

INSTITUT D'ESTUDIS CATALANS

MEMÒRIES DE LA SECCIÓ HISTÒRICO-ARQUEOLÒGICA. XXXVI.

**EL “KITĀB AL-^ḤAMAL BI-L-ASTURLĀB”
(LLIBRE DE L'ÚS DE L'ASTROLABI)
D'IBN AL-SAMḤ**

Estudi i Traducció

MERCÈ VILADRICH i GRAU

Professora a la Universitat de Barcelona

BARCELONA

1986

La Secció Històrico-Arqueològica de l'Institut d'Estudis Catalans, en sessió ordinària tinguda el 15 de desembre de 1983, acorda d'editar aquest llibre, el qual és publicat a cura del Prof. Joan Vernet, agregat a la dita Secció.

Copyright: INSTITUT D'ESTUDIS CATALANS

ISBN 84-7283-085-3

Dipòsit legal: B. 28927 - 1986

F. P. Casa de Caritat - Impremta Escola

PRÒLEG

La Dra. Mercè Viladrich no és deixeblla meva sinó del meu deixeble Juli Samsó. Quan aquest arribà al seu "lloc natural" (i siguem aristotèlics per una vegada!) la dugué amb ell i des d'aleshores Mercè Viladrich ha treballat al nostre Departament d'Àrab.

Endemés em demanà que fos jo el seu director de tesi de doctorat en Història i heus ací perquè escric unes ratlles per tal de presentar aquesta obra de la novella doctora, la qual continua així la tradició de l'escola catalana d'Història de la Ciència començada pel meu mestre Millàs als "Estudis Universitaris Catalans" amb el llibre *Assaig d'història de les idees físiques i matemàtiques a la Catalunya Medieval* (1931), llibre que és ara ampliat per Mercè Viladrich completant alguna de les seves afirmacions i eixamplant —com mostrarà a bastament en un nou treball— l'àmbit territorial i cronològic de la investigació d'aquell, ja que un dels resultats assolits ha estat la identificació del text d'Ibn al-Samh̄ com la font àrabo-andalusina del tractat sobre l'ús de l'astrolabi esfèric dels *Libros del Saber de Astronomía* d'Alfons X el Savi. El paral·lisme entre ambdues obres permet de posar de manifest que la major part dels capítols del text alfonsí són traducció —a vegades fins i tot textual— d'aquest original àrab. Hom pot observar també que les instruccions d'ús han estat lleugerament modificades per tal d'adaptar-les a un instrument esfèric.

Finalment hem de donar les gràcies a la Comisión Asesora de Investigación Científica y Técnica, la qual, mitjançant el programa "La Astronomía de Alfonso X y sus fuentes árabes", ha donat suport a aquesta investigació, i al l'INSTITUT D'ESTUDIS CATALANS que s'ha fet càrrec de la seva publicació.

Joan Vernet i Ginés
Barcelona, Abril de 1986

This One



BTLH-9XH-Z8PS

AL MEU PARE I LA MEVA MARE.

Hom diu d'un savi que fou vist amb un Alcorà a la dreta i un astrolabi a l'esquerra, i que quan li preguntaren quina raó l'impulsava a tenir ambdues coses a prop seu, contestà: "Amb l'Alcorà recito 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.)

ESTUDI

0. INTRODUCCIÓ

0.1. BIBLIOGRAFIA

0.1.1. 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 Literatur. 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-Majrī 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'qūb ibn Ṭāriq*, "Journal of Near Eastern Studies" 27 (1968) 126-132. N. e. *Studies*, 157-163.

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

KENNEDY, E. S., i KRİKORIAN-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-Rayḥan 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-Rayḥan Muḥammad b. Aḥmad al-Bīrūnī*, Alep 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.

MARTÍ, R. i VILADRICH, M. / VILADRICH, M i MARTÍ, R.:*

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.

2. *Las tablas de climas en los tratados de astrolabio del Manuscrito 225 del "Scriptorium" de Ripoll*, "Llull", 4 (1981), 117-122.

3. *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.

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.

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.

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

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

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

MILLAS, 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.

MILLAS, J. M.; 6: *El libro de los fundamentos de las tablas astronómicas de R. Abraham ibn 'Ezra*, Madrid-Barcelona 1947.

MILLAS, J. M.; 7: *Los primeros tratados de astrolabio en la España árabe*, "R.I.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*. Nova York, Berlín, Heidelberg, Tokyo, 1983, 381-423.

PELLAT, CH.; 1: *Ibn Ḥazm, bibliographe et apologiste de l'Espagne Musulmane*, "Al-Andalus", XIX/1 (1954), 53-102.

PINGREE, D.; 1: *Fragments of the works of Ya'qūb ibn Ṭāriq*, "Journal of Near Eastern Studies" 27 (1968), 97-125.

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

POULLE, E.; 2: *Les instruments de la théorie des planètes selon Ptolémée: Équatoriales et horlogerie planétaire du XIII^e au XVI^e siècle*, 2 vols., Ginebra-París 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 Ḥabash al-Ḥāsib*, "Al-Abhath", 23 (1970), 129-177. N. e. KENNEDY, E. S.; *Studies in the Islamic Exact Sciences*, Beirut 1983, 204-252.

* Excepcionalment entrem els articles prescindint de l'autor que figura en primer lloc a l'edició.

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

SAMSÓ, J.; 2: *À propos de quelques manuscrits astronomiques des Bibliothèques de Tunis: contribution à une 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-Majrīfī 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.

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

SAMSÓ, 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 Árabes 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 IV, Leiden, 1971; Band V, Leiden, 1974, Band VI, Leiden 1978, Band VII, Leiden 1979.

SUTER, H., 1: *Die Mathematiker und Astronomen der Araber und ihre Werke*. Dins "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.; 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.

0.1.2. Catàlegs, Diccionaris i Enciclopèdies

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

0.2. ESTAT DE LA QÜESTIÓ

Potser el lector buscarà sota aquest epígraf el desenvolupament de la història d'un tema que ha de tractar l'obra, on s'esmentin un seguit d'estudis que s'han de confrontar i valorar en el seu decurs. Però amb l'astrolabi ens trobem, com és massa freqüent en la Història d'al-Àndalus, mancats dels suficients estudis monogràfics i rigorosos 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. Ep certa manera, com a edició i traducció d'un tractat d'astrolabi en llengua àrab, dóna continuïtat a la tasca d'altres editors d'aquest tipus d'obres astronòmiques.¹

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-Àndalus, la Marca Hispànica i Castella entre els segles X i XIII.² L'astrolabi andalusí i hispànic ja havia estat objecte de diversos estudis monogràfics des d'aproximacions molt diverses.³ 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 vàrem fixar-nos aleshores objectius massa precisos, certament, en

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 Māsāllāh. Cf. 3, 313-321. (Pseudo-Māsāllāh 2-c segons la denominació establerta: R. MARTÍ i M. VILADRICH, 3).

—El "*Tratado de uso del astrolabio planisférico de Maslama al-Maḍrīḡī de Córdoba en la traducción latina de Johannes Hispanus*", (Pseudo-Maslama) Cf. 3, 261-284.

—Text d'Ibn al-Šaffār, 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-Māsāllāh 1-c i Pseudo-Māsāllāh 1-u).

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.

concloure el treball, podiem extreure un seguit de conclusions que no he de modificar de moment.

En un principi vam decidir de deixar aquí de banda tot allò relatiu a la construcció de l'astrolabi i hem d'advertir que no ens hi estendrem massa. Sobre aquests textos considerem 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 Māšāllāh (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 a completar més la informació, mancava conèixer el text de construcció d'Ibn al-Samḥ, que, tal vegada, obligaria a canviar alguna d'aquelles conclusions. No volem avançar res en aquest sentit però hem de dir que hem trobat dos petits fragments d'aquesta obra, considerada tradicionalment com a perduda, i esperem de poder fer-los públics en breu.

Coneixiem bé els mètodes de projecció de l'escola de Maslama⁴ i els vèiem reflectits a l'obra d'Alfons X.⁵ Constatant aquesta relació podiem sospitar que les afinitats es repetissin en els textos d'ús. De fet el llibre d'Ibn al-Šaffār era l'únic de què disposàvem que fos directament atribuïble a l'escola andalusina i era ben coneguda l'ampla projecció que tingué i la producció manuscrita que va generar.⁶ Per la nostra part manifestàvem la seva incidència en l'obra de Raimon de Marsella,⁷ mentre que s'havia apuntat que l'obra d'Ibn al-Naṭṭāḥ, encara inèdita, podia tenir relació amb aquell text.

Així doncs, restaven per conèixer dues fonts de fàcil accés: el text d'Ibn al-Naṭṭāḥ i el d'Ibn al-Samḥ. Hem de dir que l'edició del llibre d'ús d'astrolabi d'Ibn al-Samḥ significava emprendre l'estudi d'una obra en la qual havíem 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 X,⁸ ara ens trobem amb un autor de l'escola de Maslama que també s'ocupa específicament en un tractat d'astrolabi. I encara, si voleu seguir llegint, constatareu que els manuscrits, com hem dit en començar, poden reservar-nos algunes sorpreses com ho ha estat el coneixement, a al-Àndalus, al segle XI, de les taules de Ḥabaš al-Ḥāsib (fl. 835) que trobareu aquí documentat.

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.

0.3. EL MANUSCRIT: FONTS EMPRADES PER AL SEU ESTUDI

0.3.1. *Descripció del manuscrit*

L'obra d'Ibn al-Samḥ, *Kitāb al-ʿamal bi-l-aṣṭurlāb*, 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 hem emprat una còpia microfilmada obtinguda del servei de reproduccions de la biblioteca londinenca esmentada, car no hem tingut ocasió de veure l'original.

Desconeixem les dades relatives a la procedència del manuscrit, quan, on i per qui fou feta la còpia, atès que no hi ha cap indicació al text i tampoc al *Catalogus Codicum Manuscriptorum Orientalium qui in Museo Britannico asservantur*, os és ressenyat amb el número 405.⁹

El manuscrit consta de 55 folis i conté dues obres: 1. Una obra d'Ibn al-Naṭṭāḥ¹⁰ sobre l'ús de l'astrolabi, que ocupa des del foli 1v fins 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 والطلسمات ورسالة ابي بكر ابن بشرون لابن
السمح في الصناعة .

Segueix un primer vers que pertany probablement a l'obra *Rutbat al-Ḥakīm*, que no ha estat editada i, per tant, no ho hem pogut comprovar. Malgrat això, veiem que hom reitera aquí l'atribució d'aquestes dues obres a Maslama al-Maḡrīṭī¹¹ alhora que hi és esmentada la *Risāla* sobre l'alquímia d'Abū Bakr b. Biṣrūn¹² dirigida a Ibn al-Samḥ, de la qual també tenim notícia a través d'Ibn Haldūn.¹³

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

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

La identificació d'ambdós autors és completa, tant a la portada del

9. Cf. *Pars Secunda, Codices Arabici Complectus*, Londres 1864, 191. El nostre agraïment al Prof. Charles Burnett, que ens envià la fotocòpia d'aquesta ressenya.

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

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-Maḡrīṭī ha estat confós sovint amb el seu deixeble Abū Maslama Muḥammad b. Ibrahīm b. ʿAbd al-Dāʾim al-Maḡrīṭī (*GAS*, IV, 294-298) considerat avui l'autor d'aquestes obres. També l'historiador IBN HALDŪN esmenta Maslama al-Maḡrīṭī com a autor d'aquestes, cf. 1, III, 1155.

12. *GAS*, IV, 298.

13. IBN HALDŪN, 1, III, 1156-1171.

manuscrit¹⁴ com a l'interior, i apareixen sempre citats amb els *nasabs* d'Ibn al-Samḥ i d'Ibn al-Naṭṭāḥ.

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

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

0.3.2. Fonts editades

1. El segon *Libro de Astrolabio Llano*, el *Libro dell Ataçir*, *Libro dell Alcora*, i el *Libro de las láminas 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. Ziġ d'al-Battānī, Ed. C. A. NALLINO: *Al-Battānī sive Albatēnii Opus Astronomicum*, Milà 1903, 2 vols.
3. Ziġ d'al-Ḥwārizmī-Maslama, Ed. H. SUTER: *Die Astronomischen Tafeln des Muḥammed ibn Mūsā al-Khwārizmī*, Copenhaguen 1914. També O. NEUGEBAUER: *The Astronomical Tables of al-Khwārizmī*, Copenhaguen 1962.
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'història de les idees físiques i matemàtiques a la Catalunya Medieval*, Barcelona, 1931.
6. Tractat d'ús d'astrolabi d'Ibn al-Šaffār, 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. ʿEzra, Ed. J. M. MILLÀS: *Un nuevo tratado de astrolabio de R. Abraham ibn ʿEzra*, "Al-Andalus" V (1940), 1-29.
8. *El Tratado sobre uso del astrolabio planisférico de Maslama al-Maʿrīfī de Córdoba en la traducción latina de Johannes Hispanus*, Ed. J. M. MILLÀS: *Las Traducciones Orientales en los Manuscritos de la Biblioteca Catedral de Toledo*, Madrid 1942, 261-284. L'anomenarem Pseudo-Maslama.
9. El llistat de coordenades geogràfiques elaborat per E.S. KENNEDY i F. I. HADDAD. Cf: *Geographical Tables of Medieval Islam*, "Al-Abhath" 24, 1971, N.e. *Studies in the Islamic Exact Sciences*, Beirut 1983, 636-649.

14. Mitjançant la nota següent:

كتاب فيه رسالة بن النطح ورسالة بن السمع رحمهما الله تعالى
ورضي لهنهما والقصد فيهما معرفة العمل بالاسطرلاب المسطح الشمالي.

10. *Narratio Prima* de Reticus, trad. H. HUGONNARD-ROCHE, E. ROSEN, J-P. VERDET: *Introductions à l'Astronomie de Copernic*, Paris 1975.
11. *Almagest* de Ptolemeu, Ed. G. J. TOOMER: *Ptolemy's Almagest*, Londres 1984.

0.3.3. *Fonts historiogràfiques àrabs*

ʿAbd Allāh al-Muẓaffar bi-llāh: (“Memòries”), *El siglo XI en primera persona. Las ‘Memorias’ de ʿAbd Allāh, último rey zīrī de Granada, destronado por los Almorávides (1090)*. Traducció d’E. LÉVI-PROVENÇAL y E. GARCÍA GÓMEZ, Madrid 1980. Se citará en nota com E. LÉVI-PROVENÇAL i E. GARCÍA GÓMEZ. 1.

Ḥaǧǧī Ḥālifā: *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’*al-ʿAḥd*, ed. A. BEL i M. Ben CHENEB, Alger 1920.

Suplements, variants i índexs, ed. ALARCÓN i GONZÁLEZ PALENCIA, dins “*Miscelánea de Estudios y Textos Árabes*”, Madrid 1915, 147-690.

Ibn Abī Uṣaybiʿa: *Ṭabaqāt al-aʿibbaʿ*, 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-Iḥāta fi ahbār Garnaṭa*. Ed. MUḤAMMAD ʿABD ALLĀH ʿINĀN, El Caire, vol. I, 1973; vol. II, 1974; vol. III, 1976; vol. IV, 1978.

Ibn Šaʿīd: *Kitāb ṭabaqāt al-umam*, trad. R. BLACHÈRE: *Livre des catégories des nations*, Paris 1935.

