'un estel o del propi sol és una senzilla operació que consisteix en visualitzar l'astre a través de les dues pínules de l'alidada suspent l'astrolabi a una mà i observant la graduació que determina l'extrem de l'alidada sobre les divisions d'un dels quadrants de la corona graduats de 0° a 90° ⁵². Si l'astre es trobés pròxim al meridià, és a dir, a punt d'assolir l'altura màxima, caldrien diverses observacions per a esbrinar si l'altura és oriental o occidental respecte al meridià.

Si hom coneix el grau del sol pot determinar directament la seva altura quan ho desitgi si coneix un dels següents elements:

- El grau ascendent quan es vulgui saber allò ⁵³.
- L'azimut ⁵⁴.
- Les hores temporals transcorregudes del dia ⁵⁵.

S'ha de col·locar l'aranya en posició sobre la làmina de latitud ja sia amb l'ascendent, amb l'azimut o el nombre d'hores passades. En els dos primers supòsits el grau del sol, senyalat sobre l'eclíptica, es trobarà sobre un dels almucàntars que ens indicarà la seva altura; en el tercer cas, si es treballa amb les hores temporals transcorregudes del dia, serà també el grau del sol el que ens determini l'altura de l'astre sobre l'horitzó car caurà sobre un dels almucàntars projectats quan posem el seu oposat sobre les hores.

Adhuc amb el grau del sol pot esbrinar-se l'altura màxima que assoleix l'astre sobre un horitzó determinat el dia que descriu el paral·lel de declinació que correspon a aquell grau, posant-lo sobre la línia meridiana i observant a quin almucàntar cau en travessar aquesta línia ⁵⁶.

52. Capítol 3 i Capítol 71.

53. Capítol 10.

54. Capítol 62.

55. Capítol 11 i Capítol 18.

56. Capítol 46.

Aquestes dades que he esmentat -grau del sol, ascendent i hores temporals- poden combinar-se introduint un angle horari conegut. Per exemple, hom situa el grau del sol a l'horitzó oriental i fa el senyal q als graus de la corona per a determinar-ne el principi de l'angle horari quan comença el dia. Es fa girar l'índex de l'aranya tants graus com corresponguin a l'angle horari que ha transcorregut des de l'ortus del sol. Mentrestant el grau del sol s'ha desplaçat sobre els almucàntars ocupant ara la posició a' , a la qual correspon una altura Hh' com mostra la figura nº 4.⁵⁷

En el decurs de la nit l'observació de l'altura d'un dels estels permet conèixer la dels altres. Si hom situa el garfi de l'aranya que representa un estel d'altura coneguda (determinada per observació) sobre l'almucàntar que li pertoca, la resta d'estels projectats a l'aranya s'hauran desplaçat fins als almucàntars on es troben realment en aquell moment⁵⁸.

Tal com s'ha fet amb el grau del sol hom pot procedir a fixar la posició de l'aranya mitjançant l'ascendent o un dels quatre pivots i fet això es veu immediatament en quins almucàntars es troben els estels⁵⁹. Per acabar, Ibn al-Samh inclou mètodes totalment anàlegs als descrits per al sol aplicats als estels amb la finalitat de conèixer les altures en funció del grau del sol i l'angle horari⁶⁰, les hores temporals⁶¹ i per a l'altura meridiana, que es determinarà directament sobre la línia del mig del cel.⁶²

57. Capítols 23, 35 i 38.

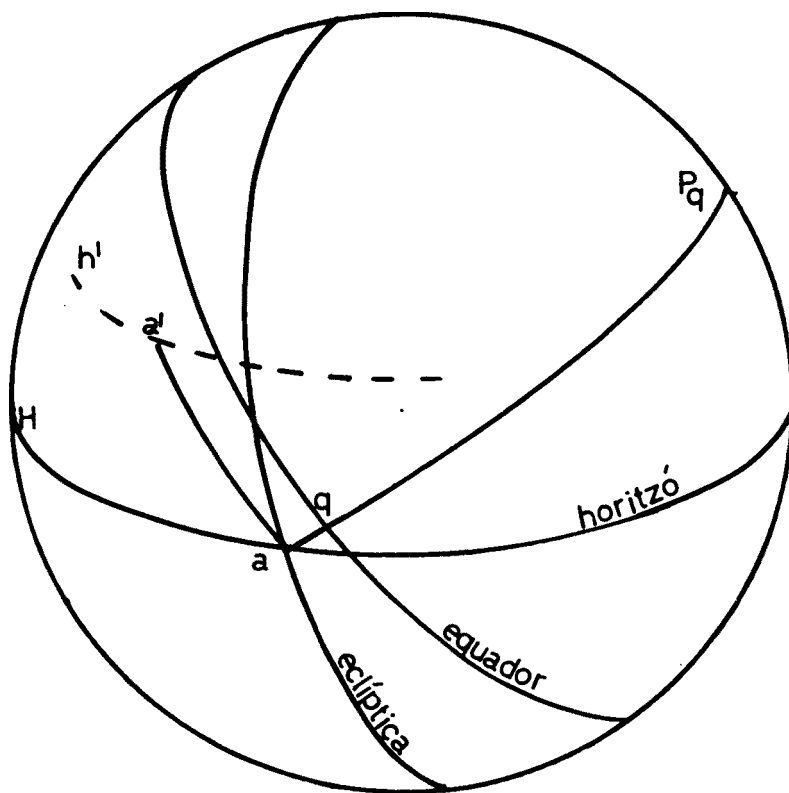
58. Capítol 75.

59. Capítol 77.

60. Capítol 78 i 81.

61. Capítol 84.

62. Capítol 85.



Alguns d'aquests capítols tenen llurs corresponents als altres tractats andalusís i hispànics d'ús d'astrolabi ⁶³. En concret són els que tracten de l'observació directa de l'altura del sol o dels estels, de la determinació de la màxima altura dels astres mitjançant diverses observacions i en funció del temps transcorregut del dia o de la nit. Ara bé, cap dels altres tractats esgota, com ho fa Ibn al-Samh, les màximes possibilitats que ofereix l'astrolabi. Aquest instrument serveix per a posar en relació dues o tres dades conegudes per tal d'obtenir-ne una tercera o quarta. Ibn al-Samh vol donar sempre el màxim de combinacions possibles arribant, fins i tot, a incórrer en la repetició superflua i l'avorriement del lector experimentat. No obstant això, la seva obra es revaloritza si es considera destinada a l'aprenentatge de l'instrument, puix que és així, repetint i comprovant totes les relacions, com hom arriba a comprendre bé la saviesa d'aquesta projecció, car l'instrument es manifesta capacitat per a mesurar, sobre un pla, tot tipus de coordenades per a la determinació de les posicions relatives dels astres.

63. Precisament als capítols XIII, XIV, XVII, XXXVIII, XL, XLII del text alfonsí, 267-68, 274-5, 279-80-1; a l'Incipit C del text J' 280-81; Pseudo-Māšallāh l-u, 218; Pseudo-Maslama, 265; Ibn al-Saffār, 31, 35; Abraham b. Ezra, 11. Cf. R. MARTI i M. VILADRICH 3; 17-18.

A més Ibn al-Saffār, Pseudo-Māšallāh l-u i Pseudo-Maslama inclouen capítols per al coneixement de l'altura del sol a base de l'ombra a les respectives pàgines 42, 230 i 277-78.

2.4. Coordenades astronòmiques.

2.4.1. Coordenades equatorials.

2.4.1.1. Declinació.

Considerada en sentit Nord o Sud i mesurada en graus de meridià celest des dels 0° de l'equador fins a 90° al pol Nord celest o 90° al pol Sud celest.

"Declinació de qualsevol dels graus dels signes" ⁶⁴.

Els graus dels signes septentrionals són aquells que van des d'Àries 0° fins a la fi de Verge. La seva declinació augmenta des d'Àries 0° fins a la fi de Gèminis, i disminueix des de Càncer 0°, la màxima en sentit Nord, que equival a l'obliquïtat de l'eclíptica, fins a la fi de Verge.

S'obtéindrà la seva declinació mitjançant la fórmula:

$$\delta = hm - (90^\circ - \phi)$$

essent hm l'altura meridiana del grau del sol i $(90^\circ - \phi)$, la col.latitud del nostre horitzó.

Els graus dels signes meridionals són aquells que van des de Lliura 0° fins a la fi de Peixos. La seva declinació disminueix des de Lliura 0° fins a la fi de Sagitari, i augmenta des de Capricorn 0°, la màxima en sentit Sud, que equival a l'obliquïtat de l'eclíptica, fins a la fi de Peixos.

S'obtéindrà la seva declinació mitjançant la fórmula:

$$\delta = (90^\circ - \phi) - hm$$

Si $hm = (90^\circ - \phi)$, aleshores $\delta = 0^\circ$. Es tracta del cas d'Àries 0° i Lliura 0°.

Si hom coneix un valor de declinació i vol averiguar a quin grau dels signes correspon operarà:

- per als signes septentrionals $(90^\circ - \phi) + \delta = hm$.

El grau dels signes septentrionals que assoleixi aquesta altura meridiana sobre els almucàntars és el desitjat.

- Per als signes meridionals $(90^\circ - \phi) - \delta = hm$.

El grau dels signes meridionals que assoleixi aquesta altura meridiana sobre els almucàntars serà el desitjat ⁶⁵

"Declinació d'un estel projectat a l'aranya" ⁶⁶

Hom coneix l'altura meridiana de l'estel sobre la línia del mig del cel. Aleshores tindrà en compte si:

$hm > (90^\circ - \phi) \Rightarrow \delta$ septentrional

$hm < (90^\circ - \phi) \Rightarrow \delta$ meridional.

i aplicarà una de les fórmules següents segons quina de les dades sia la major o la menor:

per als estels amb declinació septentrional:

$$\delta = hm - (90^\circ - \phi)$$

per als estels amb declinació meridional:

$$\delta = (90^\circ - \phi) - hm$$

"Declinació d'un astre no projectat a l'aranya" ⁶⁷

Hom coneix l'altura meridiana de l'astre sobre la línia del mig del cel, i si

$hm > (90^\circ - \phi) \Rightarrow \delta$ septentrional, aleshores $\delta = hm - (90^\circ - \phi)$

o bé, si

$hm < (90^\circ - \phi) \Rightarrow \delta$ meridional, aleshores $\delta = (90^\circ - \phi) - hm$

"Diferència de declinacions entre la d'un astre i la del punt de l'eclíptica corresponent a la seva mediació" ⁶⁸

Hom coneix ambdues declinacions i llurs sentits respectius.

- Si ambdues són septentrionals o bé meridionals, hom restarà la petita de la més gran i obtindrà directament la diferència de declinacions.

- Si cadascuna d'elles té un sentit diferent, caldrà sumar-les, no restar-les com indica el text. Ho mostra gràficament la figura nº 5 on $\Delta \delta = \delta_1 + \delta_2$.

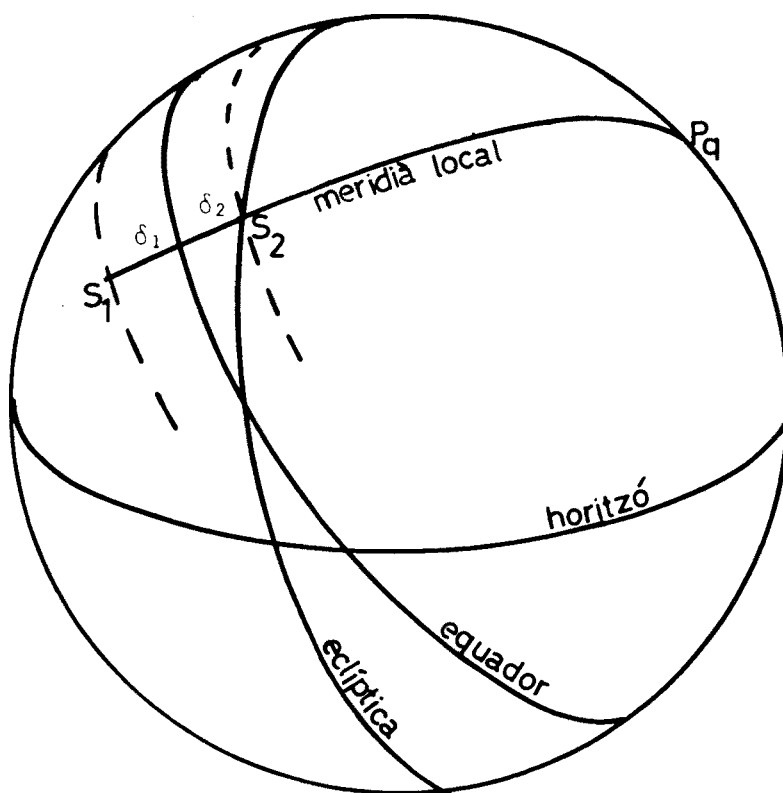
Efectivament, com diu Ibn al-Samh en aquest capítol, la mag-

65. Capítol 51.

66. Capítol 86.

67. Capítol 104.

68. Capítol 107.



nitud mesurada sobre un meridià de l'equador celest no respon a un valor de latitud. La precisió d'Ibn al-Samh sembla ser força justificada.⁶⁹

2.4.1.2. Ascensió recta.

Mesurada en graus de l'equador celest de 0° a 360° , a partir de Capricorn 0° .

"Ascensió recta dels graus de l'eclíptica".⁷⁰

Hom la mesurarà directament sobre els graus de la corona situant l'índex a Capricorn 0° i fent girar l'aranya fins a situar el grau que interessa sobre la línia meridiana. El nombre de graus que s'hagi desplaçat l'índex serà l'ascensió recta d'aquell grau. Atès que hom coneix la longitud eclíptica dels graus del zodíac, resulta que s'haurà obtingut llur transformació en graus d'ascensió recta.

2.4.1.3. Ascensió obliqua,⁷¹

Mesurada en graus de l'equador celest de 0° a 360° , a partir d'Àries 0° .

"Ascensió obliqua dels graus de l'eclíptica"⁷²

Hom la mesurarà directament sobre els graus de la corona a partir de l'ascensió recta d'Àries 0° . Se situarà sobre l'ho-

69. Afirma al-Bīrūnī que molts autors perses i indis sumaven, incorrectament, la latitud celest a la declinació. Cf. E.S. KENNEDY 5, 312./600. D'altra banda, l'error destacat per Ibn al-Samh es troba al capítol XXXVI del text d'Alfons X, M. RICO y SINOBAS I, II, 278-79, Aquest capítol no té paral·lel als altres textos i l'hem analitzat a R. MARTÍ i M. VILADRICH, 3, 38-39. Cal suposar, per tant, que el capítol del text d'Alfons X no fou copiat del llibre d'Ibn al-Samh.

70. Capítol 52. Aquest mètode, així com els successius dels capítols 54 i 56, tenen els seus paral·lels en les obres d'Alfons X, Pseudo-Mašallah l-u, Pseudo-Maslama, Ibn al-Šaffār i Abraham b. Ezra, segons les pàgines 277; 225; 281-82; 44-45; 18-19 de les edicions respectives, analitzats a R. MARTÍ i M. VILADRICH, 3, 40.

71. Ascensió obliqua d'un punt C de l'eclíptica és l'arc d'equador comprès entre el punt Àries i el punt d'aquest cercle que creua l'horitzó oriental simultàniament amb el punt C.

72. Capítol 54.

ritzó oriental el grau de l'eclíptica que interressi i s'observarà on es troba l'índex dels graus de la corona. La diferència entre aquest punt i l'ascensió recta d'Àries 0° serà l'ascensió obliqua d'aquell grau de l'eclíptica. Com que hom coneix la longitud eclíptica dels graus del zodíac, resulta que s'haurà obtingut llur transformació en graus d'ascensió obliqua.

Els arcs d'ascensió recta que corresponen a cadascun dels signes dividits a l'eclíptica de l'astrolabi es mesuraran situant el principi i la fi de cada signe sobre la línia meridiana, i determinant els graus de l'equador que corresponen a aquests dos punts. Els arcs d'ascensió obliqua es mesuraran anàlogament situant, però, sobre l'horitzó oriental, el principi i la fi de cada signe.⁷³

2.4.2. Coordenades eclíptiques.

2.4.2.1. Longitud.

Mesurada en graus de l'eclíptica des de 0° a 360° a partir de Capricorn 0°, en el sentit dels signes del zodíac.

"Longitud d'un grau de l'eclíptica"

Hom l'obtindrà directament sobre l'eclíptica de l'astrolabi. Coneguda una ascensió recta qualsevol, s'obtindrà el grau de l'eclíptica al qual correspon situant l'índex de la corona sobre aquest valor en la graduació i observant quin punt de l'eclíptica cau sobre la línia meridiana. Resultarà així que s'haurà establert la transformació dels graus d'ascensió recta en graus de longitud eclíptica.⁷⁴

Coneguda una ascensió obliqua qualsevol, s'obtindrà el grau de l'eclíptica a què correspon situant l'índex de la corona sobre aquest valor en la graduació i observant quin punt de l'eclíptica cau sobre l'horitzó oriental. Resultarà així que

73. Capítol 56.

74. Capítol 53 i capítol 55.

s'haurà trobat la transformació dels graus d'ascensió obliqua en graus de longitud eclíptica,⁷⁵

2.4.2.2. Mediació.

Per a la situació dels astres hom pot prendre un altre punt de referència sobre l'eclíptica: la mediació o grau d'aquest cercle que creua la línia meridiana, sobre l'horitzó local, simultàniament amb l'astre.

La mediació es pot calcular mitjançant dos sistemes:

1- Directament situant l'índex de l'estel sobre la línia meridiana i observant quin grau de l'eclíptica cau sobre aquesta línia⁷⁶

- Amb l'ajut de l'observació pels astres no representats a l'aranya de l'astrolabi. Hom prendrà successives vegades l'altura de l'astre fins a determinar el moment precís en què aquest creua el meridià. Aleshores situarà l'aranya en posició amb l'ajut de l'altura sobre els almucàntars d'un dels estels projectats i observarà el punt de l'eclíptica que creua la línia meridiana ⁷⁷. Aquest mètode serveix solament per a treballar durant la nit.

2.4.3. Coordenades geogràfiques.

2.4.3.1. Latitud.

Si hom vol conèixer la latitud del país on es troba, necessita saber la declinació del grau del sol d'aquell dia i observar l'altura meridiana d'aquell astre. Amb aquestes dades hom obtindrà la col.latitud segons:

- Si el grau del sol és dels signes septentrionals

$$(90 - \phi) = hm - \delta$$

75 . Capítol 55.

76 . Capítol 87

77 . Capítol 103.

- Si el grau del sol és dels signes meridionals:

$$(90^\circ - \phi) = hm + \delta$$

Els dies dels equinoccis es verifica que:

$$\delta = 0^\circ \text{ i, per tant, } (90^\circ - \phi) = hm^{78}.$$

Un altre mètode consistirà en mesurar, en el decurs d'una nit, les altures màxima i mínima d'un estel circumpolar.

Aquestes dues medicions poden considerar-se equivalents a les de l'altura del pol sobre l'horitzó del lloc, car

$$\text{Max } hm_e = hm_{pol} + \varepsilon$$

$$\text{Min } hm_e = hm_{pol} - \varepsilon$$

Si hom suma els dos valors i els divideix per dos, obté la latitud del lloc des d'on opera atès que l'altura del pol sobre l'horitzó és precisament la latitud.⁷⁹

2.4.3.2. Longitud

Adhuc Ibn al-Samh inclou un capítol sobre el coneixement de la longitud geogràfica d'un lloc respecte a un altre de longitud coneguda, mitjançant l'observació simultània d'un mateix eclipsi de lluna per dos observadors situats a països diferents.⁸⁰

Ambdós observadors coneixeran l'hora igual en què observin una de les fases del fenomen, és a dir, quan s'inicia l'eclipsi (*bad'*) quan es produeix la seva plenitud (*tamām*) o al moment de la seva desaparició (*tamām inġilā'*). A cada

78. Capítol 57.

79. Capítol 92. Ibn al-Samh proposa treballar amb els estels *Banāt Na^caš*, la Major o la Menor. És refereix a η UMa. Cf. Υ P I, 19; III, 10; VI, 23; VII, 16; VIII, 27; XI, 16; XII, 23a; XVI, 36.

80. Capítol 58. Té els seus paral·lels als textos d'Alfons X, Pseudo-Māšāllāh l-u, Pseudo-Maslama, Ibn al-Saffār i Abraham b. ^cEzra, segons les pàgines 276; 223; 274; 38-39 i 20 de les edicions respectives.

hora de diferència entre les dues observacions li corresponen 15° de longitud car $360^\circ/24 \text{ hores} = 15^\circ/\text{hora}$. Si l'hora en què s'observa una de les fases al país de longitud coneguda és major que l'hora en què s'observa la mateixa fase al país de longitud desconeguda, aquest es troba a occident del primer. Si succeeix el contrari, la longitud desconeguda és oriental. Reduïdes les hores a graus de longitud hom restarà, en el primer cas, els graus obtinguts de la longitud coneguda i, en el segon cas, els sumarà amb ella⁸¹

81. El text no fixa meridià origen, però, sens dubte, és occidental.

2.5. Obtenció de l'ascendent.

El grau de l'eclíptica que creua l'horitzó oriental en un moment determinat és l'ascendent en aquell moment. Es pot observar directament sobre l'astrolabi si es coneix el grau del sol del dia en què s'opera: cal mirar quin punt de l'eclíptica es troba sobre l'horitzó oriental quan l'aranya s'hagi col·locat correctament en la posició que correspongui a aquell instant emprant el grau del sol. Per a posar l'aranya en posició poden emprar-se diverses dades:

- L'altura meridiana del sol.⁸²
- L'hora temporal del dia o de la nit.⁸³
- Ambdues dades alhora.⁸⁴
- L'angle horari transcorregut des de l'ortus o l'ocàs del sol.⁸⁵
- Les hores desiguals i l'angle horari.⁸⁶
- L'angle horari, l'altura meridiana i l'ascendent.⁸⁷
- El grau del sol i el seu azimuth conegut.⁸⁸

Simultàniament hi haurà un grau de l'eclíptica que s'haurà situat sobre l'horitzó occidental. Aquest grau serà el descendent.

El tractat d'Ibn al-Samh es refereix més endavant a la determinació de l'ascendent i el descendent mitjançant els estels fixos que són projectats a l'aranya. El problema és el mateix que el que es planteja amb el grau del sol: en qualsevol moment de la nit s'obtindrà l'altura de l'estel mitjançant observació. Hom posarà el garfi de l'aranya que el representi sobre l'al-mucàntar adient i el grau de l'eclíptica que creui l'horitzó oriental serà l'ascendent d'aleshores. Mentre que el que es trobi sobre l'horitzó occidental serà el descendent.⁸⁹

Si hom realitza aquesta operació posant el garfi

82. Capítol 7.
83. Capítol 13.
84. Capítol 16.
85. Capítol 26.

86. Capítol 32.
87. Capítol 34.
88. Capítol 62.
89. Capítol 75.

de l'estel sobre l'horitzó oriental determina l'ascendent en el moment de l'ortus de l'estel; posant-lo sobre l'occidental s'obtéindrà el descendent en el moment de l'ocàs ⁹⁰. La posició de l'estel a qualsevol punt per damunt del nostre horitzó també pot fixar-se mitjançant l'azimut en que es troba l'estre car aquesta dada és suficient per a precisar-ne la posició en la seva trajectòria.⁹¹

Tanmateix Ibn al-Samh dona un procediment per a conèixer amb quin grau de l'eclíptica puja o baixa un estel dels que no són projectats sobre l'aranya o bé un planeta, que tampoc es troba representat sobre l'eclíptica ⁹². Aquest sistema requereix l'ajut d'un dels estels fixos de l'aranya, necessàriament, del qual hom observarà l'altura quan vagi a operar. Aquesta altura servirà per a posar l'aranya en posició correcta. Hom esbrinarà, també per observació, l'altura meridiana de l'estel que interressi. Aquesta dada haurà de ser menor que la col.latitud de l'indret on es treballi en més de 24°, car, si $(90^\circ - \phi) - hm > 24^\circ$, aleshores el paral.lel de declinació que descriu l'astre es troba al sud del tròpic de Capricorn i per tant no es projecta a l'astrolabi. Així, doncs, hom només podrà operar amb l'astrolabi quan $(90^\circ - \phi) - hm < 24^\circ$.

Un cop s'ha precisat aquesta condició, el tractat contempla dues possibilitats:

- A.1. S'observarà l'altura meridiana de l'estel i s'assenyalarà a l'almucàntar corresponent, just sobre la línia meridiana.
- A.2. S'esbrinarà l'altura d'un estel projectat, que actuarà de referència, i es farà coincidir el seu garfi sobre l'almucàntar de l'altura.⁹³
- A.3. Si algun garfi de l'aranya coincideix amb el senyal de

90 .Capítol 88.

91 .Capítol 96.

92 .Capítol 105.

93 .El text indica que cal fer un senyal amb l'índex sobre la corona (cf.49h) però és totalment innecessari.

la línia meridiana (A.1) o bé si hi coincideix algun punt de l'aranya hom hi farà un altre senyal.

A.4. Es girarà tot el sistema fins a posar aquest darrer senyal sobre l'horitzó oriental. El grau de l'eclíptica que simultàniament creui aquest horitzó és el grau ascendent amb l'astre.

A.5. Es realitzarà el mateix procés a l'horitzó occidental per tal de determinar el grau descendent amb l'estel.

Imaginem ara el cas més freqüent: cap punt de l'eclíptica no coincideix sobre el senyal practicat a la línia meridiana. Quan això s'esdevingui s'haurà de treballar com indicaré tot seguit en funció de la figura nº 6 .

B.1. Amb l'ajut d'un dels estels fixos S es farà un senyal A a la corona, un cop s'hagi posat l'astrolabi en la posició representativa d'aquell moment. Aquest serà el primer senyal.

B.2. Es girarà tot el sistema per tal de trobar un punt de l'aranya que coincideixi sobre el senyal de la línia meridiana. Es marcarà aquest punt i serà el senyal de l'aranya. (A la figura el suposo directament sobre l'eclíptica).

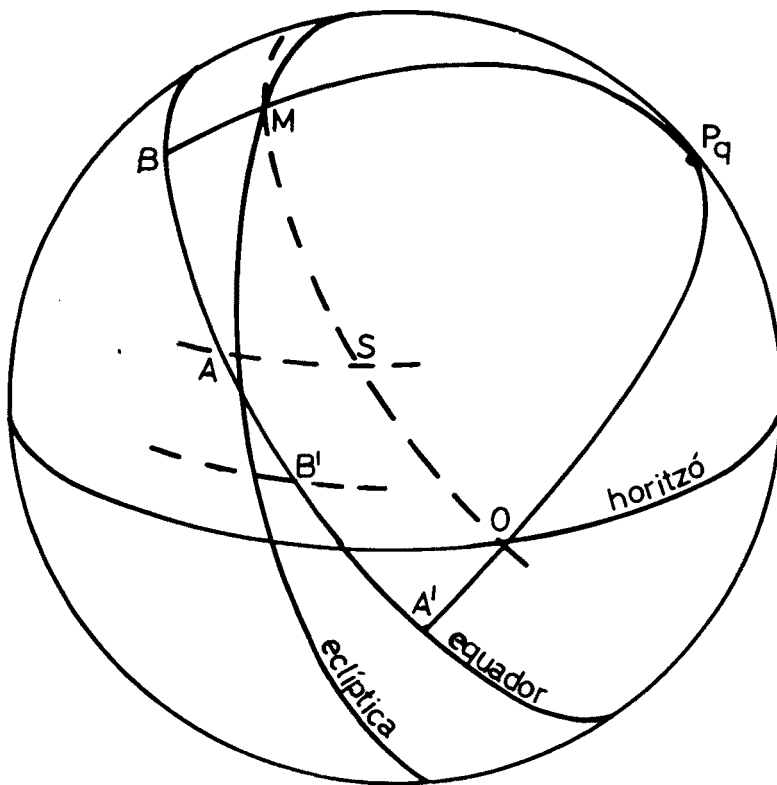
B.3. Es determinarà quants graus de la corona ha girat l'aranya entre la primera i la segona operació (arc AB).

B.4. Hom col·locarà el senyal de l'aranya sobre l'horitzó oriental, i es marcarà l'horitzó: aquest serà el senyal del creuer (qat^c) de l'astre. Així s'obtindrà l'arc seminocturn d'aquest (arc OM)⁹⁴ . Sobre la corona es marcarà A'.

B.5. Es girarà l'aranya un angle equivalent al determinat a la tercera operació (A'B'). El grau de l'eclíptica que creui l'horitzó simultàniament amb B' és el grau que puja amb l'astre.

B.6. S'operarà anàlogament a l'horitzó occidental per tal de determinar quin és el grau descendent amb l'astre.

94. El manuscrit indica l'arc nocturn en comptes del seminocturn.
Cf. 49v.



2. 6. Els mètodes d'aproximació.

En analitzar els tractats hispànics sobre l'ús de l'astrolabi, vam incloure un capítol on s'analitzaven els mètodes d'aproximació que són descrits al segon *Libro dell Astrolabio Llano* d'Alfons X el Savi.⁹⁵

Aleshores assajàvem d'esclarir els mètodes que indicaven els capítols XVII, XVIII, i XIX del llibre alfonsí per tal d'encarar-se a les dificultats del traçat -en graus o en almucàntars- de les divisions de l'astrolabi i als petits errors que poden derivar-se de resoldre sobre un pla problemes de trigonometria esfèrica. Alhora tractàvem en aquell epígraf, de la determinació de l'hora temporal a una latitud per a la qual hom no disposa de làmina adequada, problema que també inclouen els textos Pseudo-Māšāllāh l-u, Ibn al-Saffār i Pseudo-Maslama,⁹⁶

No obstant això, l'originalitat d'aquells capítols que trobàvem exclusivament al text alfonsí ens feia pensar, llavors, que tal vegada poguessin correspondre a una altra obra original de l'escola de Maslama, bo i sospitant que podia tractar-se del present manuscrit d'Ibn al-Samh, i mantenint l'esperança d'aconseguir una possible identificació textual.

Al tractat d'Ibn al-Samh, s'hi troben dos capítols que descriuen els mateixos mètodes d'aproximació del *Libro* d'Alfons X, encara que no sia possible d'establir identitats textuals entre ambdós textos.

Ateses les característiques de particularitat d'aquests capítols, descriuré els procediments que contenen.

95. R. MARTÍ i M. VILADRICH, 3, 32-36.

96. Respectivament a les pàgines 244,39 i 274-75. Analitzat a R.MARTÍ i M.VILADRICH, 3, 35-36.

2.6.1. Altura del sol.

El capítol 5, "Determinació de la posició del grau del sol damunt els almucàntars", del tractat d'Ibn al-Samh, presenta un mètode igual que el de l'obra d'Alfons X ⁹⁷ en el seu capítol XVIII, però és plantejat en ordre distint. Obtinguda, per observació, l'altura del sol en un moment determinat del dia, es comprova que aquesta cau entre dos dels almucàntars que són traçats a la làmina. Hom coneix la diferència, en graus, que hi ha entre dos almucàntars segons sia l'astrolabi de què disposa *tultī, sudsī...* ⁹⁸. Hom determina, a la figura nº 7 :

- 1- la "diferència de l'altura" (*fadlat al-irtifā^c*) o diferència entre l'altura observada $a'n$ i la corresponent a l'almucàntar immediat inferior, és a dir: $a'n - am$.
- 2- La "proporció de l'altura" (*nisbat al-irtifā^c*) o raó entre la "diferència de l'altura" i la diferència entre dos almucàntars expressades ambdues en graus:

$$\frac{a'n - am}{a''p - am}$$

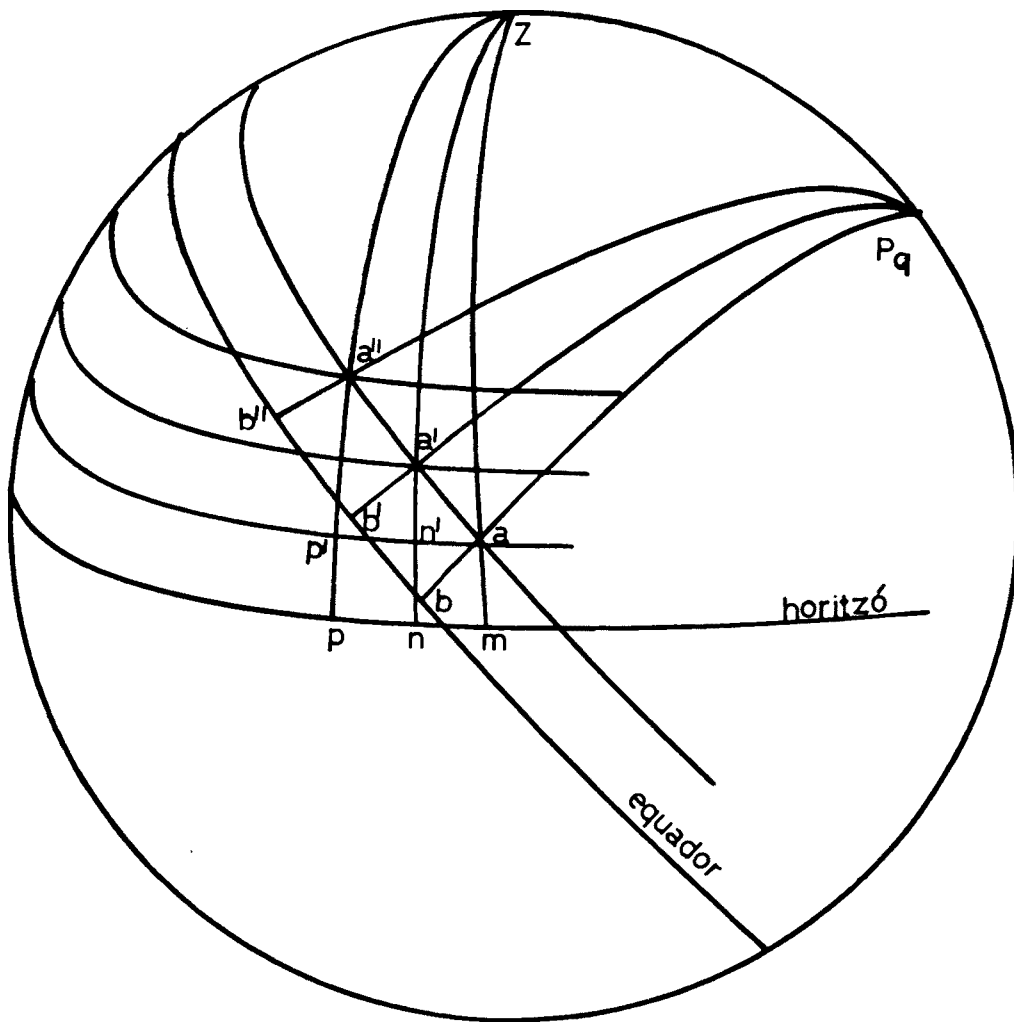
- 3- Els graus de la corona que senyala l'índex quan el sol es troba a l'almucàntar inferior (posició a) i al superior (posició a''), i hom pren la diferència, l'angle bb''
- 4- Fet això s'estableix un producte entre l'angle bb'' i la "proporció de l'altura" obtinguda a (2). El producte s'afegeix al valor angular b de la posició a i s'obté el valor angular b' del grau del sol quan es troba a la posició a' , amb el qual hem determinat l'arc d'equador bb' .

Posant l'índex dels graus a la posició el grau del sol es desplaçarà a la posició que desitjàvem. Observem que a la figura es formen els triangles $aa''p'$ i $aa'n'$.

Suposant que les distàncies entre els almucàntars són molt petites es pot establir la relació:

98. Denominació de l'astrolabi segons la freqüència de traçat dels almucàntars i d'altres divisions: cada tres graus, cada sis...