Al-Maqqarī: *Nafḥ al-Ṭīb*, Ed. R. DOZY et alii. *Analectes sur l’Histoire et la Littérature des Arabes d’Espagne*, reimpr. Amsterdam 1967, 2 vols.

0.3.4. *Manuscrits*

Ms. Istanbul Yeni Çami, 784, 2.º 62v - 229v.

Ms. Berlín (Ahlwardt), 5750.

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

0.3.5. *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).

1. IBN AL-SAMḤ I LA SEVA OBRA

1.1. L'AUTOR

Malgrat la importància que la personalitat científica d'Ibn al-SamḤ devia assolir en el context d'al-Àndalus de la seva època, convé posar en relleu, de bell antuvi, la concisió amb què 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 ací les dades que segueixen.

Abū-l-Qāsim Aṣḡab b. Muḡammad Ibn al-SamḤ al-Garnāḡī¹⁵ nasqué a Còrdova l'any 979, en temps d'al-Ḥakam al-Mustanṣir, fill d'una família cordovesa culta, i morí a la ciutat de Granada el 18. raḡab. 426/29. maig. 1035 a l'edat de 56 anys.¹⁶

Fou alumne de l'escola de Maslama al-Maḡrīḡī (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-SamḤ visqué els esdeveniments de la segona *fitna* andalusina que desmembrà el califat cordovès. Podem suposar que, com a conseqüència dels esdeveniments polítics, es traslladà a Granada per treballar sota la protecció de de Ḥabūs ibn Mākzan.¹⁸ Pocs documents ens parlen d'aquesta època amb

15. Cf. SÁNCHEZ PÉREZ, I, N.º 59, 67-68; *EI*² 953; BROCKELMANN, I, I, 472; SUTER, I, 85; SARTON, I, I, 715; GAS, V, 356 i VI 249.

16. Cf. IBN ABĪ UṢAYBĪ^cA 63, diu que morí el 1035, a l'edat de 56 anys solars. IBN AL-ḤAṢĪB I, 428, IBN ṢĀ^cID, 131.

17. IBN ṢĀ^cID 130; IBN ABĪ UṢAYBĪ^cA 63; IBN ḤALDŪN III, 1057.

18. IBN ABĪ UṢAYBĪ^cA 63. D. PINGREE a *EI*² 953, indica que Ibn al-Abbār és autor d'una biografia d'Ibn al-SamḤ segons l'edició d'A. BEL i M. BEN CHENEB. Vam cercar aquesta biografia a l'edició de CODERA i RIBERA a la *Biblioteca Arabico-Hispana V i VI* on s'editava, l'any 1887 l'obra *al-Takmilā li-kitāb al-ṣīla* 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* ۱, ۲, ۳, ۴ *incipientes*. Resulta així que en aquesta edició manquen les primeres lletres i comença amb la lletra ۵ faltant, àdhuc, algunes biografies d'aquesta.

A l'article sobre Ibn al-Abbār de M. BEN CHENEB a *EI*¹ II, 375/A, hom 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 *Takmilā*, des de la lletra ۱ fins la ۵. Per motius que desconeixem, sembla que tampoc no van acabar la seva tasca i que l'obra va ser continuada i s'ha acabat de publicar a Tunis.

Restava examinar l'*Apèndice a la edició de Codera de la "Tekmilā" de Aben al-Abbār*, dins la *Miscelánea de Estudios y Textos árabes*. Centro de Estudios Históricos, Madrid 1915, 147-690, de M. ALARCÓN i C.A. GONZÁLEZ PALENCIA. Aquest apèndix fou elaborat segons un manuscrit de la biblioteca particular de Soliman Pacha Abaza del Caire. Sense cap mena d'introducció aclaridora, s'estructura l'obra en cinc parts: addicions, esmenes, index onomàstic, bibliogràfic i toponímic. Ara bé, el manuscrit del Caire comença amb la lletra ۶ i aleshores resulta que tampoc es troba aquí, ni per Abū-l-Qāsim ni per Aṣḡab, la biografia cercada.

tanta fidelitat com les memòries del rei ʿAbd Allāh, de caràcter testimonial. Aquest sobirà de la taifa zírida de Granada era besnèt de Ḥabūs ibn Mākzan, de la tribu berber africana Ṣinhāġa que s'establí a al-Àndalus en temps dels amirís. Ḥabūs ibn Mākzan regnà a Granada en el període 416-429/1025-1038.

Malauradament la narració d'ʿAbd Allāh sobre el regnat del seu besavi no és massa explícita, però dóna alguna dada significativa¹⁹ entorn d'una qüestió que ja havia destacat Ibn Ḥayyān: l'interès de les tribus berbers Zanāta i Ṣinhāġa pels indicatius externs de civilització i cultura, malgrat que fos 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 Granada, 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-SamḤ devia ésser ben acollida a la cort zírida 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. ʿIsa Ibn al-Nāṣī, científic destacat en els camps de l'aritmètica i la geometria.²¹

1.2. LES OBRES D'IBN AL-SAMḤ

A continuació es disposa una relació de les obres conegudes d'Ibn al-SamḤ segons les mencions que en fan els autors clàssics medievals. Ja que és impossible d'establir la cronologia d'aquestes obres, les citarem pràcticament en

19. Per exemple, refereix ʿAbd Allāh les preferències de Ḥabūs pel seu nebot Yaddayr b. Ḥubāsa, per a la seva successió, en comptes del seu fill Bādīs, car:... “veía en él inteligencia y afición a los libros y al trato de los juristas...” Cf. E. LÉVI-PROVENÇAL i E. GARCÍA GÓMEZ, 1, 93.

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

21. Cf. IBN ṢĀʿID, 134.

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 Haldūn 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-Samḥ són les següents:

1. *Al-Kāfi fī l-hiṣāb al-hāwaʿ* (*Allò que basta per al càlcul mental*). Continguda com a anònim al ms. El Escorial 973/1 (fols. 1-30) i ms. Berlín 6010 (fols. 1-23), aquesta obra, en deu capítols, li és atorgada per Ḥaġġī Ḥālifa, *Kaṣf al-zunūn*, II, 1377.

2. *Kitāb Ṭimār al-ʿadad al-maʿrūf bi-l-Muʿāmalāt* (*Llibre sobre la utilitat dels nombres*), tractat d'aritmètica comercial que li atribueixen Ibn Šāʿid, *Ṭabaqāt*, 130; Ibn Abī Uṣaybiʿa, *Ṭabaqāt al-aṭibbāʾ*, I, 63; Ḥaġġī Ḥālifa, *Kaṣf al-zunūn*, I, 523; Ibn al-Ḥaṭīb, *Iḥāṭa*, I, 428.

3. *Kitāb ṭabīʿat al-ʿadad* (*Llibre sobre la naturalesa del nombre*); Ibn Šāʿid, *Ṭabaqāt*, 130; Ibn Abī Uṣaybiʿa, *Ṭabaqāt al-aṭibbāʾ*, I, 63.

4. *Al-kitāb al-kabīr fī l-handasa* (*Gran llibre de la geometria*); Ibn Šāʿid, *Ṭabaqāt*, 130; Ibn Abī Uṣaybiʿa, *Ṭabaqāt al-aṭibbāʾ*, I, 63; Ḥaġġī Ḥālifa, *Kaṣf al-zunūn*, II, 1472; Ibn al-Ḥaṭīb, *Iḥāṭa*, I, 428.

5. *Kitāb al-Madḥal ilā l-handasa fī tafsīr Kitāb Uqlidis* (*Introducció a la geometria en què es comenta el Llibre d'Euclides*); Ibn Šāʿid, *Ṭabaqāt*, 130; Ibn Abī Uṣaybiʿa, *Ṭabaqāt al-aṭibbāʾ*, I, 63; Ḥaġġī Ḥālifa, *Kaṣf al-zunūn*, II, 1742; Ibn al-Ḥaṭīb, *Iḥāṭa*, I, 428.

6. *Al-zīġ* (*Taules astronòmiques*), és a dir unes taules segons el *Sind Hind* amb cànons o instruccions per a llur utilització com indiquen Ibn Šāʿid, *Ṭabaqāt* 131 i Ibn Abī Uṣaybiʿa, *Ṭabaqāt al-aṭibbāʾ*, I, 63. Pel que fa a Ibn Ḥazm, a la *Risāla fī faḍl al-Andalus* deixa clar que fou autor d'unes taules astronòmiques diferents de les que elaborà Maslama.²⁴

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 estudis.²⁶

8. *Al-Taʿrīf bi-ṣurāt al-aṣṭurlāb* (*Coneixement de la configuració de l'astrolabi*), Ibn Šāʿid, *Ṭabaqāt*, 130; Ibn Abī Uṣaybiʿa, *Ṭabaqāt al-aṭibbāʾ*, I, 63;

22. GAS, V, 356 i VI, 249.

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

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.

Ḥaġġī Ḥalifa, *Kaṣf al-ẓunūn* 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 perduda.²⁷

2. COMENTARIS AL CONTINGUT ASTRONÒMIC I ASTROLÒGIC DEL "LLIBRE D'ÚS DE L'ASTROLABI" D'IBN AL-SAMḤ

2.1. DESCRIPCIÓ DE L'INSTRUMENT

El tractat d'Ibn al-SamḤ 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 de saber quins elements donen forma material a la projecció estereogràfica de l'esfera celest.

Aquí considerem innecessari d'explicar els mètodes de traçat de les làmines.²⁸ En canvi, ens sembla molt més profitós de reproduir gràficament com és un astrolabi, atès que la seva configuració és descrita a bastament per Ibn al-SamḤ. Serà més útil, per a la comprensió del seu primer capítol, dibuixar un astrolabi, és a dir, el que podem imaginar-nos segons la descripció que inclou el text d'aquest astrònom.²⁹

Al llarg de la seva descripció, Ibn al-SamḤ 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.

27. En canvi hem trobat que a H. DERENBOURG i H.P. RENAUD, 1, II, 122, es diu, sobre el ms. 972 d'El Escorial, que conté als folis 29 r/29 v dues qüestions extretes del llibre d'ús d'astrolabi d'Ibn al-SamḤ, conegut per *Kitāb al-ʿamal bi-l-aṣṭurlāb*. La mateixa indicació es repeteix a GAS, VI, 249. Comprovat el manuscrit, podem 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 tractarem novament aquesta qüestió.

28. Sobre la construcció de l'astrolabi cf. dues obres de caràcter general com són H. MICHEL, 1, i S. GARCÍA FRANCO, 1. Pel que fa als textos andalusins relatius a la construcció d'astrolabis, cf. M. VILADRICH i R. MARTÍ, 1.

29. Vegeu la figura n.º 1.

30. A. R. MARTÍ i M. VILADRICH, 3, 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-Mašāllāh l-u, Pseudo-Maslama, Ibn al-Šaffār, Abraham ben ʿEzra i Alfons X. Avui, però, volem fer al·lusió a l'obra recent de P. KUNITSCH, 4, car és un important glossari de terminologia àrab emprada al conjunt de textos europeus sobre l'astrolabi planisfèric. Consta de seixanta-tres veus extretes de quaranta-dos textos occidentals amb transcripció àrab, traducció alemanya, 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.

Per començar, heus ací un breu vocabulari dels mots que haurem d'utilitzar constantment, al costat de llurs respectives equivalències aràbigues. Els hem traduïts al català seguint 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'iḥ*): discos metàl·lics perfectament plans i polimentats, 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-ankabut o al-šabaka*): làmina metàl·lica plana, polimentada i perforada en funció d'uns garfis traçats segons les coordenades dels estels que representin en llurs projeccions estereogràfiques. Gira sobre les làmines i duu un petit índex (*al-murī*) que corre sobre la corona circular graduada.

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

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

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

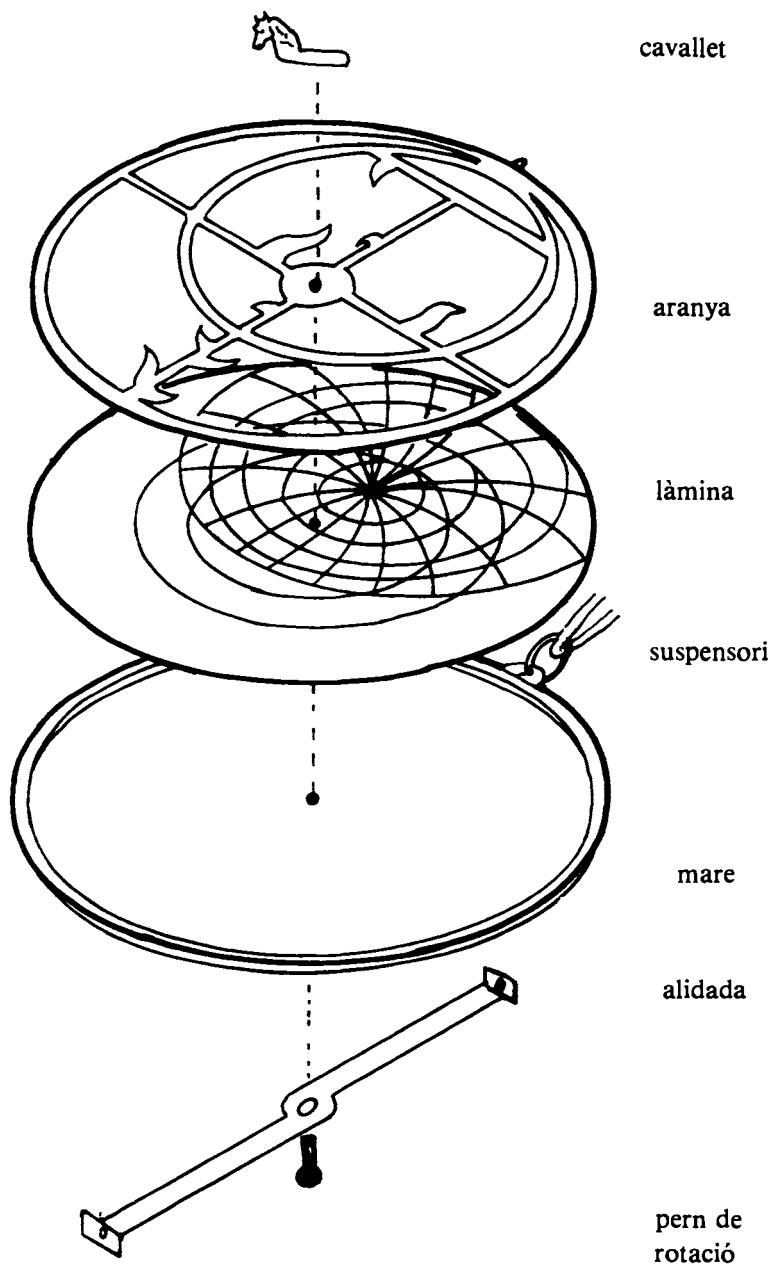


Figura 1

Nombroses aplicacions de l'astrolabi planisfèric responen al fet que aquest instrument permet de 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 es refereix, i de fet es redueix, al curs fictici del sol en el seu moviment diürn sobre l'horitzó i 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 almucantarats de la làmina de la nostra latitud.

Per a la resolució d'aquest problema, Ibn al-Samḥ ofereix diverses possibilitats, que es fonamenten en la representació analògica, 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 podran combinar per a obtenir el grau del sol car són els que permeten la representació dels moviments del sol a l'astrolabi. Siguin, 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 assenyalant, en moure's, el pas del temps a les divisions horàries.³¹

31. Capítol 17.

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 observació— el grau de l'eclíptica que cau sobre l'almucantarats corresponent a aquesta altura —oriental o occidental— serà el grau del sol.³²

3. Ascendent i azimut: 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 azimut.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'almucantarats que s'ha determinat fins que l'oposat d'alguns 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 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 cau sobre l'horitzó oriental car la resta que hem fet significa que hem posat l'aranya en la posició en què 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

32. Capítol 19.

33. Capítol 64.

34. Capítol 63.

35. Capítol 102.

36. Capítol 15.

37. Capítol 22.

38. Capítol 65.

39. Capítol 25.

D'altra banda, si hom coneix, com es pot veure a la figura núm. 2, l'ascendent 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 temporals passades. Segons la figura núm. 3, es col·loca el primer grau de l'estació a l'horitzó oriental —posició $H1$ —, 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 $d'd''$, i després d'un determinat nombre d'hores desiguals, es troba en la posició $H2$. Novament senyalarem 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, hauréu trobat el grau del sol que buscàvem.⁴¹

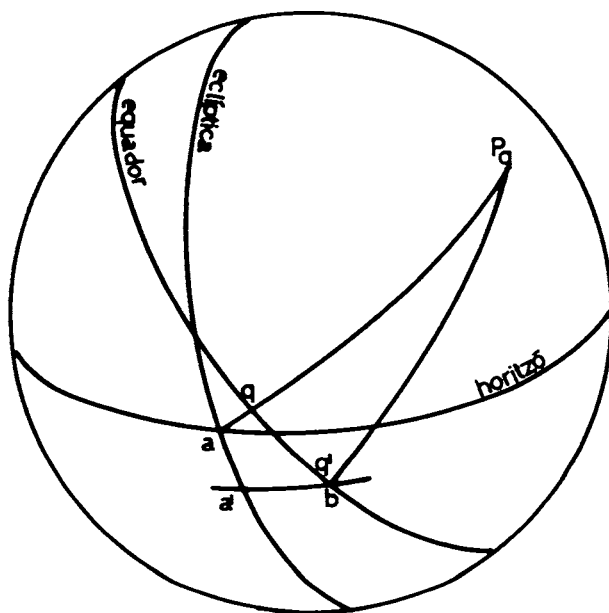


Figura 2

40. Capítol 31.

41. Capítols 28 i 42.

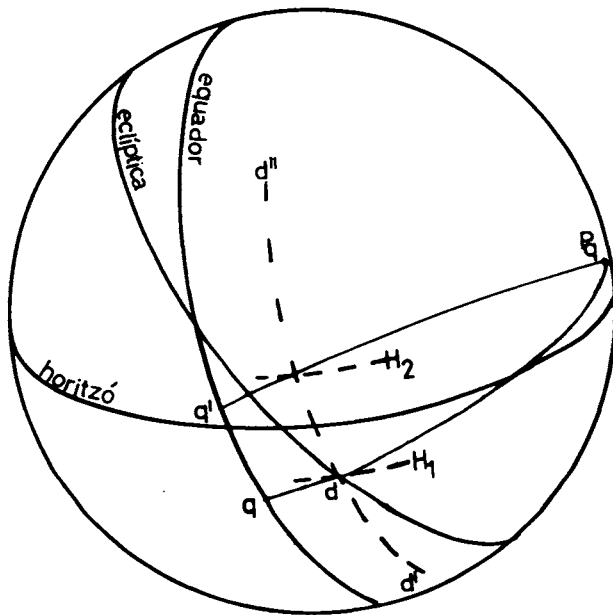


Figura 3

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 diferents 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'almucantarats corresponent, sia a orient o a occi-

dent. 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'almucantarar 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-Samḥ pren un relleu especial si tenim en compte els altres tractats andalusins i hispànics d'ús de l'astrolabi. Fins i tot permet de considerar que Ibn al-Samḥ reflecteix una intenció més didàctica que els altres, bé que no sempre pugui ser titllada d'excessivament pedagògica. Cap de la resta de textos que hem pogut estudiar presenta aquesta varietat, ja que tots es limiten, pràcticament, a fer referència al diagrama solar o calendari zodiacal del dors de l'astrolabi⁴⁵ i a incloure 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-Samḥ. Pel que fa al primer, Ibn al-Samḥ li dedica un capítol, el 129, pràcticament il·legible i truncat en el mateix manuscrit.⁴⁶ En canvi, proporciona una taula que permet de resoldre aquest problema d'una manera aproximada mitjançant "el sistema *al-Mumtaḥan*".

Hem assajat de determinar la procedència dels valors d'aquesta taula, continguda al capítol 2, entenent que amb l'expressió "*sistema al-Mumtaḥan*" es

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 qualsevol 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 mateixa alidada indica la posició del sol en longitud sobre l'eclíptica, donant a conèixer el grau del sol. El text que analitzem contenia un capítol relatiu a aquest diagrama, com pot veure's a l'índex que precedeix el text. Malauradament s'ha perdut el darrer foli del manuscrit que havia de contenir-lo junt amb el capítol 130. Indicarem, no obstant això, que al *Libro de las láminas de los siete planetas*, Ibn al-Samḥ emprà una excentricitat d'1/30 i situa l'apogeu solar a 25° Gèmini. Cf. M. RICO y SINOBAS, I, III, 241-71. Sobre la descripció del calendari zodiacal, el seu traçat i la seva presència als textos andalusins, vegeu M. VILADRICH i R. MARTÍ, I, 15-16, i R. MARTÍ i M. VILADRICH, 3, 97-98.

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

řefereix a una taula computada per observació astronòmica.⁴⁷ Amb aquesta finalitat hem deduït les posicions del sol en longitud, a partir d'Àries 0°, per als dies de l'any que dona el text. Després, calculant succesivament 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 *Ziğ* d'al-Battānī,⁴⁸ hem pogut evidenciar que els valors d'Ibn al-SamḤ deriven d'al-Battānī. Hem volgut incloure també les xifres que hom obtindria segons el *Ziğ* d'al-Ḥwārizmī-Maslama per tal de tenir una altra referència comparativa. Les taules següents mostren els resultats obtinguts:

| | | 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° |
| JI | 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 *Ziğ* d'al-Battānī emprant una calculadora HP 41C.

A partir de la taula anterior hem obtingut aquest quadre de diferències entre

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

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

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.

Taula de diferències

| | | | |
|------------|------------|------------|------------|
| —1;50,51° | —1;53,39° | —1;56,27° | —1;58,07° |
| + 0;20,00° | + 0;17,13° | + 0;14,27° | + 0;12,47° |
| —0;47,03° | —0;49,47° | —0;52,33° | —0;54,12° |
| + 0;08,41° | + 0;05,58° | + 0;03,14° | + 0;01,36° |
| —0;43,31° | —0;48,14° | —0;50,57° | —0;42,34° |
| + 0;20,07° | + 0;17,25° | + 0;14,43° | + 0;13,05° |
| —0;53,09° | —0;55,50° | —0;58,32° | —1;00,09° |
| + 0;16,34° | + 0;13,52° | + 0;11,10° | + 0;09,34° |
| + 0;01,17° | —0;01,25° | —0;04,06° | —0;05,43° |
| + 2;08,16° | + 2;05,33° | + 2;02,51° | + 2;01,14° |
| —0;41,34° | —0;44,17° | —0;47,01° | —0;48,39° |
| + 2;16,13° | + 2;13,28° | + 2;10,44° | + 2;09,05° |
| —0;47,58° | —0;50,44° | —0;53,30° | —0;55,10° |
| + 1;55,59° | + 1;53,11° | + 1;50,24° | + 1;48,44° |
| —0;56,32° | —0;59,21° | —1;02,10° | —1;03,51° |
| + 2;02,48° | + 1;59,58° | + 1;57,07° | + 1;55,25° |
| —1;06,07° | —1;08,59° | —1;11,51° | —1;13,34° |
| + 0;11,09° | + 0;08,16° | + 0;05,24° | + 0;03,40° |
| —1;07,19° | —1;10,12° | —1;13,05° | —1;14,48° |
| + 0;05,42° | + 0;02,14° | —0;00,39° | —0;02,23° |
| —0;15,57° | + 0;13,04° | + 0;10,12° | + 0;08,28° |
| + 1;02,01° | + 0;59,09° | + 0;56,17° | + 0;54,34° |
| —0;08,56° | —0;11,47° | —0;14,37° | —0;16,20° |
| + 1;18,24° | + 1;15,35° | + 1;12,45° | + 1;11,04° |

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 hom no especifica la procedència de les dades. També hem 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.

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

50. Pàgs. 258-59.

| | Láminas | 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 | Jl 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° |

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

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 hom obté a partir de les dades del *Ziğ* d'al-Ḥwārizmī-Maslama⁵¹ presenten unes diferències excessives respecte a Ibn al-SamḤ. Per tal d'evidenciar-ho donarem, a continuació, els valors que resulten del càlculs, en aquesta ocasió, tan sols per a l'any 1030, car és innecessari d'insistir més en aquesta possibilitat. També hem 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° |

| | | Láminas | 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 | Jl | 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 mateix sol és una simple operació que consisteix a visualitzar l'astre a través de les dues pínules de l'alidada suspenent l'astrolabi en 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.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 amb el nombre de hores passades. En els dos primers supòsits el grau del sol, assenyalat sobre l'eclíptica, es trobarà sobre un dels almucantarats 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 determinarà l'altura de l'astre sobre l'horitzó car caurà sobre un dels almucantarats projectats quan posem el seu oposat sobre les hores.

Àdhuc 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 almucantarats cau en travessar aquesta línia.⁵⁶

Aquestes dades que hem 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 almucantarats ocupant ara la posició a' , a la qual correspon una altura Hh' com mostra la figura número 4.⁵⁷

En el decurs de la nit l'observació de l'altura d'un dels estels permet de conèixer la dels altres. Si hom situa el garfi de l'aranya que representa un estel

52. Capítols 3 i 71.

53. Capítol 10.

54. Capítol 62.

55. Capítols 11 i 18.

56. Capítol 46.

57. Capítols 23, 35 i 38.

d'altura coneguda (determinada per observació) sobre l'almucantarats que li pertoca, la resta d'estels projectats a l'aranya s'hauran desplaçat fins als almucantarats on es troben realment en aquell moment.⁵⁸

Tal com hem 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 hom veu immediatament en quins almucantarats es troben els estels.⁵⁹ Per a 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 horari,⁶⁰ les hores temporals⁶¹ i per a l'altura meridiana, que hom determinarà directament sobre la línia del mig del cel.⁶²

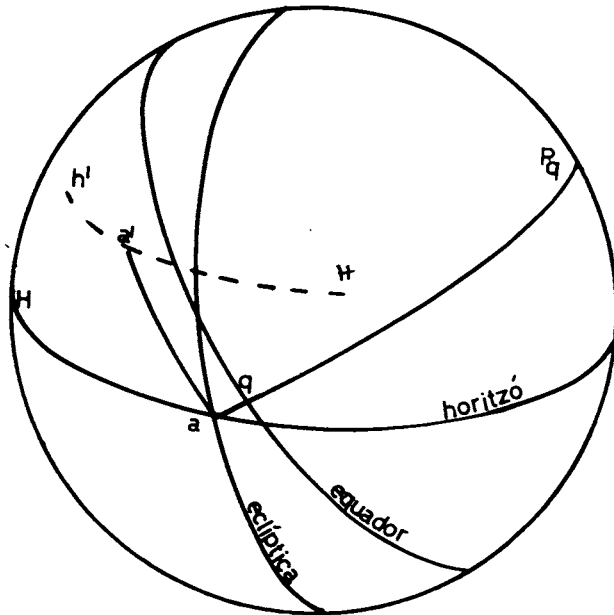


Figura 4

58. Capítol 75.

59. Capítol 77.

60. Capítols 78 i 81.

61. Capítol 84.

62. Capítol 85.

Alguns d'aquests capítols tenen llurs corresponents als altres tractats andalusins 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-Samḥ, 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-Samḥ vol donar sempre el màxim de combinacions possibles arribant, fins i tot, a incórrer en la repetició supèrflua i l'avorriment del lector experimentat. No obstant això, la seva obra es revalorarà 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.

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 Gèmini, 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.

Hom obtindrà la declinació mitjançant la fórmula:

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

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

El grau 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

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-Māšāllāh I-u, 218; Pseudo-Maslama, 265; Ibn al-Šāffār, 31, 35; Abraham b. 'Ezra, 11. Cf. R. MARTÍ i M. VILADRICH 3; 17-18. A més Ibn al-Šāffār, Pseudo-Māšāllāh I-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.

64. Capítol 50.

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:

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

Si $hm = (90^\circ - \varphi)$, 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 $(90^\circ - \varphi) + \delta = hm$

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

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

El grau dels signes meridionals que assoleixi aquesta altura meridiana sobre els almucantarats 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:

$$hm > (90^\circ - \varphi) \Rightarrow \delta \text{ septentrional}$$

$$hm < (90^\circ - \varphi) \Rightarrow \delta \text{ meridional.}$$

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

Per als estels amb declinació septentrional:

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

Per als estels amb declinació meridional:

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

“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 $hm > (90^\circ - \varphi) \Rightarrow \delta$ septentrional, aleshores $\delta = hm - (90^\circ - \varphi)$ o bé, si $hm < (90^\circ - \varphi) \Rightarrow \delta$ meridional, aleshores $\delta = (90^\circ - \varphi) - hm$.

“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 núm. 5 on $\Delta \delta = \delta_1 + \delta_2$.

Efectivament, com diu Ibn al-Samḥ en aquest capítol, la magnitud mesura-

65. Capítol 51.

66. Capítol 86.

67. Capítol 104.

68. Capítol 107.

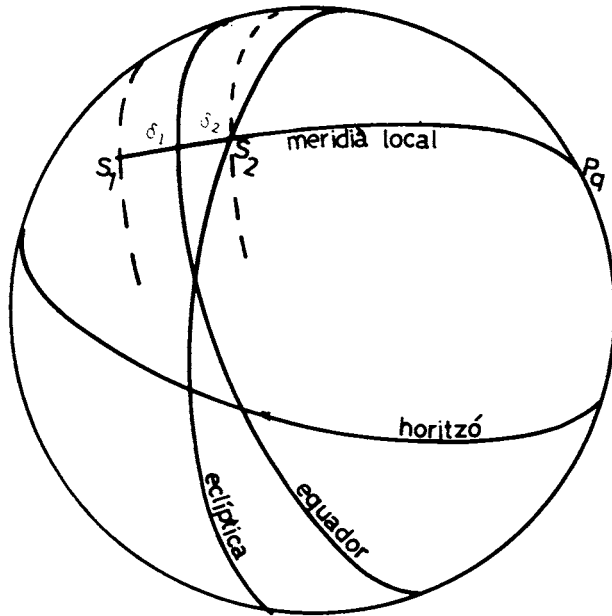


Figura 5

da sobre un meridià de l'equador celest no correspon a un valor de latitud. La precisió d'Ibn al-Samḥ sembla 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

69. Afirmar 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-Samḥ es troba al capítol XXXVI del text d'Alfons X, M. RICO y SINOBAS 1, 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-Samḥ.

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-Masāllāh 1-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.

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'horitzó oriental el grau de l'eclíptica que interessi 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 es-

71. Ascensió obliqua d'un punt *C* de l'eclíptica que creua l'horitzó oriental 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.