97. Analitzat a R. MARTI i M. VILADRICH, 3, 34-35.



$$\frac{aa'}{a'n'} = \frac{aa''}{a''p'}$$

car s'aplicarà el Teorema de Tales tot suposant que $a'n'$ i $a''p'$ són paral·leles, aleshores:

$$\frac{aa'}{aa''} = \frac{a'n'}{a''p'} = \frac{a'n' - am}{a''p' - am}$$

Si considerem que: $aa' = bb'$ i que $aa'' = bb''$ s'obté:

$$\frac{bb'}{bb''} = \frac{a'n' - am}{a''p' - am}$$

$$bb' = bb'' \frac{a'n' - am}{a''p' - am}$$

2.6.2. Ascendent.

El capítol 8, "Determinació del grau de l'ascendent", descriu un mètode igual al del capítol XIX del *Libro dell Astrolabio Llano* d'Alfons X ⁹⁸

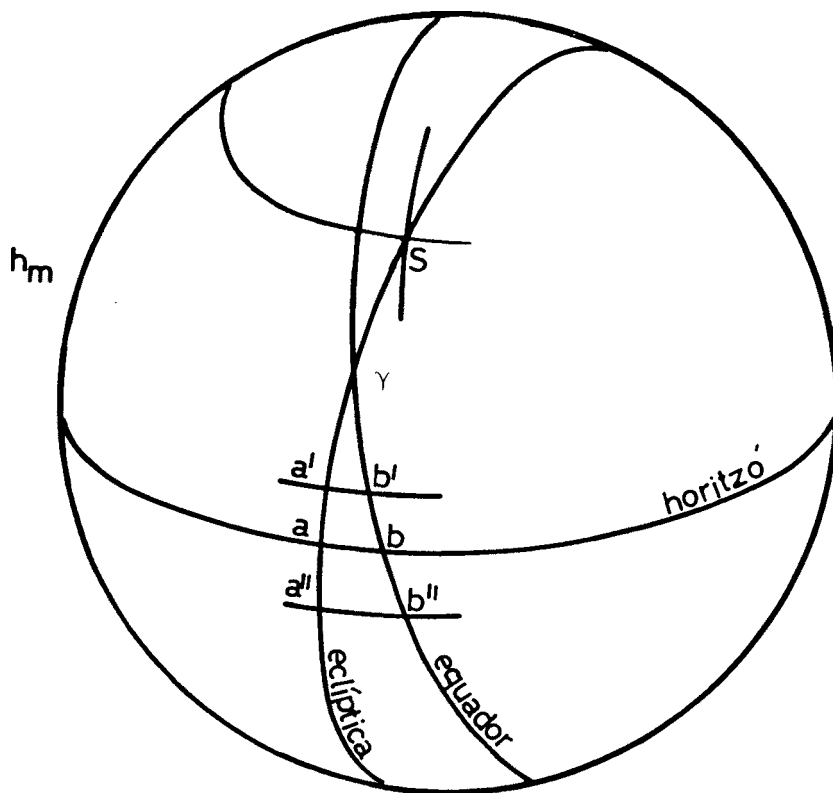
A la figura nº 8, un cop situat el grau del sol (S) d'aquell dia a l'altura corresponent hm sobre els almucàntars, tenim un grau ascendent (a) que volem determinar i que es troba creuant l'horitzó oriental. Sobre l'eclíptica de l'astrolabi hom disposa de dos ascendents senyalats a' i a'' , dels quals hom pot determinar els punts equatorials corresponents b' i b'' . Procedeix a determinar:

- 1- L'angle equatorial $b'b''$.
- 2- L'angle equatorial $b'b$.
- 3- D'altra banda coneix la distància $a'a''$ directament sobre l'eclíptica.

Observant la figura nº 8 veïem que es formen els triangles $\gamma a'b'$, $\gamma a''b''$, γab .

Si aquest triangles són petits es compleix, aplicant el Teo-

98. Analitzat a R. MARTÍ i M. VILADRICH, 3, 33-34.



rema de Tales:

$$\frac{b'b}{a'a} = \frac{b'b''}{a'a''}$$

i interessa determinar:

$$\lambda_a = \lambda_{a'} + a'a$$

Calcula:

$$a'a = \frac{b'b \times a'a''}{b'b''}$$

Suma el seu valor a $\lambda_{a'}$, i obté λ_a .

2.7. Els azimuts

La representació del gràfic dels azimuts o cercles verticals sobre l'horitzó projectat a la làmina permet de conèixer la posició d'un astre respecte a la línia est-oest o respecte a la línia meridiana. Aquesta dada té molta importància car contribueix de manera essencial a l'orientació geogràfica de l'individu. Més endavant veurem com intervé en la determinació de la línia de l'al-qibla per tal d'orientar-se en la oració canònica.

L'azimut on es troba el sol o un dels estels de l'aranya es pot determinar directament sobre la làmina coneixent als elements que segueixen:

- L'altura del sol i el seu grau.⁹⁹
- L'altura d'un estel.¹⁰⁰
- El grau del sol i l'ascendent en un moment determinat.¹⁰¹
- L'ascendent d'un dels estels projectats.¹⁰²
- El grau del sol i les hores desiguals passades d'aquell dia.¹⁰³
- L'altura, l'ascendent i el grau del sol.¹⁰⁵
- L'altura, les hores desiguals i el grau del sol.¹⁰⁴
- L'ascendent, les hores desiguals i el grau del sol.¹⁰⁵

Aquests elements són emprats una altra vegada per tal de posar l'aranya en posició i observar sobre quin dels azimuts es troba el grau del sol - o el seu oposat, si es treballa amb les hores temporals passades del dia - o l'estel que ens interessa.

Com deia, i com indica el capítol 59, és molt important recordar que cal precisar en quin dels quatre quadrants es troba

99. Capítol 59.
 100. Capítol 93.
 101. Capítol 60.
 102. Capítol 95.
 103. Capítol 61 i Capítol 94.
 105. Capítol 61.

104. Capítol 94.

l'azimut desitjat:

Nord-est, comprès entre el punt on la línia est talla l'horitzó i la línia de migdia.

Nord-oest, comprès des del punt on la línia oest talla l'horitzó fins a la línia de migdia.

Sud-est, comprès entre el punt on la línia est talla l'horitzó i la línia del mig del cel.

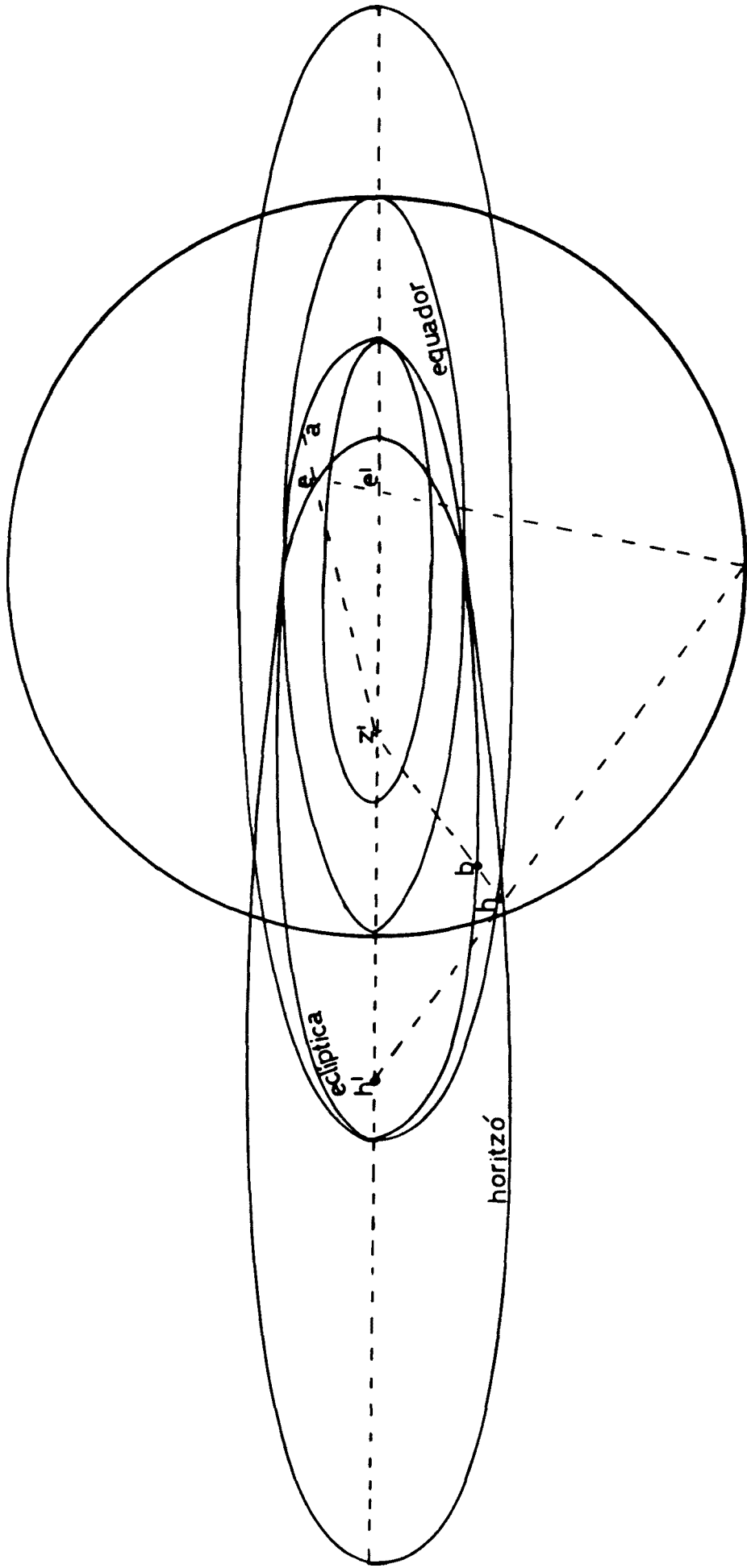
Sud-oest, comprès des del punt on la línia oest talla l'horitzó fins a la línia del mig del cel.

El coneixement de l'azimut del sol o d'un estel en el moment en què aquest creua l'horitzó proporciona la mesura de la seva amplitud ortiva en graus d'horitzó a partir d'un dels quatre quadrants indicats. Conegut aquest azimut es pot observar, directament sobre l'astrolabi, si el grau del sol o bé l'estel tenen *ortus* estival o hiemal. De fet només cal posar el grau del sol o l'estel sobre l'horitzó oriental i esbrinar: si creuen aquesta línia per un grau de la mateixa que es troba dins del cercle de l'equador, aleshores l'*ortus* és estival; si ho fan per un grau exterior a l'equador, aleshores l'*ortus* és hiemal¹⁰⁶. Això vol dir que aquell astre serà visible en període estiuenc o hivernal a la latitud considerada. O bé, a quin període corresponen, en una latitud concreta, els dies de l'any en què el sol té una determinada longitud sobre l'eclíptica. La figura nº 9 mostra la representació de l'equador, els tròpics, l'eclíptica i l'horitzó per tal d'evidenciar on es troben, respecte a l'equador projectat, les imatges *e'* i *h'* de dos *ortus* distints corresponents a dos punts de l'eclíptica *a*, amb *ortus* estival *e* i *b* amb *ortus* hiemal *h*.

Si l'astre no és projectat sobre l'aranya¹⁰⁷ haurem de conèixer la seva amplitud ortiva segons el senyal del creuer de

106 . Capítols 66 i 99. Aquesta referència només es troba al text d'Ibn al-Saffar 47-48. Cf. R. MARTÍ i M. VILADRICH 3, 27, n.74.

107 . Capítol 108.



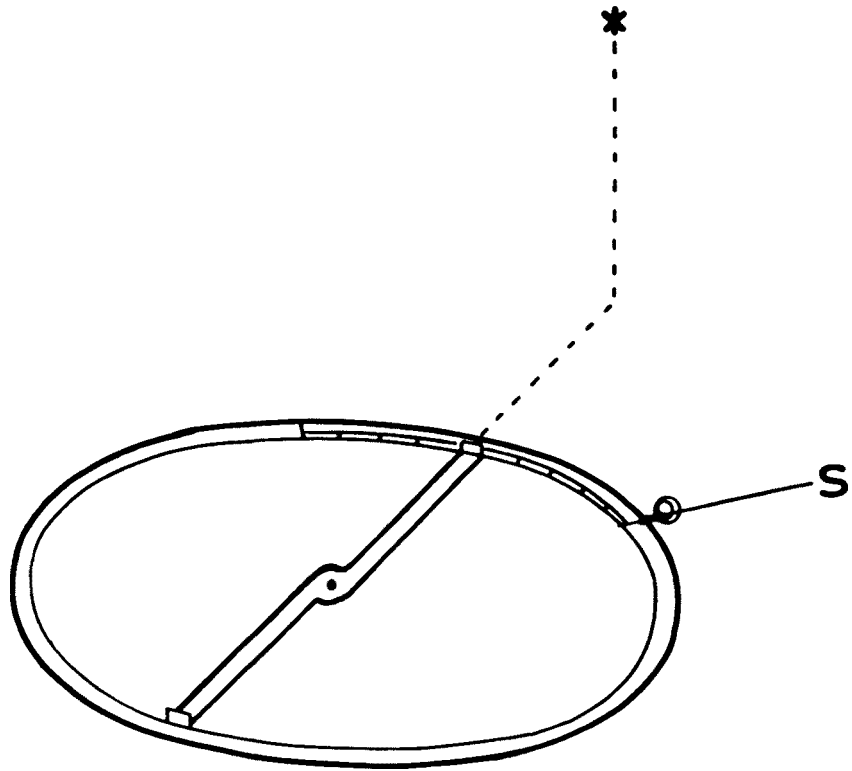
l'estel, és a dir, el punt de l'horitzó per on puja l'astre. La determinació d'aquest senyal del creuer sobre l'horitzó s'ha emprat abans al capítol 105 (Vegeu punt B.4. *Supra* 2.5.) però en el cas present el text no especifica com pot hom determinar-lo car no es disposa del garfi corresponent de l'estel.

Quan és horitzontal un astrolabi pot mesurar azimuts, com mostra la figura nº 10, però el zero de l'escala graduada del dors ha d'estar orientat al sud de l'hemisferi nord (recordem que la línia que va del centre de l'astrolabi al suspensori indica el sud, ja que l'astrolabi s'ha projectat des d'aquest hemisferi). Per tal de poder emprar així l'astrolabi, com si fos un cercle indi ¹⁰⁸, Ibn al-Samh descriu, al capítol 67, com s'ha de procedir. En primer lloc es determinarà l'azimut del sol en funció del seu grau i de l'altura de l'astre quan s'operi. Per tal d'orientar l'instrument com es veu a la figura, es posarà una pínula de l'alidada al quadrant corresponent a l'azimut mesurat i a la divisió que convingui en funció d'aquest. Si l'azimut es troba al quadrant sud-est, amb la làmina plana a terra, s'encararà aquella pínula vers el sol, resultant que quan l'ombra de la pínula es projecti sobre l'alidada s'ha aconseguit l'orientació correcta ¹⁰⁹. En aquest moment els radis de la làmina senyalen els punts cardinals que els pertoquen.

Si el sol es troba al quadrant nord-oest s'encararà cap el sol la pínula oposada a la que cau sobre la graduació dels azimuts car el sol es trobarà al quadrant oposat a la graduació. Si l'azimut de l'astre roman al quadrant sud-oest caldrà restar-lo de 90° per tal de reduir la seva posició al quadrant

108. El cercle indi -tradicionalment anomenat així bé que segons sembla no hi ha motiu per a pensar en aquest origen- serveix per la determinació del meridià d'un indret en funció de dos azimuts pels quals el sol passa, qualsevol dia, amb la mateixa altura. Cf. E.S. KENNEDY 8, II, 80-81.

109. El text diu exactament que hom ha d'esbrinar els raigs del sol entrant per la pínula i caient sobre l'alidada. Però és difícil de determinar això.



10

sud-est i operar com hem dit. Si l'astre és al quadrant nord-est cal restar l'azimut també de 90° i operar com si fos al nord-oest.

De nit es pot actuar així amb assistència d'un estel projectat a l'aranya. El capítol 100, que exposa aquest problema, diu també que és possible trobar així l'azimut de La Meca tot mencionant el capítol 67. Aquesta afirmació és certa si hom coneix l'azimut de l'al-qibla local. No obstant això, el capítol 67 no suggereix res relatiu a aquesta possibilitat.

També pel que fa als azimuts és Ibn al-Samh qui presenta un ventall més ampli de possibilitats per a la seva determinació. Obviament també en tracten els textos Pseudo-Māšāllāh l-u, Ibn al-Šaffār i Pseudo-Maslama¹¹⁰. Aquests autors tracten també l'orientació dels punts cardinals¹¹¹ i en particular els de l'escola de Maslama, Pseudo-Maslama i Ibn al-Šaffār indiquen com trobar la direcció de l'al-qibla a la ciutat de Còrdova.

110. A les pàgines 222 i 225; 37,47 i 48; 272 i 273 de les edicions respectives. Analitzat a R. MARTÍ i M. VILADRICH 3, 27-28.

111. Concretament Alfons X 288; Pseudo-Maslama 272-73; Ibn al-Šaffār 37 i Pseudo-Māšāllāh l-u, 222, per al cas del sol exclusivament.

2.8. L'astrolabi, computador analògic del temps.

El complex sistema que es deriva de l'observació directa dels moviments aparents de l'esfera celest durant el dia o la nit, conjuminat amb la representació plana dels moviments dels astres inscrits a l'astrolabi -sia sobre l'horitzó local o sota d'ell- permet la utilització d'aquest instrument astronòmic com a un veritable computador analògic del temps.

2.8.1. Arc diürn i arc nocturn.

El grau del sol en un dia determinat, o, en el seu cas, un estel fix o bé la lluna, descriuen diàriament sobre el nostre horitzó un paral·lel de declinació. En fer-ho empren un període de temps determinat en el qual discorren des de l'horitzó oriental vers l'occidental. Aquest període de temps, que és el seu arc diürn, pot ser mesurat en graus equatorials mitjançant l'índex que recorre la corona. Aquest paral·lel de declinació es completa durant la nit, quan els estels discorren, des de l'horitzó occidental fins a un nou *ortus*, sota l'horitzó local, descrivint el seu arc nocturn.

Per a computar analògicament aquests dos arcs només cal situar el grau del sol, o bé un dels estels fixos, sobre l'horitzó oriental, desplaçar-lo després fins a l'occidental i mesurar l'arc diürn directament mitjançant els graus de la corona que s'ha desplaçat l'índex.¹¹²

D'altra banda, conegut un dels arcs és possible d'obtenir l'altre fàcilment atès que la suma d'ambdós és sempre un cercle complert:

¹¹². Al capítol 43 amb el grau del sol i al 89 amb un estel fix.

$$\text{arc diürn} + \text{arc nocturn} = 360^\circ$$

Això no obstant, si l'astre que s'empra és la lluna o un dels planetes o un dels estels fixos no projectats¹¹³, com que aquests astres no es troben representats sobre l'aranya, cal recórrer a representar sobre aquesta el punt de l'eclíptica -o bé d'algun garfi- que coincideixi amb el punt de l'horitzó oriental per on ascendeix l'astre i operar amb aquest punt com si representés el moviment d'aquell astre.

2.8.2. Les hores desiguals o temporals

Les hores desiguals o temporals del dia resulten de dividir en 12 parts iguals l'arc diürn del grau del sol o d'un estel.¹¹⁴ Durant la nit hom dividirà per 12 l'arc nocturn, ja que: $360^\circ = 12 \text{ h. temporals diürnes} + 12 \text{ h. temporals nocturnes}$, i, per tant:

1 hora temporal diürna + 1 hora temporal nocturna = 30°
Amb això hom podrà deduir-ne unes si coneix les altres.

Amb el primer mètode descrit per al grau del sol també es pot calcular la durada d'una de les hores desiguals del dia. Situant l'oposat del grau del sol sobre la línia d'una hora i fent-lo avançar fins la línia següent només cal computar els graus de la corona que s'ha desplaçat l'índex¹¹⁵. En el decurs de la nit operarem amb el propi grau del sol.

Si se sap l'altura meridiana del sol, hom pot obtenir directament l'hora desigual del dia, atès que s'ha traçat, per a cada horitzó, les divisions de les hores desiguals. Per tant, només cal situar en un moment precís el grau del sol sobre l'almucàntar corresponent a la seva altura. Immediatament l'oposat del grau del sol indica, sobre les hores temporals, l'hora del sol en aquell instant.¹¹⁶

113. Capítol 106.

114. Capítol 47 per al grau del sol i Capítol 90 per als estels.

115. Capítol 47

116. Capítol 4 i Capítol 37.

D'una manera anàloga com s'ha fet situant el grau del sol sobre la seva altura als almucàntars, hom pot determinar en quina hora del dia o de la nit es troba emprant com a referència, per a posar l'astrolabi en posició correcta:

- 1- L'altura meridiana d'un estel.¹¹⁷
- 2- L'ascendent sobre l'horitzó oriental.¹¹⁸
- 3- L'azimut sobre el qual es troben el sol o bé un dels estels projectats.¹¹⁹
- 4- L'angle horari que ha girat aparentment l'esfera des de l'ortus o l'ocàs del sol.¹²⁰

En aquest darrer cas, hom situarà el grau del sol sobre l'horitzó oriental (o occidental) i sumarà l'angle horari transcorregut a la posició de l'índex dels graus en aquell moment. L'oposat del grau del sol, durant el dia, i el propi grau del sol durant la nit, senyalaran l'hora sobre les divisions de les línies horàries temporals.

També es pot saber fàcilment en quina hora del dia o de la nit creua l'horitzó oriental un dels estels fixos o bé un dels graus de l'eclíptica¹²¹. Primer caldrà saber si l'ortus es produeix durant el dia o durant la nit tot posant el garfi de l'estel o bé el grau de l'eclíptica sobre l'horitzó oriental: si el grau del sol es troba sobre els almucàntars l'ortus es produeix de dia i és l'oposat del grau del sol el que indica, sobre les línies de les hores temporals, l'hora en què puja l'estel. Si el grau del sol es troba sobre les línies de les hores, l'estel o el grau de l'eclíptica creuen l'horitzó oriental en l'hora que aquest indiqui.

117. Capítol 72 i Capítol 83.

118. Capítol 14 i Capítol 20.

119. Capítol 98.

120. Capítol 29.

121. Capítol 91.

2.8.3. Determinació de les hores d'oració.

El capítol 9 tracta de la determinació dels moments de l'oració segons el *hādīt* d'Umar¹²². Aquest capítol té relació amb el 123, on veurem l'aplicació del quadrant d'ombres a la fixació de les hores de pregària. En ambdós capítols s'estableix el següent:

- 1- El temps de l'*al-zuhr* comença quan l'ombra que projecta un gnòmon és d'una colzada.
- 2- El principi del temps de l'*al-^casr* s'esdevé quan l'ombra és equivalent a la longitud del gnòmon.
- 3- La fi del temps de l'*al-^casr* es produeix quan l'ombra és equivalent a dues vegades el gnòmon.

Més endavant tornarem a parlar de la relació que tenen aquestes indicacions amb l'altura del sol sobre l'horitzó. Ara tan sols es tracta d'una aplicació directa del problema a l'astrolabi: les làmines de latitud tenen traçades, sota l'horitzó, les línies de les hores (vegeu l'astrolabi Ap. 1). Aquestes línies estan numerades tal com mostra la figura, car habitualment es treballa sobre elles amb l'oposat del grau del sol ($\lambda + 180^\circ$). Això vol dir que el moviment diürn es manifesta girant aquest grau des de l'horitzó occidental a l'oriental, atès que així el propi grau del sol gira des de l'oriental a l'occidental com correspon a la rea-

122. Les primeres regulacions dels moments de l'oració provenen de la tradició car la determinació de les hores d'oració va ser sistematitzada pels juristes de les escoles en funció d'aquesta. Entre aquestes autoritats es troba la del segon califa Umar b. al-Ḥattāb (m. 644) que estableix el següent:

- l'oració de l'*al-zuhr* s'ha de realitzar des que l'ombra és d'una colzada fins que és igual a la longitud del gnòmon.
- l'oració de l'*al-^casr* quan el sol sia d'un color blanc pur, abans de que es torni grog.

Cf. E.S. KENNEDY. 7,86/302.

litat. L'índex de la corona permet determinar l'arc d'equador que correspon a les hores temporals del dia que representa l'oposat del grau del sol -o bé de la nit si treballem amb el propi grau del sol-, com ja s'ha dit.

Per posar l'aranya en posició s'haurà de fer coincidir el grau del sol amb l'altura que li correspongui sobre els almucàntars. Com les línies de les hores duen gravats els moments d'oració que representen, només cal mirar on es troba l'oposat del grau del sol per saber si la pregària és pertinent o no. Així:

- Si es troba sobre la línia de migdia comença el temps de l'*al-zuhr* que es perllonga fins la fi de l'hora desena. El moment més escaient per a pregar dins d'aquest període, el senyala la línia de l'hora vuitena, quan la longitud de l'ombra és, amb exactitud, d'una colzada.

- Si es troba sobre la línia de l'hora desena, comença el temps de l'*al-casr*, que es perllonga fins l'hora onzena. Aquesta oració s'haurà de fer dins aquest període, és a dir, des que la longitud de l'ombra és igual al gnònom fins que és el doble d'aquest.

2.8.4. L'albada i el crepuscle vespertí.

El capítol 74 explica com determinar el moment de la nit en què es clourà el crepuscle vespertí i el moment en què es produirà el trenc d'alba, tot iniciant-se el crepuscle matutí.

Tot sovint, amb aquesta fi les làmines de latitud dels astrolabis duen traçat un almucàntar sota l'horitzó. El més freqüent és que aquest correspongui a -18° . Però aquest no sembla ser el cas de l'astrolabi d'Ibn al-Samh. Com a conseqüència d'això ha d'emprar l'almucàntar positiu correspo-

nent a 18° ¹²³ per sobre l'horitzó i treballar com indico tot seguit.

Si hom coneix el grau del sol del dia que es clou amb el crepuscle que es vol determinar pot situar l'oposat d'aquest grau sobre l'almucàntar de 18° a la part oriental i el grau del sol indicarà, sobre les divisions de les hores, el moment cercat. De forma anàloga, situant l'oposat del grau del sol sobre l'almucàntar de 18° a la part occidental, el grau del sol indicarà en quina hora es produirà el següent trenc d'alba.

123. Sobre la presència d'aquesta dada als tractats andalusís i hispànics, Cf. R. MARTÍ i M. VILADRICH, 3, 25-26.

Aquest capítol al·ludeix al fet que Habaš establí aquest paràmetre en 16° . No m'ha estat possible de comprovar aquesta dada i tampoc no he trobat cap referència en d'altres astrònoms que adoptessin els 16° en comptes de 18° o bé 17° tal com és més freqüent.

2.8.5. Obtenció de l'angle horari

El dia astronòmic (de migdia a migdia) es divideix en vint-i-quatre parts iguals que corresponen, en valor angular, a 15° que son equivalents al moviment celest durant una hora igual. En relació a aquesta divisió de l'esfera celest, en fusos horaris, per uns cercles màxims que tallen l'equador en angle recte cada 15° , hom estableix, als tractats d'astrolabi, l'obtenció de l'angle horari (*al-dā'ir min al-falak*) o nombre de graus equatorials que ha girat l'esfera des que s'ha produït un fet astronòmic significatiu, per exemple, l'ortus o l'ocàs del sol.¹²⁴

Per tant, sovint hom tracta de determinar la posició de l'esfera en el moment en què s'ha iniciat el dia i la posició de la mateixa quan hom opera. La diferència en graus equatorials mesurats sobre la corona- ens dóna l'angle horari transcorregut del dia. El primer problema es resol situant el grau del sol sobre l'horitzó oriental o el seu oposat sobre l'occidental. Per tal de fixar la posició de l'esfera en un instant determinat es poden emprar diverses dades, segons es conequin:

- 1- L'altura del sol sobre els almucàntars. És el cas del capítol 21, que cerca la mesura de l'angle horari que ha de passar fins que acabi el dia. També es troba al capítol 36.
- 2- L'altura dels estels. Aquesta dada permet conèixer quin angle horari ha girat l'esfera des de la posta del sol fins que un estel aconsegueix certa altura sobre el nostre horitzó.¹²⁵
- 3- El grau de l'eclíptica que ascendeix quan volem saber l'angle horari passat des del començament del dia o de la nit.¹²⁶
- 4- La posició del grau del sol durant la nit o el seu oposat durant el dia sobre les hores desiguals passades per a mesurar també els angles horaris des del principi del dia o de la nit, com és el cas del capítol 27.

124 . Capítol 39 i Capítol 44.

125 . Capítol 79.

126 . Capítol 24.

Si es desconeix el grau del sol del dia en què es treballa, resten tres possibilitats:

1- Mitjançant l'ascendent i l'altura, car aquestes dues dades permeten conèixer el grau del sol i per tant determinar l'angle horari que ha passat des del començament del dia fins que el sol ha guanyat l'altura coneguda sobre l'horitzó. Segons la figura nº 11 en posar el grau de l'ascendent (a) sobre l'horitzó oriental el grau de l'eclíptica (s) que es troba sobre l'almucàntar de l'altura coneguda (hh') és el grau del sol. Al punt s , li correspon un arc d'equador bb' . Si el posem sobre l'horitzó oriental, li correspondrà l'arc bb'' . La diferència $bb'' - bb'$ és l'angle horari que interessa, atès que aquest nombre de graus equatorials correspon al temps que ha passat des que s'inicià el dia fins que el sol assolí l'altura hh' .¹²⁷

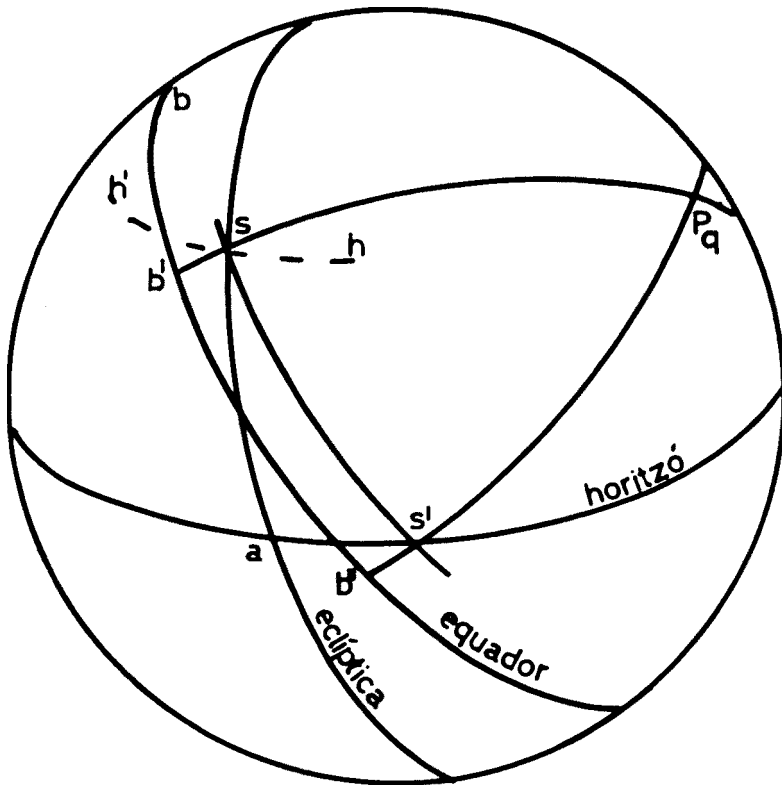
2- Amb l'ascendent i les hores temporals passades, atès que, si es col·loca l'ascendent sobre l'horitzó oriental, el grau dels signes que es troba sobre l'hora és el grau del sol (si operem durant la nit, o el seu oposat si treballem de dia, bé que el text no ho precisa). Si es posa aquest grau s , al qual correspon un arc d'equador bb' , sobre l'horitzó occidental i, per segona vegada, considerem el seu arc d'equador bb'' , hom pot mesurar l'angle horari que ha passat des que ha començat la nit restant $bb'' - bb'$.¹²⁸

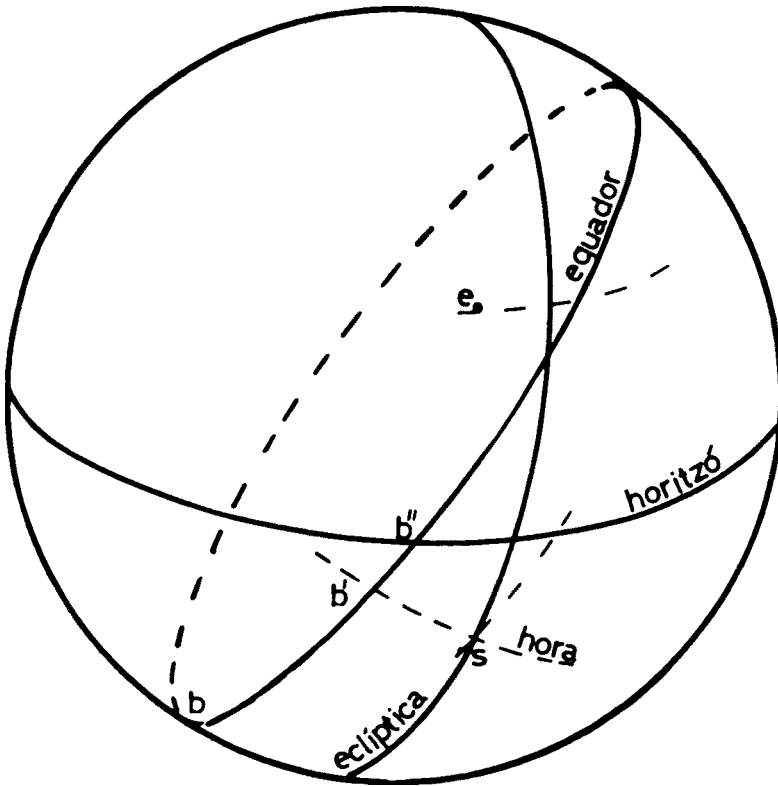
3- A través de l'altura d'un dels estels fixos projectats i les hores temporals passades, car, posant l'estel sobre el seu almucàntar resulta que el grau que se situa sobre l'hora coneguda és el grau del sol s , al qual correspon un arc d'equador bb' . Si el posem sobre l'horitzó occidental podem determinar l'arc bb'' i mesurar l'angle horari $bb'' - bb'$ que separa la posta del sol del moment en què l'estel aconseguix l'altura esmentada. Vegeu la figura nº 12.¹²⁹

127 . Capítol 33.

128 . Capítol 30.

129 . Capítol 82.





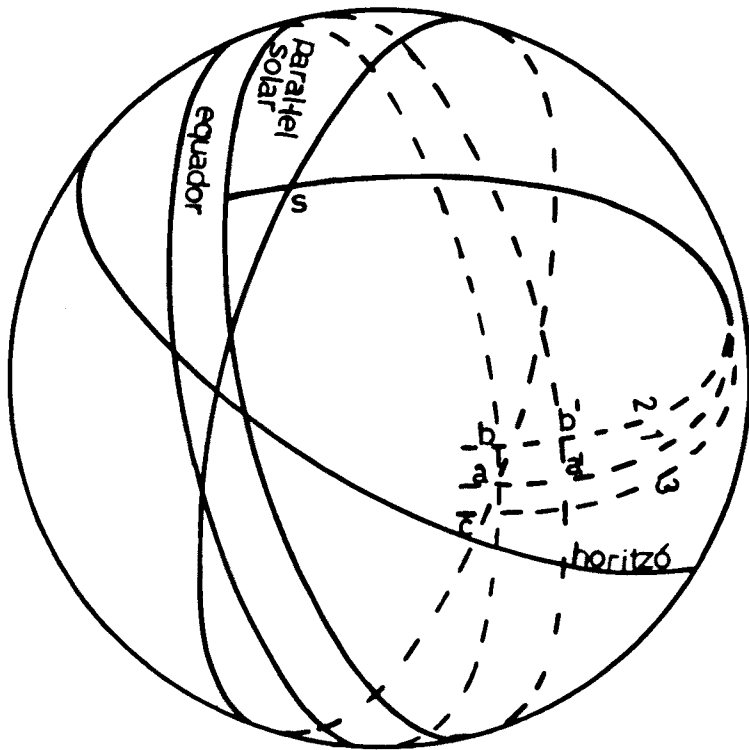
Tanmateix pot donar-se el cas, recollit als capítols 6 i 12, que el grau del sol no caigui exactament sobre una de les divisions de les hores, sinó sobre una fracció d'aquestes. Llavors hom ha de calcular l'angle horari de durada d'una hora temporal d'aquell dia, obtenint-ne la fracció desitjada, i sumar-la al valor de l'angle horari que correspon a la fi de l'hora passada. En definitiva, es tracta de relacionar el valor angular d'una hora temporal d'aquell dia i l'angle horari descrit per l'índex sobre els graus de la corona, tot representant el moviment aparent de l'esfera celest en aquell període de temps¹³⁰

Al capítol 6, per exemple, es tracta d'una interpolació entre el valor angular d'una hora desigual del dia i l'angle horari descrit per l'índex de la corona des que l'oposat del grau del sol ha travessat la darrera línia horària.

A la figura nº 13 imaginem que el grau del sol (δ) es troba en una posició a la qual li correspon, en funció del seu oposat, el primer senyal entre dues de les línies horàries representades. El segon senyal, determinat amb l'oposat del grau del sol, marca sobre l'equador l'inici de l'hora desigual que ja ha començat. El tercer senyal marca anàlogament l'inici de la següent hora desigual que encara ha de començar. Com s'ha dit, cal obtenir la durada d'una hora temporal d'aquell dia -nombre de graus de l'equador que hi ha compresos entre el segon i el tercer senyal- que correspon a l'arc bc de la figura.