73. Capítol 56.

tablert la transformació dels graus d'ascensió recta en graus de longitud eclíptica.⁷⁴

Coneguda una ascensió òbliqua 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 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 línia.⁷⁶

2. Amb l'ajut de l'observació per als 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 almucantarats 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:

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

—Si el grau del sol és dels signes meridionals:

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

Els dies dels equinoccis es verifica que:

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

74. Capítols 53.

75. Capítol 55.

76. Capítol 87.

77. Capítol 103.

78. Capítol 57.

Un altre mètode consistirà a mesurar, en el decurs d'una nit, les altures màxima i mínima d'un estel circumpolar. Aquests dos mesuraments poden ésser considerats equivalents als de l'altura del pol sobre l'horitzó del lloc, car:

$$\text{Màx. } hm_e = hm_{pol} + \varepsilon$$

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

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

Àdhuc Ibn al-Samḥ 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 el moment de la seva desaparició (*tamām inḡilā'*). A cada hora de diferència entre les dues observacions li corresponen 15° de longitud car 360°/24 hores = 15°/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 hi sumarà.⁸¹

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:

79. Capítol 92. Ibn al-Samḥ proposa de treballar amb els estels *Banāt Na'as'*, la Major o la Menor. Es refereix a α i β UMa. Cf. *TYP*, 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-Māšallāh 1-u, Pseudo-Maslama, Ibn al-Saffār i Abraham b. 'Ezra, segons les pàgines 276; 223; 274; 38-39 i 20 de les edicions respectives.

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

- 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* a 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 azimut 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-Samĥ 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'obindrà l'altura de l'estel mitjançant observació. Hom posarà el garfi de l'aranya que el representi sobre l'almucantarats adient, i el grau de l'eclíptica que creuarà l'horitzó oriental serà l'ascendent d'aleshores, mentre que el que es trobarà sobre l'horitzó occidental serà el descendent.⁸⁹

Si hom realitza aquesta operació posant el garfi 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'obindrà 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 què es troba l'astre, car aquesta dada és suficient per a precisar-ne la posició en la seva trajectòria.⁹¹

Tanmateix Ibn al-Samĥ 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 interessi. Aquesta dada haurà de ser menor que la col·latitud de l'indret on es treballa en més de 24° , car, si $(90^\circ - \varphi) - hm < 24^\circ$, aleshores el paral·lel de declinació que descriu l'astre es troba al sud

82. Capítol 7.
 83. Capítol 13.
 84. Capítol 16.
 85. Capítol 26.
 86. Capítol 32.
 87. Capítol 34.
 88. Capítol 62.
 89. Capítol 75.
 90. Capítol 88.
 91. Capítol 96.
 92. Capítol 105.

del tròpic de Capricorn i per tant no es projecta a l'astrolabi. Així, doncs, hom només podrà operar amb l'astrolabi quan $(90^\circ - \varphi) - hm < 24^\circ$.

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'almucantarat 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'almucantarat de l'altura.⁹³

A.3. Si algun garfi de l'aranya coincideix amb el senyal de 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 indicarem tot seguit en funció de la figura núm. 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 suposem 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 (*qaf'*) 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.

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

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

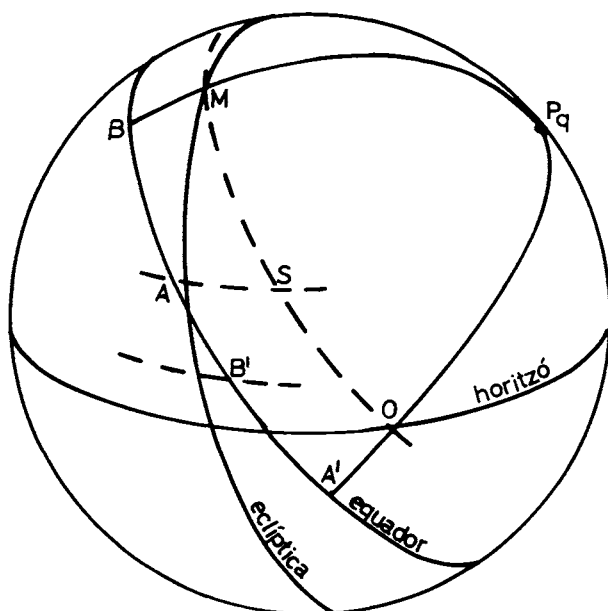


Figura 6

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 dels traçat —en graus o en almucantarats— 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-Šaffār i Pseudo-Maslama.⁹⁶

No obstant això, l'originalitat d'aquells capítols que trobàvem exclusivament al text alfonsí ens feia pensar, llavors, que podrien correspondre a una altra obra original de l'escola de Maslama, bo i sospitant que podia tractar-se

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.

del present manuscrit d'Ibn al-Samḥ, i mantenint l'esperança d'aconseguir una possible identificació textual.

Al tractat d'Ibn al-Samḥ, 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 textuais entre ambdós textos.

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

2.6.1. *Altura del sol*

El capítol 5, "Determinació de la posició del grau del sol damunt els almucantarats", del tractat d'Ibn al-Samḥ, presenta un mètode igual que el de l'obra d'Alfons X⁹⁷ en el seu capítol XVIII, però és plantejat en ordre diferent. Obtinguda, per observació, l'altura del sol en un moment determinat del dia, es comprova que aquesta cau entre dos dels almucantarats que són traçats a la làmina. Hom coneix la diferència, en graus, que hi ha entre dos almucantarats segons sia l'astrolabi de què disposa *tulṭī, sudst...*⁹⁸ Hom determina, a la figura núm. 7:

1. La "diferència de l'altura" (*faḍlat al-irtifā'* o diferència entre l'altura observada $a'n$ i la corresponent a l'almucantarats immediat inferior, és a dir: $a'n - am$.

2. La "proporció de l'altura" (*nisbat al-irtifā'*) o raó entre la "diferència de l'altura" i la diferència entre dos almucantarats expressades ambdues en graus:

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

3. Els graus de la corona que assenyalen l'índex quan el sol es troba a l'almucantarats 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 la qual cosa hem determinat l'arc d'equador bb'' .

Posant l'índex dels graus a la posició b' , el grau del sol es desplaçarà a la po-

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

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

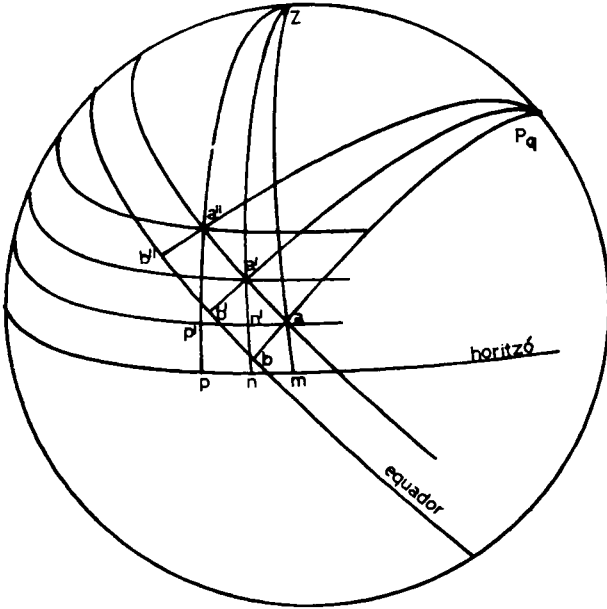


Figura 7

sició que desitjàvem. Observem que a la figura es formen els triangles $aa''p'$ i $aa'n'$

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

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

car s'aplicarà el Teorema de Tales tot suposant que $a'n'$ i $a''p'$ son 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.⁹⁹

A la figura núm. 8, un cop situat el grau del sol (S) d'aquell dia a l'altura corresponent sobre els almucantarats, 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 núm. 8 veiem que es formen els triangles $\gamma a'b'$, $\gamma a''b''$, γab .

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

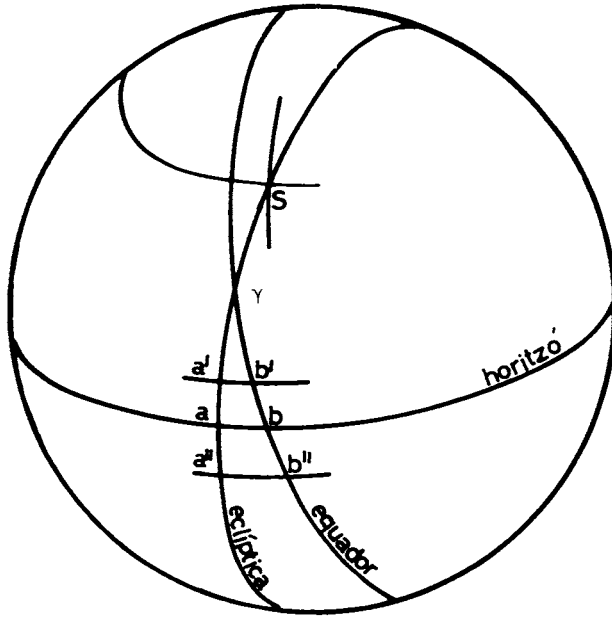


Figura 8

Si aquests triangles són petits, es compleix, aplicant el Teorema de Tales:

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

i interessa de determinar:

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

Hom 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 d'una 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 l'oració canònica.

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

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

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

100. Capítol 59.

101. Capítol 93.

102. Capítol 60.

103. Capítol 95.

104. Capítols 61 i 94.

105. Capítol 61.

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 d'ella que es troba dins el cercle de l'equador, aleshores l'*ortus* és estival; si ho fan per un grau exterior a l'equador, aleshores l'*ortus* és hiemal.¹⁰⁶ 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 núm. 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* diferents 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 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 núm. 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-Samĥ 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 pinnula 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 pinnula vers el sol, resultant que quan l'ombra de la pinnula 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 pertocuen.

Si el sol es troba al quadrant nord-oest s'encararà cap al sol la pinnula oposada a la que cau sobre la graduació dels azimuts car el sol es trobarà al

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

107. Capítol 108.

108. El cercle indi —tradicionalment anomenat així, bé que segons sembla no hi ha motiu per a pensar en aquest origen— serveix per a 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 pinnula i caient sobre l'alidada. Però això és difícil de determinar.

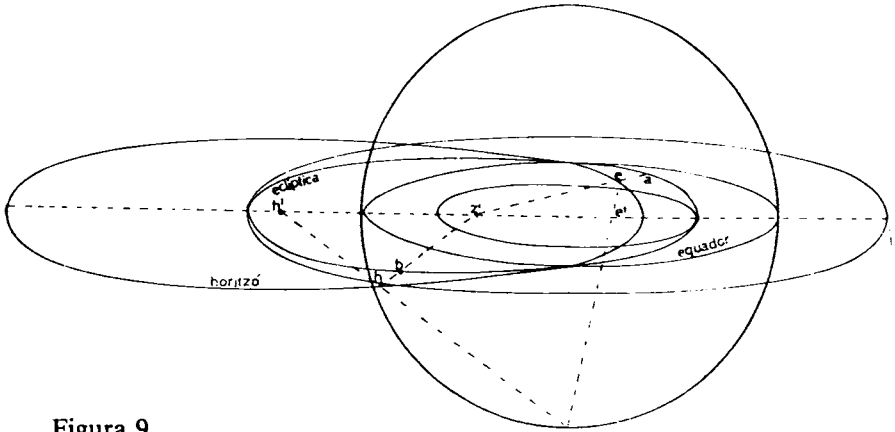


Figura 9

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 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 de 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 pèl que fa als azimuts és Ibn al-Samḥ qui presenta un ventall més ampli de possibilitats per a llur determinació. Òbviament també en tracten els textos Pseudo-Māšāllāh l-u, Ibn al-Šaffār i Pseudo-Maslama.¹¹⁰ 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.

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.

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.

2.8.1. *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 complet:

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

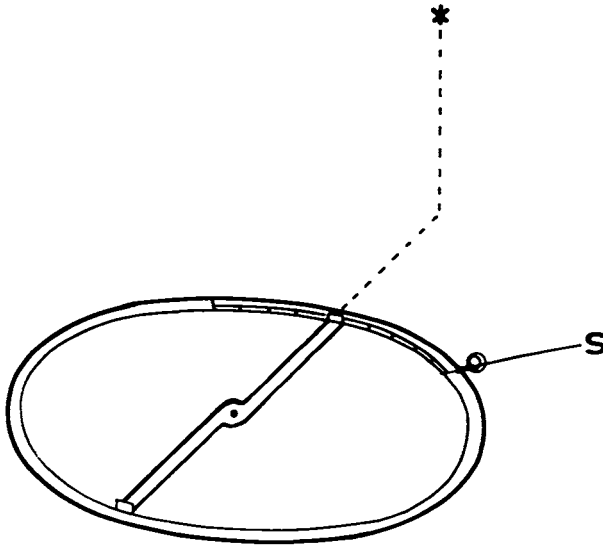


Figura 10

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

Això no obstant, si l'astre que s'empra és la lluna o un dels planetes o un dels estels fixos no projectats,¹¹³ 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 a la línia següent només cal computar els graus de la corona que s'ha desplaçat l'índex.¹¹⁵ En el decurs de la nit operarem amb el mateix grau del sol.

Si se sap l'altura meridiana del sol, hom pot obtenir directament l'hora desigual del dia, atès que s'han 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'almucantarats 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

D'una manera anàloga com s'ha fet situant el grau del sol sobre la seva altura als almucantarats, 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

113. Capítol 106.

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

115. Capítol 47.

116. Capítols 4 i 37.

117. Capítols 72 i 83.

118. Capítols 14 i 20.

119. Capítol 98.

120. Capítol 29.

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 mateix grau del sol durant la nit, assenyalaran 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'eclíptica.¹²¹ 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 almucantarats, 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.

2.8.3. Determinació de les hores d'oració

El capítol 9 tracta de la determinació dels moments de l'oració segons el *ḥa-dīl* d'Umar.¹²² 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-ẓuhr* comença quan l'ombra que projecta un gnòmon és d'una colzada.

2. El principi del temps de l'*al-ʿaṣr* s'esdevé quan l'ombra és equivalent a la longitud del gnòmon.

3. La fi del temps de l'*al-ʿaṣr* 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 temporals i habitualment es treballa sobre elles amb l'oposat del grau del sol ($\lambda \pm 180^\circ$). Això vol dir que el moviment diürn es manifesta girant aquest grau de l'horitzó occidental a l'oriental, atès que així el mateix grau del sol gira de l'oriental a l'occidental com correspon a la realitat. L'índex de la corona permet de determinar l'arc d'equador que

121. Capítol 91.

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-Ḥaṭṭāb (m. 644) que estableix el següent:

—L'oració del l'*al-ẓuhr* 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-ʿaṣr* quan el sol sia d'un color blanc pur, abans de que es torni groc.

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

correspon a les hores temporals del dia que representa l'oposat del grau del sol —o bé de la nit si treballem amb el mateix grau del sol—, com ja s'ha dit.

Per a posar l'aranya en posició s'haurà de fer coincidir el grau del sol amb l'altura que li correspongui sobre els almucantarats. Com que 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 a 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 prolloga fins a la fi de l'hora desena. El moment més escaient per a pregar dins 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-ʿaṣr*, que es prolloga fins a 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 gnòmion 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 almucantarats sota l'horitzó. El més freqüent és que aquest correspongui a -18° . Però aquest no sembla el cas de l'astrolabi d'Ibn al-Samḥ. Com a conseqüència d'això cal emprar l'almucantarats positiu corresponent a $18^{\circ 12'3''}$ per sobre l'horitzó i treballar com indiquem 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'almucantarats 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'almucantarats de 18° a la part occidental, el grau del sol indicarà en quina hora es produirà el següent trenc d'alba.