D'altra banda, es coneix el nombre de graus equatorials que separen el primer i el segon senyal. Prescindint del nombre d'hores completes que pugui comprendre l'arc ba s'obtéindrà $b'a'$ o fracció d'hora temporal transcorreguda des de b . S'operarà dividint $b'a'$ entre bc .

130. Tots els textos consultats recullen aquest sistema per a conèixer les fraccions d'hores temporals: Alfons X, Ms. 225 *Incipit C* de *J'*, Pseudo-Masāllāh l-u, Ibn al-Šaffār, Pseudo-Maslama i Abraham b. Ezra segons les pàgines 287; 219; 33-34; 268; 14-15 de les edicions respectives.



Ja hem dit que la divisió de l'arc diürn i l'arc nocturn en 15° dona com a resultat el nombre d'hores iguals del dia i de la nit. Si qualsevol dels procediments descrits per a l'obtenció d'aquests arcs es posa en pràctica quan el grau del sol es troba a Cancer 0° s'obté l'arc diürn del dia més llarg de l'any, car aquest dia el sol descriu com paral·lel de declinació el Tròpic de Cancer i, a l'hemisferi nord, en resulta la màxima durada de la llum solar i la nit més curta, és a dir, s'obtindrà també l'arc nocturn més curt de l'any. Si es fa el mateix considerant que el grau del sol es troba a l'índex dels graus, aixó és, a Capricorn 0° , es pot mesurar l'arc diürn i l'arc nocturn del dia més curt i de la nit més llarga de l'any a l'hemisferi nord.

De la divisió per 15° de l'arc diürn del solstici d'estiu en resulta el nombre d'hores iguals del dia més llarg de l'any. Si aquest valor es resta de 24 hores s'obté el nombre d'hores iguals de la nit més curta de l'any. Ocórrer justament a l'inrevés si s'opera amb Capricorn 0° ¹³¹

131. Capítol 45.

2.8.6. Transformació d'hores temporals en hores iguals.

Si hom coneix el grau del sol d'un dia i el nombre d'hores temporals passades del dia o de la nit, és fàcil calcular l'hora igual en què hom es troba, atès que un nombre determinat d'hores temporals correspon a un angle horari, el que ha girat l'esfera aparentment des de l'inici del dia o de la nit. Cal trobar, amb l'oposat del grau del sol durant el dia, o el propi grau del sol, durant la nit, l'arc d'equador que correspon a la posició de l'astre, o a la del seu punt oposat, quan comencen el dia o la nit. Tot seguit es determina l'arc d'equador que correspon a la posició del grau del sol en aquella hora temporal coneguda. La diferència entre aquestes dues dades serà l'angle horari, que, dividit per 15° , dóna el nombre d'hores iguals des que s'ha iniciat el dia, o la nit.¹³²

2.8.7. Transformació d'hores iguals en hores temporals.

Si hom coneix el grau del sol i el nombre d'hores iguals passades del dia o de la nit, també és fàcil esbrinar l'hora temporal en què hom es troba. Només cal multiplicar el nombre d'hores iguals passades per 15° i afegir el resultat, en graus, sobre la corona, a partir del punt que correspon a la posició del grau del sol durant la nit, o del seu oposat durant el dia, quan s'inicien el dia o la nit, o sia, quan el grau és sobre l'horitzó oriental o el seu oposat sobre l'occidental.¹³³

132. Capítol 40.

133. Capítol 41.

Apèndix 1.

Abans ja he dit que l'astrolabi és un instrument força privilegiat si en cerquem la seva capacitat de mostrar gràficament els moviments relatius dels astres i de l'esfera celest.

Les operacions més elementals que poden realitzar-se amb un astrolabi ja han estat exposades. Tanmateix, res no esdevé tan útil, per assabentar-se bé del seu maneig, com fer-lo servir en la pràctica. Si passeu aquest full, trobareu reproduït un petit astrolabi amb el qual podreu realitzar algunes de les comprovacions més senzilles.

He traçat la làmina per als 42° de latitud N, que correspon aproximadament a la de la nostra ciutat, Barcelona. Les dimensions de l'aranya reproduïxen, amb més o menys exactitud, les de l'astrolabi n° 3 del *Catàlogo crítico de astrolabios existentes en España (I)*, on apareixen projectats els estels que enumero a continuació:

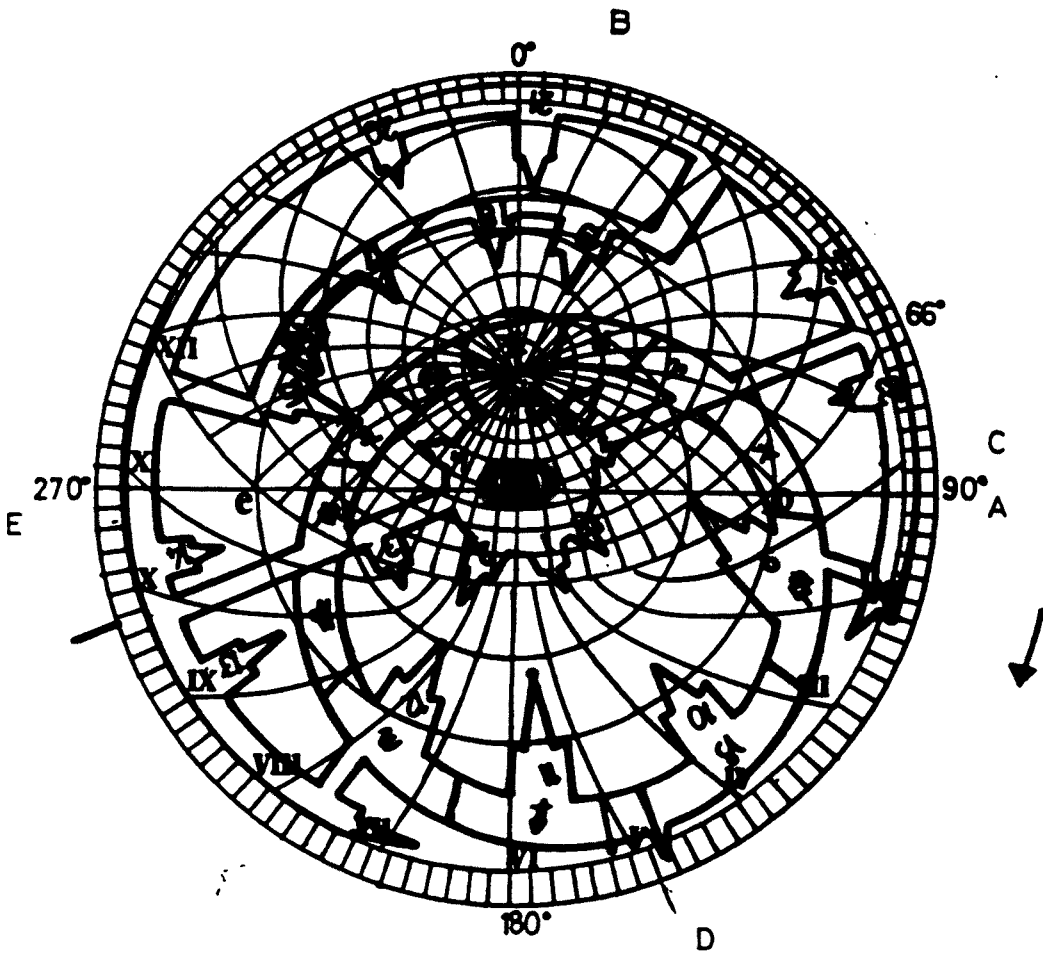
1. α <i>Lyrae</i>	13. α <i>Virginis</i>
2. α <i>Coronae Borealis</i>	14. γ <i>Corvi</i>
3. α <i>Bootis</i>	15. α <i>Leonis</i>
4. θ <i>Ursa Maior</i>	16. γ <i>Leonis</i>
5. α <i>Aurigae</i>	17. α <i>Canis Minor</i>
6. β <i>Persei</i>	18. α <i>Orion</i>
7. β <i>Cassiopeae</i>	19. α <i>Taurus</i>
8. α <i>Cignus</i>	20. α <i>Canis Maior</i>
9. β <i>Pegasi</i>	21. β <i>Orion</i>
10. α <i>Aquilae</i>	22. β <i>Ceti</i>
11. α <i>Ophiuchi</i>	23. ζ <i>Ceti</i>
12. γ <i>Serpentis</i>	24. δ <i>Capricornius</i>

Per tal que, qui ho desitgi, pugui realitzar algun exercici pràctic, ara en proposo dos de ben senzills i clars:

1) Imagineu que el grau del sol del dia sigui Sagitari 25° . Gireu la llençüeta en el sentit de la sageta, des de la posició A fins que torni al mateix indret exacte. En el decurs d'aquest moviment, podreu observar molt clarament que el punt esmentat descriu un paral·lel de declinació.

Si poseu la llençüeta en la posició B, veureu com el sol travessa l'horitzó oriental. Ara seguiu girant la làmina fins atènyer la posició C, en què el sol creua el meridià local, assolint llavors una altura màxima de 30° . Continueu fins a la posició D: haureu acomplert l'arc diürn del sol. Per acabar, podeu observar com el punt Càncer 0° és l'ascendent del moment en què el sol es pon.

2) Fixeu-vos ara en l'estel β Pegasi, que tot just acaba de travessar el meridià. Veureu que és situat a una altura de 70° , essent el seu azimuth de 80° S-W i la seva ascensió recta, de 66° , segons senyala l'índex de la corona. Desplaceu l'aranya fins a la posició E. β Pegasi desapareix pel nostre horitzó occidental quan han passat gairebé 6 hores temporals després que el sol s'ha ocultat. En canvi, alhora, l'estel α Bootis comença de ser visible per l'orient.



2.9. Determinació de l'al-qibla.

Ibn al-Samh dedica quatre capítols a la determinació de l'azimut de l'al-qibla per a l'orientació ortodoxa de l'oració canònica.

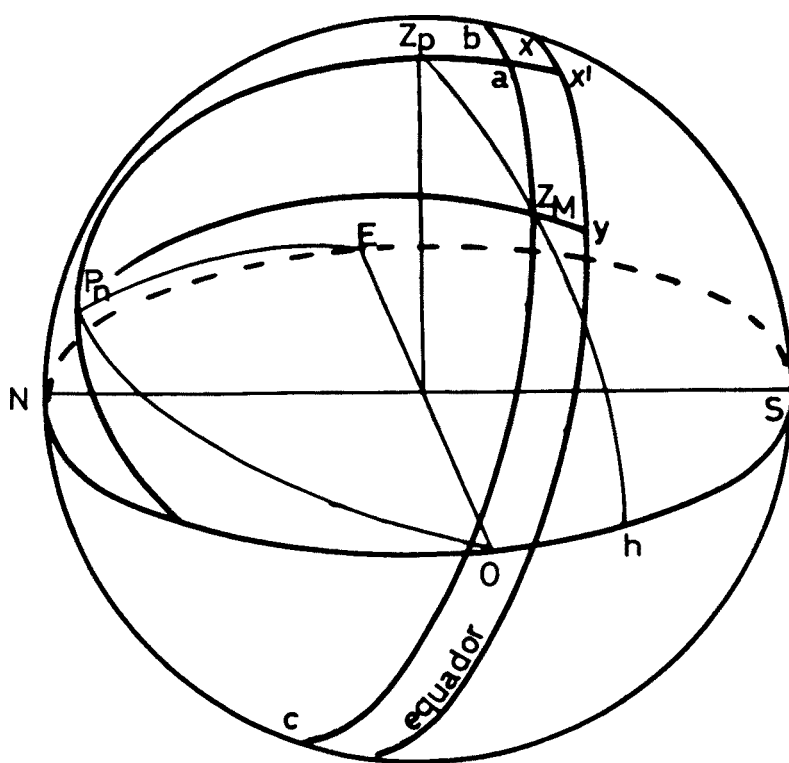
El capítol 68 inclou un mètode que conté, tanmateix, un error, el qual intentaré posar de manifest i corregir. Diu exactament el text:

"Determina la col.latitud d'aquell país i suma-li la latitud de La Meca. Busca el resultat sobre els almucantars, a la línia de migdia i fes un senyal, car serà el zènit de La Meca" (fols. 43v/44r).

En primer lloc, convé assenyalar que l'objectiu d'aquesta operació és determinar el punt a a la figura nº 14, del meridià local que talla el paral·lel de La Meca. En aquesta figura tenim representat l'horitzó d'un lloc ESON la col.latitud del qual és $P_n Z_p$. Així veiem que allò que s'ha de sumar a $P_n Z_p$ no és la latitud de La Meca ϕ_M sinó la diferència de latituds $\phi_p - \phi_M$. Amb aquesta suma determinaríem sobre el meridià el punt a que cercàvem. Tot seguit el text indica que s'ha de buscar el punt de l'aranya que passi per aquest senyal. Aquest grau de l'eclíptica en girar descriurà sobre l'horitzó ESON el paral·lel baZ_Mc passant pel zènit de La Meca, el qual ha d'estar obligatòriament sobre el meridià local. Determinarem l'arc d'equador que correspon a la posició del punt de l'eclíptica que es troba sobre el meridià (arc xx' a la figura)

Mitjançant unes taules astronòmiques hom determinarà la diferència de longituds geogràfiques entre La Meca i el propi país. Si La Meca es troba a orient del país, es restarà $xx' - \Delta\lambda$, i si és a occident se sumarà $xx' + \Delta\lambda$, com correspon a la graduació de la corona de l'astrolabi, per a determinar el punt y , sobre el qual es posarà l'índex dels graus.

Situada així l'aranya, el punt que s'hi havia senyalat es troba en la posició Z_M , és a dir, sobre el zènit de La Meca. Ara només cal observar l'azimut $Z_p Z_M^h$ i determinar la seva desviació Oh des del punt oest.



Ibn al-Samh dóna unes coordenades de longitud i latitud per a la ciutat de La Meca que corresponen als valors d'al-Ḥwārizmī, aproximadament ¹³⁴, i són: $\lambda = 67;30^\circ$ i $\beta = 21;30^\circ$.

I, finalment, hi ha un exemple per al cas que el paral·lel de latitud geogràfica de La Meca fos representat pel punt de l'eclíptica 9° Gèminis. Diu Ibn al-Samh que l'ascensió recta d'aquest punt és de 157° . Efectivament, aquesta xifra correspon al *Ziğ* d'al-Battānī ¹³⁵, en què l'ascensió recta per a una λ de 69° (9° Gèminis) és de $157;17^\circ$.

El capítol 69 conté una solució de caràcter aproximatiu per a ser aplicada a un astrolabi, la qual correspon a la de les taules astronòmiques d'al-Battānī i a les d'altres obres astronòmiques senzilles ¹³⁶.

Aquest mètode pressuposa que hom coneix $\Delta\phi$ i $\Delta\lambda$ (geogràfiques) entre la ciutat des de la qual s'opera i La Meca. Segons al-Battānī, i tal com ho descriu D.A. King, a la figura nº 15 cal senyalar els punts cardinals sobre el cercle de l'horitzó. Si hom diposa d'un astrolabi posarà la làmina plana a terra i l'orientarà com ja s'ha indicat (*Supra* 2.7). Atès que hom coneix els valors $\Delta\phi$ i $\Delta\lambda$, només caldrà representar-los així:

$$\begin{aligned}\Delta\phi &= \phi_p - \phi_M = EA \\ \Delta\lambda &= \lambda_p - \lambda_M = SC \quad 137\end{aligned}$$

Després s'han de traçar les línies AB i CD i buscar el punt d'intersecció F. F determina l'al-qibla. Ibn al-Samh no és tan explícit, ja que suposa que hom sap "quant es desvia l'azimut de La Meca del punt est o del punt oest". El valor d'aquesta desviació (*inḥirāf al-qibla*) es mesura amb l'alidada sobre

134. Segons el llistat de F.I. HADDAD i E.S. KENNEDY 1, $67;00^\circ$ i $21;00^\circ$. Cf. també SUTER 2. En canvi, al-Battānī dona $71;00^\circ$ i $21;40^\circ$.

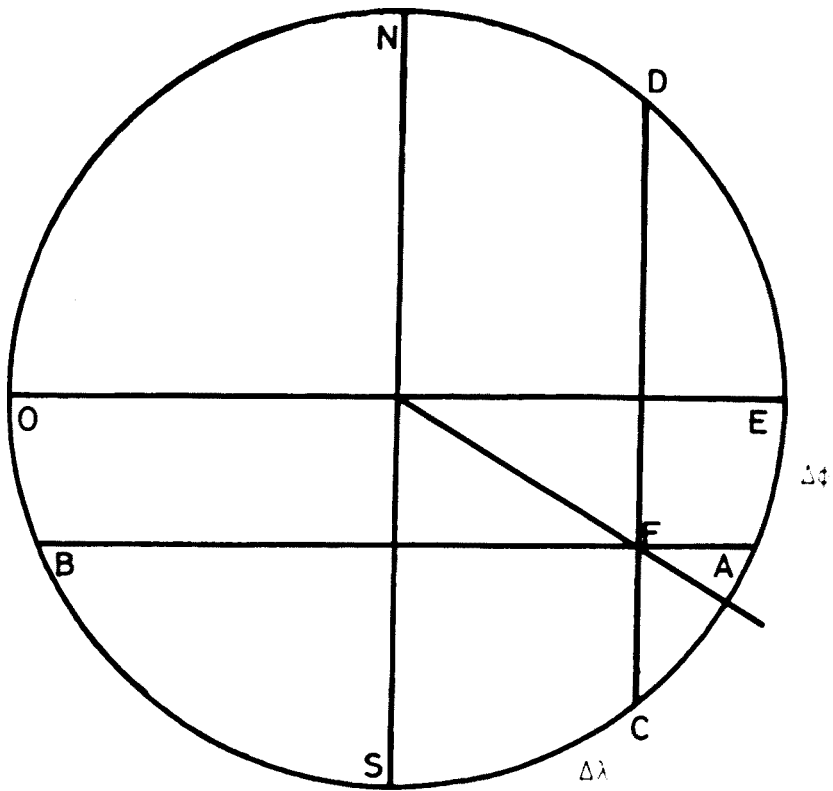
135. Ed. C.A. NALLINO 1, II, 62.

136. Cf. C.A. NALLINO 1, I, 318-19; II, XXVII. Vegeu, també D.A. KING 2, 84-91.

137. El mètode d'al-Battānī respon a la fórmula:

$$q = \sin^{-1} \left\{ \frac{R \sin \lambda}{\sin^2 \Delta\phi + \sin^2 \Delta\lambda} \right\} = \text{tg}^{-1} \left\{ \frac{R \sin \Delta\lambda}{\sin \Delta\phi} \right\}$$

Cf. D. A. KING 2, 87.



els graus de la corona i és la pròpia regleta la que indica la direcció de La Meca.

L'angle anomenat *inḥirāf al-qibla* és el que formen, sobre l'esfera, el meridià de la ciutat on ens trobem i l'arc de cercle màxim que uneix el zènit de la nostra ciutat; per tant, és una funció de $\Delta\phi$ i de $\Delta\lambda$, com hem vist en el mètode d'al-Battānī, malgrat que Ibn al-Samḥ no en faci referència.

Ara bé, al capítol següent presenta un sistema per a conèixer el valor de la desviació respecte a un punt cardinal quan hom diposa ja de la direcció correcta. Suposem, per exemple, que s'ha de construir una mesquita a partir d'una altra aixecada en un indret distint. En primer lloc caldrà conèixer la inclinació de l'al-qibla en aquest indret. Hom traçarà una línia paral·lela a l'al-qibla sobre la qual fixarà un bastó, i esperarà que la seva ombra es projecti sobre la línia paral·lela. Quan això s'esdevingui, resultarà que el sol es troba indicant exactament la direcció de l'al-qibla i només caldrà mesurar l'azimut del sol com es fa habitualment.

El nostre text segueix dient "amb això determinaràs la direcció de l'al-qibla a l'altre lloc, segons el capítol anterior". Aquesta afirmació suposa que ambdós llocs són en una mateixa vila o ciutat, car la segona determinació no es veu afectada per cap correcció ni en latitud ni en longitud.

Per analogia com s'ha fet amb el bastó, podrà fer-se el mateix amb l'alidada de l'astrolabi si situem la làmina plana a terra orientada correctament en funció dels punts cardinals i fem coincidir l'alidada amb la línia que hem traçat al sòl. La desviació es mesurarà sobre els graus de la corona. Aquest mètode és repetit al capítol 101 on se suposa que hom opera durant la nit; és exactament el mateix i no introdueix cap variació car es remeteix al capítol 67 i al capítol 69 per a la determinació dels punts cardinals i l'obtenció de la línia de l'al-qibla.

2.10 . Divisió de les cases zodiacals.

Les cases del zodíac, d'interés astrològic, conformen una divisió de l'eclíptica en dotze parts que són una referència per a fixar les posicions dels astres en qualsevol moment.

A la literatura andalusina i hispànica sobre l'astrolabi, s'hi troben diferents sistemes per a la seva divisió, alguns dels quals corresponen als que conté el nostre manuscrit i que, per tant, seran comentats més endavant. Abans assenyalaré, però, que la propia finalitat astrològica d'aquests procediments els justifica i fóra un absurd cercar "el millor" o "el més científic", ja que tots són al servei d'una interpretació subjectiva.

El capítol 48 tracta de l'obtenció dels quatre pivots. que són els graus de l'eclíptica que en un moment determinat es troben, simultàniament i respectiva, sobre els horitzons oriental i occidental i sobre la línia del mig del cel i la de migdia. El grau de l'eclíptica que es troba sobre l'horitzó oriental és el grau de l'ascendent, i determina el principi de la casa I. Ibn al-Samh no explica aquí com cal determinar-lo i es limita a referir-se a les explicacions anteriors. Així, qualsevol dels sistemes descrits serà vàlid i podem optar pel més còmode.

El grau de l'eclíptica que es troba sobre l'horitzó occidental és el descendent, situat a 180° de l'ascendent sobre l'eclíptica; determina el principi de la casa VII. Col·locada així l'aranya de l'astrolabi, hi ha un grau de l'eclíptica que es troba sobre la línia del mig del cel indicant el començament de la casa X i un altre a la línia de migdia que senyala el principi de la casa IV.

Per tant, la divisió de les cases es fa en el sentit dels signes zodiacals, contrari a la rotació diària aparent de

l'esfera.¹³⁸

Ibn al-Samh segueix amb la divisió de les altres cases al capítol 49, que conté dos sistemes.

El primer consisteix a dividir l'eclíptica a partir del grau de l'ascendent en funció dels arcs diürn i nocturn d'aquest grau dividits en sis parts iguals cadascun, les quals corresponen a dues hores temporals d'aquell ascendent. Atès que la mesura d'aquestes hores es fa a l'astrolabi mitjançant la revolució de l'aranya, i que aquesta representa la rotació de l'esfera sobre si mateixa entorn de l'eix nord-sud de l'equador, tenim que s'estan mesurant ascensions rectes i, en conseqüència, s'està desenvolupant el mètode d'al-Battānī.¹³⁹

Més endavant s'atribueix a Habaš l'afirmació que la divisió de les cases ha de fer-se segons l'opinió de Ptolomeu¹⁴⁰, que és descrita tot seguit, i consisteix a dividir l'eclíptica a partir del grau de l'ascendent prenent arcs de dues hores temporals del grau del sol del dia en què hom opera. Per fer això amb l'astrolabi, només cal situar l'aranya en posició, buscar quins punts de l'eclíptica tallen les línies de les hores (cada dues hores) que són gravades a la làmina per a les cases II, III, IV, V i VI, i buscar els seus oposats per a les cases VIII, IX, X, XI i XII. En posar la làmina amb el grau de l'ascendent a l'horitzó oriental, es reproduïx la situació del cel al moment en què es treballa. El grau del sol d'aquell dia pot trobar-se a qualsevol lloc, ja sia sobre o sota l'horitzó; àdhuc pot tractar-se del propi grau de l'ascendent, si hom treballa quan s'inicia el dia. Sols en aquest darrer supòsit els resultats obtinguts de l'aplicació del se-

138. Sistemes anàlegs a aquest es troben al text alfonsí, caps. XV i XVI, 268-269; al text J' de Ripoll Incipit C, 286-287.

139. C.A. NALLINO 1, vol I, 246-49. També als textos alfonsí, 247; Pseudo-Māšāllāh 1-u, 227-228; Ibn al-Šaffār, 45; Abraham b. Ezra 17-18.

Cf. R. MARTÍ i M. VILADRICH, 3, 47-48.

140. El *Tetrabiblos* no s'ocupa de la divisió de les cases.

gon mètode coincidiran amb els del primer)¹⁴¹

Anàlogament, durant la nit, i com explica el capítol 73, en col·locar el garfi d'un estel sobre el seu almucàntar, l'ascendent es troba sobre l'horitzó oriental i les altres tres estaques, en els llocs corresponents. La resta de cases es determinarà amb un dels dos mètodes del capítol 48, sense que el text especifiqui a quin fa referència.

141. El segon mètode s'assembla molt al contingut al *Libro dell Alcora*, traducció alfonsina d'un original de Qusta b. Lūqā, *Libros I*, 130, que divideix l'eclíptica a partir de l'ascensió obliqua de l'ascendent, tot prenent arcs d'ascensió recta de 2 hores desiguals del grau del sol d'aquell dia. Cf. R. MARTÍ i M. VILADRICH, 3, 48. Tal vegada cap d'aquests sistemes correspongui al que emprà Ibn al-Samh a les seves taules. Reprodueixo un paràgraf de J.M. MILLÀS, 4 29, :..."Azarquiel en el capítulo LXIII de su *Tratado de la Azafea* habla del modo de igualar las doce casas, segun la opinión de Hermes, seguida por Ibn al-Samh en sus *Tablas*, "el qual punno en las sacar, et non conuerda con la opinión que él puso en el *astrolabio*"."

2.11. Els ascendents de la revolució dels anys.

Al capítol 115 s'explica com obtenir l'ascendent d'un any sideri qualsevol a partir de l'ascendent conegut amb què s'inicià un altre any anterior.

És necessari, en primer lloc, conèixer el període de duració de l'any sideri. Per a això el text facilita un paràmetre, que s'ha d'afegir al nombre enter de dies de l'any per completar una revolució sidèria del sol . Això significa que el sol tornarà a estar en conjunció amb un estel determinat quan hagin passat 365 dies més una fracció determinada, que correspon a aquest paràmetre, en aquest cas, doncs, $93;02^\circ$ de la revolució diària.

La durada de l'any sideri que es deriva d'aquesta dada és de 365d 6h 12m 8s, valor que correspon a la que forneixen el $\tilde{z}\tilde{a}\tilde{g}$ d'al-Ḥwārizmī-Maslama ¹⁴² i els tractats andalusís ¹⁴³

Hom operarà multiplicant el paràmetre $93;02^\circ$ pel nombre d'anys passats des de l'any d'ascendent conegut, que hom situarà prèviament sobre l'horitzó oriental de l'astrolabi. Si el producte obtingut excedeix els 360° d'una revolució completa, hom restarà del producte aquest excès, i la resta serà transportada sobre la corona, mitjançant l'índex, en sentit de la rotació diària de l'esfera celest. Amb això s'haurà situat sobre l'horitzó oriental el grau de l'eclíptica ascendent quan comença l'any sideri que ens interessa.

D'altra banda, un cop fet això, el grau del sol amb què s'inicia l'any precedent ens indicarà si el nou any sideri co-

142. El paràmetre d'al-Ḥwārizmī-Maslama és de 365d 6h 12m 9s. Cf. O. NUEGEBAUER 131.

143. Concretament al capítol XXIV alfonsí $92;24^\circ$, Cf. M. RICO y SINOBAS II, 45-47.

La mateixa dada correspon a Azarquiel i a Abraham b. Ezra, cf. respectivament J.M. MILLÁS 4, 82; i 2, 14.

El paràmetre és present també a la *Narratio Prima* de Rheticus atribuït a Copèrnic, cf. Traducció i comentaris de H. HUGONNARD ROCHE, E. ROSEN i J.P. VERDET 1, 105.

mença durant el dia -si aquell grau s'ha desplaçat sobre els almucàntars de la làmina- o bé durant la nit -quan caigui sobre les línies de les hores temporals-. També permetrà, alhora, de determinar el moment precís del dia o de la nit en què comença l'any que ens ocupa.

Els altres textos andalusís , Pseudo-Māšāllāh l-u, Pseudo-Maslama i Ibn al-Saffār donen com a paràmetre 93° , que correspon també a la durada de l'any sideri de Maslama al Zīj d'al-Hwārizmī.¹⁴⁴

¹⁴⁴ . A les pàgines 229, 283 i 47 de les edicions respectives.

2.12. Els aspectes planetaris i la projecció de raigs.

Els planetes mantenen entre si determinades posicions relatives en funció de les qual projecten els seus raigs. Aquestes posicions relatives reben globalment el nom d'aspectes i són el sextil, la quadratura, el trigon, l'oposició i la conjunció segons que la diferència entre les longituds dels planetes sigui de 60° , 90° , 120° , 180° o 0° . Els aspectes poden establir-se en sentit dret -el de la rotació diària aparent de l'esfera celest- i en sentit esquerre -el dels signes del zodíac-.

El capítol 116 s'ocupa exclusivament de la projecció de raigs sextils, quadratures i trígons en ambdós sentits. Segueix el mètode de la projecció de raigs que estableix al-Bīrūnī a *al-Qānūn al-Mas'ūdī*¹⁴⁵. Per a això determina:

1. L'angle horari que el planeta tarda en culminar al meridià des de la seva posició original, *PM*.
2. L'arc semidiürn del planeta (*al-īmām*).¹⁴⁶
3. L'ascensió recta del planeta *P* quan es produeix el seu *ortus*, mesurada des de Capricorn 0° . A aquesta ascensió recta, li suma els graus adients: 60° , 90° , o 120° , segons el raig esquerre que desitgi projectar, o bé 300° , 270° o 240° , si desitja projectar el raig en sentit dret. Així obté *P+R*.
4. La longitud d'un punt de l'eclíptica que travessi l'horitzó oriental conjuntament amb el punt *P+R*, obtenint el punt

145. Cf. E.S. KENNEDY i H. KRİKORIAN-PREISLER, 6, 2-15.

146. Això refermaria la nostra suposició a M. VILADRICH i R. MARTÍ 4, 94, on deïam: "creïem que el procediment d'al-Bīrūnī és l'adequat atès que els dos punts *P_φ* i *P₀* s'obtenen sempre emprant la línia meridiana de l'astrolabi i l'horitzó oriental". Mentre que el text Pseudo-Māšāllāh I-u, 228-29, empra l'arc diürn o nocturn del planeta. La projecció de raigs, amb mètodes anàlegs, és recollida als textos *Libro dell Ataçir*, 308; i a Abraham b.^cEzra 23-27. Aquest darrer no considera com aspecte la conjunció. Cf. M. VILADRICH i R. MARTÍ 4, 92-96.

P , que és el primer raig. Després:

- Busca l'ascensió recta del planeta quan aquest travessa el meridià (P').

- Li suma el valor del raig corresponent a la radiació que interessa: $P' + R$.

- Busca la longitud del punt de l'eclíptica que travessa el meridià simultàniament amb el punt de l'equador $P' + R$, és a dir, obté P_0 , que és el segon raig.

Amb aquestes dades formula l'equació:

$$\frac{P\phi - P_0}{\text{arc semidiürn}} \times PM$$

Pel que fa a l'arc semidiürn, és important recordar que, si el planeta es troba sota l'horitzó local, el procediment serà idèntic però considerant l'arc seminocturn en lloc d'aquell.

Aleshores, si el planeta es troba entre les cases I i IV, hom sumarà el resultat de l'equació al primer raig P . Si el planeta es troba entre les cases IV i VII, restarà el valor de l'equació del major dels raigs $P\phi$ o P_0 . En canvi, si el planeta es troba entre les cases VII i X, el valor de l'equació se sumarà al menor dels raigs, o es restarà d'aquest si el planeta es troba entre les cases X i I.¹⁴⁷

Nosaltres ja havíem suggerit¹⁴⁸ que la pràctica d'aquesta doctrina podia ser freqüent entre els membres de l'escola de Maslama, car el *Liğ* d'al-ḥwārizmī-Maslama inclou unes taules de còmput preparades per a aquesta fi.¹⁴⁹ Tornant al text que ens ocupa, conté una al·lusió a Ptolomeu i atribueix aquest sistema de projecció de raigs al *Tetrabiblos*.

147. Contràriament el text Pseudo-Māšāllāh l-u, 228-29, diu que si el planeta es troba a les cases IV i VI o X a XII, sumarem el resultat al valor més petit $P\phi$ o P_0 ; si es troba entre les cases I i IV o VII i X restarem el resultat del valor major $P\phi$ o P_0 . Cf. M. VILADRICH i R. MARTÍ 4, 92-96.

148. M. VILADRICH i R. MARTÍ. 4, 99.

149. E.S. KENNEDY i H. KRIKORIAN-PREISLER 6, 7-14.

2.13. Mètodes atribuïts a Habaš al llibre d'Ibn al-Samh.

El text d'Ibn al-Samh conté un seguit de mètodes aplicables a l'astrolabi que s'atribueixen a "Hanaš" tractant-se, ben segur, de l'astrònom Ahmad b. Abd Allāh al-Marwazī, més conegut per Habaš al-Hāsib (fl. 835)¹⁵⁰. Analitzaré el contingut d'aquests capítols deixant per a més endavant la valoració de la presència, sens dubte important, d'aquest autor al *Llibre d'ús* d'Ibn al-Samh.

2.13.1. Determinació de la latitud de la lluna.

El capítol 109 presenta un sistema per al càlcul de la latitud de la lluna un cop coneguda la seva posició en longitud.

En primer lloc cal mesurar la longitud vertadera de la lluna a partir d'un dels nòdus. El text no indica com conèixer la longitud de la lluna: per tant, he de suposar que hom disposa de taules astronòmiques. Es calcularà $\lambda_\ell - \lambda_n$, tal com ho fa Habaš¹⁵¹. Aquesta mesura s'anomenarà "característica" (*al-ḡāssa*) i, pel que fa a ella, poden donar-se quatre casos, en funció de la longitud de la lluna respecte al nòdus:

1. $\lambda_\ell - \lambda_n < 90^\circ$
quan la latitud de la lluna sigui septentrional i creixent, llavors, $\beta_\ell = \max \beta \sin (\lambda_\ell - \lambda_n)$ i la "característica" serà

2. $90^\circ < \lambda_\ell - \lambda_n < 180^\circ$
quan la latitud de la lluna sia septentrional i minvant, aleshores $\beta_\ell = \max \beta \sin (180^\circ - (\lambda_\ell - \lambda_n))$ i la "característica" es calcularà així,

3. $180^\circ < \lambda_\ell - \lambda_n < 270^\circ$
quan la latitud de la lluna sigui meridional decreixent.

150. GAS V, 275-76 i VI 173-75
151. Cf. Ms. Istanbul Yeni Çami 784.2°, fol 92r/v.

En aquest cas $\beta_{\ell} = -\sin ((\lambda_{\ell} - \lambda_n) - 180^\circ)$, i la "característica" serà

$$4. \quad 270^\circ < (\lambda_{\ell} - \lambda_n) - 180^\circ < 360^\circ$$

quan la latitud de la lluna sigui meridional creixent¹⁵²

LLavors $\beta_{\ell} = -\max \beta \sin (360^\circ - (\lambda_{\ell} - \lambda_n))$, i la "característica" serà

$$360^\circ - (\lambda_{\ell} - \lambda_n).$$

Calculada la "característica", és a dir, reduïda la longitud vertadera de la lluna al primer quadrant, hom cercarà la posició de la lluna sobre l'eclíptica començant el còmput des d'Aries 0° i computant 30° per cada signe. Quan s'hagi fixat el punt, es desplaçarà a la línia meridiana de l'astrolabi per a calcular-ne l'altura que serà sostreta, o bé afegida, a la col.latitud del país on es treballa. Mitjançant aquesta operació es coneixerà la declinació del grau de l'eclíptica que representa la lluna sobre l'astrolabi.

I, en efecte, es tracta d'una aplicació de la coneguda fórmula per al càlcul de declinacions:

$$\delta = hm - (90^\circ - \phi) \text{ si són septentrionals}$$

$$\delta = (90^\circ - \phi) - hm \text{ si són meridionals.}$$

Una cinquena part d'aquesta declinació és la latitud de la lluna, car, si suposem un cas extrem en què s'obtingui la màxima declinació possible $\epsilon = 23;35^\circ$ ¹⁵³ podem comprovar que $23;35^\circ / 5 = 4;42^\circ$, i la latitud màxima de la lluna és de $4;46^\circ$ ¹⁵⁴.

En definitiva, doncs, es tracta d'un sistema aproximat, com indica el propi text. Malauradament Ibn al-Samh no justifica amb prou claredat per què ho considera així.

152 . Aquest particular no és especificat al text.

153 . Ms. Istanbul Yeni Cami 784, 2°.

154 . Ms. Istanbul Yeni Cami 784, 2°, . Vull expressar el meu agraïment al Prof. E.S. KENNEDY, qui m'ajudà en la resolució d'aquest capítol.

2.13.2. La longitud verdadera de la lluna en funció de l'altura.

El capítol 110 s'ocupa de la determinació de la longitud verdadera de la lluna λ_ℓ , que hom obtindrà introduint la correcció de la paral.laxi a l'altura de l'astre observada.

A la figura nº 16 admetem que cada lletra representa:

- T el centre de la terra
- O la posició de l'observador
- L la lluna
- h_v l'altura verdadera de la lluna
- h_a l'altura aparent de la lluna
- P_ℓ la paral.laxi d'aquesta

El procediment consistirà a mesurar l'altura aparent de la lluna h_a per observació, mitjançant l'instrument. Al mateix temps es prendrà la d'un dels estels fixos de l'aranya, per a col·locar correctament la posició d'aquesta làmina en el moment en què hom opera. Tot seguit, caldrà corregir l'altura aparent de la lluna h_a en funció de la paral.laxi, per tal d'obtenir h_v (*irtifā^c al-qamar al-muḥassal*).

Al triangle OLT es verifica:

$$P_\ell + (90^\circ - h_v) + (90^\circ + h_a) = 180^\circ$$

i d'aquí es dedueix que

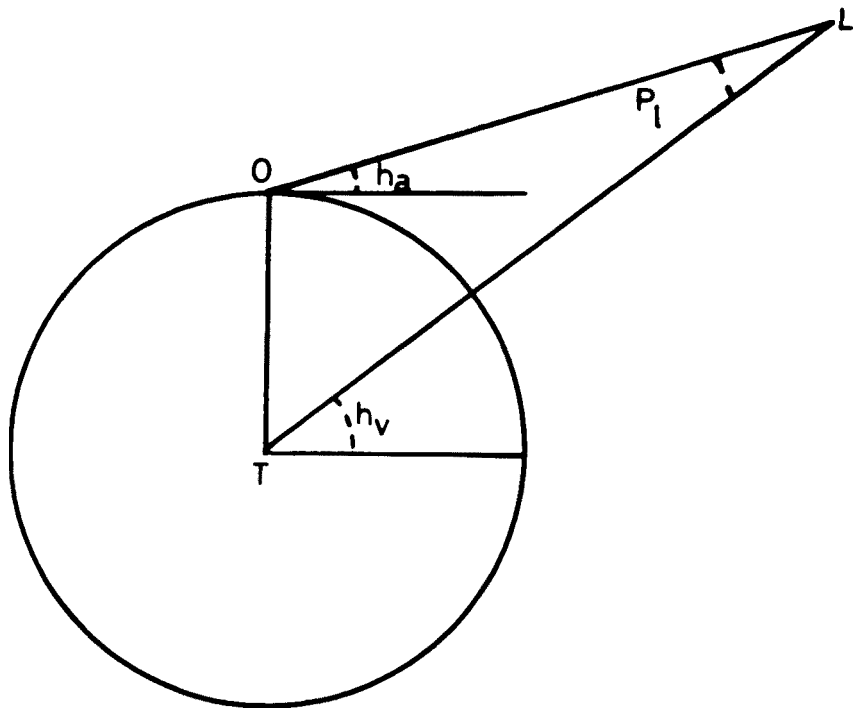
$$h_v = P_\ell + h_a$$

Com indica el text, caldrà sumar el valor vertader -el de la paral.laxi- a l'altura aparent observada. Aquest valor variarà en funció de l'altura citada:

de 1° a 15°	1;15°	45° a 60°	0;40°
15° a 30°	1;08°	60° a 75°	0;22°
30° a 45°	0;55° ¹⁵⁵	75° a 85°	0;13° ¹⁵⁶

155 . Aquest valor no es troba al ms. El dedueixo a partir de la taula de l'*Almagest* V, 18, ed. G.J. TOOMER 1, 265.

156 . El valor 0;13° no correspon al que l'*Almagest* dona per a una distància zenital de 5° . Els valors de l'*Almagest* són: per a una distància zenital de 6° , 0;09°; i per a una distància zenital de 8° , 0;11,40°. La taula, atribuïda a Habaš al-Ḥasib, es troba al *Zīj* d'aquest autor al ms. Berlin (Ahlwardt) 5750, fol 153 . I, en canvi, no apa-



El resultat d'aquesta suma proporcionarà l'altura vertadera de la lluna en funció de la paral·laxi. Tenint aquest resultat, només caldrà buscar quin grau de l'eclíptica assoleix aquesta altura mentre hom està operant. El fet d'identificar l'eclíptica de la lluna amb la solar pot atribuir-se a una aproximació grollera però suficient per a la precisió que hom pot demanar a un astrolabi. Ara bé, podria respondre a un interès concret per determinar la longitud de la lluna quan es produeix un eclipsi, atès que aquest fenomen únicament és possible quan $\beta_l = 0^\circ$.

.reix al Ms. d'Istanbul. No obstant això, aquest proporciona un sistema diferent als fols. 154v / 155r, estudiats per E.S. KENNEDY 2, 42-43 / 173-74.

2.13.3. Longitud del grau de l'eclíptica que surt o es pon amb la lluna.

El capítol 111 s'ocupa de la determinació del grau de l'eclíptica que creua l'horitzó occidental -si som a la primera meitat del mes- o l'oriental -a la segona meitat- simultàniament amb la lluna, segons el mètode de Habaš.

El sistema que s'empra és prou confús i per tant s'han de destriar acuradament tots els elements que es van determinant successivament. L'anàlisi que segueix només és una possible interpretació del text que és, com he dit, molt poc explícit.

Les passes a realitzar amb l'astrolabi són:

1- Determinació, per al dia en què hom opera, de les dades següents:

- Longitud del sol a migdia λ_s
- Longitud de la lluna a migdia λ_ℓ
- Latitud vertadera de la lluna β_ℓ

2- Primer pas per a mesurar l'angle horari que interessa.

Consisteix en la determinació sobre la corona de l'astrolabi i mitjançant l'índex, del pas del sol pel meridià.

3- S'operarà,

$$\lambda_\ell \pm 1;10^\circ$$

restant durant la primera meitat del mes i sumant a la segona per a obtenir la longitud de la lluna corregida (*muḥkam*) λ_m .

Com a pura hipòtesi suggeriré que $1;10^\circ$ és un valor mitjà de la paral·laxi en longitud d'acord amb un model emprat tant per al-Ḥwārizmī com per Habaš. Probablement aquest paràmetre s'ha de relacionar amb un algorisme per a la correcció de la paral·laxi en longitud contingut a la còpia del *Ḥiṣṣ* d'aquest darrer autor del ms. Istanbul Yeni Çami 784,29. Efectivament E.S. Kennedy mostra els resultats obtinguts, a través d'aquesta tècnica per a determinar el component en longitud de la paral·laxi llunar, per a cinc valors distints

de t , entenent per t l'arc d'equador que separa el meridià de la lluna del meridià on es troba el punt de l'eclíptica que és a 90° de l'ascendent d'aquell moment. Són els següents

t	30°	60°	90°	120°	150°
Habaš	1;10,56	1;35,28	1;28,52	1;6,12	0;35,8

Comparats amb els corresponents a la taula d'al-Hwārizmī:

t	30°	60°	90°	120°	150°
al-Hw.	1;11,5	1;35,27	1;28,51	1;6,1	0;34,51 ¹⁵⁷

Aquesta tècnica, d'origen oriental i no ptolemaica, permet trobar ràpidament, per a una t donada, la corresponent correcció en longitud de la paral.laxi.¹⁵⁸

No obstant això el paràmetre 1;10, per $t = 30^\circ$, en aquestes taules de paral.laxi, expressa hores i no graus. Així, doncs, si la meua hipòtesi fora correcta la addició o la resta de 1;10° s'hauria de realitzar a l'etapa 4 de càlcul.

4- Segon pas per a determinar l'angle horari que interessa. Consisteix en senyalar sobre la corona, i mitjançant l'índex, el pas de la lluna corregida λ_m per l'horitzó occidental. En establir la diferència entre la graduació de l'índex de la corona quan el grau del sol creua la línia meridiana i la graduació de la corona quan el grau de la lluna travessa l'horitzó occidental, hom mesurarà l'angle horari que hi ha entre el migdia solar i l'ocultament de la lluna. En acabat, duplicarà aquest angle horari (t) i el dividirà per 60. Entenc que ha oblidat un pas: dividir t per 15° per tal d'expressar l'angle horari en hores. Resultaria aleshores:

$$\frac{2 \frac{t}{15}}{60} = \frac{t / 15}{30}$$

157. Reprodueixo aquests valors segons E.S. KENNEDY, 2, 52 / 183.

158. Tècnica analitzada per E.S. KENNEDY, 2, 51-52 / 182-83. Pel que fa a al-Hwārizmī, vegeu O. NEUGEBAUER, 2, 71.

La possible lògica d'aquest procés rau en considerar un avenç mitjà de la lluna en longitud de 0;30°/hora ¹⁵⁹

Així, aquesta expressió correspondrà a l'avenç de la lluna en longitud entre el migdia solar i l'ocàs de la lluna ($\Delta\lambda$).

5- S'operarà:

$$\Delta\lambda + \lambda_m = \lambda_{md}$$

per obtenir la "longitud de la lluna corregida en ascensió".

6- Immediatament ha d'introduir una altra correcció que, tal vegada, correspongui al fet que la lluna no es desplaça sobre l'eclíptica, ans la seva òrbita forma amb aquesta un angle de 4;46° segons Habaš al-Hāsib ¹⁶⁰. Es calcularà:

$$\frac{\beta + \beta/4}{60} \times \phi$$

Pel que fa al primer factor d'aquest producte, $\frac{\beta + \beta/4}{60}$

si hom atribueix valors a β , la correcció que s'obté és la següent:

β	Δ_1	β	Δ_1	β	Δ_1
0°	0°	1;40°	0;02,05°	3;20°	0;04,10°
0;10°	0;00,13°	1;50°	0;02,18°	3;30°	0;04,23°
0;20°	0;00,25°	2°	0;02,30°	3;40°	0;04,35°
0;30°	0;00,38°	2;10°	0;02,43°	3;50°	0;04,48°
0;40°	0;00,50°	2;20°	0;02,55°	4°	0;05,00°
0;50°	0;01,03°	2,30°	0;03,08°	4;10°	0;05,13°
1°	0;01,15°	2;40°	0;03,20°	4;20°	0;05,25°
1;10°	0;01,28°	2;50°	0;03,33°	4;30°	0;05,38°
1;20°	0;01,40°	3°	0;03,45°	4;40°	0;05,50°
1;30°	0;01,53°	3;10°	0;03,58°	4;46°	0;05,58°

159. La velocitat mitjana de la lluna que considera Habaš és de 0;33°/ hora. vegeu AS-SALEH, J.A., 1, 156-163; 231-38.

160. Cf. E.S. KENNEDY, 1, 152, i 153.

A continuació obtindrem les mateixes dades a través de la resolució del triangle que representa la figura nº 17 on

$$\frac{\sin \beta \max}{\sin \beta} = \frac{\sin 90^\circ}{\sin \lambda_\ell} \quad \text{d'on}$$

$$\sin \lambda_\ell = \frac{\sin \beta}{\sin \beta \max} \quad \text{i,}$$

$$\frac{\cos \lambda_\ell}{\cos \beta} = \frac{\cos \lambda_{\ell e}}{\sin 90^\circ} \quad \text{d'on}$$

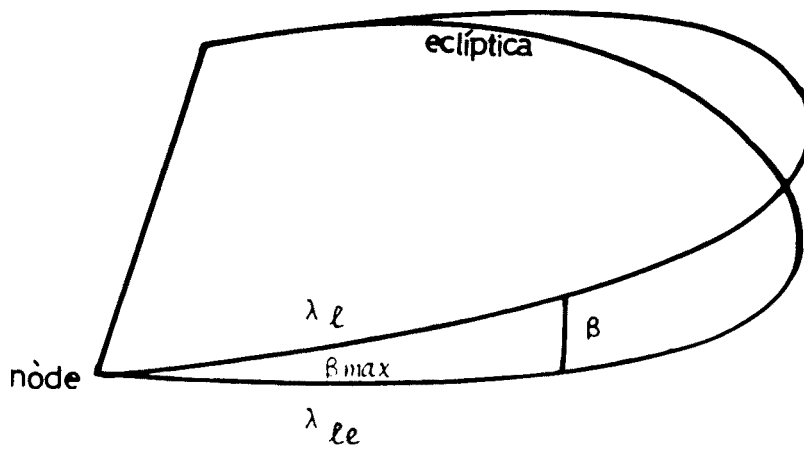
$$\cos \lambda_{\ell e} = \frac{\cos \lambda_\ell}{\cos \beta}$$

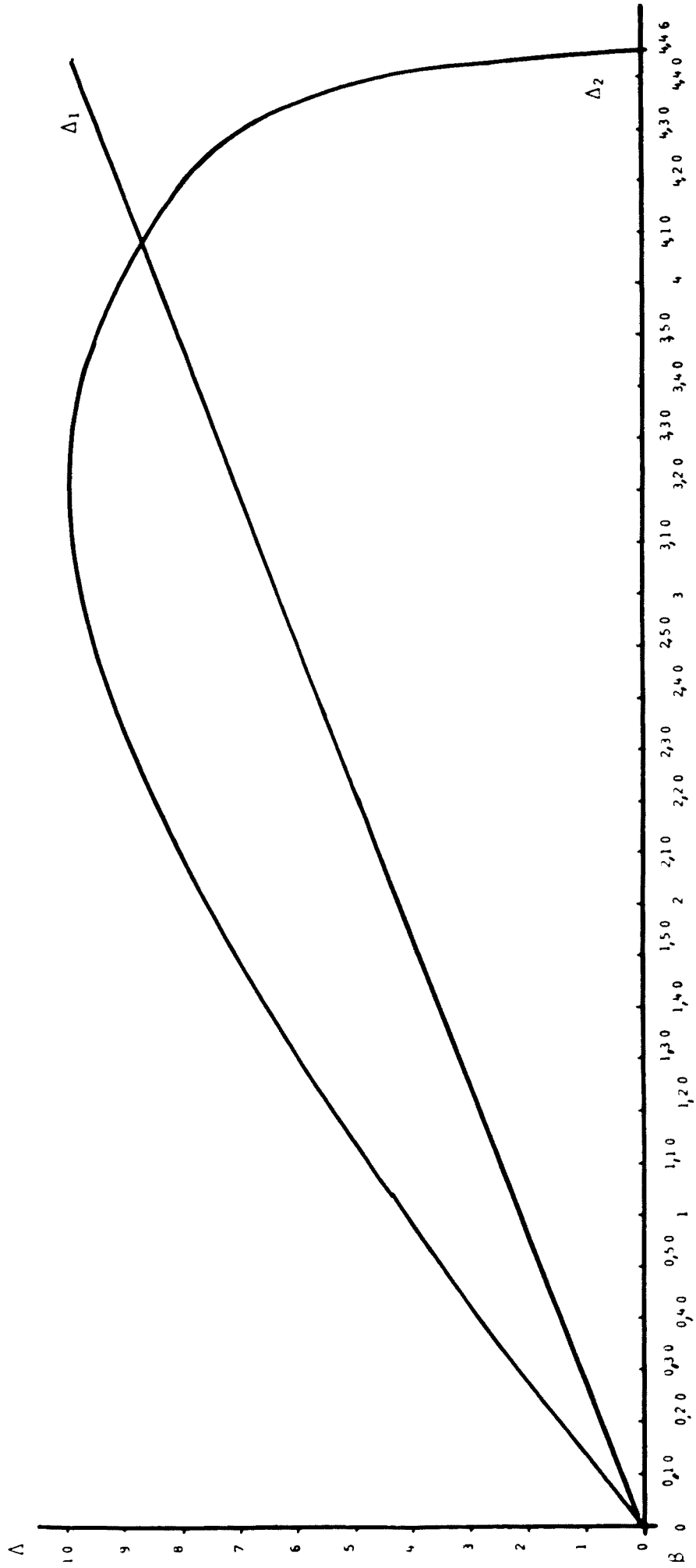
S'obté així:

β	Δ_2	β	Δ_2	β	Δ_2
0°	0°	1;40°	0;03,54°	3;20°	0;05,57°
0;10°	0;00,25°	1;50°	0;04,14°	3;30°	0;05,56°
0;20°	0;00,50°	2°	0;04,32°	3;40°	0;05,51°
0;30°	0,01,15°	2;10°	0;04,49°	3;50°	0;05,42°
0;40°	0;01,39°	2;20°	0;05,05°	4°	0;05,26°
0;50°	0;02,03°	2;30°	0;05,19°	4;10°	0;05,03°
1°	0;02,27°	2;40°	0;05,31°	4;20°	0;04,31°
1;10°	0;02,50°	2;50°	0;05,42°	4;30°	0;03,43°
1;20°	0;03,12°	3°	0;05,49°	4;40°	0;02,23°
1;30°	0;03,33°	3;10°	0;05,55°	4;46°	0°

Compararé tot seguit ambdues correccions representant-les mitjançant una gràfica. S'observarà que les diferències no són importants si es considera la precisió que hom pot demanar a un astrolabi car són de l'ordre d'uns pocs minuts, a la pràctica, innapreciables a la graduació de l'eclíptica.

El que si s'ha de remarcar és que a través de la regla de Habaš s'arriba a obtenir el valor 0;05,58° ~ 0;05,57° correcció màxima, obtinguda per la latitud de 4;46°, per a la





projecció del plà de l'òrbita de la lluna a l'eclíptica segons el *Zīj* de Yahyā ibn Abī Mansūr.¹⁶¹

Finalment, no puc explicar el motiu perquè ha d'intervenir en la regla de Ḥabaš la latitud del lloc (ϕ), atès que, en treballar amb l'astrolabi, aquesta magnitud ja està considerada empreant la làmina corresponent.

Realitzades totes aquestes correccions hom haurà trobat el grau de l'eclíptica que s'oculta amb la lluna -a la primera meitat del mes- o el que ascendeix amb ella, -a la segona meitat-. Posant aquests graus, respectivament, sobre els horitzons occidental i oriental, el grau del sol indicarà l'hora en què la lluna surt o es pon.

161. Cf. H. SALAM i E.S. KENNEDY, 1, 469 /112.

2.13.4. L'observació de la lluna nova.

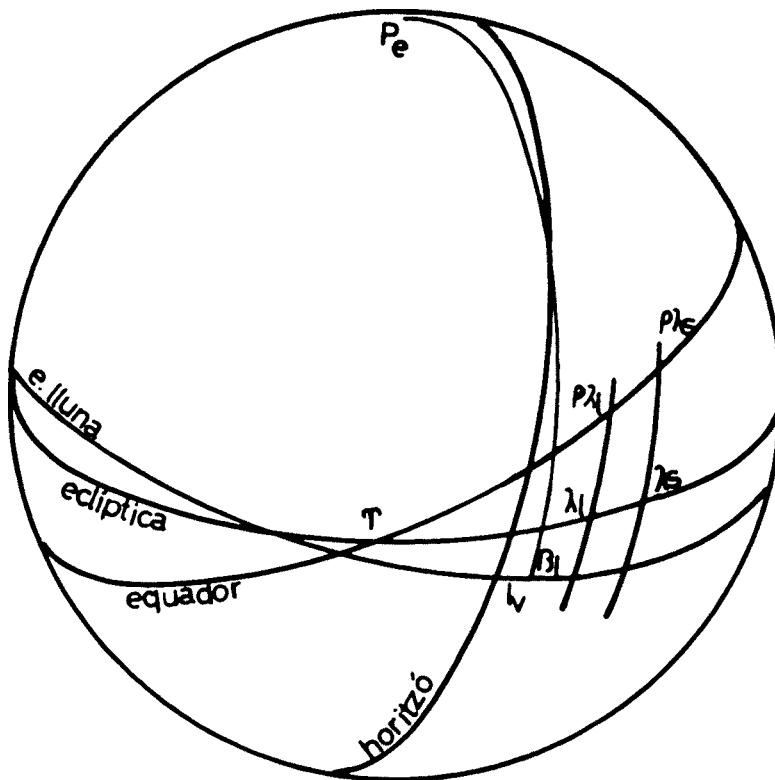
L'observació de la lluna nova és una altra qüestió d'interès astronòmic i religiós dins del món musulmà. El calendari religiós depèn de l'observació visual de la lluna creixent.

Ibn al-Samh dona tres procediments per a determinar si hom pot esperar, o no, la visió de la lluna nova. En definitiva aquest càlcul depèn de tres variables, que són: les coordenades eclíptiques de la lluna (longitud i latitud) i l'elongació d'aquest astre en el moment del crepuscle. Ara mateix analitzaré els tres mètodes.

A la figura nº 18 :

Cal determinar amb precisió la longitud del sol λ_s i la de la lluna λ_ℓ en el moment en què es pondrà el sol, és a dir, cal senyalar sobre l'eclíptica el grau del sol del dia i el grau on es troba la lluna, per tal de determinar-ne les dues ascensions obliqües $\rho(\lambda_s)$ i $\rho(\lambda_\ell)$.

Novament, pel que fa a la determinació de la longitud de la lluna, i amb intenció d'ajustar l'obliqüitat de 5° de la seva òrbita respecte a la solar, Ibn al-Samh introdueix com a correcció la latitud de la lluna, tot sumant-la, o bé restant-la, a la seva longitud, segons sia septentrional o meridional: $\lambda_\ell \pm \beta_\ell$. Lògicament aquesta correcció és previa a la determinació de l'ascensió obliqua. Per a mesurar l'ascensió obliqua d'aquests dos astres es posaran successivament els oposats dels dos punts que els representen sobre l'horitzó oriental, i s'obtindrà, sobre la corona de l'astrolabi, un arc d'equador equivalent a la diferència d'ascensions obliqües (a la figura he situat els propis astres directament sobre l'horitzó).



Havent realitzat això, el text estableix que si la diferència $\rho(\lambda_\delta) - \rho(\lambda_\ell)$ és superior a 12° es veurà la lluna nova, i si és menor no. Això significa que cal que el sol creui l'horitzó occidental un temps equivalent a 12° equatorials. (1 hora igual = 15° equatorials) ¹⁶² abans que ho faci la lluna perquè aquesta sia visible. Aquest marge de temps és el mínim que permet la suficient ocultació de la claredat solar perquè la lluna sigui visible. És necessari que:

$$\Delta \lambda \gg \rho(\lambda_\delta) - \rho(\lambda_\ell) \text{ en un valor superior a } 12^\circ.$$

Els altres dos procediments que inclou aquest capítol tenen la mateixa intenció. El segon mètode fixa un marge de temps equivalent a $4/5$ d'una hora temporal d'aquella nit. El tercer, una vegada obtingudes les longituds d'ambdós astres, es caracteritza per situar el grau del sol sobre el principi de l'ocultació, sobre la línia de la làmina que indica el començament del crepuscle. Resta 12° a l'ascensió obliqua calculada així i determina la visibilitat o la invisibilitat de la lluna segons aquesta sigui sobre o sota l'horitzó local. És important remarcar que aquests dos mètodes prescindeixen de la correcció de la longitud de la lluna amb la seva latitud. Això no obstant, aquesta correcció és freqüent en d'altres astrònoms, per exemple Ya^cqūb ibn Tāriq (fl. 760).¹⁶³

162. Al *Zīj* de Habaš el marge és de 10° i no de 12° . Cf Ms. Istanbul Yeni Cami 784. 2^o, fol. 164r.

163. GAS V, 217-219 i VI 124-127.

Sobre la relació d'aquest astrònom amb els manuals astronòmics indis vegeu D. PINGREE, 1, 97-125 i DSB XIV, 546.

La fórmula de Ya^cqūb ibn Tāriq per a l'observació de la lluna nova és la següent.

$$\Delta_\delta = A_\phi(\lambda_m + 2/3 \beta - 180^\circ) - A_\phi(\lambda_\delta - 180^\circ) \text{ on}$$

Δ_δ és la diferència entre els dos ocasos

β^δ és la latitud de la lluna (negativa si és meridional)

$A_\phi(\lambda)$ és l'ascensió obliqua d'un punt de l'eclíptica (el sol o la lluna) per a un horitzó local de latitud ϕ .

El marge que dóna aquest autor és $\Delta_\delta \gg 12^\circ$

La fórmula és idèntica a la del nostre ms.; però suma $2/3$ de β en comptes de β . La correcció de 180° correspon, en el tractat d'Ibn al-Samh, al fet que treballa amb els oposats dels graus del sol i la

Del mateix problema s'ocupa el Zij d'al-Hwārizmī-Maslama ¹⁶⁴ bé que probablement aquesta preocupació fos pròpia del segon astrònom, mestre d'Ibn al-Samh ¹⁶⁵

2.13.5. Hora temporal en funció de l'altura de la lluna i de les seves coordenades eclíptiques.

El capítol 113 tracta del coneixement de l'hora temporal en funció de l'altura de la lluna i de les seves coordenades eclíptiques.

A la figura nº 19 : imaginem dues possibles posicions de la lluna,

L_1 amb latitud septentrional

L_2 amb latitud meridional.

Atesa la posició primera L_1 ,

$A_1 B_1$ és l'almucantar en què es troba la lluna.

S_1 és el punt de l'eclíptica que té la mateixa altura que la lluna. En aquest supòsit, $\beta_{L_1} = FL_1$, tenim que $\lambda_{S_1} > \lambda_{L_1}$, o sia

$$T_{S_1} = TF + FS_1$$

Si considerem la segona posició L_2 ,

$A_2 B_2$ és l'almucantar on es troba la lluna.

S_2 és el punt de l'eclíptica que té la mateixa altura que la lluna. En aquest cas, $\beta_{L_2} = FL_2$, tenim que $\lambda_{S_2} < \lambda_{L_2}$, o sia

$$T_{S_2} = TF - FS_2$$

En ambdós supòsits el text identifica

$$FS_1 = \beta_{L_1}$$

$$FS_2 = \beta_{L_2}$$

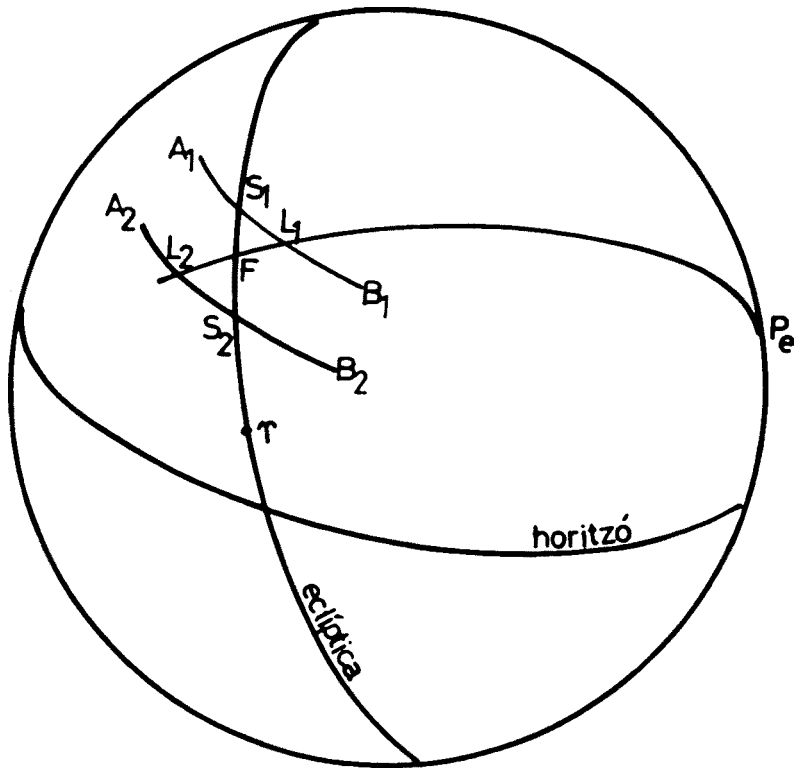
i suma o resta els valors β_{L_1} o β_{L_2} a λ_L per determinar S_1 i S_2 .

lluna sobre l'horitzó oriental. Cf. E.S. KENNEDY i M. JANJANIAN, 3, 126-132 i 157-163.

.El paràmetre per a la visibilitat de la lluna, a Maimònides, és de 14° , Cf. O. NEUGEBAUER, 1, 349-360/409-420.

164. Cf. O. NEUGEBAUER, 2, 42-44

165. Cf. E.S. KENNEDY i M. JANJANIAN, 3, 77/155.



Ara bé, s'equivoca amb els signes:

- si la lluna és al nord de l'eclíptica, s'ha de sumar,
- si la lluna és al sud de l'eclíptica, s'ha de restar.

En definitiva, allò que s'intenta és de trobar un punt de l'eclíptica que tingui, al moment en què hom opera, la mateixa altura que la lluna. Aquest punt, situat sobre l'almucàntar de l'altura, serveix de referència per col·locar l'aranya de l'astrolabi en posició i determinar, mitjançant el grau del sol, l'hora temporal d'aquella nit. El grau del sol es trobarà sota l'horitzó sobre una de les divisions de les hores temporals.

2.13.6. Avenç o retrogradació d'un planeta.

El fet de comentar aquí el capítol 114 no vol dir que tingui relació certa amb els que veiem atribuïts a Habaš, autor que, d'altra banda, no és esmentat al text. Probablement calgui deslligar-lo de la resta, però amb certesa posa un petit corollari a les qüestions relatives als planetes tot assajant de constatar el moviment que realitza l'astre (avenç o retrogradació) o bé si sembla que aquest s'hagi aturat a la seva òrbita aparent.

Per a saber-ho s'han de fer observacions successives que qongin a conèixer la mediació del planeta cada dues o tres nits. Així si el primer grau de l'eclíptica que s'ha trobat com a mediació és anterior al segon en el sentit dels signes, el planeta avança, si s'esdevé el contrari, retrograda, i, si la mediació es manté, el planeta roman en estació.

Els mètodes dels textos Pseudo-Māšāllāh l-u, Pseudo-Maslama i Ibn al-Şaffār i Abraham b. ^CEzra ¹⁶⁶ bé que són iguals entre ells i presenten una estructura similar, no tenen connexió amb el d'Ibn

166. A les pàgines 227, 282, 46 i 22 de les edicions respectives. Analitzats a R. MARTÍ i M. VILADRICH 3, 45.

al-Samh car s'ajuden d'un dels estels projectats a l'aranya per desbrinar el moviment que aquest descriu respecte a la posició del planeta en altura, determinada amb anterioritat, i ho fan, també, en funció d'observacions successives.

2.14. El quadrant d'ombres

El quadrant d'ombres, altrament dit també escala d'altimetria, permet la resolució senzilla de problemes trigonomètrics d'aplicació pràctica com la mesura de l'alçària d'un objecte, d'una profunditat o d'una distància, que s'integraran com a catet d'un triangle rectangle en què podem mesurar un dels seus angles aguts mitjançant la col·locació de l'alidada sobre el quadrant d'ombres ¹⁶⁷.

El quadrant d'ombres permet de representar gràficament les funcions trigonomètriques tangent i cotangent d'un angle. Els valors de les funcions que s'obtenen en aquest quadrant estan calculats per a un gnòmon de 12 dígits.

Per a operar amb aquest quadrant cal tenir present:

-Si l'alidada, que actua com a hipotenusa, cau sobre les divisions de l'ombra versa (figura nº 20) mesurem l'angle igual a l'altura h , i resultarà que:

$$\operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} h = \frac{dc}{12}$$

-Si l'alidada cau sobre les divisions de l'ombra recta (figura nº 21), mesurem l'angle α , complementari de l'altura h , i resultarà que:

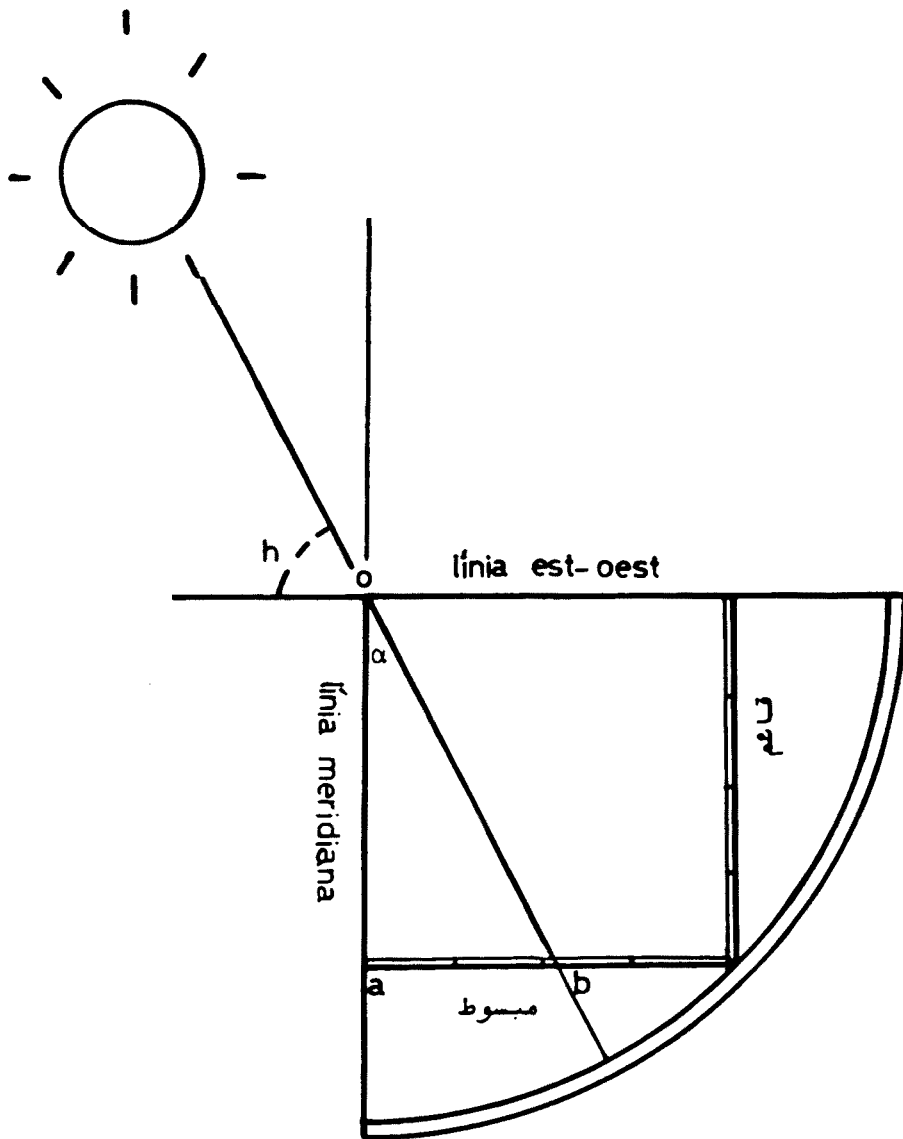
$$\operatorname{cotg} h = \operatorname{tg} \alpha = \frac{ab}{12}$$

El capítol 117 del tractat d'Ibn al-Samh indica la manera d'obtenir la cotangent i la tangent de l'angle que el sol forma amb el nostre horitzó quan aquell té una altura determinada sobre aquest que podem mesurar:

-Si l'hem mesurat sobre els almucàntars de la làmina de latitud amb un dels procediments descrits abans (*Supra* 2.3.).

Aleshores hom pot transportar l'altura mesurada a la corona del dors de l'astrolabi mitjançant l'alidada i observar quina

167. Recentment s'ha publicat un estudi sobre els coneixements trigonomètrics a l'obra alfonsina. Cf. E. AUSEJO, l.



ombra correspon a aquella posició de l'alidada sobre el quadrant d'ombres.

-Si l'hem observat directament amb l'alidada visualitzant el disc a través de les pínules.