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 són equivalents al moviment celest durant una hora. En relació amb 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 que s'ha iniciat el dia i la seva posició 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 i 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 que es coneixin:

1. L'altura del sol sobre els almucantarats. 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 de conèixer quin angle horari ha girat l'esfera des de la posta del sol fins que un estel aconseguix una 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.

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 de 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 núm. 11, en posar el grau de l'ascendent (*a*) sobre el horitzó oriental, el grau de l'eclíptica (*s*) que es troba sobre l'almucantarats 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

124. Capítols 39 i 44.

125. Capítol 79.

126. Capítol 24.

127. Capítol 33.

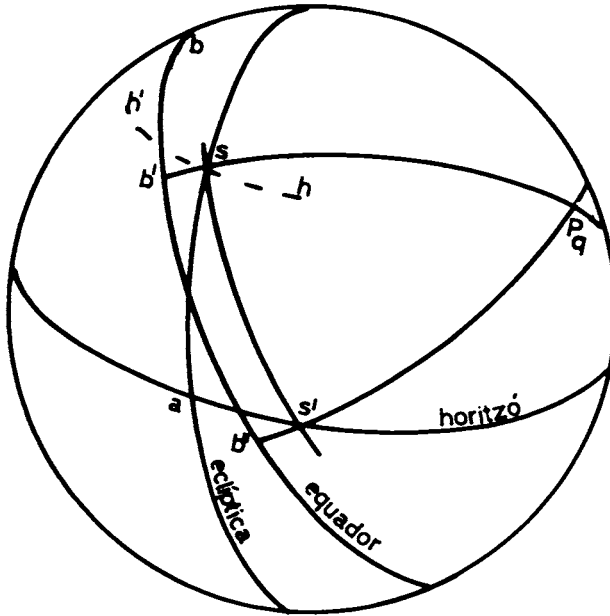


Figura 11

seu arc d'equador bb'' , hom pot mesurar l'angle horari que ha passat des que ha començat el dia o 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 almucantarat 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 aconsegueix l'altura esmentada. Vegeu la figura núm. 12.¹²⁹

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

128. Capítol 30.

129. Capítol 82.

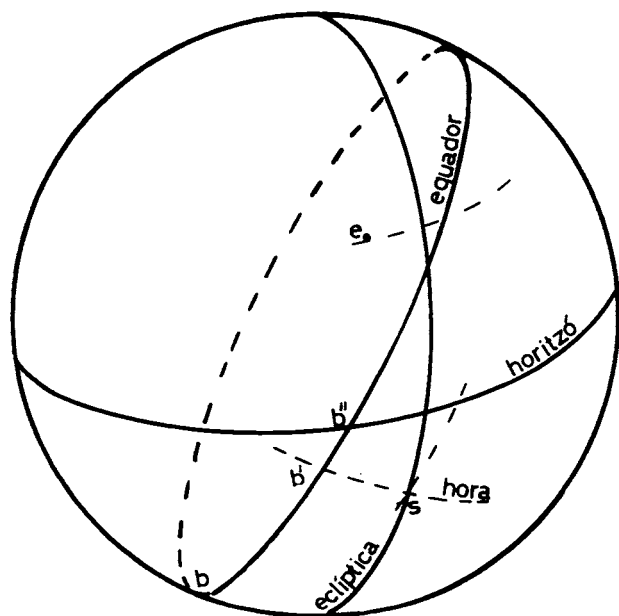


Figura 12

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 el grau de la corona, tot representant el moviment aparent de l'esfera celest en aquell període de temps.¹³⁰

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 núm. 13 imaginem que el grau del sol (*s*) es troba en una posició a la qual correspon, en funció del seu oposat, el primer senyal entre dues de les línies horàries representades. El senyal, determinat amb l'oposat del grau del

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-Masallāh 1-u, Ibn al-Şaffār, Pseudo-Maslama i Abraham b. Ezra segons les pàgines 287; 219; 33-34; 268; 14-15 de les edicions respectives.

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'obindrà $b'a'$ o fracció d'hora temporal transcorreguda des de b . S'operarà dividint $b'a'$ entre bc .

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 Càncer 0° , s'obté l'arc diürn del dia més llarg de l'any, car aquest dia el sol descriu com a paral·lel de declinació el Tròpic de Càncer i, a l'hemisferi nord, en resulta la màxima durada de la llum solar i la nit més curta, és a dir, s'obindrà també l'arc nocturn més curt de l'any. Si es fa això ma-

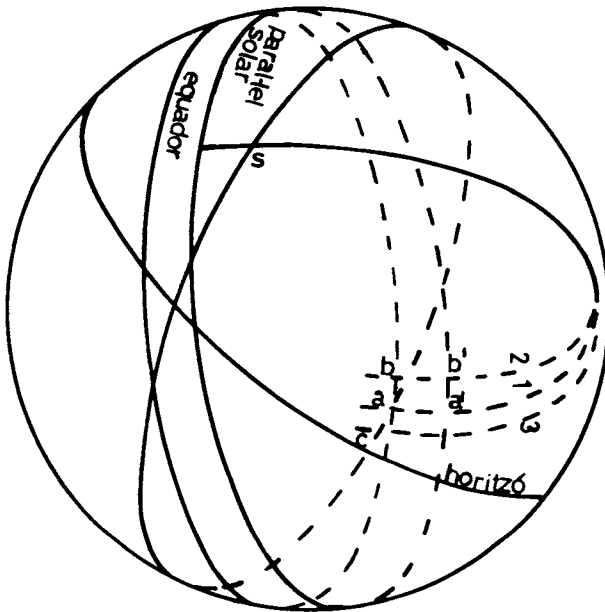


Figura 13

teix considerant que el grau del sol es troba a l'índex dels graus, això 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. Ocorre justament a l'inrevés si s'opera amb Capricorn 0° .¹³¹

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 de 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 mateix 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 d'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

2.9. DETERMINACIÓ DE L'AL-QIBLA

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

131. Capítol 45.

132. Capítol 40.

133. Capítol 41.

El capítol 68 inclou un mètode que conté, tanmateix, un error, el qual intentarem de 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 almucantarats, a la línia de migdia, i fes un senyal, car serà el zenit de la Meca” (fols. 43v/44r).

En primer lloc, convé d'assenyalar que l'objectiu d'aquesta operació és de determinar el punt a a la figura núm. 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 $\varphi_P - \varphi_M$. Amb aquesta suma determinariem 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 zenit 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).

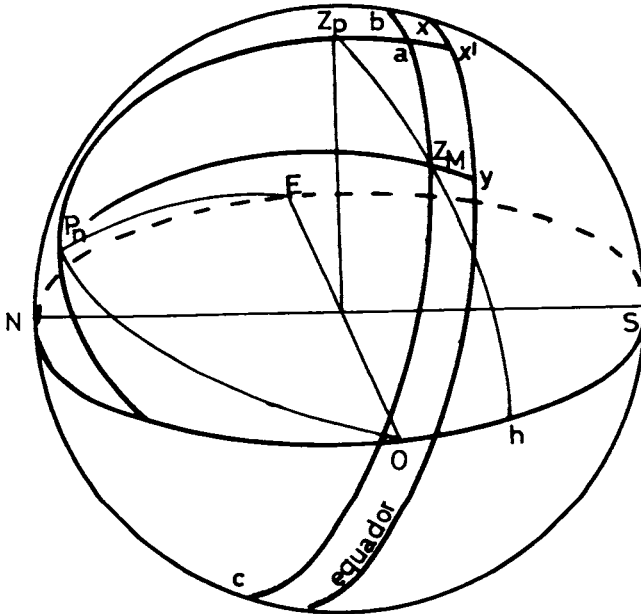


Figura 14

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 i si és a occident se sumarà $\alpha\alpha' + \Delta \lambda$, 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 zenit de la Meca. Ara només cal observar l'azimut $Z_p Z_{Mh}$ i determinar la seva desviació Oh des del punt oest.

Ibn al-Samĥ dóna unes coordenades de longitud i latitud per a la ciutat de la Meca que corresponen als valors d'al-Hwārizmī, aproximadament¹³⁴, 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° Gòmini. Diu Ibn al-Samĥ 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

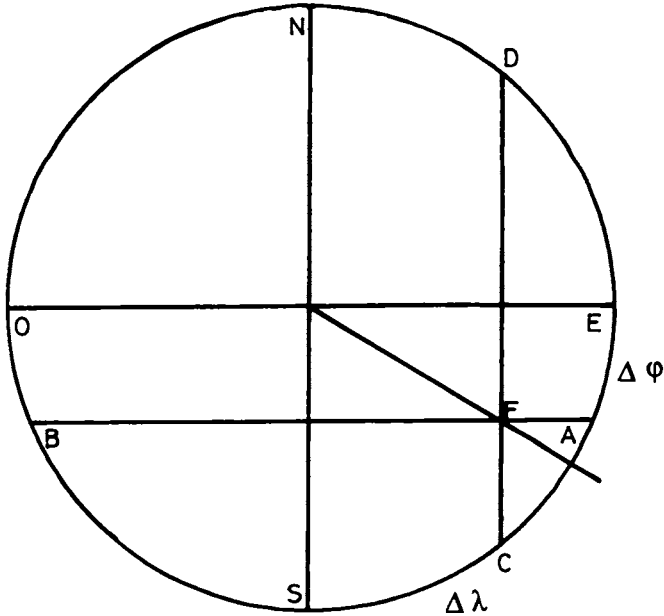


Figura 15

134. Segons el llistat de F. I. HADDAD i E. S. KENNEDY, 1, 67; 00° 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.

69° (9° Gèmini) és de 157;17°.

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 $\Delta \lambda$ i $\Delta \beta$ (geogràfiques) entre la ciutat des de la qual hom opera i la Meca. Segons al-Battānī, i tal com ho descriu D.A. King,¹³⁷ a la figura núm. 15 cal senyalar els punts cardinals sobre el cercle de l'horitzó. Si hom disposa d'un astrolabi posarà la làmina plana a terra i l'orientarà com ja ha estat indicat (*Supra* 2.7). Atès que hom coneix els valors $\Delta \varphi$ i $\Delta \lambda$, només caldrà representar-los així:

$$\Delta \varphi = \varphi_P - \varphi_M = EA$$

$$\Delta \lambda = \lambda_P - \lambda_M = SC$$

Després s'han de traçar les línies AB i CD i buscar el punt d'intersecció F que determina l'*al-qibla*. Ibn al-Samḥ no és tan explícit, ja que suposa que hom sap "quant es desvia l'azimut de la Meca del est o del punt oest". El valor d'aquesta desviació (*inḥirāf al-qibla*) es mesura amb l'alidada sobre els graus de la corona i és la mateixa 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 zenit de la nostra ciutat; per tant, és una funció de $\Delta \varphi$ 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 disposa ja de la direcció correcta. Suposem, per exemple, que s'ha de construir una mesquita a partir d'una altra aixecada en un indret diferent. 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 fun-

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

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

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

Cf. D. A. KING, 2, 87.

ció 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 remet 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'interès 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 assenyalarem, però, que la mateixa finalitat astrològica d'aquests procediments els justifica i fóra un absurd de 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 respectivament, 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-SamḤ 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-SamḤ 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

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.

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 ella 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 Ḥabaš l'afirmació que la divisió de les cases ha de fer-se segons l'opinió de Ptolemeu,¹⁴⁰ que és descrita tot seguit, i consisteix a dividir l'eclíptica a partir del grau del sol del dia en què hom opera. Per a 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 llurs 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 mateix grau de l'ascendent, si hom treballa quan s'inicia el dia. Només en aquest darrer supòsit els resultats obtinguts de l'aplicació del segon mètode coincidirán 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 almucantar, 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.

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 tal de completar una revolució sidèria del sol. Això significa que el sol tornarà a estar en conjunció amb un estel determinat quan hagin pa-

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. Probablement fa referència a *Tetrabiblos*.

141. El segon mètode s'assembla molt al contingut al *Libro dell Alcora*, traducció alfonsina d'un original de Qusṭā b. Lūqā, *Libros*, 1, 130, que divideix l'eclíptica a partir de l'ascensió obliqua de l'ascendent, tot prenent arcs d'ascensió de 2 hores desiguals del grau del sol d'aquell dia. Cf. R. MARTÍ i M. VILADRICH, 3, 48.

Potser cap d'aquests sistemes no correspon al que emprà Ibn al-Samḥ a les seves taules. Reprodueixo un paràgraf de J.M. MILLÁS, 4, 29: «...Azarquel en el capítulo LXIII de su *Tratado de la Azafea* habla del modo de igualar las doce casas, según la opinión de Hermes, seguida por Ibn al-Samḥ en sus *Tablas*, "el qual punno en las sacar, et non conuerda con la opinión que él puso en el *astrolabio*".»

sat 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 *Ziğ* d'al-Ḥwārizmī-Maslama¹⁴² i els tractats andalusins.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 excés, 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 comença durant el dia —si aquell grau s'ha desplaçat sobre els almucantarats 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 andalusins, Pseudo-Māšāllāh l-u, Pseudo-Maslama i Ibn al-Šaffār donen com a paràmetre 93° , que correspon també a la durada de l'any sideri de Maslama al *Ziğ* d'al-Ḥwārizmī.¹⁴⁴

2.12. ELS ASPECTES PLANETARIS I LA PROJECCIÓ DE RAIGS

Els planetes mantenen entre ells determinades posicions relatives en funció de les quals projecten llurs raigs. Aquestes posicions relatives reben globalment el nom d'aspectes i són el sextil, la quadratura, el trígon, 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 dretre —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.

142. El paràmetre d'al-Ḥwārizmī-Maslama és de 365d 6h 12m 9s. Cf. O. NEUGEBAUER, 2, 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, I, 105.

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

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 a culminar al meridià des de la seva posició original, PM .

2. L'arc semidiürn del planeta (*al-imām*).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 dretre. Així obté $P + R$.

4.¹⁴⁷ La longitud d'un punt de l'eclíptica que travessi l'horitzó oriental conjuntament amb el punt $P + R$, i obté el punt $P\phi$, 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_o , que és el segon raig.

Amb aquestes dades formula l'equació:

$$\frac{P\phi - P_o}{\text{Arc semidiürn}} \times PM$$

Pel que fa a l'arc semidiürn, és important de 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 $P\phi$. 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_o . 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

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 dèiem: "creiem que el procediment d'al-Bīrūnī és l'adequat, atès que els dos punts ($P\phi$ i P_o) s'obtenen sempre emprant la línia meridiana de l'astrolabi i l'horitzó oriental", mentre que el text Pseudo-Māšāllāh 1-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. "Ezra 23-27. Aquest darrer no considera aspecte la conjunció. Cf. M. VILADRICH i R. MARTÍ, 4, 92-96.

147. Contràriament el text Pseudo-Māšāllāh 1-u, 228-29, diu que, si el planeta es troba a les cases IV a VI o X a XII, sumarem el resultat al valor més petit $P\phi$ o P_o ; si es troba entre les cases I i IV o VII i X restarem el resultat del valor major $P\phi$ o P_o . Cf. M. VILADRICH i R. MARTÍ, 4, 92-96.

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

2.13. MÈTODES ATRIBUÏTS A ḤABAŠ AL LLIBRE D'IBN AL-SAMḤ

El text d'Ibn al-SamḤ conté un seguit de mètodes aplicables a l'astrolabi que s'atribueixen a "Ḥanaš" tractant-se, ben segur, de l'astrònom Aḥmad b. ʿAbd Allāh al-Marwazī, més conegut per Ḥabaš al-Ḥāsib (fl. 835).¹⁵⁰ Analitzarem 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-SamḤ.

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 veritable de la lluna a partir d'un dels nodes. El text no indica com conèixer la longitud de la lluna: per tant, hem de suposar que hom disposa de taules astronòmiques. Es calcularà $\lambda l - \lambda n$, tal com ho fa Ḥabaš.¹⁵¹ Aquesta mesura s'anomenarà "característica" (*al-ḥāṣṣa*) i, pel que fa a ella, poden donar-se quatre casos, en funció de la longitud de la lluna respecte al node:

1.

$$\lambda l - \lambda n < 90^\circ$$

quan la latitud de la lluna sigui septentrional i creixent, llavors,
 $\beta l = \max \beta \sin (\lambda l - \lambda n)$ i la "característica" serà

$$\lambda l - \lambda n$$

2.

$$90^\circ > \lambda l - \lambda n < 180^\circ$$

quan la latitud de la lluna sia septentrional i minvant, aleshores
 $\beta l = \max \beta \sin (180^\circ - (\lambda l - \lambda n))$ i la "característica es calcularà així,
 $180^\circ - (\lambda l - \lambda n)$

148. M. VILADRICH i R. MARTÍ, 4, 99.

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

150. *GAS*, V, 275-76 i VI, 173-75.

151. Cf. Ms. Istanbul Yeni Çami, 784. 2.º, fol 92 r/v.

$$3. \quad 180^\circ < \lambda l - \lambda n < 270^\circ$$

quan la latitud de la lluna sigui meridional decreixent.

En aquest cas $\beta l = -\sin((\lambda l - \lambda n) - 180^\circ)$, i la "característica" serà:

$$(\lambda l - \lambda n) - 180^\circ$$

$$4. \quad 270^\circ < \lambda l - \lambda n < 360^\circ$$

quan la latitud de la lluna sigui meridional creixent.¹⁵² Llavors

$\beta l = -\max \beta \sin(360^\circ - (\lambda l - \lambda n))$, i la "característica" serà:

$$360^\circ - (\lambda l - \lambda n).$$

Calculada la "característica", és a dir, reduïda la longitud veritable de la lluna al primer quadrant, hom cercarà la posició de la lluna sobre l'eclíptica començant el còmput des d'Àries 0° i computant 30° per a 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:

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

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

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 $\varepsilon = 23;35^\circ$,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 mateix text. Malauradament Ibn al-Samḥ no justifica amb prou claredat per què ho considera així.

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

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

152. Aquest particular no és especificat al text.

153. Ms. Istanbul Yeni Çami 784, 2.º.

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

A la figura núm. 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 veritable 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 tal de col·locar correctament la posició d'aquesta làmina en el moment que 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' al-qamar al-muḥaṣṣal*).

Al triangle OLT es verifica:

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

i d'aquí es dedueix que:

$$h_v = P_l + h_a$$

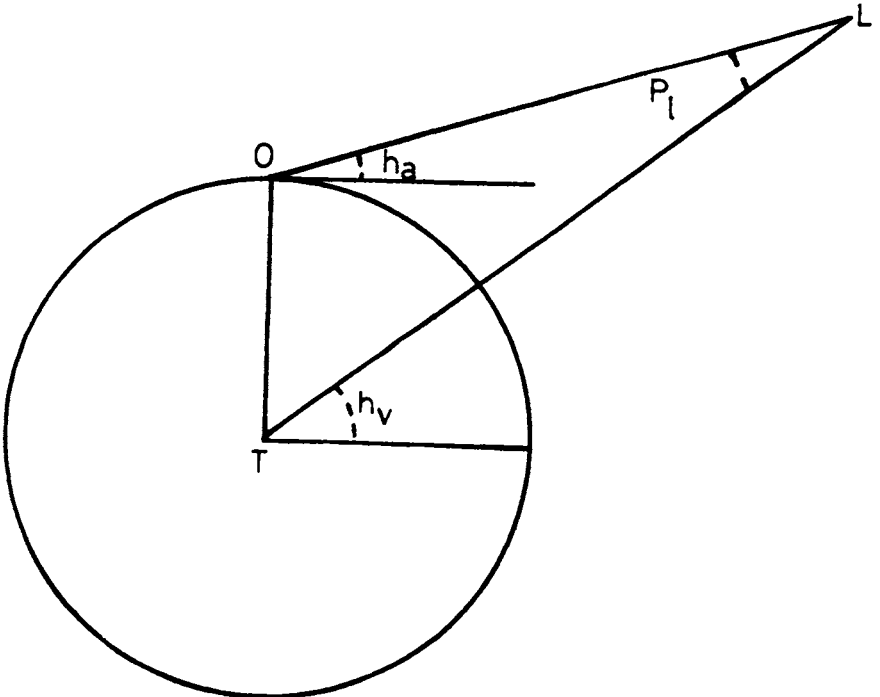


Figura 16

Com indica el text, caldrà sumar el valor 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 |

El resultat d'aquesta suma proporcionarà l'altura veritable 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 $\beta / = 0^\circ$.

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 Ḥabaš.

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 veritable 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. $\lambda_l \pm 1;10^\circ$

155. Aquest valor no es troba al ms. El deduïm 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 Ḥabaš al-Ḥāsib, es troba al *Zig* d'aquest autor al ms. Berlín (Ahlwardt) 5750, fol 153. I, en canvi, no apareix al Ms. d'Istanbul. No obstant això, aquest proporciona un sistema diferent als fols. 154 v/155r, estudiats per E.S. KENNEDY, 2, 42-43 / 173-74.

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

Com a pura hipòtesi suggerirem 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 Ḥabaš. 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 *Ziğ* d'aquest darrer autor del ms. Istanbul Yeni Çami 784, 2.º. 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 diferents de t , entenenent 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° |
| Ḥabaš | 1;10,56 | 1;35,28 | 1;28,52 | 1;6,12 | 0;35,8 |

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

| | | | | | |
|-------|------------|------------|------------|-------------|-------------------------|
| t | 30° | 60° | 90° | 120° | 150° |
| al-Ḥw | 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 de trobar ràpidament, per a una t donada, la corresponent correcció en longitud de la paral·laxi. No obstant això, el paràmetre de $1;10^\circ$, per a $t = 30^\circ$, en aquestes taules de paral·laxi, expressa hores i no graus. Així, doncs, si la nostra hipòtesis fos correcta, l'addició o la resta d' $1;10^\circ$ s'hauria de realitzar a l'etapa 4 del càlcul.

4. Segon pas per a determinar l'angle horari que interessa. Consisteix a assenyalar sobre la corona, i mitjançant l'índex, el pas de la lluna corregida λm 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:

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

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-Ḥwārizmī, vegeu O. NEUGEBAUER, 2, 71.

La possible lògica d'aquest procés rau a considerar un avenç mitjà de la lluna en longitud de $0;30^{\circ}$ /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 a obtenir la "longitud de la lluna corregida en ascensió".

6. Immediatament cal introduir una altra correcció que pot correspondre al fet que la lluna no es desplaça sobre l'eclíptica, ans la seva òrbita forma amb aquesta un angle de $4;46^{\circ}$ segons Ḥabaš al-Ḥāsib.¹⁶⁰ Es calcularà:

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

Pel que fa al primer factor d'aquest producte, i si hom atribueix valors a β , la correcció que s'obté és la següent:

| | | | | | |
|----------------|-------------------|----------------|-------------------|----------------|-------------------|
| β | $\Delta 1$ | β | $\Delta 1$ | β | $\Delta 1$ |
| 0° | 0° | $1;40^{\circ}$ | $0;02,05^{\circ}$ | $3;20^{\circ}$ | $0;04,10^{\circ}$ |
| $0;10^{\circ}$ | $0;00,13^{\circ}$ | $1;50^{\circ}$ | $0;02,18^{\circ}$ | $3;30^{\circ}$ | $0;04,23^{\circ}$ |
| $0;20^{\circ}$ | $0;00,25^{\circ}$ | 2° | $0;02,30^{\circ}$ | $3;40^{\circ}$ | $0;04,35^{\circ}$ |
| $0;30^{\circ}$ | $0;00,38^{\circ}$ | $2,10^{\circ}$ | $0;02,43^{\circ}$ | $3;50^{\circ}$ | $0;04,48^{\circ}$ |
| $0;40^{\circ}$ | $0;00,50^{\circ}$ | $2;20^{\circ}$ | $0;02,55^{\circ}$ | 4° | $0;05,00^{\circ}$ |
| $0;50^{\circ}$ | $0;01,03^{\circ}$ | $2;30^{\circ}$ | $0;03,08^{\circ}$ | $4;10^{\circ}$ | $0;05,13^{\circ}$ |
| 1° | $0;01,15^{\circ}$ | $2;40^{\circ}$ | $0;03,20^{\circ}$ | $4;20^{\circ}$ | $0;05,25^{\circ}$ |
| $1;10^{\circ}$ | $0;01,28^{\circ}$ | $2;50^{\circ}$ | $0;03,33^{\circ}$ | $4;30^{\circ}$ | $0;05,38^{\circ}$ |
| $1;20^{\circ}$ | $0;01,40^{\circ}$ | 3° | $0;03,45^{\circ}$ | $4;40^{\circ}$ | $0;05,50^{\circ}$ |
| $1;30^{\circ}$ | $0;01,53^{\circ}$ | $3;10^{\circ}$ | $0;03,58^{\circ}$ | $4;46^{\circ}$ | $0;05,58^{\circ}$ |

159. La velocitat mitjana de la lluna que considera Ḥabaš és de $0;33^{\circ}$ /hora; vegeu AS-SALEH, J.A., I, 156-163; 231-38.

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

A continuació obtindrem les mateixes dades a través de la resolució del triangle que representa la figura núm. 17.

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

$$\sin \lambda l = \frac{\sin \beta}{\sin \beta \max} \quad \text{i,}$$

$$\frac{\cos \lambda l}{\cos \beta} = \frac{\cos \lambda le}{\sin 90^\circ} \quad \text{d'on}$$

$$\cos \lambda le = \frac{\cos \lambda l}{\cos \beta}$$

Hom obté així:

| β | $\Delta 2$ | β | $\Delta 2$ | β | $\Delta 2$ |
|---------|------------|---------|------------|---------|------------|
| 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;48° | 0° |

Compararem 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 inapreciables a la graduació de l'eclíptica.

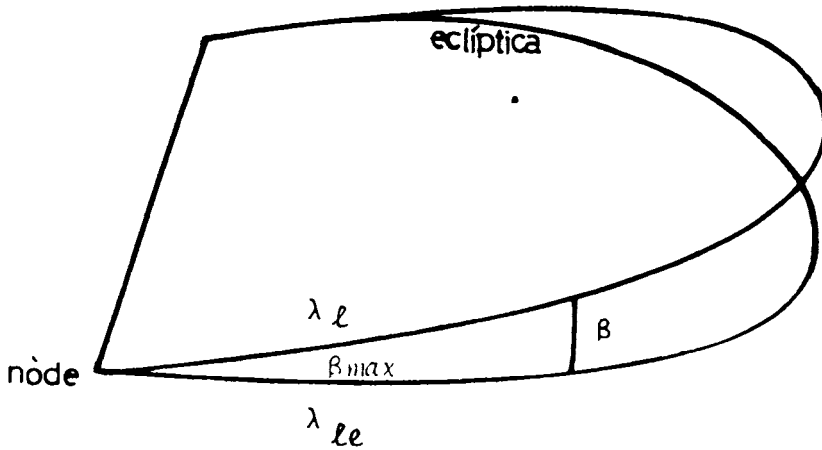


Figura 17

El que sí que cal remarcar és que a través de la regla de Ḥabaš s'arriba a obtenir el valor $0;05,58^\circ \approx 0;05,57^\circ$ correcció màxima, obtinguda per a la latitud de $4;46^\circ$, per la projecció del pla de l'òrbita de la lluna a l'eclíptica segons el *Ziğ* de Yaḥyā ibn Abī Maṣṣūr¹⁶¹.

Finalment, no podem explicar el motiu pel qual 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 emprant la làmina corresponent.

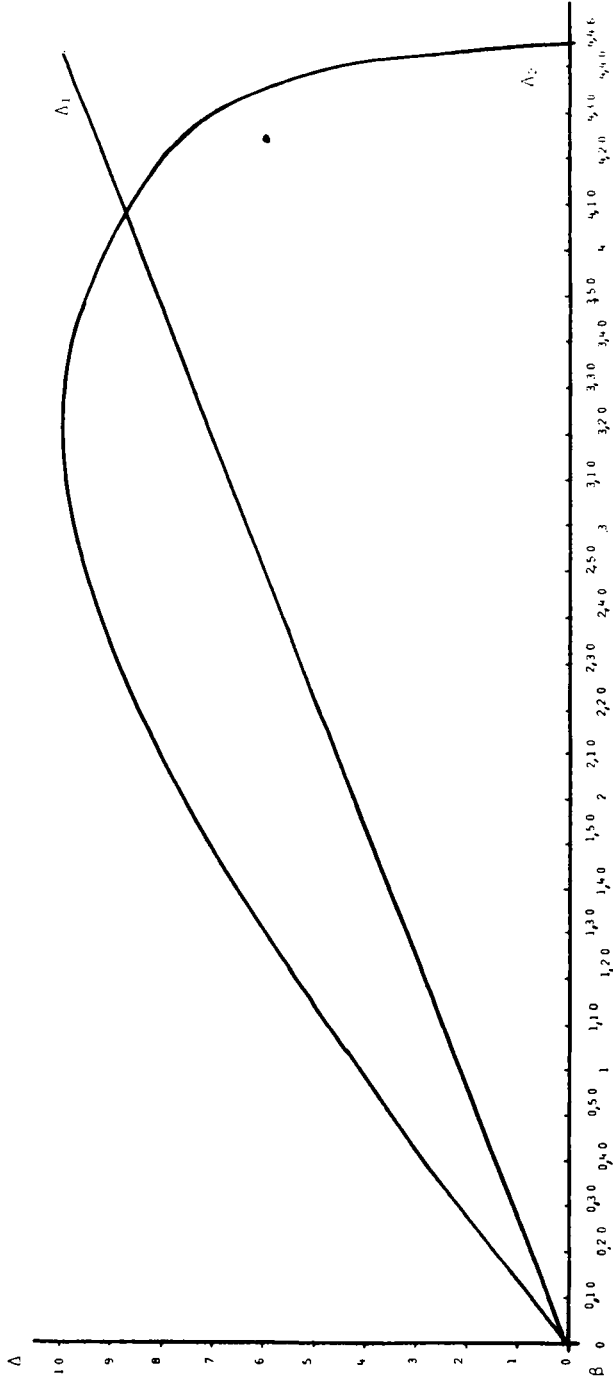
Realitzades totes aquestes correccions, hom haurà trobat el grau de l'eclíptica que s'oculta amb la lluna —a la primera meitat del mes— o el que ascendeix amb ella —a la segona meitat—. Posant aquests graus, respectivament, sobre els horitzons occidental i oriental, el grau del sol indicarà l'hora en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

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 el món musulmà. El calendari religiós depèn de l'observació visual de la lluna creixent.