Si interessa l'ombra recta i l'alidada roman sobre les divisions de la versa o a l'inrevés, hom pot transformar les ombres mitjançant les fórmules:

$$\text{ombra recta} = \frac{144}{\text{ombra versa}} \qquad \text{ombra versa} = \frac{144}{\text{ombra recta}}$$

atès que a la figura nº 21

$$ab = 12 \operatorname{tg} \alpha = \frac{12}{\operatorname{cotg} \alpha} \qquad ab = 12 \operatorname{cotg} h = \frac{12}{\operatorname{tg} h} \qquad \text{puix que}$$

$$\operatorname{cotg} h = \operatorname{tg} \alpha = \frac{ab}{12}$$

$$\operatorname{tg} h = \operatorname{cotg} \alpha = \frac{12}{ab}$$

Per tant, si coneixem l'ombra recta, podem obtenir la versa i a l'inrevés.

Finalment Ibn al-Samh indica que:

ombra versa < 12 \Rightarrow ombra recta > 12

ombra recta < 12 \Rightarrow ombra versa > 12.

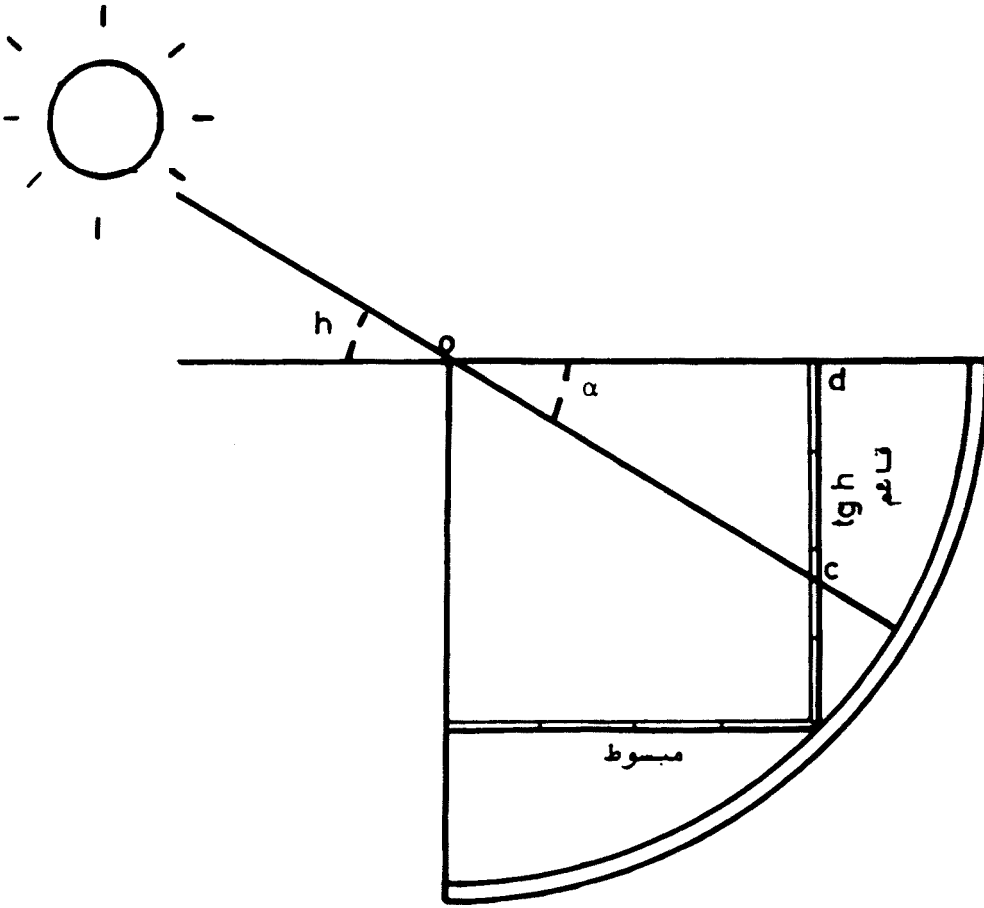
Si hom coneix una de les dues ombres pot obtenir l'altura del sol situant la línia del centre de l'alidada sobre la mesura de l'ombra coneguda i determinant l'altura amb l'altre cap de l'alidada sobre el limbe.¹⁶⁸

Si hom desconeix les ombres pot obtenir l'altura:

-en funció del grau del sol i de les hores: desiguals.¹⁶⁹

168. Capítol 118.

169. Capítol 119.



- en funció de l'ascendent, l'azimut i el grau del sol¹⁷⁰ ;
a partir de l'altura determinarà l'ombra.

Tanmateix el coneixement de l'ombra, en proporcionar l'obtenció de l'altura del sol, facilita també la de les hores temporals, l'azimut i l'ascendent¹⁷¹ .

D'altra banda el coneixement de l'altura meridiana del grau del sol d'un dia determinat proporciona l'obtenció de l'ombra a migdia, directament sobre el quadrant d'ombres¹⁷²

2.14.1. Mesura d'alçàries.

El sistema més senzill és el següent: si hom situa l'alidada com a diagonal del quadrant d'ombres, resulta que l'ombra recta és igual a la versa i ambdós catets del triangle que es forma són iguals. Sense moure l'alidada, l'observador es mourà endavant i endarrere fins veure la part més alta d'allò que vol mesurar. Prendrà la distància AB a què es troba la base de l'objecte i li sumarà l'altura pròpia BO, amb què obtindrà l'alçària buscada¹⁷³ atès que, a la figura nº 22 :
 $OE = ED$, $AE = OB$, $AD = AE + ED = OB + OE$

Si hom no pot conèixer, considerant les característiques especials del terreny, la distància AB que el separa del peu de l'objecte, ha de treballar amb un altre sistema. Aquest sistema nou, descrit al capítol 125, consisteix a mesurar l'ombra recta α_1 des de la posició O_1 . Després hom retrocedirà a una altra posició O_2 i , per segona vegada, mesurarà l'ombra recta α_2 , que resultarà major que l'anterior. Operarà així:

ombra recta₂ - ombra recta₁

és a dir:

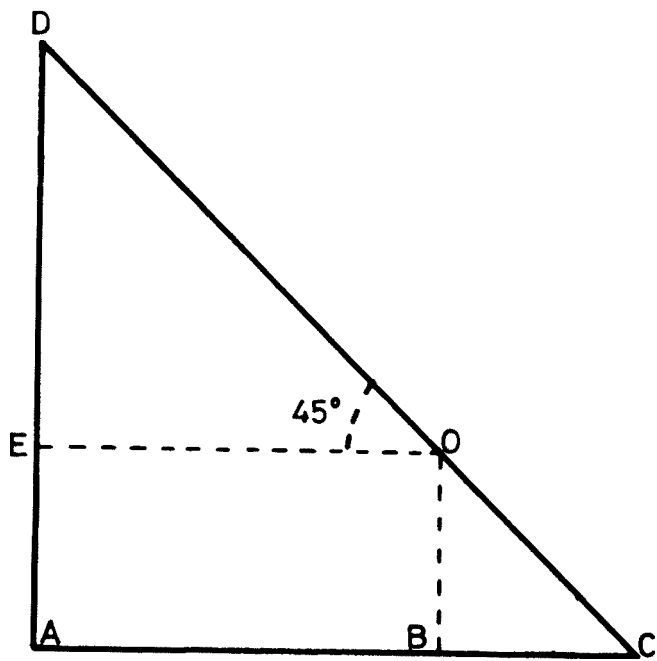
$\cotg \alpha_2 - \cotg \alpha_1$. Vegeu la figura nº 23 .

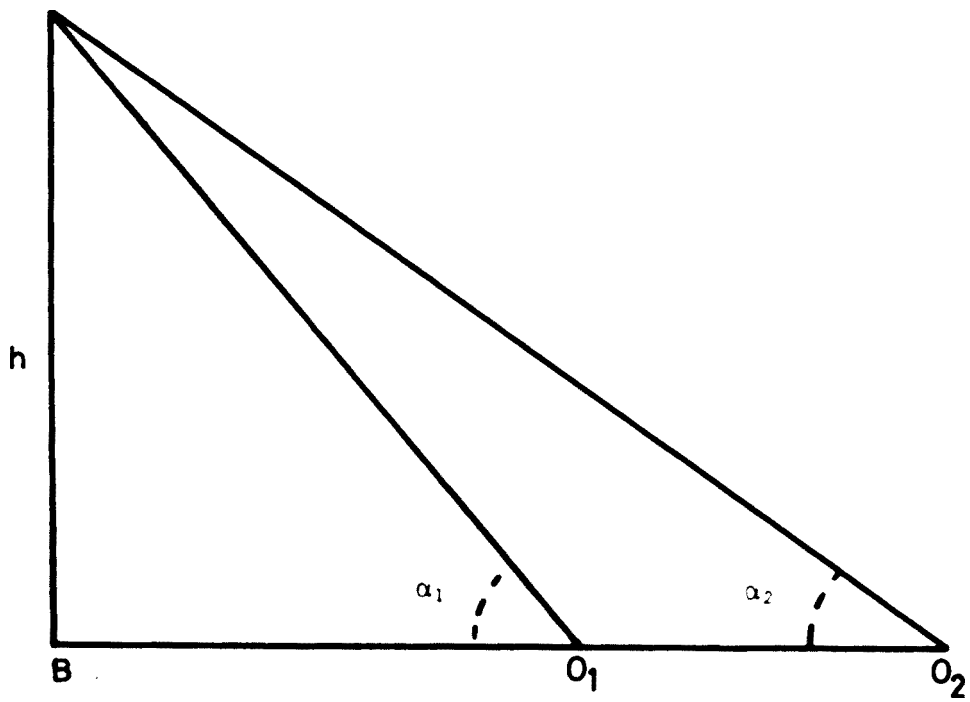
170. Capítol 120.

171. Capítol 121.

172. Capítol 122.

173. Capítol 124.





Multiplicarà per dotze la distància que s'ha mogut O_1O_2 , atès que treballa amb un gnòmon de dotze dígits i calcularà

$$\frac{O_1O_2 \times 12}{\cotg \alpha_2 - \cotg \alpha_1}$$

puix que:

$$h = \frac{O_1B}{\cotg \alpha_1} \quad h = \frac{O_2B}{\cotg \alpha_2} = \frac{O_1B + O_1O_2}{\cotg \alpha_2}$$

$$\frac{O_1B}{\cotg \alpha_1} = \frac{O_1B + O_1O_2}{\cotg \alpha_2}$$

$$O_1B \cotg \alpha_2 = \cotg \alpha_1 O_1B + \cotg \alpha_1 O_1O_2$$

$$O_1B (\cotg \alpha_2 - \cotg \alpha_1) = \cotg \alpha_1 O_1O_2$$

$$h = \frac{\cotg \alpha_1 O_1O_2}{\cotg \alpha_2 - \cotg \alpha_1} = \frac{O_1O_2}{\cotg \alpha_2 - \cotg \alpha_1}$$

2.14.2 Mesura de profunditats

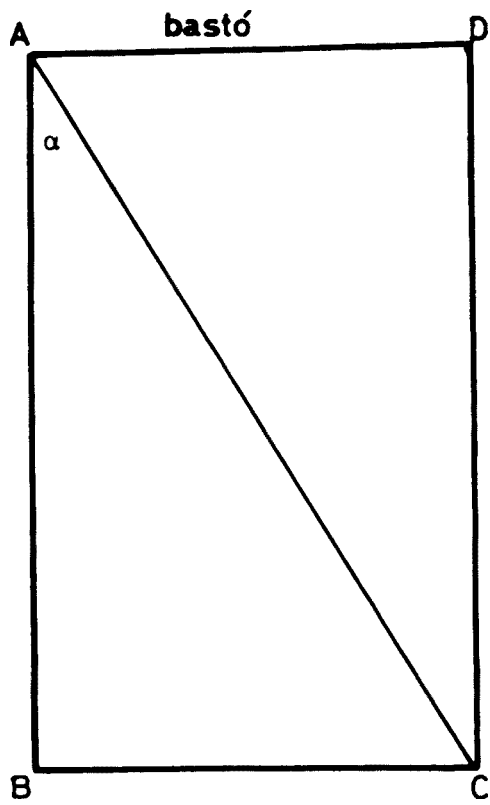
El capítol 128 proporciona un sistema per a mesurar la profunditat d'un pou des de la superfície fins al nivell de l'aigua que hi ha dins d'ell.

S'emprarà un bastó per saber el diàmetre del pou en colzades. Hom col·locarà el bastó al brocal del pou com a diàmetre d'aquest. Es faran dues observacions. Segons la figura nº 24 : 1^a visual AB i 2^a visual AC , mesurant l'angle α

coneixem la $\cotg \alpha$ expressada en dígits i CB expressat en colzades :

$$\cotg \alpha = \frac{AB}{CB} \quad \text{i } CB = AD. \text{ Operarem:}$$

$$AB = \frac{CB \cotg \alpha}{12}$$



2.14.3. Mesura de distàncies.

Per a calcular la distància que, per exemple, separa la vorera d'un riu de l'altra vorera s'aplicaran dos sistemes segons sia el cas:

1- Es possible que hom se situï dempeus a la vorera del riu ¹⁷⁴. Penjant l'astrolabi s'observarà, a través de les pínules de l'alidada, l'altra vorera, i es mesurarà sobre el quadrant d'ombres l'ombra recta que aquest ens indiqui. A continuació diu: "Multiplicaràs el valor de l'ombra recta pel nombre de colzades que hi ha entre la teva mà i el sòl. Ho dividiràs per 12 i obtindràs, en colzades, l'amplada del riu". A la figura nº 25:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\text{ombra recta}}{12}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{BC}{AB}$$

$$BC = AB \operatorname{tg} \alpha$$

2- Hom no pot arribar a situar-se dempeus a la vorera del riu ¹⁷⁵. Llavors s'aproparà a aquesta tant com sia possible. Procedint com s'ha fet al capítol anterior, hom mesurarà la distància que hi ha entre ell i la vorera oposada. Després, la que hi ha entre els seus peus i la vorera més propera. Operarà com segueix, segons la figura nº 26 :

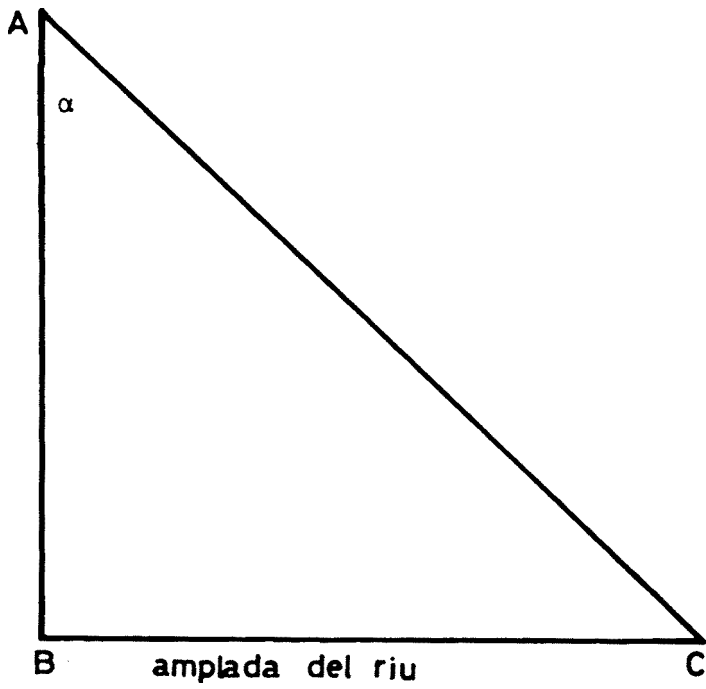
$$BC - BF = FC$$

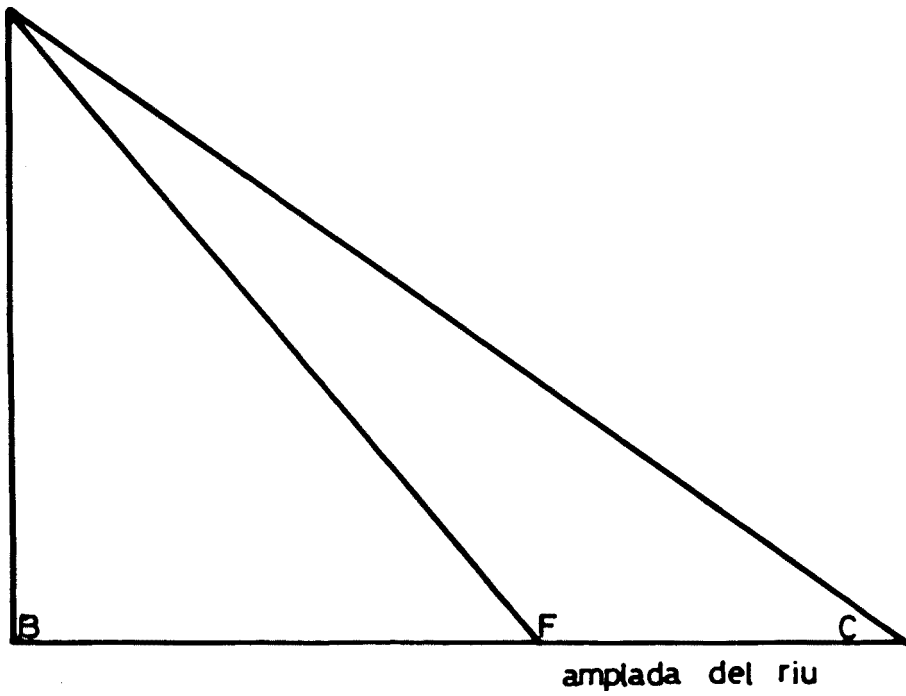
La resolució d'aquestes qüestions és una de les aplicacions de l'astrolabi que podríem qualificar de clàssica als tractats andalusís. Totes les possibilitats al·ludides, a què es refereix Ibn al-Samh són presents en uns o en altres tractats. Adhuc n'inclouen de diferents ¹⁷⁶. En aquest sentit vull

174 . Capítol 126.

175 . Capítol 127.

176 Per exemple, com conèixer l'altura sabent la distància a què es troba l'objecte però sense emprar l'angle de 45°, a Pseudo-Māšāllāh 1-u, 230-231; Ibn al-Saffār, 43-44; Pseudo-Maslama, 279; Alfons X, 284. Tampoc





recordar que ja hem analitzat ¹⁷⁷ les referències a l'aplicació de l'astrolabi a tècniques hidràuliques de tradició àrab segons les al·lusions explícites a aquest fet que dona Ibn al-Saffār al seu tractat. Només haig de destacar que, malauradament, el llibre d'Ibn al-Samh, bé que inclou el càlcul de la profunditat d'un pou, no aporta cap novetat sobre el problema.

2.14.4. Ombra i oració

El capítol 123 posa de relleu la utilitat del quadrant d'ombres per a l'aplicació dels coneixements científics a qüestions de tipus religiós com la determinació ortodoxa de les hores d'oració.

Aquest capítol tracta de la determinació de l'ombra rec- ta en tres moments diferents: quan la llargària de l'ombra d'un gnòmon plantat a terra és d'una colzada, quan és tan llarga com el gnòmon i, finalment, quan és el doble de llar- ga que aquest. Amb aquesta finalitat opera, respectivament: $\cotg hm + 3$, $\cotg hm + 12$, $\cotg hm + 24$.

Aquests valors successius que afegeix a la cotangent de l'altura meridiana del sol poden justificar-se així: per als casos segon i tercer, dotze és el nombre de dígit del gnòmon, i correspon a una altura meridiana del sol de 45° sobre l'horitzó, car, quan la $\cotg \alpha$ és 1, l'angle α és de 45° . I quan l'ombra és igual al gnòmon comença (*Supra* 2.8.3) el temps adequat per a realitzar l'oració de l'al-^casr de forma or-

es troba al text d'Abraham b. ^cEzra.

També, com conèixer l'altura d'un objecte mitjançant dues observacions rea- litzades des del seu cim. Aquest, present a Abraham b. ^cEzra, 27. O com conèixer l'altura romanent immòbil al cim de l'objecte. Àdhuc, la de- terminació de l'amplada del riu conservant l'alidada amb el mateix an- gle per a dues observacions distintes. Aquestes qüestions són analit- zades a R. MARTÍ i M. VILADRICH 3, respectivament, 53-54, 55-56, 60-61
177. Cf. R. MARTÍ i M. VILADRICH, 3, 57-59.

todoxa ; vint-i-quatre, -dues vegades el nombre de dí-
gits del gnòmon- , correspon aproximadament a una altura del
sol sobre l'horitzó de $26;30^\circ$ és a dir, quan la cotg α és 2,
l'angle α és de $26;30^\circ$. I quan l'ombra és el doble del gnò-
mon, s'esdevé la fi del temps per a realitzar de forma or-
todoxa l'oració de l'al-^Casr.¹⁷⁸

Considerem que , per a la determinació de l'hora d'oració,
cadascu disposa d'un instrument prou fiable com és el propi
cos i, per tant, és molt probable que hom identifiqui l'esta-
tura de l'individu amb el gnòmon.

El primer cas resulta més interessant. Aquí el valor que
s'afegeix a la cotangent de l'altura meridiana és de tres dí-
gits, equivalents a una colzada. Donat que els dígitos d'una
colzada són tres, podem deduir que el gnòmon té quatre colza-
des i que la mesura d'un home dempeus equival a això.¹⁷⁹

Tal vegada l'ombra amb un valor de 1/4 de gnòmon correspongui
a l'altura meridiana del sol el dia del solstici d'estiu per
a la latitud de les terres d'al-Andalus, atès que quan la
cotg α és $0;25^\circ$ l'angle α és de 76° i $hm=24^\circ(90^\circ - \phi)$; si con-
siderem $\phi \simeq 38^\circ$ i $\epsilon \simeq 24^\circ$ obtenim una $hm \simeq 76^\circ$ essent la lati-
tud de Còrdova $\simeq 38^\circ$. Aquest capítol no té paral·lel a cap dels
altres tractats. D'altra banda, l'ombra del sol a migdia es de
1/4 al *Calendari de Còrdova* el dia 16 de juny i la seva altura de
 $76;20^\circ$ ¹⁸⁰

178 .E.S. KENNEDY 8,II,132-53, recull, a través d'al-Bīrūnī, la discussió
sobre les tradicions per a la determinació de les hores d'oració. Con-
cretament aquests valors d'ombra = gnòmon i ombra = 2 gnòmon per a deli-
mitar el temps de l'al-^Casr i ombra = 1 colzada per al temps de l'al-zuhr
són usuals. Cf. 135 i *Supra* nota n°

179 .Dins la metrologia àrab-andalusina, aquestes colzades podrien corres-
pondre a les "geomètriques" de 0,4179525 m. Cf. J. VALLVE,1,341-354.
Aquest valor de les colzades correspondria a una alçada humana de 1,67 m.,
mesura força admissible en relació a la talla mitjana de l'home medieval.

180 .Cf. J. SAMSÓ, 6 , 127.

3. Conclusions.

Amb poques paraules vull mostrar, per acabar, quines son les principals aportacions d'aquesta obra.

En primer lloc disposem ara de l'edició del llibre d'ús de l'astrolabi d'Ibn al-Samh i de la seva traducció catalana. Per tant podem apropar-nos millor a un personatge que fou significatiu en l'activitat científica de la seva època, no interrompuda pels esdeveniments polítics de la *jàna*. El text és resultat d'una activitat intel·lectual productiva que comença a prendre caire d'autòctona a al-Andalus.

Els textos de l'escola de Maslāma relatius a l'astrolabi s'han distingit sempre pel seu caràcter precís i pràctic. D'entre ells hom destaca sempre el llibre d'ús d'Ibn al-Saffār per la gran popularitat que va assolir, tal com ho indiquen la pluralitat de versions que ens ha arribat, tant en àrab com en llatí. Sense posar en dubte res de tot això penso, però, que els historiadors no han estat justos amb el text d'Ibn al-Samh¹⁸². Em sembla haver evidenciat que la complexitat no és tal, malgrat la primera impressió que transmet obviament la seva extensió. De fet ja he manifestat la meua opinió sobre la repetició de les operacions. Ibn al-Samh, al llarg dels seus 130 capítols, ens suggereix de fer-les emprant elements diversos que anirà substituint un per un. Això genera un nombre important de possibilitats per a comprovar com és d'útil l'astrolabi. Crec que això, l'acurada divisió del capítols i el llenguatge planer en què s'ha redactat augmenten l'interés didàctic d'aquesta obra.

182. J.M. MILLÀS va fer la següent valoració:..."Pero en él (Ibn al-Samh) ya no hay la sobria y práctica exposición de la obra de Ibn al-Saffār, sino que han proliferado y se han acumulado las Questiones en detrimento de la didáctica del tratado. Esto explica la menor aceptación entre los cristianos del tratado de astro labio de Ibn al-Samh, del cual no sabemos existiera traducción alguna."...., 7, 48.

D'altra banda en començar he parlat de les primeres traduccions de textos científics àrabs al llatí a la Marca Hispànica durant la segona meitat del segle X, quan el cenobi de Sta. Maria de Ripoll va contribuir a obrir una via important de comunicació sobre l'eix Barcelona-Rin entre la Marca, la Lorena i Alemànya a través de la vall del Rodan, per mostrar que el que acabeu de llegir ha estat conformat per unes coordenades d'investigació més amples. Per això, i dins d'aquestes, he volgut esmentar la troballa en un manuscrit d'El Escorial de dos capítols copiats del text de construcció d'Ibn al-Samh que ha estat considerat sempre com a perdut. Fóra massa prematur de fer aquí qualsevol valoració sobre els constinguts d'aquests capítols que tracten de la projecció dels estels fixos. Si ho he anunciat és perquè ho considero també un resultat important d'aquesta tesi.

Però si ens centrem en el tractat d'ús d'astrolabi d'Ibn al-Samh he de dir que no hi ha cap diferència de fons entre aquest i el d'Ibn al-Sāffār. No obstant això, hi ha algunes novetats. Destacaré que s'inclou un capítol sobre la projecció dels raigs que proporciona una constatació certa de la pràctica d'aquesta doctrina astrològica entre els membres de l'escola de Maslama tal com ja havíem suposat. Si fa poc temps vàrem encetar l'anàlisi de l'astrologia matemàtica a Alfons X el Savi amb el *Llibro dell Ataçir* començo a pensar que aprofundir-la, potser aportarà noves dades sobre els sistemes d'adivinació que, ara ja sens dubte, practicaren aquests astrònoms. He verificat així mateix que els mètodes d'aproximació del tractat d'Alfons X, que varem relacionar amb Ibn al-Sāffar, eren practicats també per Ibn al-Samh.

Una altra novetat respecte a Ibn al-Sāffar és la inclusió de la taula per a obtenir la longitud del sol sobre

l'eclíptica qualsevol dia de l'any, que hem vist que derivava del *Zīj* d'al-Battānī. Els textos de l'escola de Maslama han apuntat el coneixement a al-Andalus dels genis de la ciència oriental i araboislàmica: Ptolomeu, al-Ḥwārizmī, al-Battānī... Però des d'ara haurem d'incloure entre aquests a Ḥabaš al-Ḥāsib, car el text que hem estudiat ha mostrat que era conegut a Occident al segle XI. Prescindint si aquest astrònom fou autor o no d'un tractat d'ús d'astrolabi, mercès als excel.lents treballs que li ha dedicat E.S. Kennedy, he pogut documentar per primera vegada el coneixement d'uns paràmetres establerts per Ḥabaš a les seves taules astronòmiques. Aquestes han estat, doncs, les dades més importants que ens ha deixat Ibn al-Samh, aquest home enginyós i intel·ligent que ha despertat la meva admiració.

TRADUCCIÓ

- CAPÍTOL 1 . Descripció de l'instrument conegut com astrolabi, denominació de les seves peces i el seu traçat.
- CAPÍTOL 2 Com es determina en quin grau dels signes es troba el sol a cadascun dels dies dels mesos cristians de forma aproximada mitjançant el sistema *al-Mumtahan*.
- CAPÍTOL 3 Coneixement de l'observació de l'altura del sol.
- CAPÍTOL 4 Coneixement de les hores del dia en funció de l'altura del sol i el seu grau.
- CAPÍTOL 5 Determinació de la posició del grau del sol damunt els almucàntars.
- CAPÍTOL 6 Mesura de les hores.
- CAPÍTOL 7 Obtenció de l'ascendent en funció de l'altura i del grau del sol.
- CAPÍTOL 8 Determinació del grau de l'ascendent.
- CAPÍTOL 9 Coneixement del principi del temps de l'*al-zuhr*.
- CAPÍTOL 10 Determinació de l'altura del sol en funció del

seu grau i de l'ascendent.

- CAPÍTOL 11 Coneixement de l'altura del sol en funció del seu grau i de les hores.
- CAPÍTOL 12 Càlcul de la posició del grau oposat al del sol sobre les fraccions de les hores.
- CAPÍTOL 13 Coneixement de l'ascendent en funció del grau del sol i les hores, durant el dia i la nit.
- CAPÍTOL 14 Determinació de les hores en funció del grau del sol i l'ascendent durant el dia i la nit.
- CAPÍTOL 15 Obtenció del grau del sol en funció de l'altura i les hores.
- CAPÍTOL 16 {Coneixement del grau de} l'ascendent en funció de l'altura del sol i de l'hora.
- CAPÍTOL 17 Coneixement del grau del sol en funció de l'ascendent i de l'hora durant el dia i la nit.
- CAPÍTOL 18 Coneixement de l'altura en funció de l'ascendent i les hores.
- CAPÍTOL 19 Coneixement del grau del sol en funció de l'altura i l'ascendent.
- CAPÍTOL 20 Coneixement de les hores en funció de l'altura i de l'ascendent.
- CAPÍTOL 21 Coneixement de l'angle horari en funció del grau del sol i l'altura.
- CAPÍTOL 22 {Determinació} del grau del sol en funció de l'angle horari i de l'altura.
- CAPÍTOL 23 / Coneixement de l'altura en funció de l'angle 26 μ

horari i del grau del sol

- CAPÍTOL 24 Mesura de l'angle horari en funció del grau del sol i l'ascendent durant el dia i la nit.
- CAPÍTOL 25 Obtenció del grau del sol en funció de l'angle horari durant el dia i la nit.
- CAPÍTOL 26 Determinació de l'ascendent en funció del grau del sol i l'angle horari durant el dia i la nit.
- CAPÍTOL 27 Càlcul de l'angle horari en funció del grau del sol i les hores durant el dia i la nit.
- CAPÍTOL 28 Obtenció del grau del sol en funció de l'angle horari i les hores durant el dia i la nit.
- CAPÍTOL 29 Sobre el coneixement de les hores en funció de l'angle horari i el grau del sol durant el dia i la nit.
- CAPÍTOL 30 Determinació de l'angle horari en funció de l'ascendent i de les hores durant el dia i la nit.
- CAPÍTOL 31 Coneixement de les hores en funció de l'angle horari i l'ascendent durant el dia i la nit.
- CAPÍTOL 32 Coneixement de l'ascendent en funció de l'angle horari i les hores durant el dia i la nit.
- CAPÍTOL 33 Càlcul de l'angle horari en funció de l'ascendent i de l'altura.
- CAPÍTOL 34 Obtenció de l'ascendent en funció de l'angle horari i l'altura.
- CAPÍTOL 35 Coneixement de l'altura en funció de l'angle horari i l'ascendent.

- CAPITOL 36 Determinació de l'angle horari en funció de l'altura i de les hores.
- CAPITOL 37 Càlcul de les hores en funció de l'angle horari i l'altura.
- CAPITOL 38 Coneixement de l'altura en funció de l'angle horari i les hores.
- CAPITOL 39 Coneixement de les hores {iguals} en funció de l'angle horari durant el dia i la nit.
- CAPITOL 40 Coneixement de les hores iguals en funció del grau del sol i de les hores temporals durant el dia i la nit.
- CAPITOL 41 Coneixement de les hores temporals en funció de les hores iguals i del grau del sol durant el dia i la nit.
- CAPITOL 42 Determinació del grau del sol en funció de les hores temporals i de les hores iguals durant el dia i la nit.
- CAPITOL 43 Mesura de /l'arc diürn i de l'arc nocturn en funció del grau del sol. 26v
- CAPITOL 44 Coneixement de les hores iguals del dia i de la nit en funció del grau del sol.
- CAPITOL 45 Obtenció de les hores {iguals} del dia més llarg de l'any.
- Capitol 46 Sobre el coneixement de l'altura del sol a migdia tots els dies de l'any si hom sap quin és el grau del sol.
- CAPITOL 47 Mesura de la durada de les hores temporals del

dia i de la nit quan es coneix el grau del sol.

- CAPÍTOL 48 Determinació dels quatre pivots en funció del grau del sol i de l'altura.
- CAPÍTOL 49 Determinació de les cúspides en funció de l'ascendent i dels pivots.
- CAPÍTOL 50 Coneixement de la declinació de qualsevol dels graus dels signes.
- CAPÍTOL 51 Obtenció del grau dels signes que té una declinació coneguda.
- CAPÍTOL 52 Coneixement de l'ascensió recta dels signes.
- CAPÍTOL 53 Coneixement del grau {de l'Eclíptica} que correspon a una ascensió recta coneguda.
- CAPÍTOL 54 Determinació de l'ascensió obliqua.
- CAPÍTOL 55 Obtenció del grau dels signes que té una ascensió recta coneguda.
- CAPÍTOL 56 Obtenció de la diferència d'ascensions rectes i obliqües entre el principi i la fi de cadascun dels signes.
- CAPÍTOL 57 Coneixement de les latituds dels països en funció del grau del sol i l'altura.
- CAPÍTOL 58 Sobre el coneixement de les longituds {geogràfiques} dels països.
- CAPÍTOL 59 Obtenció de l'azimut que correspon a l'altura i a l'ombra en funció del grau del sol i l'altura.

- CAPÍTOL 60 Sobre el coneixement de l'azimut del sol en funció del seu grau i l'ascendent.
- CAPÍTOL 61 La determinació de l'azimut en funció del grau del sol i les hores.
- CAPÍTOL 62 Determinació de l'altura, l'ascendent i les hores mitjançant l'azimut i el grau del sol
- CAPÍTOL 63 Sobre el coneixement del grau del sol en funció de l'azimut i l'altura.
- CAPÍTOL 64 Obtenció del grau del sol a partir de l'azimut i l'ascendent.
- CAPÍTOL 65 Sobre l'obtenció del grau del sol en funció de l'azimut i les hores.
- CAPÍTOL 66 Determinació de l'amplitud ortiva de qualsevol / 27_n dels graus dels signes.
- CAPÍTOL 67 Obtenció dels quatre punts que indiquen el nord, el sud, l'est i l'oest en funció del grau del sol.
- CAPÍTOL 68 Coneixement del quadrant on es troba l'al-qibla i de la seva desviació des d'un dels quatre punts cardinals en funció de la longitud i de la latitud.
- CAPÍTOL 69 Com obtenir la línia de l'al-qibla en el pla de l'horitzó.
- CAPÍTOL 70 Com transportar l'al-qibla des d'un indret a un altre.
- CAPÍTOL 71 L'observació dels estels fixos, els planetes i la lluna durant la nit.
- CAPÍTOL 72 Coneixement de les hores de la nit en funció de

l'altura dels estels fixos que són a l'aranya i del grau del sol.

CAPÍTOL 73 Determinació dels quatre pivots i de les restants cases en funció de l'altura dels estels durant la nit.

CAPÍTOL 74 Determinació de l'hora de la nit en què es clou el crepuscle i en què comença l'albada, en funció del grau del sol.

CAPÍTOL 75 Obtenció de l'altura de la resta d'estels que són a l'aranya i de l'ascendent, en funció de l'altura d'un dels estels.

CAPÍTOL 76 Determinació del grau del sol en funció de l'altura d'un estel i de les hores.

CAPÍTOL 77 Coneixement de l'altura dels estels que són a l'aranya en funció de l'ascendent o d'un dels pivots.

CAPÍTOL 78 Coneixement de l'altura dels estels que són a l'aranya en funció de les hores i del grau del sol.

CAPÍTOL 79 Obtenció de l'angle horari en funció del grau del sol i l'altura d'un dels estels que són a l'aranya.

CAPÍTOL 80 Sobre el coneixement del grau del sol en funció de l'altura d'un dels estels de l'aranya i l'angle horari.

CAPÍTOL 81 Obtenció de l'altura dels estels que són a l'aranya en funció del grau del sol i l'angle horari.

CAPÍTOL 82 Coneixement de l'angle horari en funció de les ho-

res i de l'altura d'un dels estels de l'aranya.

CAPÍTOL 83/ Coneixement de les hores en funció de l'angle ho- 27v

rari i l'altura d'un dels estels de l'aranya.

CAPÍTOL 84 Obtenció de l'altura dels estels en funció de les hores i de l'angle horari.

CAPÍTOL 85 Determinació de l'altura dels estels a mitjanit.

CAPÍTOL 86 Coneixement de la declinació de l'estel.