Ibn al-Samḥ 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

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



l'elongació d'aquest astre en el moment del crepuscle. Ara mateix analitzarem tots tres mètodes.

A la figura núm. 18:

Cal determinar amb precisió la longitud del sol λ_s i la de la lluna λ_l en el moment que es pondrà el sol, és a dir, cal assenyalar 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 $\rho(\lambda_l)$.

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-Samḥ 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: $\lambda_l \pm \beta_l$. 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 mateixos astres directament sobre l'horitzó).

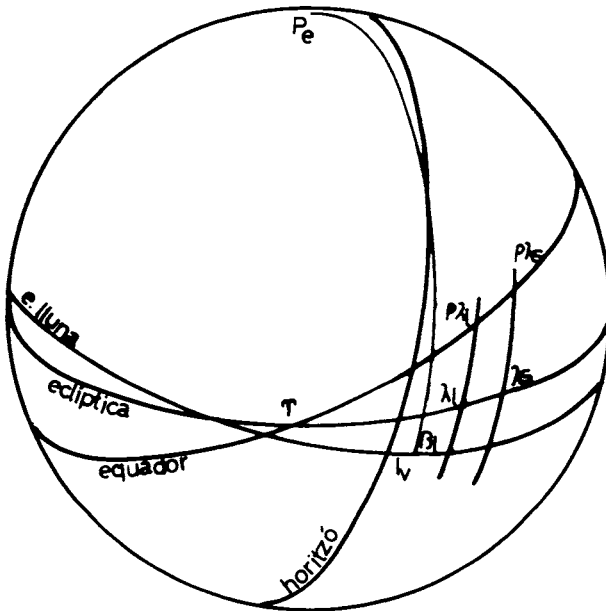


Figura 18

Havent realitzat això, el text estableix que si la diferència

$$\rho(\lambda_s) - \rho(\lambda_l)$$

es 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:

$$\Delta\lambda \geq \rho(\lambda_s) - \rho(\lambda_l)$$

en un valor superior a 12° .

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 que aquesta sigui sobre o sota l'horitzó local. És important de 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 altres astrònoms, per exemple Ya'qūb ibn Ṭāriq (fl. 760).¹⁶³

Del mateix problema s'ocupa el *Ziğ* d'al Ḥwārizmī-Maslama¹⁶⁴ bé que probablement aquesta preocupació fos pròpia del segon astrònom, mestre d'Ibn al-Samḥ.¹⁶⁵

162. Al *Ziğ* de Ḥabaš el marge és de 10° i no de 12° . Cf. Ms. Istanbul Yeni Çami 784, 2.º, fol. 164 r.

La fórmula de Ya'qūb ibn Ṭāriq per a l'observació de la lluna nova és la següent:

$$\Delta s = A_\varphi(\lambda_m + 2/3\beta - 180^\circ) - A_\varphi(\lambda_s - 180^\circ) \text{ on}$$

Δs és la diferència entre els dos ocasos.

β és la latitud de la lluna (negativa si és meridional).

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

El marge que dona aquest autor és $\Delta s \geq 12^\circ$

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-Samḥ, al fet que treballa amb els oposats dels graus del sol i la lluna sobre l'horitzó oriental. Cf. E.S. KENNEDY 4, 127-132/158-163.

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

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.

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

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

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 núm.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'almucantarat 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, $B_{L_1} = FL_1$ tenim que $\lambda |S_1| > \lambda L_1$ o sia, $\gamma S_1 = \gamma F + FS_1$

Si considerem la segona posició L_2 :

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

S_2 és el punt de l'eclíptica que té la mateixa altura que la lluna. En aquest cas, $B_{L_2} = FL_2$, tenim que $\lambda S_2 > \lambda L_1$ o sia, $\gamma S_2 = \gamma F - FS_2$

En ambdós supòsits el text identifica

$$FS_1 = \beta_{L_1} \qquad FS_2 = \beta_{L_2}$$

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

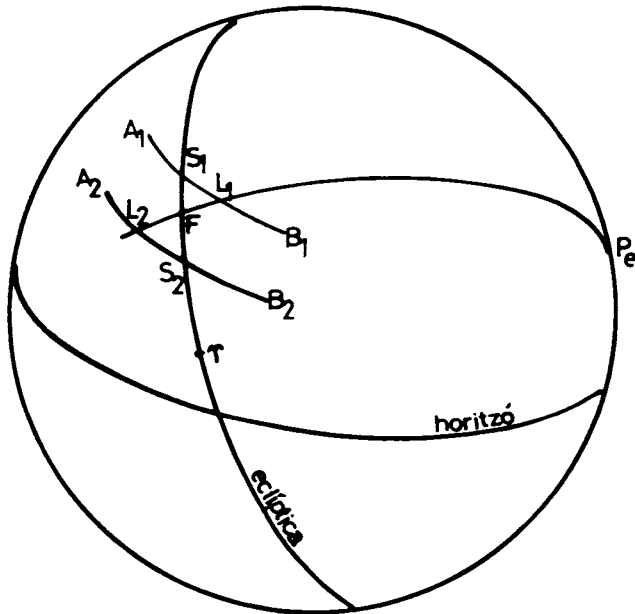


Figura 19

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 hom intenta és de trobar un punt de l'eclíptica que tingui, al moment en què opera, la mateixa altura que la lluna. Aquest punt, situat sobre l'almucantarats de l'altura, serveix de referència per a 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 Ḥabaš, 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 donin 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, Ibn al-Šaffār i Abraham b. 'Ezra,¹⁶⁶ bé que són iguals entre ells i presenten una estructura similar, no tenen connexió amb el d'Ibn al-SamḤ car s'ajuden d'un dels estels projectats i 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'in-

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

tegraran com a catet d'un triangle rectangle en què podem mesurar un del 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 recta (figura núm. 20), mesurem l'angle α igual a la altura h , i resultarà que:

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

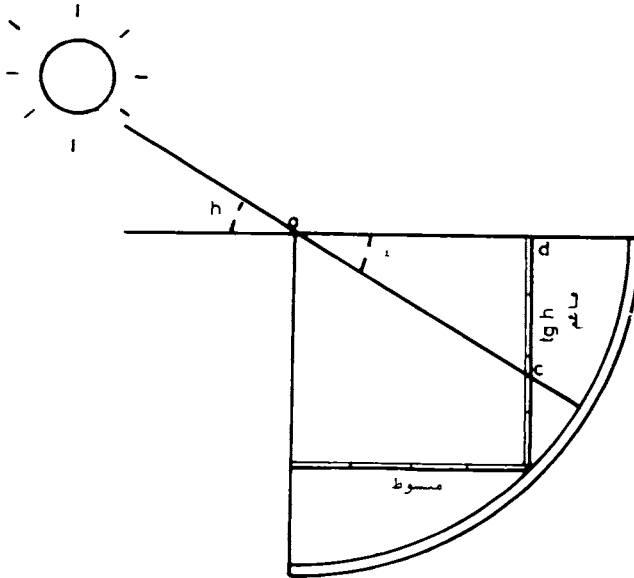


Figura 20

167. Recentment ha estat publicat un estudi sobre els coneixements trigonomètrics a l'obra alfonsina. Cf. E. AUSEJO, 1.

—Si l'alidada cau sobre les divisions de l'ombra versa (figura núm. 21), mesurem l'angle α , complementari de l'altura h , i resultarà que:

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

El capítol 117 del tractat d'Ibn al-Samĥ 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 almucantarats de la làmina de latitud amb un dels procediments descrits abans (*Supra* 2. 3).

Aleshores hom pot transportat l'altura mesurada a la corona del dors de l'astrolabi mitjançant l'alidada i observar quina 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 núm. 21

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

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

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

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

Finalment Ibn al-Samĥ 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

168. Capítol 118.

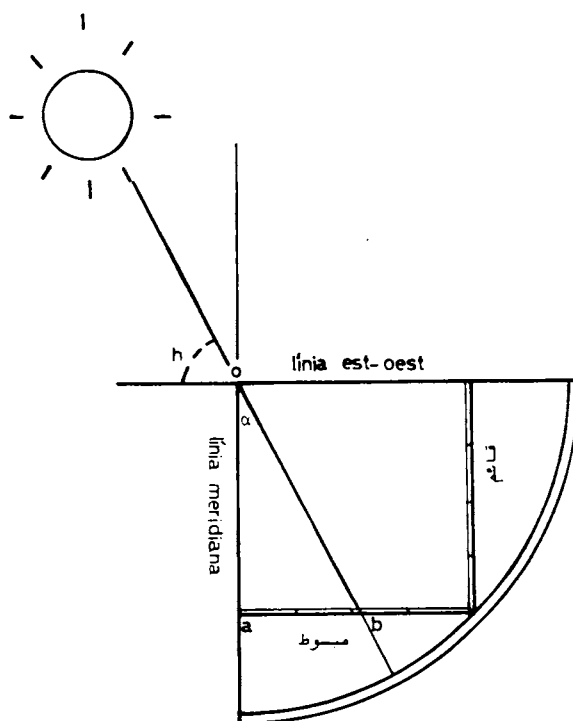


Figura 21

Si hom desconeix les ombres pot obtenir l'altura:

—En funció del grau del sol i de les hores desiguals.¹⁶⁹

—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'ascendent.¹⁷¹

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'ombres.¹⁷²

2.14.1 Mesura d'alçàries

El sistema més simple és el següent: si hom situa l'alidada com a diagonal

169. Capítol 119.

170. Capítol 120.

171. Capítol 121.

172. Capítol 122.

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 endarrera fins a 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 sumará l'altura pròpia BO , amb què obtindrà l'alçària buscada ¹⁷³ atès que, a la figura núm. 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:

$$\text{ombra recta}_2 - \text{ombra recta}_1$$

és a dir:

$$\text{cotg } \alpha_2 - \text{cotg } \alpha_1.$$

Vegeu la figura núm. 23

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

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

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

$$O_1B \text{ cotg } \alpha_2 = \text{cotg } \alpha_1 O_1O_2$$

$$O_1B (\text{cotg } \alpha_2 - \text{cotg } \alpha_1) = \text{cotg } \alpha_1 O_1O_2$$

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

173. Capítol 124.

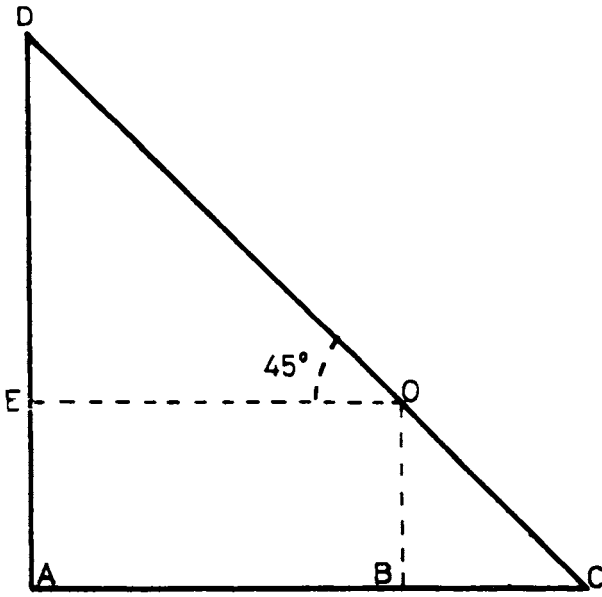


Figura 22

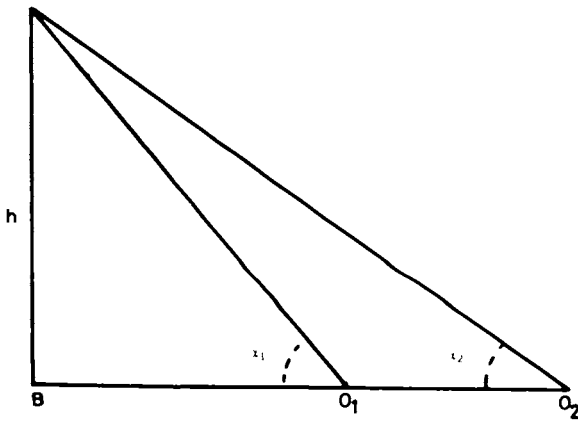


Figura 23

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.

S'emprarà un bastó per a 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 núm. 24:

1.^a visual AB i 2.^a visual AC , mesurant l'angle α

Coneixem la cotg α expressada en dígits i CB expressat en colzades:

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

Operarem:

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

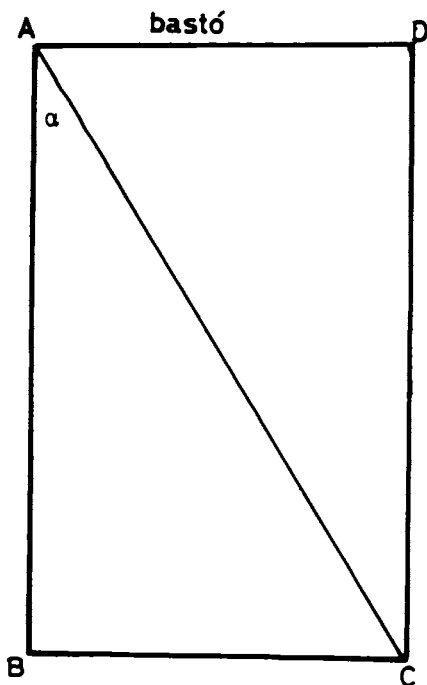


Figura 24

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 els casos:

1. És 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 sol. Ho dividiràs per 12 i obtindràs, en colzades, l'amplada del riu." A la figura núm. 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 sigui possible. Procedint com s'ha fet al capítol

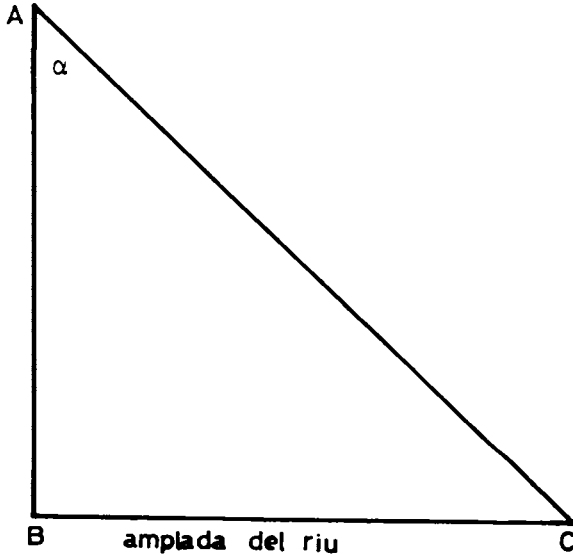


Figura 25

174. Capítol 126.

175. Capítol 127.

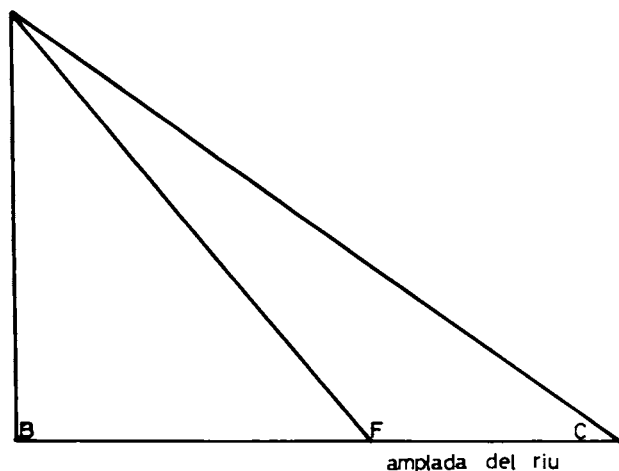


Figura 26

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 núm. 26:

$$BC - BF = FC$$

La resolució d'aquestes qüestions és una de les aplicacions de l'astrolabi que podríem qualificar de clàssica als tractats andalusins. Totes les possibilitats al·ludides a què es refereix Ibn al-Samḥ són presents en uns tractats o en altres. Àdhuc n'inclouen de diferents.¹⁷⁶ En aquest sentit volem recordar que ja hem analitzat¹⁷⁷ les referències a l'aplicació de l'astrolabi a tècniques de tradició àrab segons les al·lusions explícites a aquest fet que dona Ibn al-Şaffār al seu tractat. Només hem de destacar que malauradament, el llibre d'Ibn al-Samḥ, bé que inclou el càlcul de la profunditat d'un pou, no aporta cap novetat sobre el problema.