CAPÍTOL 87 Coneixement del grau amb què culmina l'estel.

CAPÍTOL 88 Determinació del grau amb què surt un estel i del que es pon amb ell.

CAPÍTOL 89 Coneixement de l'arc nocturn i de l'arc diürn d'un estel de l'astrolabi.

CAPÍTOL 90 Mesura del temps de les hores dels estels durant el dia i la nit.

CAPÍTOL 91 Coneixement de l'hora de la nit o del dia en què puja un estel dels que són a l'aranya o un dels graus dels signes, en funció del grau del sol.

CAPÍTOL 92 Determinació de les latituds dels països durant la nit.

CAPÍTOL 93 Coneixement de l'azimut d'un dels estels que són a l'aranya en funció de la seva altura.

CAPÍTOL 94 Obtenció de l'azimut de l'estel en funció de les hores i del grau del sol.

CAPÍTOL 95 Coneixement de l'azimut de l'estel en funció de l'ascendent.

CAPÍTOL 96 Sobre el coneixement de l'ascendent en funció de

l'azimut de l'estel.

- CAPÍTOL 97 Determinació del grau del sol en funció de les hores i de l'azimut d'un dels estels.
- CAPÍTOL 98 Sobre el coneixement de les hores en funció de l'azimut d'un dels estels i del grau del sol.
- CAPÍTOL 99 Mesura de l'amplitud ortiva d'un dels estels fixos.
- CAPÍTOL 100 Obtenció dels quatre punts cardinals en funció de l'altura d'un dels estels de l'aranya¹.
- CAPÍTOL 101 Transport de l'al-qibla d'un lloc a l'altre durant la nit.
- CAPÍTOL 102 Determinació del grau del sol mitjançant l'observació.
- CAPÍTOL 103 Coneixement de la mediació/de la lluna o d'algun 28 π dels cinc planetes o d'un dels estels fixos que no són a l'aranya, mitjançant observació.
- CAPÍTOL 104 Obtenció de la declinació de la lluna o d'un dels cinc planetes o dels estels fixos que no són a l'aranya.
- CAPÍTOL 105 Coneixement del grau que puja amb la lluna, amb un dels cinc planetes o amb un dels estels fixos que no són a l'aranya, i del grau que es pon simultàniament amb ella, mitjançant l'observació.

1. El text diu exactament: "el capítol que fa cent".

- CAPÍTOL 106 Mesura de l'arc nocturn de la lluna o d'un dels cinc planetes o d'un dels estels fixos que no són a l'aranya, i del seu arc diürn.
- CAPÍTOL 107 Coneixement de la distància, mesurada sobre el meridià, entre un estel o la lluna i el grau de la seva mediació.
- CAPÍTOL 108 Sobre el coneixement de l'amplitud ortiva de la lluna o d'un dels estels que no són a l'aranya.
- CAPÍTOL 109 El sistema de Habaš per a l'obtenció de la latitud de la lluna.
- CAPÍTOL 110 El sistema esmentat per Habaš per a obtenir la longitud vertadera de la lluna en funció de la seva altura.
- CAPÍTOL 111 El sistema mencionat per Habaš per a l'obtenció del grau amb el qual la lluna creua l'horitzó cada nit, en funció de la seva longitud i la seva latitud.
- CAPÍTOL 112 Mètode de Habaš per al coneixement de la lluna nova.
- CAPÍTOL 113 El seu mètode ² per al coneixement de les hores durant la nit en funció de l'altura de la lluna
- CAPÍTOL 114 Sobre el comportament dels cinc planetes en llur retrogradació

2. Tal vegada es refereix al mateix Habaš

- CAPÍTOL 115 Obtenció dels temps de la revolució dels anys segons la revolució d'un any precedent i dels seus ascendents.
- CAPÍTOL 116 Projeccions dels raigs dels planetes.
- CAPÍTOL 117 Coneixement de l'ombra recta (*al-zill al-mabsūt*) i l'ombra versa (*al-qā'im*) en funció de l'altura.
- CAPÍTOL 118 Coneixement de l'altura en funció de l'ombra recta i la versa.
- CAPÍTOL 119 Obtenció de l'ombra / versa o recta en funció de 28v les hores i del grau del sol.
- CAPÍTOL 120 Obtenció de l'ombra en funció de l'ascendent, de l'azimut i del grau del sol.
- CAPÍTOL 121 Obtenció de les hores, l'azimut i l'ascendent en funció de l'ombra versa o de la recta i del grau del sol.
- CAPÍTOL 122 Coneixement diari de l'ombra meridiana en funció del grau del sol.
- CAPÍTOL 123 Coneixement de l'ombra recta quan s'esten en una colzada, quan ho fa en una longitud igual a l'altura del gnòmon o en una longitud de dues vegades l'altura del gnòmon. Coneixement de les altures, les hores i els azimuts en aquests tres moments.
- CAPÍTOL 124 Coneixement de les alçàries de les palmeres, les estatuës, les muntanyes o coses d'altura similar quan ets a la seva base o al peu de la seva perpendicular.
- CAPÍTOL 125 Resolució del mateix problema quan no pots arribar

a la base de l'objecte.

CAPÍTOL 126 Determinació de l'amplada d'un riu, sia petit o gran ³ quan ets a la vorera.

CAPÍTOL 127 Mesura de l'amplada d'un riu quan no arribes a la seva vorera.

CAPÍTOL 128 Càlcul de la profunditat d'un pou.

CAPÍTOL 129 Determinació de la longitud del sol mitjançant el cercle traçat al dors de l'astrolabi.

CAPÍTOL 130 La comprovació de l'astrolabi.

3. Paràfrasi que correspon a la traducció de la paraula

بحر

En nom de Déu, el Clement, el Misericordiós.
La benedicció i la pau de Déu siguin sobre
Muhammad i la seva familia.

28v
in fine

CAPÍTOL 1

Descripció de l'instrument conegut com astrolabi, denomina- ció de les seves peces i del seu traçat

Les parts de l'astrolabi són sis: la primera d'elles s' anomena "mare", la segona són "les làmines", la tercera "l'aranya" (*ʿankabūt* o *šabaka*), la quarta "l'alidada", la cinquena "el pern de rotació" i la sisena "el cavallet". Esmentaré cadascuna d'aquestes / sis parts, els seus traçats i els 29^t seus noms, amb l'ajut de Déu.

Descripció de "la mare": és una làmina voltada per un cercle i que té enganxada una corona circular (*ṭawq*), perfectament llisa, d'estructura similar a la d'un paral.lelepípede, i el gruix de la qual ha de ser el d'una unglà. Les vores d'aquesta corona són cercles el centre dels quals es troba al centre de la làmina. Està unida permanentment a la làmina, com si en formés part, i dividida, en la seva superfície, en quatre parts iguals: cadascuna d'aquestes parts s'anomena quadrant. S'hi troben quatre línies: una d'elles va vers el sud,

La que se li oposa va vers el nord, la que es troba a la seva esquerra vers orient i la que es troba a la seva dreta vers occident. El quadrant comprès entre el sud i l'occident es divideix en noranta parts iguals sobre les que s'escriuen números correlatius començant des del sud en direcció a l'oest. Després es divideix en noranta parts iguals l'arc comprès entre els punts oest i nord, i s'inscriu la numeració correlativa com s'ha dit. La numeració arribarà fins a 180° al punt nord. A continuació es divideix des de la línia septentrional fins a la línia oriental i es numera correlativament a partir de la darrera xifra. Després es divideix des de la línia oriental fins a la meridional. Continua escrivint els números, i la numeració acabarà a 360 en el punt sud, des de l'est. Aquests números es denominaràn graus del limbe. S'anomenen també temps de les ascensions (*azmān al-matāli^c*)

A la línia meridional⁴ d'aquesta corona hi ha un forat ben fet. En aquest forat s'introdueix una anella mòvil (*mihwar*) que s'enganxa amb una anella menor per la qual es passa una corda amb la que es penja l'astrolabi. Aquesta anella és una peça que s'ha de poder moure de forma equilibrada, sense topar amb res. Per tant, si es penja amb la corda i es suspèn una plomada a l'anella, aquesta passarà per la línia meridional, i, tot seguit, per la septentrio-

4. Es refereix al segment comprès dins la corona.

nal, sense desviar-se'n. Convé emprar un pes com el de la plomada per comprovar si la construcció és correcta car si la plomada se separés de la línia esmentada / caldria ajustar i corregir el traçat atès que no serà ben fet fins que sia equilibrat. 29v

L'anella, (*miḥwār*), l'anella menor (*al-ḥurwa*) i la corda (*al-ḥalqa, al-ḥilqa*) s'anomenen "el suspensori" (*al-ḥilāqa*) de l'astrolabi.

A la segona cara de la làmina hi ha dues línies que es tallen en angle recte en el punt que correspon al centre de la corona a l'altra cara, esmentada abans de parlar d'aquestes dues línies.

El cercle té per centre el punt on es tallen les dues línies citades i la seva dimensió és la de la làmina. Una d'aquestes dues línies passa pel centre de l'anella esmentada i, per tant, es correspon amb la línia meridional i amb la septentrional de la corona.

S'anomena a la línia que va des de l'anella fins al centre de la làmina, "la línia del mig del cel", i també "línia meridional". La part restant vers el nord rep el nom de "línia septentrional" o "línia de migdia". La línia que surt des del centre vers l'esquerra del suspensori és la "línia oriental" i la part restant, a la dreta, la "línia occidental".

Es gradua en 90 parts iguals el quadrant situat a les vores de la làmina, que va des de la línia oriental fins a la me-

ridional, aquell on es troba el suspensori. Els números s'escriuen correlativament començant a partir de la línia oriental. Aquestes divisions s'anomenen "graus de l'altura".

A la part compresa entre les línies septentrional i occidental esmentades es troba un quadrant {dos costats del qual} són perpendiculars a aquestes dues línies i amb què hom mesura els angles des del centre del cercle esmentat. Cadascun dels dos costats del quadrant està dividit en dotze parts iguals, el nombre de dígitos de l'altura (*qāma*)⁵. En aquestes divisions s'escriuen els números començant des de la línia septentrional i des de l'occidental. El costat dividit en dotze parts que és perpendicular a la línia septentrional s'anomena "el de l'ombra recta", i el segon rep el nom de "costat de l'ombra versa".

Les làmines tenen totes forma de cercle, de manera que la seva dimensió té l'amplada de la corona perquè cal que, en introduir-les en ella, quedin perfectament ajustades sense que sobri res ni quedi cap buit.

S'han traçat a cada / làmina dues línies que es ta 30r
llen al seu centre formant angles rectes.

Els extrems d'aquestes dues línies es corresponen amb les quatre línies esmentades a la corona, és a dir:

5. Dotze és la divisió habitual de l'altura (*qāma*) d'un gnòmon.

línia meridional, septentrional, oriental i occidental. Per això coincideixen els centres d'aquestes làmines i el centre de la mare.

A totes les làmines hi ha tres cercles el centre dels quals és el mateix que el de la primera làmina. S'anomena el primer cercle, que és el més gran, el tròpic de Capricorn; el segon, el cercle d'Àries i Lliura; el tercer, el menor, el tròpic de Càncer. A cadascuna d'aquestes làmines hi ha cercles, uns incomplets i d'altres complets, pròxims entre sí, anomenats "almucàntars". Els cercles complets són cada cop més petits fins arribar al cercle menor de tots, que és el darrer i en el centre del qual es troba un punt anomenat "zenit".

El primer d'aquests cercles -un arc que passa pels dos punts on el cercle d'Àries i Lliura talla la línia est-oest- s'anomena "cercle de l'horitzó". L'horitzó, els almucàntars i les línies horaries tallen la línia abans esmentada que va des del suspensori fins a la part inferior de la làmina. El segment d'aquesta línia situat sobre l'horitzó s'anomena "línia del mig del cel", o també "meridiana", mentre que la part situada sota l'horitzó rep el nom de "línia de mitjanit", o també "línia de *al-zawāl*" o "angle de la terra".

La part davall l'horitzó situada entre el punt est i la línia de mitjanit està dividida en sis parts iguals per arcs de cercle que van des del tròpic de Càncer

fins al tròpic de Capricorn. El mateix s'esdevé a la part occidental. Aquestes divisions comencen a numerar-se des de la part occidental. L'hora vuitena correspon a un arc de cercle sobre el qual s'inscriu la línia del *zühr* (migdia) i el mateix s'esdevé a l'hora desena sobre la qual s'inscriu la línia del *caşr*.

Sobre els almucàntars s'han traçat uns arcs de cercle l'origen dels quals es troba al zenit / i que acaben al cercle de l'horitzó i al tròpic de Capricorn. Dos d'aquests cercles acaben en els punts on l'Equador talla l'arc de l'horitzó i la línia est-oest. Aquests arcs s'anomenen "azimuts" i van des del punt d'intersecció de l'horitzó amb l'Equador fins a la línia septentrional i fins a la línia meridional⁶. per la part oriental i per l'occidental. 30v

Aquests azimuts estan graduats entre 10° i 90° . Els artisans els construeixen de 5° en 5° o de 10° en 10° o de la forma més avinent a llurs possibilitats.

Inscriuen la graduació, que arriba fins a 90° , a partir del punt comú abans esmentat⁷, i la graduació de 90° correspon, en els azimuts orientals, al punt d'intersecció de l'horitzó amb la línia meridiana. Aquesta graduació es repeteix des d'aquest punt fins al meridià que és (l'azi-

6 .No, si hom no traça el cercle azimut complet. Van a la línia est-oest, però no a la meridional.

7 .Fa referència als dos punts on es tallen l'horitzó, la línia est-oest i l'Equador.

mut) que talla el tròpic de Capricorn a la part superior de la làmina. Des del punt comú occidental fins a la línia meridiana, on aquesta talla l'horitzó, hi ha també 90° i, anàlogament, des del punt esmentat fins a la intersecció de la línia meridiana amb el tròpic de Capricorn, a la part superior de la làmina, hi ha 90° .

El que hem dit correspon a l'astrolabi complet (*kullī*) que requereix una làmina gran. Si les làmines són petites, com ja hem dit, la graduació anirà de 5° en 5° o de 3° en 3° segons l'amplària de la làmina. L'arc d'aquests azimuts comprès entre el punt est i la línia meridiana que talla l'horitzó s'anomena "quadrant oriental septentrional". L'arc comprès entre aquest punt i la intersecció de la línia meridiana amb el tròpic de Capricorn s'anomena quadrant oriental meridional. L'arc comprès entre el punt oest i la intersecció de l'horitzó amb la línia meridiana s'anomena "quadrant occidental septentrional". L'arc comprès entre aquest punt i la intersecció de la línia meridiana amb el tròpic de Capricorn s'anomena "quadrant occidental meridional".

També els graus dels almucàntars seran 90 si l'astrolabi és complet, i requeriran una làmina gran. Si la làmina no ho és, s'hi col·loquen trenta almucàntars i la diferència entre cada dos d'ells és / de tres graus: aquest tipus d'astrolabi s'anomena *tultī*. Si hi poses quinze almucàntars, la diferència entre cada dos d'ells serà de sis graus i l'astrolabi s'anomenarà *sudsī*. Hom construeix també astrolabis

amb més o menys nombre d'almucàntars.

La línia del mig del cel talla la totalitat dels almucàntars en dues meitats. Una queda situada cap a la part oriental i l'altra cap a l'occidental. L'ur numeració comença des de la meitat que hi ha a la part oriental del cercle de l'horitzó. El número s'escriu entre cada dos cercles, tant si els almucàntars van de sis en sis com si van de tres en tres, fins a arribar al zenit, al qual correspon la graduació de 90° i els números s'escriuen als dos costats, d'orient i d'occident. Els almucàntars reben el nom de cercles de l'alutura.

L'aranya és una làmina perforada i retallada en què hi ha un cercle sobre el qual s'escriuen els signes i la numeració dels seus graus. Ha d'haver-hi 30° a cadascun dels signes, si ens referim a l'astrolabi complet (*kullī*). Hom necessitarà una làmina gran i la graduació dependrà de les dimensions de la làmina: si l'astrolabi és senari (*sudsi*) cada signe quedarà dividit en cinc parts; si és ternari (*tultī*) hi haurà deu divisions per signe.

En aquesta làmina hi ha garfis punxeguts que corresponen als senyals de les posicions del estels fixos i s'escriuen llurs noms sobre ells. Al principi del signe de Capricorn hi ha quelcom que sobressurt de la làmina, ben subjecte a ella, que s'anomena "l'índex" (*al-murī*) dels graus.

L'aranya s'ha fet coherentment car s'ajusta amb precisió a la làmina superior dins la corona, sense que li manqui res ni li sobri, tot permetent que l'índex circuli sobre els graus

de la corona. A l'interior del cercle dels signes de l'aranya hi ha un punt que coincideix amb els centres de les làmines on es troben els almucàntars corresponents als diversos climes. L'aranya gira a l'interior de la corona de forma ajustada i planera.

Quant a les làmines, no convé que es moguin i, per tant, tenen una pestanya que entra en un forat situat a la corona perquè no es moguin. Convé que llurs línies meridionals coincideixin amb la línia meridional de la corona, les orientals sobre l'oriental, les occidentals sobre l'occidental / i la del mig del cel, sobre la línia septentrional. 31v

L'alidada és una làmina allargada amb l'amplària d'una unglà i amb una longitud igual al diàmetre del cercle de la mare on es troben els graus de l'altura esmentats.

Els seus dos extrems són perforats i al seu centre hi ha una línia recta que la divideix en dues meitats i passa pels dos extrems perforats. Al mig d'aquesta línia hi ha un punt que s'anomena "centre de l'alidada". Als dos extrems de l'alidada hi ha dues pínules ben fetes que formen angle recte amb el pla de l'alidada, i a cada pínula hi ha un forat que s'oposa al forat de la segona. La línia que uneix ambdós forats és paral·lela a la línia que es troba al mig de l'alidada.

El pern de rotació és un clau de gruix com el d'un pinzell o més. Té una cabota plana, sòlida i ben subjecta. Serveix per articular l'alidada, la mare, les làmines i

l'aranya puix que hom forada totes elles en llurs centres esmentats amb una perforació ben feta del tamany necessari per a fer-hi entrar el pern de rotació.

Hom introdueix primer l'alidada, després la mare, les làmines i l'aranya. El forat, en aquestes peces, no ha de tenir un diàmetre superior a l'eix de rotació. Tots tindran un tamany equivalent, mai més gran ni més petit. L'aranya i l'alidada giraran sobre ell lliurement i ajustada.

El "cavallet" és una làmina plana que entra al forat del pern de rotació impedit que aquest forat se separi del de l'aranya. Quan hom ha introduït el cavallet en aquest forat, subjecta totes les peces de forma que no se separin unes d'altres. Aquesta làmina té forma de cavall i s'anomena "cavallet".

CAPÍTOL 2

Com es determina en quin grau dels signes es troba el sol a cadascun dels dies dels mesos cristians de forma aproximada mitjançant el sistema *al-Mumtahan*.

He anotat en aquest capítol/ la posició del sol al 32r començament dels mesos cristians i en el quinzè dia de cada mes. El sol talla cada dia un grau aproximadament i amb això podrà determinar-se el grau del sol, si Déu vol.

El primer dia de març: 15;30^o de Peixos
El dia 15 de març: 0;30^o d'Aries
El primer dia d'abril: 16^o d'Aries
El dia 15 d'abril: 0;30^o de Taure
El primer dia de maig: 15^o de Taure
El dia 15 de maig: 29;30^o de Taure
El primer dia de juny: 14;30^o de Gèminis
El dia 15 de juny: 29^o de Gèminis
El primer dia de juliol: 14^o de Càncer
El dia 15 de juliol: 29;30^o de Càncer
El primer dia d'agost: 18^o de Lleó
El dia 15 d'agost: 29;30^o de Lleó
El primer dia de setembre: 13^o de Verge
El dia 15 de setembre: 29;30^o de Verge
El primer dia d'octubre: 12;30^o de Lliura
El dia 15 d'octubre: 29;30^o de Lliura
El primer dia de novembre: 13;30^o d'Escorpió
El dia 15 de novembre: 29^o d'Escorpió
El primer dia de desembre: 14^o de Sagitari
El dia 15 de desembre: 29;30^o de Sagitari
El primer dia de gener: 16^o de Capricorn
El dia 15 de gener: 1^o d'Aquari
El primer dia de febrer: 17^o d'Aquari
El dia 15 de febrer: 0;32^o de Peixos

CAPÍTOL 3

Coneixement de l'observació de l'altura del sol

Penja l'astrolabi a la teva mà dreta pel suspensori/ 32v
i situa l'alidada cap a la part del sol. No deixaràs de moure-la amb la teva mà esquerra pujant-la o baixant-la, fins que els raigs del sol entrin pel forat d'una pínula fins al forat de l'altra. Aleshores l'alidada estarà equilibrada sobre una quantitat equivalent a l'altura del sol. Observa a continuació l'índex de l'alidada i sobre quina quantitat de graus de l'altura, d'aquells 90° que esmentàrem, cau el seu extrem orientat. Aquest número és l'altura del sol en aquell moment, si Déu vol.

Has de saber que, si aquesta altura és anterior al migdia, aleshores el sol estarà a orient respecte a migdia i, si és posterior, serà occidental respecte al mig del cel.

L'observador desconeix això tan sols quan el sol s'atansa al migdia; aleshores aquest fet és ambigu i fa necessària la comprovació. Així, doncs, prendràs l'altura i l'anotaràs. Deixaràs passar una estona. Prendràs una segona altura i, si la segona és més gran que la primera, el sol és oriental; si la segona minva respecte a la primera, el sol és occidental, si Déu vol.

CAPÍTOL 4

Coneixement de les hores del dia en funció de l'altura del sol i el seu grau.

Considera la làmina on es representa la teva latitud i col·loca-la davall l'aranya. Observa, en el mig dels almucàntars, els orientals si l'altura fos oriental o els occidentals si fóra occidental, els números que hi són escrits i conserva l'almucàntar amb el número corresponent a l'altura.

Després situa el grau del sol del cercle dels signes, representat a l'aranya, damunt d'aquell almucàntar. Observa sobre quin lloc de les hores cau l'oposat del grau del sol. Aquella és l'hora del dia, si Déu vol.

CAPÍTOL 5

Determinació de la posició del grau del sol damunt els almucàntars

Tal vegada no trobis sempre números d'almucàntars que corresponguin als valors de l'altura. Busca l'almucàntar/ 33r
amb número menor al valor de l'altura (el número de l'almucàntar següent serà més gran que aquell valor de l'altura),

la qual necessàriament es trobarà entre els dos almucàntars. Quan el trobis, anomenaràs l'almucàntar amb número menor al de l'altura "el primer" i el que el segueix, "el segon". A continuació restaràs del valor de l'altura el número de l'almucàntar "primer" obtenint "la diferència de l'altura". Anota-ho. Després restaràs del número del segon almucàntar el del primer, i obtindràs la diferència que hi ha entre els dos almucàntars. Pren-ne nota. Aquesta diferència és sempre sis a l'astrolabi senari, tres al ternari, dos al mitjà (*nīs-ḥī*) i u al complet. Tot seguit obtindràs la proporció entre "la diferència de l'altura" i la diferència entre els dos almucàntars. Anota aquesta proporció, que és la "proporció de l'altura". Col·loca el grau del sol sobre l'almucàntar "primer" i senyala sobre l'índex dels graus a la corona, és el primer senyal. Tot seguit, situa el grau del sol sobre l'almucàntar segon i fes un senyal a l'índex dels graus, que serà el segon. Calcula la diferència que hi ha en graus de la corona entre els dos senyals. Guarda-ho i pren-ne la proporció. Anota-la.

Compta des del primer senyal vers el segon la quantitat que has anotat i, aquí, posa-hi l'índex dels graus. Aleshores el grau del sol es trobarà entre els dos almucàntars, en la posició que desitjaves, si Déu vol.

CAPÍTOL 6

Mesura de les hores i coneixement del temps de les seves fraccions.

Tal vegada l'oposat del grau del sol no caigui sobre una de les línies de les hores ans es trobi entre dues d'elles. Resultarà així que aquella hora no haurà acabat encara i hauràs de determinar el temps que ha passat segons el que descriuré tot seguit. Col.loca el grau del sol sobre la posició que calgui als almucàntars en funció del que hakis determinat amb anterioritat. / Fes un senyal sobre la corona amb l'índex 33v dels graus, que serà el primer senyal. Tot seguit, situa l'oposat del grau del sol sobre la línia de l'hora que és en aquell moment⁸, i fes un altre senyal amb l'índex, que serà el segon. Desplaça l'oposat del grau del sol sobre la línia de la fi de l'hora i fes sobre la corona el tercer senyal. A continuació coneixeràs quan hi ha entre els senyals segon i tercer, que serà el temps d'una hora d'aquell dia. Guarda-ho.

Després comptaràs el que hi ha entre el primer i el segon senyal que serà la fracció de l'hora. Esbrinaràs el seu valor en temps de les hores d'aquell dia que has guardat i el resultat serà el què ha passat d'aquella hora, si Déu vol.

8. Es refereix a la línia horària que indica el principi de l'hora en que estem.

CAPÍTOL 7

Obtenció de l'ascendent en funció de l'altura i del grau del sol

Situa el grau del sol sobre l'altura corresponent als almcantars i determina-la tal com s'ha dit. Observa el cercle de l'horitzó a la part oriental. El grau dels signes que hi coincideix és l'ascendent.

CAPÍTOL 8

Determinació del grau de l'ascendent

Tal vegada el cercle de l'horitzó no coincideixi amb un dels senyals dels graus dels signes sinó que estigui situat entre dos, i vols conèixer el grau exacte de l'ascendent. Ho faràs tal com diem: situa el grau del sol sobre l'altura corresponent als almcantars i determina'l'.

Fes el primer senyal sobre l'índex dels graus. Pren el grau dels signes que es troba endret a l'horitzó, el que és a prop del principi del signe, i serà la primera divisió. Posa'l sobre el cercle de l'horitzó i fes un senyal a la corona amb l'in-

9. Fa referència a l'ascendent.

dex dels graus. Serà el senyal segon. Pren la divisió que segueix al primer senyal, situa-la sobre el cercle de l'horitzó i fes un senyal sobre l'índex dels graus. Averigua quants graus hi ha entre el segon i el tercer senyal. Anota-ho./

34r

Esbrina quant hi ha entre la primera i la segona divisió, fes-ne la proporció amb allò que has guardat i reserva aquesta quantitat.

Sabràs sobre quin signe es troba el primer senyal i sobre quin el segon, prendràs la diferència entre ambdós, que serà sis a l'astrolabi *sudsi*, tres al *tulti*, dos al *nisfi* i u al *kullī*. És la diferència que hi ha entre dues divisions. Fes-ne la proporció amb la quantitat enregistrada i suma aquest quocient al nombre de graus de la primera divisió. El resultat és l'ascendent exacte, si Déu vol.

CAPÍTOL 9

Coneixement del principi del temps de l'al-zuhr que és el moment de l'al-zawāl

La determinació del moment de l'oració de l'al-zuhr ha de ser segons el *hadīth* d'Umar, Déu en sia satisfet. El principi del temps de l'al-^casr és el moment en què l'ombra té una longitud equivalent a la del gnòmon i la seva fi es produeix quan l'ombra és d'una longitud equivalent a dues vegades

la del gnòmon. {Hom ho determinarà} en funció de l'altura i del grau del sol.

Posa el grau del sol sobre l'altura que li correspongui als almucàntars segons el que precedeix i observa l'oposat del grau del sol: si rau abans de la línia de migdia encara no ha començat el temps de l'al-zuhr i si rau sobre la línia de migdia et trobes en el principi del temps de l'al-zuhr, car aleshores és el migdia. Si ultrapassa la línia de migdia vers orient ¹⁰ i arriba a la línia traçada per a l'hora vuitena -en la qual hom ha escrit "línia del temps de l'al-zuhr"- és el moment escaient per a fer l'oració i coincideix amb el moment en què l'ombra té la longitud d'una colzada. Si ultrapassa això i arriba a la línia traçada per a l'hora desena, sobre la qual hom hi escriu "principi del temps de l'al-casr", és el moment de la fi de l'al-zuhr i el principi de l'al-casr que s'esdevé quan l'ombra és igual a la longitud del gnòmon. Si supera això fins a arribar a la línia de l'hora onzena, sobre la qual hom hi escriu "les parts de l'al-casr" és la fi del temps de l'oració de l'al-casr que s'esdevé quan l'ombra és dues vegades el gnòmon. I el moment de l'al-zuhr està comprés entre l'al-zawāl i al-casr, si Déu vol.

¹⁰. Car l'oposat del grau del sol es mou d'occident a orient per sota de l'horitzó representant el moviment del sol sobre aquest d'orient a occident.

CAPÍTOL 10

Determinació de l'altura del sol en funció del seu grau i
de l'ascendent

Situa / el grau de l'ascendent a l'horitzó oriental 34v
i observa, sobre els almucàntars, on es troba el grau del sol
i serà l'altura en aquell moment. Si el grau del sol es tro
ba sobre els almucàntars orientals, l'altura és oriental;
si es troba sobre els almucàntars occidentals, és occidental.

CAPÍTOL 11

Coneixement de l'altura del sol en funció del seu grau i de les hores¹¹

Situa l'oposat del grau del sol sobre l'hora del dia que ha passat i observa en quin dels almucàntars es troba el grau del sol, siguin orientals o occidentals. Això és l'altura, si Déu vol.

CAPÍTOL 12

Càlcul de la posició del grau oposat al del sol sobre les fraccions de les hores.

Sia per exemple l'hora tercera i un terç i no saps a quin lloc de l'hora quarta s'escau el terç. Situaràs l'oposat del grau del sol al principi de l'hora quarta i faràs amb l'índex dels graus el primer senyal. Tot seguit situa l'oposat del grau del sol sobre la fi de l'hora quarta i senyalaràs el segon senyal amb l'índex dels graus.

Pren, a partir del primer senyal, un terç dels graus que hi ha entre els dos senyals, perquè hem parlat d'un

11. Es refereix a les hores temporals

terç (o la meitat si haguessim dit mitja hora o dos terços si haguessim dit dos terços) i així ho faràs amb totes les fraccions possibles.

Prendràs d'aquesta diferència tant com aquella fracció a partir del primer senyal. Situa-hi l'índex dels graus i l'oposat del grau del sol s'haurà situat sobre la fracció de l'hora cercada, si Déu vol.

CAPÍTOL 13

Coneixement de l'ascendent en funció del grau del sol i les hores, durant el dia i la nit.

Col·loca l'oposat del grau del sol, durant el dia, i el propi grau del sol, durant la nit, sobre l'hora i la seva fracció segons hem dit. Observa quin grau del signe coincideix al cercle de l'horitzó; és l'ascendent. Si vols la seva determinació exacta, fes-ho com t'hem dit, si Déu vol./ 354

CAPÍTOL 14

Determinació de les hores en funció del grau del sol i l'ascendent durant el dia i la nit

Posa el grau de l'ascendent sobre el cercle de l'horitzó oriental i observa l'oposat del grau del sol, durant el dia, o el propi grau del sol, durant la nit, sobre

quina hora es troba. Aquestes són les hores del dia o de la nit que han passat, si Déu vol.

CAPÍTOL 15

Obtenció del grau del sol en funció de l'altura i les hores

Aquest capítol requereix una tercera condició: has de conèixer en quina de les quatre estacions de l'any et trobes. Les quatre estacions van, del principi d'Àries al de Càncer la primera, que és la primavera. La segona estació va des del principi de Càncer fins al principi de Lliura; és la canícula. La tercera estació va des del principi de Lliura al de Capricorn; és la tardor. La quarta estació va des del principi de Capricorn al principi d'Àries, és l'hivern.

Si saps en quina estació de l'any et trobes, pren l'almucàntar corresponent a l'altura del sol -a la part oriental si és oriental o a l'occidental si és occidental- i situa el primer grau d'aquella estació sobre l'almucàntar. Observa l'oposat del grau del sol que has situat sobre l'almucàntar: si cau sobre l'hora esmentada el grau que has situat sobre l'almucàntar és el grau del sol. Si no hi coincideix, fes-ho amb el segon grau d'aquella estació i observa l'oposat del grau del sol: si coincideix sobre aquella hora el grau que has situat sobre l'almucàntar, és el grau del sol.

Si no hi coincideix, fes-ho amb el tercer, el quart, el cinquè o el sisè; comprova-ho com t'hem dit fins a trobar l'adequat, que serà el grau del sol / . Has de saber que si en fer això amb tots els graus de l'estació 35v cap oposat del grau del sol no coincideix amb l'hora en qüestió és que aquella altura no pot coincidir amb aquella hora i ens trobem que les dades del problema són errònies.

CAPÍTOL 16

Coneixement del grau de l'ascendent en funció de l'altura del sol i de l'hora

Aquest capítol és com el anterior: només es verifica si hom coneix en quina estació de l'any es troba. Obtens el grau del sol com s'ha dit al capítol precedent. Quan el coneguis, el situaràs sobre l'almucàntar de l'altura i averiguaràs quin grau dels signes coincideix amb l'horitzó oriental. És l'ascendent, si Déu vol.

CAPÍTOL 17

Coneixement del grau del sol en funció de l'ascendent i de l'hora durant el dia i la nit

Situa l'ascendent sobre l'horitzó oriental i observa a quina de les divisions esmentades de les hores et trobes. El grau dels signes que coincideix amb aquella hora és, si és de dia, l'oposat del grau del sol, i, si és de nit,

el propi grau del sol. Així ho sabràs, si Déu vol.

CAPÍTOL 18

Coneixement de l'altura en funció de l'ascendent i les hores

Obtens el grau del sol segons el que precedeix al capítol anterior. Observa quin almucàntar coincideix amb l'altura: això serà l'altura. Si aquest almucàntar es trobés a la part oriental, l'altura seria oriental; si es trobés a la part occidental, l'altura seria occidental.

CAPÍTOL 19

Coneixement del grau del sol en funció de l'altura i l'ascendent

Posa el grau de l'ascendent sobre l'horitzó oriental. Observa l'almucàntar de l'esmentada altura a la part/ oriental -si l'altura és oriental- o a la part occidental -si l'altura és occidental-, i el grau dels signes que coincideixi amb aquest almucàntar serà el grau del sol, si Déu vol.

CAPÍTOL 20

Coneixement de les hores en funció de l'altura i l'ascendent

Col·loca l'ascendent sobre l'horitzó oriental. Obtens el grau del sol segons el que precedeix i mira quina hora coincideix amb el grau del sol: és l'hora, si Déu vol.

CAPÍTOL 21

Coneixement de l'angle horari¹² en funció del grau del sol i l'altura

Situa el grau del sol sobre la seva altura i senyala a la corona amb l'índex dels graus. A continuació posa el grau del sol sobre l'horitzó oriental i senyala la corona amb l'índex dels graus. L'angle horari és el nombre de graus de la corona que hi ha entre els dos senyals.

12 . Traducció de *الدائر من الفلك*. No utilitzo l'expressió angle horari amb el seu valor actual. Entendré per angle horari el que ha girat l'esfera entre l'ortus, o bé l'ocàs, del sol i un moment donat.

CAPÍTOL 22

Determinació del grau del sol en funció de l'angle horari i l'altura.

També aquest capítol requereix una condició suplementària: has de conèixer en quina estació de l'any et trobes segons el que hem dit. Quan ho sàpiguis prens el primer grau de l'estació, el desplaçes vers l'horitzó oriental i senyales l'índex dels graus. Després poses el mateix grau sobre l'al·mucàntar de l'altura esmentada i senyales l'índex dels graus. Si entre el primer senyal i el segon hi hagués una quantitat de graus equivalent a l'angle horari esmentat, el primer grau de l'estació seria el grau del sol. Si no coincidís faries amb el segon grau de l'estació el mateix que has fet amb el primer, si coincidís estaria bé i si no ho faries amb el tercer grau de manera anàloga. No deixaràs de provar-ho fins que trobis que el que hi ha entre els dos senyals correspon a l'angle horari i aquell serà el grau del sol. Has de saber que si no trobes / cap grau de l'estació que s'hi adequi, les ^{36 v} dades del problema són errònies.

CAPÍTOL 23

Coneixement de l'altura en funció de l'angle horari i el grau del sol.

Situa el grau del sol sobre l'horitzó oriental i senyala sobre l'index dels graus. Gira'l fins separar-lo del senyal en el sentit de la numeració de la corona, tant com el valor de l'angle horari i s'allunyarà l'index del senyal en una quantitat equivalent a l'angle horari. Busca sobre quin almucàntar cau el grau del sol: és l'altura en aquell moment, si Déu vol.

CAPÍTOL 24

Mesura de l'angle horari en funció del grau del sol i l'ascendent durant el dia i la nit

Posa l'ascendent sobre l'horitzó oriental i senyala sobre l'índex dels graus. Després fes girar el grau del sol en sentit contrari a la graduació de la corona fins a desplaçar-lo a l'horitzó occidental, de nit, o a l'horitzó oriental, de dia, i senyala sobre l'índex dels graus. Els números que s'ha desplaçat aquest índex entre els dos senyals és el valor de l'angle horari.

CAPÍTOL 25

Obtenció del grau del sol en funció de l'angle horari i l'ascendent durant el dia i la nit

Col·loca l'ascendent sobre l'horitzó oriental i senyala sobre l'índex dels graus de la Corona. Resta des d'aquest senyal el nombre de graus que tingui l'angle horari i si no pots fer-ho, suma-li 360° . Situa l'índex dels graus sobre una quantitat de números de la corona igual a la resta obtinguda. Observa l'horitzó oriental, de dia, o l'occidental, de nit, i el grau dels signes que s'hi trobi serà el grau del sol, si Déu vol.

CAPÍTOL 26

Determinació de l'ascendent en funció del grau del sol i l'angle horari durant el dia i la nit.

Situa el grau del sol sobre l'horitzó oriental, (si és de dia) o sobre l'horitzó occidental/, si és de nit. Ob 37r
serva sobre quina graduació de la corona cau l'índex, anota-la, suma-li l'angle horari i posa l'índex sobre una quantitat equivalent al resultat. L'ascendent és el grau que s'escau a l'horitzó oriental, si Déu vol.

CAPÍTOL 27

Càlcul de l'angle horari en funció del grau del sol i les hores durant el dia i la nit

Situa l'oposat del grau del sol, durant el dia, o bé el propi grau del sol, durant la nit, sobre les hores. Observa sobre quants graus de la corona cau l'índex i guarda-ho. Després situa el grau del sol sobre l'horitzó oriental durant el dia o sobre l'occidental durant la nit. Sàpigues sobre quants graus de la corona cau l'índex, resta-ho del que has apuntat abans -si no fos possible els summaries 360°, que és una volta- i el resultat és l'angle horari.

CAPÍTOL 28

Obtenció del grau del sol en funció de l'angle horari i les hores durant el dia i la nit

Aquest capítol també requereix que coneguis a quina de les estacions de l'any et trobes. Situa l'oposat del primer grau d'aquella estació sobre l'horitzó occidental i esbrina sobre quants graus de la corona cau l'índex. Després situa l'oposat del primer grau de l'estació -que és aquell grau que has situat sobre l'horitzó occidental- sobre l'hora que és. Observa sobre quants graus de la corona cau l'índex i resta d'això el primer número. Si obtens una quantitat equivalent a l'angle horari establert, aleshores el primer grau de l'estació és el grau del sol. Si el resultat no s'adapta a aquella quantitat faràs el mateix amb el segon grau i si coincideix, el que hem dit, i si no, fes-ho amb el tercer i amb el quart, fins a completar tots els graus de l'estació i trobar que s'ajusti. Aquell grau amb el qual s'ajusti l'operació és el grau del sol. Aquest és el procés durant el dia.

Pel que fa referència a la nit, faràs amb el propi grau del sol el que has fet/amb l'oposat. Averigua-ho.

CAPÍTOL 29

Sobre el coneixement de les hores en funció de l'angle horari i el grau del sol durant el dia i la nit

Posa el grau del sol sobre l'horitzó oriental, durant el dia, o sobre l'occidental, durant la nit. Esbrina sobre quants graus de la corona cau l'índex i anota-ho. Després suma-li el valor de l'angle horari, -si és més d'una volta resta-li una volta-, situa l'índex dels graus sobre el resultat i mira en quina de les línies horàries cau l'oposat del grau del sol durant el dia, o el propi grau del sol durant la nit, i això seràn les hores, si Déu vol.

CAPÍTOL 30

Determinació de l'angle horari en funció de l'ascendent i de les hores durant el dia i la nit

Observa quin grau dels signes s'escau sobre aquella hora, mentre l'ascendent està situat sobre l'horitzó oriental. Esbrina sobre quants graus de la corona està situat l'índex i escriu-ho. Després posaràs el grau que coincideix sobre la teva hora a l'horitzó occidental, observaràs sobre quants graus de la corona està situat l'índex, ho restaràs del que has anotat primer i obtindràs l'angle horari.

CAPÍTOL 31

Coneixement de les hores en funció de l'angle horari i l'ascendent durant el dia i la nit.

Situa el grau de l'ascendent sobre l'horitzó oriental, senyala sobre quants graus de la corona cau l'índex; anota-ho; resta'n l'angle horari. Situaràs l'índex sobre la resta obtinguda i el grau dels signes que es trobi sobre l'horitzó occidental és l'oposat del grau del sol durant el dia, i durant la nit és el propi grau del sol; registra'l. Després torna l'índex al senyal primer, i on es trobi l'oposat del grau del sol és l'hora durant la nit.

CAPÍTOL 32

Coneixement de l'ascendent en funció de l'angle horari i les hores durant el dia i la nit.

Obtindràs el grau del sol en funció de les hores i de l'angle horari segons el que precedeix. Després/ deter- 38^l
minaràs l'ascendent en funció del grau del sol segons el que precedeix.

CAPÍTOL 33

Càlcul de l'angle horari en funció de l'ascendent i l'altura.

Situa el grau de l'ascendent sobre l'horitzó oriental, mira quin grau dels signes correspon a l'almucàntar d'aquella altura: és el grau del sol. Observa sobre quants graus de la corona cau l'índex i anota-ho. Després pren el grau del sol, situa'l sobre l'horitzó oriental i observa sobre quants graus de la corona cau l'índex. Resta-ho del que has enregistrat primer i la resta serà l'angle horari.

CAPÍTOL 34

Obtenció de l'ascendent en funció de l'angle horari i l'altura.

Obtindràs el grau del sol en funció de l'angle horari i l'altura segons el que precedeix i seguidament obtindràs l'altura i l'ascendent en funció del grau del sol segons el que precedeix.

CAPÍTOL 35

Coneixement de l'altura en funció de l'angle horari i l'ascendent

Obtindràs el grau del sol en funció de l'angle horari i de l'ascendent segons el que precedeix. Després obtindràs l'ascendent i l'altura en funció del grau del sol.

CAPÍTOL 36

Determinació de l'angle horari en funció de l'altura i de les hores

Coneixeràs el grau del sol en funció de l'altura i de les hores segons el que precedeix. Després obtindràs l'angle horari en funció del grau del sol i de l'altura segons allò que hem dit.

CAPÍTOL 37

Càlcul de les hores en funció de l'angle horari i l'altura

Obtindràs el grau del sol en funció de l'angle horari i l'altura, com hem vist al capítol vint-i-dós. Després obtindràs les hores en funció del grau del sol i l'altura segons el que precedeix.

CAPÍTOL 38

Coneixement de l'altura en funció de l'angle horari i les hores

Sabràs el grau del sol en funció de l'angle horari i les hores segons el que ja s'ha dit al capítol vint-i-dos./ 38v
Després obtindràs l'altura en funció del grau del sol i les hores segons el que precedeix.

CAPÍTOL 39

Coneixement de les hores iguals en funció de l'angle horari durant el dia i la nit

Dividiràs l'angle horari per 15° i obtindràs les hores iguals transcorregudes del dia i també de la nit.

CAPÍTOL 40

Coneixement de les hores iguals en funció del grau del sol i de les hores temporals durant el dia i la nit

Situa l'oposat del grau del sol, durant el dia, o el propi grau del sol, durant la nit, sobre les hores temporals

i esbrina sobre quants graus de la corona cau l'índex; anota-ho. Situa, després, l'oposat del grau del sol durant el dia, o el propi grau del sol durant la nit, sobre l'horitzó occidental i fes un senyal a la corona on es trobi l'índex dels graus. Resta-ho del que has anotat abans i obtindràs l'angle horari. Divideix-lo per 15° i obtindràs les hores iguals.

CAPÍTOL 41

Coneixement de les hores temporals en funció de les hores iguals i del grau del sol durant el dia i la nit

Situa l'oposat del grau del sol durant el dia o el propi grau del sol durant la nit, sobre l'horitzó occidental i esbrina sobre quants graus de la corona cau l'índex, escriu-ho. Després multiplica el nombre d'hores iguals per 15° ; al producte li afegeixes el que has guardat i situes l'índex sobre una quantitat de graus de la corona igual al resultat. Tot seguit observa, sobre les línies de les hores, on es troba l'oposat del grau del sol: són les hores temporals.

CAPÍTOL 42

Determinació del grau del sol en funció de les hores temporals i de les hores iguals durant el dia i la nit

Multipliqui les hores iguals per 15° ; el producte serà l'angle horari. Coneguts l'angle horari i les hores temporals, obtindrà el grau del sol segons el que precedeix en el capítol vint-i-vuit./

39x

CAPÍTOL 43

Mesura de l'arc diürn i de l'arc nocturn en funció del grau del sol

Posa el grau del sol sobre l'horitzó oriental, esbrina sobre quants graus de la corona cau l'índex i anota-ho. Aleshores col.loques el grau del sol sobre l'horitzó occidental i esbrines sobre quants graus de la corona cau l'índex. Restes d'això el que has anotat primerament i obtens l'arc diürn.

Situa el grau del sol sobre l'horitzó occidental, mira sobre quants graus de la corona cau l'índex i anota-ho. Després desplaça el grau del sol a l'horitzó oriental, comprova sobre quants graus de la corona cau l'índex. Resta d'això el que has anotat primerament i obtens l'arc nocturn.

Quan restis l'arc diürn de 360° obtindràs l'arc nocturn, i quan restis l'arc nocturn de 360° obtindràs l'arc diürn.

CAPÍTOL 44

Coneixement de les hores iguals del dia i de la nit en funció del grau del sol

Obtens l'arc diürn o l'arc nocturn, el divideixes per 15° i el resultat serà el nombre d'hores iguals del dia o de la nit.

CAPÍTOL 45

Coneixement de les hores iguals del dia més llarg de l'any i del dia més curt, i de les hores de la nit més llarga de l'any

Situa el primer grau de Càncer sobre l'horitzó oriental, mira sobre quants graus de la corona cau l'índex i apunta-ho. Després situa el primer grau de Càncer sobre l'horitzó occidental i fes un senyal on caigui l'índex dels graus de la corona. Resta d'aquest el que has apuntat en primer lloc (si no fos possible suma-li una volta) i obtindràs l'arc diürn més llarg de l'any. Divideix-lo per 15° i

obtindràs el nombre d'hores iguals del dia més llarg de l'any. Resta'l de vint-i-quatre hores i obtindràs el nombre d'hores de la nit més curta de l'any.

Situa l'índex dels graus sobre l'horitzó oriental, coneix sobre quants graus de la corona cau/ i apunta-ho. 39v
Llavors poses l'índex sobre l'horitzó occidental i comprovés sobre quants graus de la corona cau. Resta d'això el que has registrat i obtindràs l'arc diürn del dia més curt de l'any. Divideix-lo per 15° i obtindràs el nombre d'hores iguals del dia més curt de l'any. Si també el restes de vint-i-quatre, obtindràs el nombre d'hores de la nit més llarga de l'any, si Déu vol.

CAPÍTOL 46

Sobre el coneixement de l'altura del sol a migdia tots els dies de l'any

Quan sàpigues el grau del sol, el situes a la línia de migdia i mires quin és l'almucàntar sobre el qual cau. El número d'aquell almucàntar és l'altura del sol¹³ el dia que és en aquell grau.

13. Cal entendre "altura meridiana del sol" o màxima altura del sol en aquell dia.

Determina quin grau de l'Equador coincideix a la línia del mig del cel sobre l'almucàntar. El número d'aquell almucàntar és la col.latitud d'aquell clima. Has de saber que obtindràs la col.latitud d'aquella regió restant la latitud de 90° .

CAPÍTOL 47

La mesura de la durada de les hores temporals del dia i de la nit quan es coneix el grau del sol

Obtens l'arc diürn en funció del grau del sol segons el que precedeix. Divideix el resultat per dotze i obtindràs la durada de les hores del dia. Resta-ho de 30° i obtindràs la de les hores de la nit. Si ho deistesges, obtens l'arc nocturn, el divideixes per 12 i tindràs la durada de les hores de la nit. Resta-la de 30° i tindràs la de les hores del dia. Si ho vols saber mitjançant un altre procés, situaràs l'oposat del grau del sol sobre el principi d'una de les línies horàries, esbrinaràs sobre quants graus de la corona s'escau l'índex i ho anotaràs. Després situaràs l'oposat del grau del sol sobre la fi de l'hora, esbrinaràs sobre quants graus de la corona cau l'índex/ i restaràs d'això 40^t el que has anotat: el resultat és la durada de les hores

del dia. Si treballes amb el grau del sol tal com ho has fet amb el seu oposat, obtindràs la durada de les hores de la nit.

CAPÍTOL 48

Determinació dels quatre pivots en funció del grau del sol i de l'altura.

Coneixeràs l'ascendent segons el que s'ha dit i mirars quin dels graus dels signes es troba sobre la línia del mig del cel car és el principi de la casa desena. El que es troba sobre l'horitzó occidental és el principi de la casa setena i el que es troba sobre la línia de migdia és el principi de la casa quarta.

CAPÍTOL 49

Determinació de les cúspides en funció de l'ascendent i els pivots

Posa el grau de l'ascendent sobre l'horitzó oriental: el principi de la casa VII es trobarà sobre l'horitzó occidental. Fes-lo moure dues hores i el grau que hi hagi sobre la línia del mig del cel serà el principi de la casa XI. A continuació col·loca el grau del descendent, que és el principi de la casa VII, sobre quatre hores: el grau dels

signes que es trobi sobre la línia del mig del cel és el principi de la casa XII. Posa el grau del descendent sobre sis hores, i si el grau de l'ascendent es desplaça a la línia del mig del cel el que has fet és correcte. Si no hi arriba o ultrapassa repeteix l'operació car t'has equivocat. Després porta el grau de l'ascendent a l'horitzó oriental: el principi de la casa X es trobarà sobre la línia del mig del cel. Mou deu hores el grau de l'ascendent: el que hi hagi sobre la línia del mig del cel és el principi de la casa IX. Posa'l sobre vuit hores i el que es trobi sobre aquesta línia és el principi de la casa VIII. Aleshores, col·locaràs el grau de l'ascendent sobre sis hores, i observaràs, car si el grau del descendent s'ha desplaçat a la línia del mig del cel és correcte i si no hi arriba o la ultrapassa hauràs de repetir l'execució perquè t'has equivocat.

{Si s'han determinat amb perfecció} resulta que: la segona és l'oposada de la vuitena, la tercera de la novena, la cinquena de la onzena/ i la sisena de la dotzena i així 40 v

acaba la divisió de les dotze cases.

Assegurà Habaš que les dotze cases s'han de dividir segons l'escola de Ptolomeu i no segons el que he ordenat. Això és: Posa el grau de l'ascendent sobre l'horitzó oriental i observa quin grau del signe es troba sobre la línia de l'hora desena car és el principi de la casa II. El que hi ha sobre la de l'hora vuitena el de la casa III. El que cau a la línia de l'hora sisena és el principi de la casa IV. El que queda a la línia de l'hora quarta és el de la casa V

CAPÍTOL 51

Obtenció del grau dels signes que té una declinació coneguda

Observa si la declinació és meridional; resta-la de la col.latitud d'aquella regió, i busca sobre la línia del mig del cel l'almucàntar que té un número igual a la resta obtinguda/, i anota la seva posició. Gira l'aranya vers 417
aquella posició i el grau dels signes que hi correspongui és el que té aquella declinació. Has de saber que aquesta declinació correspon a dos dels graus dels signes.

Si la declinació és septentrional, suma-la a la col.-latitud i busca sobre la línia del mig del cel l'almucàntar que té un número igual a la suma. {Gira l'aranya vers aquell lloc} i el grau dels signes que hi correspongui és el que té aquella declinació. Dos dels graus dels signes passaran per aquell lloc, i si saps en quina estació de l'any et trobes, coneixeras el grau, si Déu vol.

CAPÍTOL 52

Coneixement de l'ascensió recta dels signes.

Situa l'índex dels graus a la línia meridiana. Des-

i el que roman sobre la línia de l'hora segona és el principi de la casa VI. Després determinaràs els seus oposats. Digué Habaš; és més escaient i adequat que el que postularen.

CAPÍTOL 50

Coneixement de la declinació de qualsevol grau dels signes.

Posa aquest grau sobre la línia del mig del cel i enregistra quin almucàntar li correspon. Si el grau fos dels signes septentrionals restaries la col.latitud d'allò que has anotat, obtenint la declinació d'aquell grau. Si fos dels signes meridionals restaries el que has anotat de la col.latitud i resultaria la declinació d'aquell grau. Si la quantitat enregistrada és igual a la col.latitud aleshores aquell grau no te declinació.

Has de saber que els graus que van des de principi d'Aries al de Càncer tenen declinació septentrional creixent; si ultrapassen aquest punt fins a arribar al principi de Lliura tenen declinació septentrional decreixent. Fins al principi de Capricorn la declinació és meridional decreixent ¹⁴ i si ultrapassa aquest punt fins al principi d'Aries, meridional creixent ¹⁵ .

14 .Hauria de ser creixent.

15 .Hauria de ser decreixent.

prés situa el grau dels signes que vulguis sobre la línia meridiana i observa sobre quants graus de la corona cau l'índex: és l'ascensió recta d'aquell grau des del principi de Capricorn. Aquest capítol s'anomena: la conversió de graus eclíptics en graus equatorials.

CAPÍTOL 53

Coneixement del grau de l'Eclíptica que correspon a una ascensió recta coneguda

Situa l'índex dels graus en aquella ascensió sobre la corona. Observa quin dels graus dels signes coincideix amb la línia meridiana: és el que buscaves. Aquest capítol es titula: la conversió dels graus d'ascensió recta en graus de longitud.

CAPÍTOL 54

Determinació de l'ascensió obliqua

Situa el grau dels signes que desitgis sobre l'horitzó oriental de la làmina d'aquella regió; observa sobre quin dels graus de la corona es troba l'índex: és l'ascensió obliqua d'aquell grau des del principi d'Àries. Aquest capítol s'anomena: conversió de graus de longitud en graus d'ascen-

ció obliqua.

CAPÍTOL 55

Obtenció del grau dels signes que te una ascensió recta/ 41v
coneguda.

Situa l'índex dels graus a la corona, sobre una quantitat equivalent a l'ascensió recta ¹⁶ i observa quin grau dels signes es troba sobre l'horitzó oriental: és el que buscaves. Aquest capítol s'anomena: conversió de graus d'ascensió recta en graus de longitud.

CAPÍTOL 56

Obtenció de la diferència d'ascensions rectes i obliqües
entre el principi i la fi de cadascun dels signes.

Posa el primer grau d'aquell signe sobre la línia del mig del cel i fes un senyal sobre l'índex dels graus. El nombre de graus que hi hagi entre els dos senyals ¹⁷

16.El text diu erròniament, l'ascendent.

17.Ha oblidat la determinació del senyal segon que, sens dubte, es fa posant la fi del signe sobre la línia del mig del cel.

és l'arc d'ascensió recta d'aquell signe. Si es fa el mateix sobre l'horitzó oriental s'obté l'arc d'ascensió obliqua del signe. Operaràs així tant si ho fas amb un arc major o menor que un signe.

CAPÍTOL 57

Coneixement de les latituds dels països en funció del grau del sol i l'altura

Pren l'altura meridiana del sol el dia que vulguis i apunta-la. Esbrina la declinació d'aquell grau i, si fóra meridional, suma-la a l'altura meridiana que has observat i obtindràs la col.latitud. Si la declinació fóra septentrional, resta-la de l'altura meridiana i obtindràs la col.latitud. Si la declinació fóra septentrional, resta-la de l'altura meridiana i obtindràs la col.latitud.

Si el grau del sol es troba al principi d'Àries o de Lliura, no te declinació i aquella quantitat que has anotat serà, aleshores, la col.latitud. Quan coneguis la col.latitud, resta-la de 90° i obtindràs la latitud d'aquell clima on has pres l'altura meridiana, si Déu vol.

Si l'hora del principi de l'eclipsi al país de longitud desconeguda és major, aquest té longitud oriental respecte al país del qual coneixes la longitud. Suma a aquesta longitud els graus de longitud que separen ambdós països i obtindràs la longitud d'aquell país.

Has de saber que si coincideix l'hora del principi de l'eclipsi en ambdós països, la longitud dels dos és la mateixa, si Déu vol.

CAPÍTOL 58

Sobre el coneixement de les longituds {geogràfiques} dels països.

Solament s'obté mitjançant l'observació d'un mateix eclipsi de lluna feta per dos observadors a dos països diferents.

Segons el que es descriu, la longitud del primer país serà coneguda i la del segon, desconeguda. El primer observarà a quina hora es produeix l'aparició, la plenitud o la desaparició de l'eclipsi al primer país de longitud coneguda. El segon observarà a quina hora es produeix l'aparició, la plenitud o la desaparició de l'eclipsi al segon país de longitud desconeguda /.

42t

Si estan d'acord, vull dir els dos observadors, sobre la diferència horària que hi ha entre les dues observacions pel que fa referència al principi de l'ocultament i la mateixa diferència és la que separa les dues observacions de la plenitud de l'eclipsi i les de la fi de l'eclipsi, multiplicarem aquesta divergència horària per 15° i obtindrem la distància en graus de longitud entre ambdós països.

Observa, tot seguit; si l'hora del principi de l'eclipsi al país de longitud coneguda és major que la del país de longitud desconeguda, aquest és a occident del primer. Resta de la longitud coneguda la diferència entre els dos països en graus de longitud i resultarà la longitud del país desconegut.

CAPÍTOL 59

L'obtenció de l'azimut que correspon a l'altura i a l'ombra en funció del grau del sol i l'altura.

Situa el grau del sol sobre l'almucàntar de l'altura, observa amb quin azimut coincideix i comprova quin número hi ha al seu damunt: és l'angle azimutal de la posició del sol mesurat des d'orient o des d'occident, i, per a conèixer el punt origen de la mesura d'aquest angle azimutal operaràs així: observaràs i si la medició de l'altura és abans de migdia, la desviació de l'azimut serà des del punt oriental, que és on l'Equador talla la línia oriental. Si és després de migdia, la desviació de l'azimut serà respecte al punt occidental, que és on l'Equador talla la línia occidental.

A continuació observaràs: si la part de l'azimut on has trobat l'altura roman entre el punt est i la línia del mig del cel, l'azimut és al quadrant que hi ha entre migdia i orient. Si queda entre el punt est i la línia de migdia, l'azimut és al quadrant que hi ha entre l'est i el nord. Si cau entre el punt oest i la línia / de migdia, l'azimut és 42v al quadrant que hi ha entre el nord i l'oest. Si cau entre el punt oest i la línia del mig del cel, l'azimut és al quadrant que hi ha entre l'oest i el sud.

CAPÍTOL 60

Sobre el coneixement de l'azimut del sol en funció del seu grau i l'ascendent

Situa el grau de l'ascendent sobre l'horitzó oriental i mira en quin azimut es troba el grau del sol: és l'azimut, si Déu vol.

CAPÍTOL 61

La determinació de l'azimut en funció del grau del sol i les hores

Posa l'oposat del grau del sol sobre les hores. Observa sobre quin azimut cau el grau del sol: és l'azimut. Pel que fa referència al coneixement de l'azimut mitjançant l'altura i l'ascendent o bé amb l'altura i les hores o bé l'ascendent i les hores, obtindràs el grau del sol a partir de dues d'aquestes dades i després, amb aquest ¹⁸, l'azimut tal com s'ha dit.

18. El text diu exactament: "obtindràs amb {sic} el grau del sol a partir de dues d'aquestes dades i després obtindràs amb ell (el grau del sol) i amb el grau del sol l'azimut tal com s'ha dit".

CAPÍTOL 62

Determinació de l'altura, l'ascendent i les hores mitjançant l'azimut i el grau del sol

Col·loca el grau del sol sobre l'azimut que tens, en el quadrant on es troba. Observa quin almucàntar coincideix amb el grau del sol: és l'altura. El grau que coincideix sobre l'horitzó oriental és l'ascendent, i el que coincideix amb l'oposat del grau del sol són les hores.

CAPÍTOL 63

Sobre el coneixement del grau del sol en funció de l'azimut i l'altura

Observa en quin quadrant es troba la línia azimutal i la posició de l'almucàntar d'aquella altura. Fes girar els signes d'aquella estació en què et trobes fins que un dels seus graus talli aquella posició: aquest és el grau del sol. Obtindràs en funció seva l'ascendent i les hores./ 43r

CAPÍTOL 64

Obtenció del grau del sol a partir de l'azimut i l'ascendent

Situa el grau de l'ascendent sobre l'horitzó oriental, observa quin grau dels signes talla aquest azimut, en qualsevol dels quadrants on es trobi, i allí hi ha el sol. En funció d'això obtindràs l'altura i les hores.

CAPÍTOL 65

Sobre l'obtenció del grau del sol en funció de l'azimut i les hores

En aquest capítol has de saber en quina estació de l'any estàs. Posa el primer grau d'aquella estació sobre la línia de l'azimut al quadrant on es trobi, observa l'oposat d'aquell grau: si es troba sobre l'hora, el primer grau de l'estació és el grau del sol. Si s'esdevé el contrari, fes-ho amb el segon grau i amb el tercer, i així fins a la fi, fins que s'esdevingui això que hem dit, si Déu vol.

CAPÍTOL 66

Determinació de l'amplitud ortiva de qualsevol dels graus dels signes

Situa aquest grau sobre l'horitzó oriental, esbrina sobre quin azimut cau: és l'amplitud ortiva d'aquell grau. Si queda a l'interior del cercle de l'Equador, és un ortus estival, si romàn fora és hiemal.

CAPÍTOL 67

Obtenció dels quatre punts que indiquen el nord, el sud, l'orient i l'occident en funció del grau del sol

Obtindràs l'altura i també el grau del sol i l'azimut en funció d'aquesta. Esbrina en quin quadrant és. Si és al quadrant que hi ha entre orient i migdia col·loca l'extrem de l'alidada sobre la divisió del quadrant de l'altura equivalent a aquell azimut. Estén la làmina i col·loca-la paral·lela a l'horitzó. Posa la pínula que és prop de les divisions del quadrant cap a on es troba el sol, i no deixis de girar la làmina fins que els raigs de sol entrin pel forat d'aquella pínula. Els raigs de sol cauran sobre la línia que hi ha al centre de l'alidada i és aleshores quan la línia del suspensori es trobarà/ vers migdia; la que se li oposa, vers el 43v

nord; la línia oriental a orient i l'occidental a occident. Es clar que si saps vers quin quadrant es troba el suspensori {sabràs també cap a on s'orienten} les quatre línies que es tallen sota l'alidada.

Si l'azimut és al quadrant que hi ha entre occident i el nord, col·locaràs l'extrem de l'alidada, tal com hem dit, a les divisions del quadrant, sobre una quantitat equivalent a aquell azimut. Encararàs la pínula que està sobre les divisions de l'altura vers el lloc on es trobi el sol fins que els raigs entrin com hem dit, i aleshores la línia del suspensori s'orientarà vers migdia i les altres línies coincidiràn, com hem dit.

Si l'azimut és al quadrant que hi ha entre orient i el nord, el restaràs sempre de 90° i posaràs l'extrem de l'alidada a les divisions del quadrant de l'altura sobre una quantitat equivalent a la resta. Col·locaràs aquest extrem encarat cap el sol, de forma que els raigs entrin pel forat i caiguin sobre la mateixa línia, com hem dit. Llavors la línia del suspensori s'orientarà vers orient; la que se li oposa a occident; la línia de la qual surten les divisions de l'altura al nord i la que se li oposa, vers el sud.

Si l'azimut és al quadrant que hi ha entre occident i migdia, el restaràs també de 90° i col·locaràs l'alidada sobre les divisions del quadrant. Situaràs la pínula que queda sobre les divisions del quadrant orientada vers el sol, de forma que hi entrin els raigs, com hem dit, i aleshores la línia del suspensori serà orientada vers orient i els quatre punts cardinals, tal com hem dit, si Déu vol.

CAPÍTOL 68

Coneixement del quadrant on es troba l'al-qibla i de la seva desviació des d'un dels quatre punts cardinals en funció de la longitud i de la latitud

Quan vulguis saber-ho determina la col.latitud d'aquell país i suma-li la latitud de La Meca. Busca el resultat sobre els almucàntars, a la línia de migdia, i fes-hi un senyal perquè serà el zenit de La Meca/.

44r

Fes girar l'aranya fins a trobar un punt d'aquesta que passi pel zenit de La Meca, i senyala aquest punt. Mira el grau de la corona on va a parar l'índex i anota'l. Pren la diferència de longitud entre La Meca i el país i guarda-la, car serà l'increment de longitud. Aleshores, si la longitud de La Meca és major que la del país, resta l'increment de longituds del nombre de graus de la corona que has anotat. Si la longitud de La Meca és menor que la del país, suma aquest nombre de graus a l'increment de longituds. Col.loca l'índex de la corona sobre el resultat de la suma o la resta i mira sobre quin azimuth cau el lloc de l'aranya que t'he indicat de senyalar. Així sabràs en quin quadrant es troba, determinaràs el número d'aquell azimuth i serà la inclinació de l'al-qibla en aquell país respecte al punt est o al punt oest, segons convingui, com t'he dit abans en l'obtenció dels azimuths.

Quan coincideixi la latitud de La Meca amb la del país, si la longitud de La Meca és major que la del país l'*al-qibla* està vers orient, i, si és menor, vers occident. Si coincideixen ambdues longituds i la latitud de La Meca és menor que la del país, l'*al-qibla* està vers el meridió, i, si és major, vers el nord.

La latitud de La Meca és de $21;30^{\circ}$ i la seva longitud, $67;30^{\circ}$.

Si el punt que senyala 9° Gèminis fòs aquell que es trobés sobre la línia de migdia, damunt del zenit de La Meca, aleshores l'índex de la corona es trobaria sobre 157° . Hauries de restar de 157° l'increment de longituds, si la longitud de La Meca fos més gran que la del país. O bé, sumar-los-hi,/si la longitud de La Meca fos menor, tal com he 44v dit. Posaràs l'índex dels graus sobre el que resulti d'aquesta suma o d'aquesta resta i miraràs en quin azimut es troben els 9° Geminis i, d'acord amb aquest exemple, obtindràs la totalitat dels azimuts dels països, si Déu vol.

CAPÍTOL 69

Com obtenir la línia de l'*al-qibla* en el pla de l'horitzó

Col·loca la làmina plana, paralel·la al pla de l'horitzó i determina els quatre punts cardinals segons el que s'ha dit. Calcula quant es desvia l'azimut de La Meca del

punt est o del punt oest, i posa l'extrem de l'alidada desviat segons aquest valor que es mesura als graus del quadrant; perllonga un fil tan llarg com vulguis de l'alidada, i t'indicarà la direcció de La Meca.

CAPÍTOL 70

Com transportar (la direcció de) l'al-qibla des d'un indret a un altre

Quan vulguis fer això ves-t'en al lloc des d'on vols transportar-la, traça-hi una línia paral·lela a l'al-qibla i planta un bastó, el qual projectarà una ombra. Observa l'ombra i si aquesta es projecta sobre la línia traçada pren l'altura del sol i coneix el seu azimut com s'ha dit. El valor d'aquest azimut indica la desviació de (la direcció de) l'al-qibla del punt est o de l'oest. Amb això determinaràs (la direcció de) l'al-qibla a l'altre lloc, segons el capítol anterior.

També hi ha un altre mètode. Has de determinar els quatre punts cardinals al lloc des del qual desitgis transportar-la, i posar la làmina (de l'astrolabi) plana a terra amb el suspensori orientat vers el sud o vers l'est segons sia convenient en funció del que hem esmentat al capítol 67. Ferma la làmina de l'astrolabi en aquell indret i mou l'alidada fins

que estigui paral·lela a l'*al-qibla* d'aquell indret i compta a quantes divisions del quadrant cau l'extrem de l'alidada. Així obtindràs la desviació d'aquella *al-qibla* des del punt est o oest d'acord amb el que hagi trobat. A continuació determinaràs els quatre punts cardinals a l'indret al qual vols transportar-la i hi traçaràs la línia de l'*al-qibla* amb aquesta desviació d'acord amb el que hem dit al capítol 69.

45v

CAPÍTOL 71

L'observació dels estels fixos, els planetes i la lluna durant la nit

Penja l'astrolabi de la teva mà dreta pel suspensori i aixeca'l fins que estigui per damunt dels teus ulls. Du la mà esquerra a l'alidada, alça-la i baixa-la tot mirant pel forat de la pínula que tens més a prop vers el forat de l'altra pínula; quan vegis l'estel pels dos forats, hauràs acomplert el teu desig. Si no la veïssis, no deixis de pujar i baixar l'alidada fins a ajustar la imatge de l'estel pels dos forats. Aleshores mira quantes divisions del quadrant senyala l'extrem de l'alidada: coincidiran amb l'altura d'aquell estel, i sabràs si és oriental o bé occidental: poc temps després tornaràs a prendre la seva altura i, si veus que augmenta, és oriental; si minva, és occidental, si Déu vol.

CAPÍTOL 72

Coneixement de les hores de la nit en funció de l'altura dels estels fixos que són a l'aranya i del grau del sol.

Posa el garfi de l'estel del qual has pres la seva altura sobre l'almucàntar amb una graduació igual a aquesta. Mira en les línies de les hores on es troba el grau del sol i seràn les hores passades de la nit. Determina la posició de l'estel sobre els almucàntars tal com ho hem dit respecte al grau del sol al capítol cinquè, i coneixeràs les hores i les seves fraccions segons el que vam explicar al capítol sisè.

CAPÍTOL 73

Determinació dels quatre pivots i de les restants cases en funció de l'altura dels estels durant la nit.

Col·loca el garfi d'un estel del qual has calculat l'altura sobre el seu almucàntar i observa el que hi ha sobre l'horitzó oriental: és el seu ascendent; el que hi ha sobre l'occidental és el descendent; el que es troba sobre la línia del mig del cel és la desena cúspide i el que hi ha

sobre la línia/de migdia, la quarta. Tot seguit determina- 45v
ràs les dotze cases amb l'ascendent i el descendent, tal
com s'ha dit al capítol 49, si Déu vol.

CAPÍTOL 74

Determinació de l'hora de la nit en què es clou el crepus-
cle i en què comença l'albada, en funció del grau del sol.

Situa l'oposat del grau del sol sobre l'almucàntar
18° -Habaš digué que sobre el 16° de la part oriental. Busca
sobre quina hora cau el grau del sol: en ella s'acaba el
crepuscle. Posa l'oposat del grau del sol sobre l'almucàntar
18° de la part occidental i mira sobre quina hora es troba
el grau del sol: en aquesta sortirà l'astre, si Déu vol.

CAPÍTOL 75

Obtenció de l'altura de la resta d'estels que són a l'aranya
i de l'ascendent en funció de l'altura d'un dels estels.

Col·loca el garfi d'aquell estel sobre la seva al-
tura, a orient o a occident segons correspongui a allò que has

determinat al moment de l'observació. Observa els garfis dels estels restants als almucàntars. Aquests almucàntars indiquen les altures d'aquests estels. Observa l'horitzó oriental i l'horitzó occidental: s'hi troben l'ascendent i el descendent, si Déu vol.

CAPÍTOL 76

Determinació del grau del sol en funció de l'altura d'un estel i les hores

Col·loca el garfi d'aquell estel, que és la punta torçada, sobre la seva altura. Esbrina quin dels graus dels signes cau sobre aquelles hores: és el grau del sol, si Déu vol.

CAPÍTOL 77

Coneixement de l'altura dels estels que són a l'aranya en funció de l'ascendent o d'un dels pivots .

Posa el grau del pivot sobre la seva posició. Després observa els garfis dels estels, sobre quins almucàntars es troben i els números d'aquells almucàntars seran les al-

tures d'aquells estels/.

46 r

CAPÍTOL 78

Coneixement de l'altura dels estels que són a l'aranya, en funció de les hores i del grau del sol.

Situa el grau del sol sobre l'hora que sigui, com t'hem dit. Observa sobre els almucàntars on escauen els garfis dels estels: els números d'aquells almucàntars són les altures d'aquells estels.

CAPÍTOL 79

Obtenció de l'angle horari en funció del grau del sol i l'altura d'un dels estels que són a l'aranya.

Posa el garfi de l'estel sobre la seva altura als almucàntars, fes un senyal a la corona sobre l'índex dels graus. Tot seguit situa el grau del sol sobre l'horitzó occidental i fes un senyal a la corona sobre l'índex dels graus. El que hi ha entre els dos senyals és l'angle horari des de la posta del sol fins aquell moment.

CAPÍTOL 80

Sobre el coneixement del grau del sol en funció de l'altura d'un dels estels de l'aranya i l'angle horari.

Col·loca el garfi de l'estel sobre la seva altura, esbrina sobre quants graus de la corona cau l'índex i registra-ho. Resta d'això l'angle horari i situa l'índex sobre tants graus de la corona com et resultin. El grau dels signes que se situï sobre l'horitzó occidental és el grau del sol.

CAPÍTOL 81

Obtenció de l'altura dels estels que són a l'aranya en funció del grau del sol i l'angle horari.

Posa el grau del sol sobre l'horitzó occidental i esbrina sobre quants graus de la corona cau l'índex; anota-ho. Suma-li l'angle horari i desplaça l'índex tants graus com et resultin. Llavors mira en quins almucantars cauen els garfis dels estels perquè són les seves altures, si Déu vol.

CAPÍTOL 82

Coneixement de l'angle horari en funció de les hores i de l'altura d'un dels estels de l'aranya .

Col·loca el garfi d'aquell estel sobre la seva altura/ als almucantars i esbrina sobre quants graus de la corona 46v
na escau l'index. Sabràs quin dels graus dels signes coincideix sobre aquesta hora; és el grau del sol. Posa'l sobre l'horitzó occidental, esbrina sobre quants graus de la corona escau l'index, resta'ls del primer i la substracció és l'angle horari.

CAPÍTOL 83

Coneixement de les hores en funció de l'angle horari i l'altura d'un dels estels de l'aranya.

Obtindràs el grau del sol en funció de l'angle horari i l'altura d'un estel segons el que hem vist. Llavors obtindràs les hores en funció del grau del sol i l'altura de l'estel.

CAPÍTOL 84

Obtenció de l'altura dels estels en funció de les hores i l'angle horari

Obtindràs el grau del sol, segons hem dit al capítol vint-i-vuit, en funció de l'angle horari i les hores. Tot seguit obtindràs l'altura dels estels en funció del grau del sol i les hores segons el que s'ha dit al capítol setanta-vuit.

CAPÍTOL 85

Determinació de l'altura dels estels a mitjanit

Posa el garfi de l'estel sobre la línia del mig del cel i esbrina sobre quin almucàntar se situa. Això és l'altura de l'estel a mitjanit, si Déu vol.

CAPÍTOL 86

Coneixement de la declinació de l'estel

Esbrina l'altura de l'estel a mitjanit. Si és menor

que la col.latitud d'aquella regió, resta-la de la col.lati-
tud. Si és major, resta-li la col.latitud. El resultat és la
seva declinació. Si l'altura de l'estel és menor que la col
latitud aquell és meridional; si és major, l'estel és septen-
trional.

CAPÍTOL 87

Coneixement del grau amb què culmina un estel /

47n

Situa el garfi de l'estel sobre la línia del mig
del cel, i observa quin dels graus dels signes coincideix
sobre aquesta línia. Amb aquest grau culmina l'estel, si
Déu vol.

CAPÍTOL 88

Determinació del grau amb què surt un estel i del que es pon
amb ell

Posa el garfi de l'estel sobre l'horitzó oriental,
si desitges saber el grau amb què surt, o sobre l'occiden-
tal, si cerques el grau amb què es pon. Mira quin dels graus
dels signes coincideix sobre l'horitzó oriental o occidental,

aquest és el grau amb el qual surt o es pon l'estel, si Déu vol.

CAPÍTOL 89

Coneixement de l'arc nocturn i de l'arc diürn d'un estel de l'astrolabi

Situa el garfi de l'estel sobre l'horitzó oriental i esbrina sobre quants graus de la corona cau l'índex; enregistra-ho. Aleshores trasllada el garfi de l'estel a l'horitzó occidental i esbrina sobre quants graus de la corona escau l'índex. Resta d'això el primer i resultarà l'arc diürn de l'estel. Si restes aquest segon arc del primer obtindràs l'arc nocturn. Si ho desitges, resta l'arc diürn de 360° i obtindràs l'arc nocturn, si Déu vol.

CAPÍTOL 90

Mesura del temps de les hores de l'estel durant el dia i la nit

Obtindràs l'arc diürn segons el que s'ha dit i el dividiràs per 12 hores. Allò que obtinguis és el temps de les hores del dia. Si divideixes l'arc nocturn per 12 obtindràs el temps de les hores de la nit. Si vols, resta el temps de les hores diürnes de 30 i obtindràs el de les nocturnes.

CAPÍTOL 91

Coneixement de l'hora de la nit o del dia en què puja un estel dels que són a l'aranya o un dels graus dels signes, en funció del grau del sol.

Situa el garfi de l'estel o el grau del signe sobre l'horitzó oriental i observa/ el grau del sol: si cau sobre els almucàntars, esbrina sobre quina de les hores es troba el seu oposat: l'estel o bé el grau dels signes puguen en aquesta hora. Si el grau del sol es troba sobre les hores, observa sobre quina d'elles, ja que en aquella hora puja l'estel. Si el grau del sol es troba sobre l'horitzó occidental, l'estel o el grau puguen al moment de la posta del sol, si Déu vol. 47v

CAPÍTOL 92

Determinació de les latituds dels països durant la nit

Pren la màxima altura d'un dels estels circum-

polars, com ara *Banāt Na^cas* la Major o la Menor, i anota-la. Després pren la mínima altura; suma-les, divideix-ho per dos i obtindràs la latitud d'aquell país, si Déu vol.

CAPÍTOL 93

Coneixement de l'azimut d'un dels estels que són a l'aranya en funció de la seva altura.

Sitúa el garfi de l'estel sobre l'almucantar de la seva altura i esbrina quin dels azimuts cau en aquell lloc: és l'azimut de l'estel, si Déu vol.

CAPÍTOL 94

Obtenció de l'azimut de l'estel en funció de les hores i del grau del sol.

Posa el grau del sol sobre les hores i observa sobre quin dels azimuts cau el garfi de l'estel: és l'azimut {de l'estel} en aquell moment.

CAPÍTOL 95

Coneixement de l'azimut de l'estel en funció de l'ascendent

Situa el grau de l'ascendent sobre l'horitzó oriental i cerca sobre quin dels azimuts cau el garfi de l'estel: és l'azimut d'aquest estel en aquell moment.

CAPÍTOL 96

Sobre el coneixement de l'ascendent en funció de l'azimut de l'estel

Situa el garfi de l'estel sobre el seu azimut i observa quin dels graus dels signes cau sobre l'horitzó oriental: / és l'ascendent.

48r

CAPÍTOL 97

Determinació del grau del sol en funció de les hores i de l'azimut d'un dels estels

Posa el garfi de l'estel sobre l'azimut i busca quin {dels graus} dels signes coincideix amb l'hora: és el grau del sol.

CAPÍTOL 98

Sobre el coneixement de les hores en funció de l'azimut d'un dels estels i el grau del sol.

Situa el garfi de l'estel sobre l'azimut i esbrina sobre quina hora escau el grau del sol: és l'hora.

CAPÍTOL 99

Mesura de l'amplitud ortiva d'un dels estels fixos.

Situa el garfi de l'estel sobre l'horitzó oriental i cerca a quin azimut cau: és la seva amplitud ortiva. Si queda a l'exterior de l'Equador l'*ortus* és hiemal i si roman a l'interior és estival, si Déu vol.

CAPÍTOL 100

Obtenció dels quatre punts cardinals en funció d'un dels estels de l'aranya

Pren l'altura d'un dels estels de l'aranya i determina l'azimut en funció de l'altura. Després estén l'astrola-

bi a la teva mà i mira pels forats de les dues pínules vers l'estel quan hagi col·locat l'extrem de l'alidada al quadrant tal com hem dit al capítol seixanta-set. Ajusta la pínula que és a la part de l'estel, tal com hem dit aleshores i observa la línia del suspensori segons el que precedeix. Obtindràs l'azimut de La Meca durant la nit segons el que s'ha esmentat al capítol seixanta-set ¹⁹.

CAPÍTOL 101

Transport de l'al-qibla d'un lloc a l'altre durant la nit

En un lloc determinat, des del qual vols transportar-la, obtindràs els quatre punts cardinals segons s'ha dit. Estén la làmina plana, paral·lela a l'horitzó i mou l'alidada fins a situar-la paral·lela a l'al-qibla en aquell indret. Observa aleshores sobre quants graus del quadrant cau l'extrem de l'alidada: / aquesta quantitat és la desviació de l'azimut de l'al-qibla a l'indret, respecte a la línia est-oest, d'acord amb el mètode exposat als capítols seixanta-set i seixanta-nou. Després trasllada-la des d'aquest lloc a l'altre segons el que hem dit al capítol setanta, si Déu vol.

48v

19. Al capítol 67 no hi ha referències a l'azimut de La Meca.

CAPÍTOL 102

Determinació del grau del sol mitjançant l'observació.

Observa l'altura meridiana del sol aquell dia, és a dir, l'altura a migdia. Has de saber en quina de les estacions de l'any et trobes, tal com hem dit al capítol quinzè. Fes girar els graus d'aquella estació sobre l'altura del sol a la línia del mig del cel i (en trobar-ne un que coincideixi) el que se li oposa és el grau del sol.

CAPÍTOL 103

Coneixement de la mediació de la lluna o d'algun dels cinc planetes, o d'un dels estels fixos que no són a l'aranya, mitjançant observació.

Comprova que la lluna o l'estel estiguin creuant el meridià i pren aleshores l'altura d'un dels estels de l'aranya. Situa el garfi d'aquest estel sobre la seva altura als almucànars. Esbrina quin dels graus dels signes es troba sobre la línia del mig del cel: és la mediació de la lluna o de l'estel.

CAPÍTOL 104

Obtenció de la declinació de la lluna o d'un dels cinc planetes o dels estels fixos que no són a l'aranya, en funció de llur altura meridiana

Pren l'altura màxima i observa si és menor que la col·latitud d'aquella regió, car, si és així la seva declinació és meridional. Resta l'altura/ de la col·latitud i el resultat 49r serà la declinació. Si l'altura que has observat és major que la col·latitud, la declinació és septentrional. Resta-li la col·latitud: el resultat serà la declinació respecte a la línia equatorial.

CAPÍTOL 105

Coneixement del grau que puja amb la lluna, amb un dels cinc planetes o amb un dels estels fixos que no són a l'aranya, i del grau que es pon simultàniament amb ella, mitjançant l'observació

Aquest capítol no es pot aplicar a l'astrolabi en qualsevol moment. Dit això, prendràs l'altura meridiana de l'estel i l'altura d'un dels estels fixos que són a l'astrolabi. Si l'altura meridiana d'aquell estel fos inferior a la col·latitud en més de 24° , no seria possible realitzar amb l'astrolabi el que diem. Si fóra equivalent, podries treballar-hi: buscaràs aquella altura a la línia del mig del cel i, allà on sigui faràs un senyal. Després situa el garfi de l'estel sobre la seva altura i fes un senyal a la

corona on es trobi l'índex dels graus. Llavors observa, i si alguna part de l'aranya coincideix amb aquell senyal que has fet a la línia del mig del cel, tot trobant-se l'estel sobre la seva altura, fes un senyal a l'aranya sobre el punt corresponent a aquell senyal. Tot seguit, fes girar el senyal de l'aranya fins a situar-lo sobre l'horitzó oriental; el grau que s'escaigui sobre l'horitzó oriental és el que puja amb la lluna o amb aquell estel . Situa'l sobre l'horitzó occidental; el grau dels signes que hi caigui és el que es pon amb la lluna o amb l'estel.

Si cap dels punts de l'aranya coincideix amb la línia meridiana, faries un senyal sobre l'índex de la corona, que seria el primer senyal. Fes girar l'aranya fins a trobar-ne un punt que coincideixi amb el senyal de la línia meridiana i fes-hi un senyal, que serà el de l'aranya/. Es- 49v.
brina quant s'allunya l'índex del primer senyal, anota aquest número coneixent la diferència en el sentit de la numeració de la corona o en el sentit contrari. Deixa-ho com està.

Després situa el senyal de l'aranya sobre l'horitzó oriental, fes un senyal a l'horitzó al punt corresponent al senyal de l'aranya i anomena'l "senyal del creuer de la lluna o de l'estel". Amb ell obtindràs l'arc nocturn de la lluna o de l'estel. Observa on cau l'índex dels graus i fes-hi un senyal: serà el segon. Fes girar l'aranya fins que l'índex dels graus s'allunyi del segon senyal una quantitat igual

als números que t'he manat anotar, en el sentit de la graduació de la corona o bé en sentit contrari, si el número s'allunyava del primer senyal en sentit contrari a la graduació de la corona. Fet això, el grau dels signes que caigui sobre l'horitzó oriental serà el que puja amb la lluna o amb aquell estel. Operaràs a l'horitzó occidental de manera anàloga, i allò que obtindràs és el grau amb què es pon l'estel.

CAPÍTOL 106

Mesura de l'arc nocturn de la lluna o d'un dels cinc planetes o d'un dels estels fixos que no són a l'aranya, i del seu arc diürn

Obtindràs el grau que puja amb l'estel i faràs un senyal a l'horitzó, al punt del creuer de la lluna o de l'estel, i quan ho tinguis així fes un senyal a la corona sobre l'índex dels graus i anota-ho. Després situa el senyal de l'aranya sobre l'horitzó occidental i esbrina sobre quants graus de la corona cau l'índex. Resta d'això el primer número i el resultat serà l'arc nocturn. Resta'l de 360° i obtindràs l'arc diürn. Si divideixes l'arc nocturn en dotze parts obtindràs el temps de les hores {nocturnes} de la lluna o de l'estel.

Coneixement de la distància, mesurada sobre el meridià,
entre un estel o la lluna i el grau de la seva mediació.

Obtindràs la declinació del grau de la mediació de l'estel, l'anotaràs i guardaràs el seu sentit {septentrional o meridional} . Tot seguit obtens la declinació de la lluna o de l'estel respecte a la línia equatorial i determines també el seu sentit. Aleshores observes: si ambdues tenen el mateix sentit, resta la menor de la major i resultarà la distància de l'estel, o de la lluna, del grau de la seva mediació, mesurada sobre el meridià.

Si ambdues declinacions tenen sentits distints, resta la menor de la major²⁰ i obtindràs la diferència de declinacions de l'estel i del grau de la seva mediació, la qual tindrà el sentit de la major.

Hom creu que aquesta diferència de declinacions és la latitud de la lluna o de l'estel, però això és un error.

20. Si els sentits són distints caldrà sumar-les i no restar-les, com diu el text.

CAPÍTOL 108

Sobre el coneixement de l'amplitud ortiva de la lluna o d'un dels estels que no són a l'aranya.

Obtindràs el senyal del creuer de la lluna o de l'estel sobre l'horitzó oriental. Esbrinaràs quants graus hi ha entre el senyal i el punt est, que és aquell punt dels azimuts on es tallen el cercle de l'horitzó i l'Equador: correspondran a la seva amplitud ortiva, si Déu vol.

CAPÍTOL 109

El sistema de Habaš per a l'obtenció de la latitud de la lluna

Digué: resta la longitud del nodus ascendent de la longitud vertadera de la lluna. Si la diferència és menor de 90° , aleshores és la característica, treballaràs amb ella i la latitud de la lluna serà septentrional creixent, és a dir, que augmenta. Si la diferència està entre 90° i 180° , resta-la de 180° i obtindràs la característica, treballaràs amb ella i la latitud de la lluna serà septentrional decreixent, és a dir, que disminueix. Si la diferència està entre 180° i 270° , resta-li 180° i obtindràs la característica, treballaràs amb ella i la latitud de la lluna serà meridional decreixent, és a dir, que disminueix. Si la diferència està entre 270° i 360° , resta-la de

360° / obtindràs la característica i treballaràs amb ella.

El que has de fer amb la característica és el següent: compta, a partir d'Àries 0°, 30° per cada signe {fins a obtenir} el grau de l'eclíptica on s'acabi el nombre de graus de la característica. Posa aquest grau sobre la línia meridiana i pren nota del número del seu almucàntar. Busca la col.latitud d'aquella regió i resta el menor d'aquest valors del major, tot obtenint la declinació d'aquell grau. Calcula un cinquè {d'aquest valor} i serà la latitud de la lluna, {septentrional o meridional} segons sia la característica, com hem esmentat.

Digué l'autor d'aquest llibre: el sistema de Habaš és totalment cert fins quan diu: "calcula un cinquè d'aquest valor i serà la latitud de la lluna", car això tan sols és aproximat i jo ho precisaria si no fóra que aquest llibre s'allargaria massa.

CAPÍTOL 110

El sistema esmentat per Habaš per a obtenir la longitud ver-
tadera de la lluna en funció de la seva altura

Digué: quan un hom vol conèixer el lloc de la lluna pren la seva altura i, simultàniament, la d'un dels estels de l'aranya. Després posa el garfi de l'estel sobre la seva altura als almucàntars. Verifica l'altura de la lluna i, si

està entre 1° i 15° , li suma $1;15^{\circ}$; si està entre 15° i 30° , li suma $1;08^{\circ}$; si entre 45° i 60° , li suma $40'$; si supera els 60° i no passa de 75° , li suma $22'$; i, si passa d'aquell valor i arriba fins als 85° , li suma $13'$, resultant l'altura vertadera, corregida en funció de la paral·laxi. A continuació s'observarà el grau de l'eclíptica que coincideix en aquesta altura: la lluna es troba en aquell grau.

CAPÍTOL 111

El sistema mencionat per Habaš per a l'obtenció del grau amb el qual la lluna creua l'horitzó cada nit, en funció de la seva longitud i la seva latitud

Quan desitgis {calcular} això determina si estàs a la primera meitat {del mes}, ja que aleshores et refereixes a l'ocàs de la lluna. Trobaràs, per al dia en què treballis, la longitud del sol i la de la lluna a migdia, i la latitud vertadera d'aquesta en aquell moment. Posaràs el grau del sol a la línia del mig del cel, cercaràs la graduació que indica l'índex dels graus i l'anotaràs. Llavors resta $1;10^{\circ}$ de la longitud de la lluna i obtindràs el seu lloc corregit; desplaça'l a l'horitzó occidental i esbrina la diferència existent entre la graduació {màrcada per l'índex} corresponent a migdia i la graduació {de l'índex} corresponent al segon lloc on has situat la lluna, en el sentit propi de la graduació de la corona. Duplica-ho

i seran minuts. Redueix cada 60' a 1° i obtindràs una resta en minuts. Suma aquests graus i minuts al lloc corregit de la lluna i hauràs calculat el lloc corregit de la lluna en ascensió.

Suma a la latitud de la lluna la seva quarta part, multiplica el resultat per la latitud del lloc i seran minuts. Redueix cada 60' a 1° i obtindràs un residu de minuts. Si la latitud de la lluna és meridional, restaràs això de la longitud corregida de la lluna en ascensió, i, si la latitud és septentrional, ho sumaràs. A través de la suma o la resta obtindràs la longitud del grau amb què es pon la lluna. Col·loca aquest grau de l'ocàs sobre l'horitzó occidental i el grau del sol coincidirà amb l'hora en què la lluna es pon, si Déu vol.

A la segona meitat del mes el que et proposes és conèixer l'ortus de la lluna a la nit següent Trobaràs, per al dia en què operis, la longitud del sol i de la lluna i la latitud d'aquesta a migdia. Sumaràs 1;10° a la longitud de la lluna i obtindràs el seu lloc corregit./

5lv

Posaràs el grau del sol sobre la línia del mig del cel, cercaràs la graduació que indica l'índex dels graus i l'anotaràs. Tot seguit, desplaçaràs el grau corregit de la lluna fins a l'horitzó oriental, buscaràs sobre quants graus de la corona escau l'índex i li restaràs el que has anotat. Duplica-ho i seran minuts; redueix cada 60' a 1° i suma aquests graus i minuts a la longitud corregida de la lluna; obtindràs

la quantitat corresponent a {la longitud} corregida de la lluna {en ascensió}.

Després suma a la latitud de la lluna la seva quarta part, multiplica el resultat per la latitud del lloc i seran minuts. Redueix cada 60' a 1° i obtindràs una resta en minuts. Si la latitud de la lluna és septentrional, resta aquests graus i minuts de la longitud corregida de la lluna {en ascensió} Si la latitud de la lluna és meridional, els la sumaràs. El que resulti, després de la suma o la resta, serà el grau amb què la lluna ascendeix . Col·loca'l sobre l'horitzó oriental i el grau del sol anirà a raure sobre l'hora en què surt la lluna, si Déu vol.

CAPÍTOL 112

Mètode de Habaš per al coneixement de la lluna nova

Digué: determina exactament la longitud del sol i la de la lluna a l'ocàs. Suma a la longitud de la lluna la seva latitud, si és septentrional, o resta-la, si és meridional. Posa l'oposat del grau del sol sobre l'horitzó oriental i fixa't sobre quin grau de la corona es troba l'índex. Després col·loca l'oposat del grau de la lluna sobre l'horitzó oriental i mira sobre quin grau de la corona es troba l'índex. Resta-li el primer: si el resultat passa de 12° , la lluna es veurà; i si no hi arriba no {es veurà}.

Esmentà un altre procediment: obtindràs les parts de les hores d'aquella nit, calcularàs quatre cinquenes parts d'una hora i ho guardaràs. Tot seguit, situa el grau del sol sobre l'horitzó occidental i esbrina sobre quants graus de la corona cau l'índex. Després situa el grau de la lluna sobre l'horitzó occidental i esbrina sobre quants graus de la corona cau l'índex. Resta-li el primer. Si el resultat és major que el que has guardat, aleshores es veurà; si és menor, no.

Adhuc mencionà un tercer mètode: rectifica el sol i la lluna en relació al moment de l'ocàs. Observa el grau del sol i posa'l sobre el principi de l'ocàs. Averigua sobre quin grau de la corona cau l'índex. Resta-li 12° , situa l'índex sobre el resultat i, si el grau de la lluna es troba per damunt de l'horitzó oriental, es veurà, si Déu vol.

CAPÍTOL 113

El seu mètode ²¹ per al coneixement de les hores durant la nit en funció de l'altura de la lluna

Digué: obtindràs l'altura de la lluna, la seva longitud i la seva latitud. Resta la latitud de la longitud si es

21. Tal vegada el mateix Habaš considerant l'ordre d'aparició d'aquest capítol.

troba a septentrió i suma-les si és a migjorn. Així resultarà la longitud corregida de la lluna. Posa aquest grau sobre la seva altura als almucàntars, mira sobre quantes hores rau el lloc del sol: són les hores passades de la nit.

CAPÍTOL 114

Sobre el comportament dels cinc planetes en llur retrogradació

Pren la seva altura màxima i esbrina, en funció d'aquesta, quin grau culmina a la nit amb el planeta, segons el que hem dit, i anota'l. Després obtindràs el grau amb què aquell planeta creua el meridià tres nits més tard, més o menys.

Si el grau que has obtingut en segon lloc és el mateix que el primer, el planeta es troba en estació; si és anterior, està retrogradant, i si es posterior està avançant, si Déu vol.

CAPÍTOL 115

Obtenció de la revolució dels anys segons la revolució d'un any precedent / i dels seus ascendents

52v

Situa l'ascendent de la revolució precedent sobre l'horitzó oriental i fes un senyal a la corona sobre l'índex dels graus. Esbrina sobre quants graus cau i escriu-ho. O bé

col·loca l'oposat del grau del sol al moment en què es produí la revolució precedent sobre aquella hora, si era de dia, o el propi grau del sol, si era de nit. El grau que caigui sobre l'horitzó oriental era l'ascendent d'aleshores. Esbrina quin grau de la corona indica l'índex i anota-ho.

Tot seguit, sumaràs, per cada any passat des d'aquell temps anterior, $93;02^{\circ}$. Si de la suma obtinguessis més d'una volta, ho restaràs i situaràs l'índex dels graus sobre la diferència. El grau dels signes que coincideixi sobre l'horitzó oriental és l'ascendent d'aquell any que buscàvem.

Si el grau del sol de l'any precedent cau sobre els almucàntars {la revolució es produeix durant} el dia. Observa sobre quina hora cau el seu oposat: és l'hora transcorreguda del dia en què s'ha produït la revolució que busques. Si el grau del sol cau sota l'horitzó, sobre les hores, observa sobre quina d'elles: és l'hora transcorreguda de la nit en què s'ha produït la revolució que buscaves, si Déu vol.

CAPÍTOL 116

Projeccions dels raigs dels planetes

Observa i si el grau del planeta es troba entre l'ascendent i el descendent, situa el grau de l'ascendent sobre l'horitzó oriental i fes un senyal a la corona sobre l'índex dels

graus: és el senyal primer. Tot seguit situa el grau del planeta sobre la línia meridiana i fes un senyal a la corona sobre l'índex dels graus: és el senyal segon. Compta el que hi ha entre/ els dos senyals de la corona: és la "distància" , 53^u
anota-la.

A continuació, situa el grau del planeta sobre l'horitzó occidental. Fes un senyal a la corona mitjançant l'índex dels graus; és el senyal tercer. Compta el que hi ha entre els senyals segon i tercer i escriu-ho. És el que anomenem *al-imām*.

Fet això, situa el grau del planeta sobre l'horitzó oriental i fes un senyal a la corona sobre l'índex dels graus: és el senyal quart. Esbrina sobre quants graus de la corona cau i suma seixanta a aquest número, si desitges obtenir el raig sextil esquerrà; tres-cents per al dretà; noranta si desitges la quadratura esquerrana; dos-cents setanta si vols la dretana; cent-vint si cerques el trígon esquerrà i dos-cents quaranta per al dretà. Si el resultat de la suma excedeix els 360° , resta-li una volta. Buscaràs el resultat sobre la corona, situa-hi l'índex i esbrina quin grau dels signes cau sobre l'horitzó oriental. Anota'l. És el primer raig.

Després situa el grau del planeta sobre la línia del mig del cel, esbrina sobre quants graus de la corona s'escau l'índex, escriu-ho. Suma-li el sextil, la quadratura o el trígon segons el que s'ha esmentat. Resta-li una volta, si convé, i busca el resultat sobre la corona. Situa-hi l'índex dels

graus i observa quin dels graus dels signes cau sobre l'horitzó oriental: és el segon raig.

Busca la diferència que hi ha entre aquest i el primer raig, multiplica-la per la "distància" enregistrada i divideix-ho per l'*al-imām*. Guarda el resultat: es "l'equació"

Tot seguit observa: si el planeta es troba entre l'ascendent i la línia del mig del cel, suma "l'equació" al primer raig i obtindràs el raig corregit del planeta. Si el planeta és entre el mig del cel i el descendent, resta "l'equació" del major dels raigs i obtindràs el raig corregit del planeta, si Déu vol.

Si el planeta es troba/ entre el descendent i l'ascendent, situa el grau de l'ascendent sobre l'horitzó oriental i fes un senyal sobre l'índex dels graus: és el primer senyal. Després situa el grau del planeta sobre la línia de l'angle de la terra; fes un senyal sobre l'índex: és el segon senyal. Compta quants graus de la corona hi ha entre ambdós senyals: és la "distància"; anota-la. 53v

Després situa el grau del planeta sobre l'horitzó oriental, fes un senyal sobre l'índex dels graus: serà el tercer. Compta el que hi ha entre els senyals segon i tercer: és l'*al-imām*, guarda'l.

Situa el grau del planeta sobre l'horitzó oriental, esbrina sobre quants graus de la corona escau l'índex i registra-ho. Suma-li el que t'hem dit per al sextil, la quadratura o el trígon. Al resultat, l'hi restes una volta, si con-

vé. Situa l'índex dels graus sobre el resultat i esbrina quin dels graus dels signes cau sobre l'horitzó oriental: és el primer raig.

Després situes el grau del planeta sobre l'angle de la terra, esbrines sobre quants graus de la corona cau l'índex i ho anotes. Suma-li allò indicat per al sextil, la quadratura o el trígon. Resta-li una volta si cal i busca el resultat sobre la corona. Situa-hi l'índex dels graus i observa quin grau dels signes cau sobre l'horitzó oriental: és el segon raig.

Pren la diferència entre aquest i el primer raig, multiplica-la per la "distància" anotada i divideix -la per l'al-
imām. Registra el resultat. Comprova quin és el menor i quin és el major de entre els raigs primer i segon.

Després observa: si el planeta es troba entre el descendent i l'angle de la terra, suma el quocient al menor dels raigs: el resultat serà el raig corregit. Si el planeta es troba entre l'angle de la terra i l'ascendent, restarà el quocient del major dels raigs, i obtindrà el raig / corregit 54 λ si Déu vol.

Aquest procediment és l'esmentat per Ptolomeu al *Tetrabiblos*, si Déu vol.

CAPÍTOL 117

Coneixement de l'ombra recta (*al-zill al-mabsūt*) i l'ombra versa (*al-zill al-qā'im*)²² en funció de l'altura.

Situa l'index de l'alidada sobre l'altura. Observa, al quadrant, sobre quantes parts de l'ombra cau la línia del mig de l'alidada. Si busques la recta, mira-ho al costat del quadrant que s'alça perpendicularment sobre la línia meridiana. Si busques la versa, al costat del quadrant que s'alça sobre la línia est-oest. Si busques la recta i la línia del mig de l'alidada no cau sobre les divisions que li corresponen sinó sobre les de la versa, esbrinaràs sobre quina quantitat d'aquesta, dividiràs per aquesta quantitat 144 dígits i obtindràs l'ombra recta.

Si desitges l'ombra versa i la línia del mig de l'alidada no cau sobre les seves divisions sinó sobre les de l'ombra recta, prendràs 144 dígits, els dividiràs per la quantitat de l'ombra recta i obtindràs la versa.

Has de saber que si l'ombra recta és menor que 12, la versa és major. Si la versa és menor que 12 la recta és major. Així obtindràs l'ombra versa en funció de la recta i la recta en funció de la versa: prenent 144 dígits i dividint-los per una d'ambdues tindràs l'altra, si Déu vol.

22. Als capítols que resten fins al final ha variat la denominació de l'ombra versa respecte al pròleg, on era anomenada *al-zill al-mankūs* (fol 29v *in fine*). A partir d'ara rep el nom de *al-zill al-qā'im*.

CAPÍTOL 118Coneixement de l'altura en funció de l'ombra recta i la versa

Quan saps que l'ombra recta és menor que 12, poses la línia del centre de l'alidada sobre ella i mires sobre quantes divisions de l'altura cau l'extrem de l'alidada: és l'altura. Si és major que 12 dividiràs 144 per la quantitat que sia i et resultarà quelcom menor que 12. Passa-ho a les divisions de l'ombra / versa i situa-hi la línia del centre de l'alidada. Observa sobre quantes divisions cau l'extrem d'aquesta: és l'altura. 54v

Igualment, si coneixes l'ombra versa i és menor que 12, posa la línia del centre de l'alidada sobre el nombre de divisions d'aquesta ombra. Esbrina a quantes divisions de l'altura es troba l'extrem de l'alidada. Si l'ombra versa és major que 12, divideix 144 per la quantitat que sia i et resultarà quelcom menor que 12. Passa-ho a les divisions de l'ombra recta, situa-hi la línia del centre de l'alidada i observa en quina divisió de l'altura rau l'extrem de l'alidada: és l'altura, si Déu vol.

CAPÍTOL 119

Obtenció de l'ombra versa o recta en funció de les hores i del grau del sol

Obtindràs l'altura en funció del grau del sol i de les hores i obtindràs, en funció d'aquestes dues dades, l'altura i l'ombra segons el que precedeix.

CAPÍTOL 120

Obtenció de l'ombra en funció de l'ascendent, de l'azimut i del grau del sol

Obtindràs l'altura en funció de l'ascendent i del grau del sol o bé en funció de l'azimut o del grau del sol. Després obtindràs l'ombra en funció d'aquella altura.

CAPÍTOL 121

Obtenció de les hores, l'azimut i l'ascendent en funció de l'ombra versa o de la recta i el grau del sol

Obtindràs l'altura en funció de l'ombra. Després obtindràs l'azimut, l'ascendent i les hores en funció d'aquella altura i del grau del sol segons el que hem vist, si Déu vol.

CAPÍTOL 122

Coneixement diari de l'ombra meridiana en funció del grau del sol.

Esbrina l'altura meridiana en funció del grau del sol segons hem vist; allò que obtinguis serà l'altura. Coneixeràs, en funció d'aquesta, les ombres recta o versa segons el que hem dit, i serà l'ombra meridiana d'aquell dia.

CAPÍTOL 123

Coneixement de l'ombra recta quan s'extén / en una colzada, 55r
quan ho fa en una longitud igual a l'altura del gnòmon o en
una longitud de dues vegades l'altura del gnòmon.

Prendràs les altures d'aquests tres moments, coneixeràs llurs hores i llurs azimuts.

Obtindràs l'ombra recta meridiana, li sumaràs sempre tres i resultarà l'ombra quan s'ha extès una colzada. En funció d'aquesta obtindràs l'altura, l'azimut i les hores segons el que s'ha dit. Suma 12 a l'ombra recta meridiana i obtindràs l'ombra quan s'ha extès en una longitud igual a l'altura del gnòmon. Suma 24 a l'ombra recta meridiana i obtindràs l'ombra quan s'ha extès en una longitud de dues vegades el gnòmon, si Déu vol.

CAPÍTOL 124

Coneixement de les alçàries de les palmeres, les estatués,
les muntanyes o coses d'altura similar quan ets a la seva base
o al peu de la seva perpendicular.

Mantindràs l'extrem de l'alidada sobre quaranta-cinc divisions de l'altura, sense moure'l. Avançaràs i retrocediràs fins a veure el cim de la palmera o de l'ídol o la muntanya pels dos forats de l'alidada. Quan s'esdevingui això, esbrinaràs quantes colzades et separen de la base de l'objecte del qual vols conèixer l'alçària. Suma-li les colzades que separen l'astrolabi del sòl i el que et resulti és l'alçària d'aquell objecte.

CAPÍTOL 125

Resolució del mateix problema quan no pots arribar a la base
de l'objecte

Pren l'alçària del cim de l'objecte pels dos forats de l'alidada mentre romans dempeus on puguis, a una certa distància d'ell. Coneixeràs l'ombra recta en funció d'aquella altura. Retrocediràs des d'aquell indret en línia recta unes deu colzades, o el que vulguis, però sabent sempre quin nombre de colzades t'has mogut. Anota'l. Després prendràs de nou

l'alçària del cim de l'objecte. Esbrinaràs l'ombra recta i serà major que la primera ombra, la restaràs i pendràs la diferència com l'*al-imām*. Després multiplicaràs el nombre de colzades que t'has mogut des de la primera posició per 12./ El que et resulti ho dividiràs per l' *al-imām* i obtindràs l'altura de l'objecte en colzades. 55v

CAPITOL 126

Determinació de l'amplada d'un riu, sia petit o gran ²³,
quan arribes a la vorera.

{Aixeca} la làmina suspenent-la amb la mà esquerra, i aturat a la vorera del riu mirant la vorera oposada. Situa el quadrant cap a la part del riu. Tot seguit, miraràs des d'un dels forats de l'alidada vers l'altre fins veure la vorera oposada, observant sobre quin valor de l'ombra recta cau l'alidada. Multiplicaràs aquest valor pel nombre de colzades que separen la teva mà del sòl, ho dividiràs per 12 i obtindràs, en colzades, l'amplada del riu, si Déu vol.

23. Paràfrasi que correspon a la traducció de la paraula بحر

CAPÍTOL 127

Mesura de l'amplada d'un riu quan no arribes a la seva vorera

Atura't al lloc on et sia possible i mesura la distància que separa els teus peus de la vorera contrària a aquella en què et trobes, segons el que hem dit al capítol anterior; guarda-ho. Mesura la distància que hi ha entre els teus peus i la vorera del teu costat, resta-les i obtindràs l'amplada del riu, si Déu vol.

CAPÍTOL 128

Càlcul de la profunditat d'un pou.

Col·loca un bastó al brocal d'un pou i mesura el seu diàmetre des de la superfície. Situa l'alidada en posició vertical on et trobis i després vers la posició de la caiguda de la plomada des del segon extrem del bastó a l'aigua. Observa sobre quina divisió de l'ombra recta cau la línia del centre de l'alidada. El que resulti ho divideixes sempre per 12 i obtindràs la profunditat del pou en colzades, si Déu vol.

CAPITOL 129

Determinació de la longitud del sol mitjançant el cercle
traçat al dors de l'astrolabi

Hi ha dos cercles al dors de l'astrolabi. En un
d'ells s'hi troben els mesos i els dies, és a dir.²⁴

24. Ms. il.legible a partir d'aquest punt.