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-Māšāīlāh 1-u, 230-231; Ibn al-Şaffār, 43-44; Pseudo-Maslama, 279; Alfons X, 284. Tamboc es troba al text d'Abraham b. 'Ezra.

També, com conèixer l'altura d'un objecte mitjançant dues observacions realitzades des del seu cim. Aquest, present a Abraham b. 'Ezra, 27. O com conèixer l'altura romanent immòbil al cim de l'objecte. Àdhuc, la determinació de l'amplada del riu conservant l'alidada amb el mateix angle per a dues observacions diferents. Aquestes qüestions són analitzades a R. MARTÍ i M. VILADRICH, 3, respectivament, 53-54, 55-56, 60-61.

177. Cf. R. MARTÍ i M. VILADRICH, 3, 57-59.

2.14.4. Ombra i oració

El capítol 123 posa en 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 recta 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 llarga 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 dígits 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 el temps adequat per a dur a terme l'oració de l'*al-ʿaṣr* d'una forma ortodoxa (*Supra* 2.8.3.); vint-i-quatre —dues vegades el nombre de dígits del gnòmon— correspon aproximadament a una altura del sol sobre l'horitzó de $26;30^\circ$, és a dir, quan la $\cotg \alpha$ és 2, l'angle α és $26;30^\circ$. I quan l'ombra és el doble del gnòmon, s'esdevé la fi del temps per dur a terme d'una forma ortodoxa l'oració de l'*al-ʿaṣr*.¹⁷⁸

Considerem que per a la determinació de l'hora d'oració cadascú disposa d'un instrument prou fiable com és el propi cos, i, per tant, és molt probable que hom identifiqui l'estatura 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 dígits, equivalents a una colzada. Com que els dígits d'una colzada són tres, podem deduir que el gnòmon té quatre colzades i que la mesura d'un home dempeus equival a això.¹⁷⁹

És possible que l'ombra amb el 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-Àndalus, atès que quan la $\cotg \alpha$ és $0;25^\circ$ l'angle α és de 76° i $hm = 24^\circ (90^\circ - \varphi)$; si considerem $\varphi \approx 38^\circ$ i $\varepsilon \approx 24^\circ$ obtenim una $hm \approx 76^\circ$ essent la latitud de Còrdova $\approx 38^\circ$.

Aquest capítol no té paral·lel a cap dels altres tractats. D'altra banda, l'ombra del sol a migdia és d' $1/4$ al *Calendari de Còrdova* el dia 16 de juny, i la seva altura de $76;20^\circ$.¹⁸⁰

178. E. S. KENNEDY, 8, 11, 132-53, recull, a través d'al-Bīrūnī, la discussió sobre les tradicions per a la determinació de les hores d'oració. Concretament aquests valors d'ombra = 2 gnòmon per a delimitar el temps de l'*al-ʿaṣr* i ombra = 1 colzada per al temps de l'*al-zuhr* són usuals. Cf. 135 i *Supra* nota núm. 122.

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

180. Cf. J. SAMSÓ, 6, 127.

3. CONCLUSIONS

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

En primer lloc disposem ara de la traducció catalana del llibre d'ús de l'astrolabi d'Ibn al-SamḤ. 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 *fitna*. El text és resultat d'una activitat intel·lectual productiva que comença a prendre caire d'autòctona a al-Àndalus.

Els textos de l'escola de Maslama relatius a l'astrolabi s'han distingit sempre per llur caràcter precís i pràctic. D'entre ells hom destaca sempre el llibre d'ús d'Ibn al-Şaffār 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, pensem, però, que els historiadors no han estat justos amb el text d'Ibn al-SamḤ.¹⁸² En sembla haver evidenciat que la complexitat no és tal malgrat la primera impressió que transmet òbviament la seva extensió. De fet ja hem manifestat la nostra opinió sobre la repetició de operacions. Ibn al-SamḤ, al llarg del 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. Creiem que això, l'acurada divisió dels capítols i el llenguatge planer en què ha estat redactada augmenten l'interès didàctic d'aquesta obra.

D'altra banda en començar hem fet referència a les primeres traduccions de textos científics àrabs al llatí a la Marca Hispànica durant la segona meitat del segle X, quan el cenobi de Santa Maria de Ripoll va contribuir a obrir una via important de comunicació sobre l'eix Barcelona-Rin entre la Marca, la Lorena i Alemanya a través de la vall del Roine, per mostrar que el que acabeu de llegir ha estat conformat per unes coordenades d'investigació més amples. Per això, i dins aquestes, hem volgut esmentar la troballa en un manuscrit d'El Escorial de dos capítols copiats del text de construcció d'Ibn al-SamḤ que ha estat considerat sempre com a perdut. Fóra massa prematur de fer ací qualsevol valoració sobre els continguts d'aquests capítols que tracten de la projecció

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

dels estels fixos. Si ho hem anunciat és perquè ho considerem també un resultat important d'aquest estudi.

Però si ens centrem en el tractat d'ús d'astrolabi d'Ibn al-Samḥ hem de dir que no hi ha cap diferència de fons entre aquest i el d'Ibn al-Şaffār. No obstant això, hi ha algunes novetats. Destacarem que hi 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 *Libro dell Ataçir*, començem a pensar que, aprofundir-la, potser aportarà noves dades sobre els sistemes d'endevinació que, ara ja sens dubte, practicaren aquest astrònoms. Hem verificat així mateix que els mètodes d'aproximació del tractat d'Alfons X, que vàrem relacionar amb Ibn al-Şaffār, eren practicats també per Ibn al-Samḥ.

Una altra novetat respecte a Ibn al-Şaffār 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 deriva del *Ziğ* d'al-Battānī. Els textos de l'escola de Maslama han apuntat el coneixement a al-Àndalus dels genis de la ciència oriental i araboislàmica: Ptolemeu, al-Ḥwārizmī, al-Battānī... Però des d'ara haurem d'incloure entre aquests Ḥabaş al-Ḥāsib, car el text que hem estudiat ha mostrat que era conegut a Occident al segle XI. Prescindint del fet que aquest astrònom fos autor o no d'un tractat d'ús d'astrolabi, gràcies als excel·lents treballs que li ha dedicat E. S. Kennedy hem pogut documentar per primera vegada el coneixement d'uns paràmetres establerts per Ḥabaş a les seves taules astronòmiques. Aquestes han estat, doncs, les dades més importants que ens ha deixat Ibn al-Samḥ, aquest home enginyós i intel·ligent que ha despertat la nostra admiració.

TRADUCCIÓ

- Capítol 1* Descripció de l'instrument conegut com a astrolabi, denominació de les seves peces i el seu traçat. 25v
- Capítol 2* Com es determina en quin grau dels signes es troba el sol a cadascun dels dies dels mesos cristians d'una forma aproximada mitjançant el sistema *al-Mumtaḥan*.
- 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 almucantarats.
- 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 horari i del grau del sol. 26r

- 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.
- Capítol 36* Determinació de l'angle horari en funció de l'altura i de les hores.
- Capítol 37* Càlcul de les hores en funció de l'angle horari i l'altura.
- Capítol 38* Coneixement de l'altura en funció de l'angle horari i les hores.
- Capítol 39* Coneixement de les hores [iguals] en funció de l'angle horari durant el dia i 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.
- Capítol 41* Coneixement de les hores temporals en funció de les hores iguals i del grau del sol durant el dia i la nit.
- Capítol 42* Determinació del grau del sol en funció de les hores temporals i de les hores iguals durant el dia i la nit.
- Capítol 43* Mesura de / l'arc diürn i de l'arc nocturn en funció del grau del sol. 261
- Capítol 44* Coneixement de les hores iguals del dia i de la nit en funció del grau del sol.
- Capítol 45* Obtenció de les hores [iguals] del dia més llarg de l'any.
- Capítol 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.

- Capítol 47* Mesura de la durada de les hores temporals del dia i de la nit quan hom coneix el grau del sol.
- Capítol 48* Determinació dels quatre pivots en funció del grau del sol i de l'altura.
- Capítol 49* Determinació dels principis de les cases 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 a la línia equatorial.
- 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 del grau dels signes que té una ascensió coneguda.
- 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 / dels graus dels signes. 27r
- 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 hores i de l'altura d'un dels estels de l'aranya.
- Capítol 83* / Coneixement de les hores en funció de l'angle horari i l'altura d'un dels estels de l'aranya. 2'
- 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 i 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 100¹** Obtenció dels quatre punts cardinals en funció de l'altura d'un dels estels de l'aranya.
- 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 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.
- 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 Ḥabaš per a l'obtenció de la latitud de la lluna.
- Capítol 110** El sistema esmentat per Ḥabaš per a obtenir la longitud veritable de la lluna en funció de la seva altura.
- Capítol 111** El sistema mencionat per Ḥabaš 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 Ḥabaš per al coneixement de la lluna nova.
- Capítol 113** El seu mètode² per al coneixement de les hores durant la nit en funció de l'altura de la lluna.

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

2. Potser es refereix al mateix Ḥabaš.

- Capítol 114* Sobre el comportament dels cinc planetes en llur retrogradació.
- Capítol 115* Obtenció dels temps de la revolució dels anys segons la revolució d'un any precedent i dels seus ascendent.
- Capítol 116* Projeccions dels raigs dels planetes.
- Capítol 117* Coneixement de l'ombra recta (*al-zill al-mabsūṭ*) 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 les hores i del grau del sol. 281
- 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.
- 28r *Capítol 123* Coneixement de l'ombra recta quan s'estén 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 estàtues, 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, sigui petit o gran,³ quan arribes 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. Paráfrasi que correspon a la traducció de la paraula ۛ

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

CAPÍTOL 1

Descripció de l'instrument conegut com a astrolabi, denominació de les seves peces i del seu traçat

Les parts de l'astrolabi són sis: la primera d'elles és anomenada "mare", la segona són "les làmines", la tercera "l'aranya" (*'ankabūt 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 seus noms, amb l'ajut de Déu.

29r

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 ungla. Les vores d'aquesta corona són cercles el centre dels quals es troba al centre de la làmina. És unida permanentment a la làmina, com si en formés part, i dividida, en la seva superfície, en quatre parts iguals: cadascuna d'aquestes parts és anomenada 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 quals 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'hi 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. Aquest números es denominaran graus del limbe. S'anomenen també temps de les ascensions (*azmān al-maṭāli'*).

A la línia meridional⁴ d'aquesta corona hi ha un forat ben fet. En aquest forat s'introdueix una anella mòbil (*miḥwār*) que s'enganxa amb una anella menor per la qual es passa una corda amb què hom 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 se suspèn una plomada a l'anella, aquesta passarà per la línia meridional, i, tot seguit, per la septentrional, sense

4. Es refereix al segment comprès dins la corona.

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

L'anella (*miḥwār*), l'anella menor (*al-urwa*) i la corda (*al-ḥalqa*, *al-ḥilqa*) s'anomenen "el suspensori" (*al-ilāqa*) 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.

Hom anomena 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".

Hom gradua en 90 parts iguals el quadrant situat a les vores de la làmina, que va des de la línia oriental fins a la meridional, aquell on es troba el suspensori. Els números s'escriuen correlativament començant a partir de la línia oriental. Aquestes divisions són anomenades "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 dígit 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 és anomenat "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 llur dimensió té l'amplada de la corona perquè cal que, en introduir-les-hi, quedin perfectament ajustades sense que sobri res ni quedi cap buit.

Han estat traçades a cada / làmina dues línies que es tallen al seu centre formant angles rectes.

30r

Els extrems d'aquestes dues línies es corresponen amb les quatre línies esmentades a la corona, és a dir: línia meridional, septentrional, oriental i occidental. Per això coincideixen els centres d'aquestes làmines i el centre de la mare.

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

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 ells, anomenats "almucantarats". Els cercles complets són cada cop més petits fins a 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— és anomenat "cercle de l'horitzó". L'horitzó, els almucantarats i les línies horàries 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 és anomenat "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 de sota de 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 *zuhr* (migdia) i el mateix s'esdevé a l'hora desena sobre la qual s'inscriu la línia del *ʿaṣr*.

Sobre els almucantarats 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 són anomenats "azimuts" i van des del punt d'intersecció de l'horitzó amb l'Equador fins a la línia septentrional⁶ i fins a la línia meridional, per la part oriental i per l'occidental.

Aquests azimuts estan graduats entre 1° i 90°. Els artesans 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 esmentat,⁷ 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'azimut] 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 (*kullt*) que requereix una làmina gran. Si les làmines són petites, com ja hem dit, la graduació anirà de 5°

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

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

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 és anomenat "quadrant oriental septentrional". L'arc comprès entre aquest punt i la intersecció de la línia meridiana amb el tròpic de Capricorn és anomenat quadrant oriental meridional. L'arc comprès entre el punt oest i la intersecció de l'horitzó amb la línia meridiana és anomenat "quadrant occidental septentrional". L'arc comprès entre aquest punt i la intersecció de la línia meridiana amb el tròpic de Capricorn és anomenat "quadrant occidental meridional".

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

La línia del mig del cel talla la totalitat dels almucantarats en dues meitats. Una queda situada cap a la part oriental i l'altra cap a l'occidental. Llur 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 almucantarats 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 a tots dos costats, d'orient i d'occident. Els almucantarats reben el nom de cercles de l'altura.

30v 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 (*kullh*). Hom necessitarà una làmina gran i la graduació dependrà de les dimensions de la làmina: si l'astrolabi és senari (*sudsī*) cada signe quedarà dividit en cinc parts; si és ternari (*tulfi*) hi haurà deu divisions per signe.

En aquesta làmina hi ha garfis punxeguts que corresponen als senyals de les posicions dels estels fixos, i s'escriuen llurs noms sobre ells. Al principi del signe de Capricorn hi ha quelcom que sobresurt de la làmina, ben subjecte a ella, que hom 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 almucantarats corresponents als diversos climes. L'aranya gira a l'interior de la corona d'una manera 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 coincideixen amb la línia meridional de la corona, les orien-

tals 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 ungla 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 hom 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 de la mida necessària 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 una mida equivalent, mai més gran ni més petita. 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 d'una forma aproximada mitjançant el sistema *al-Mumtaḥan*

He anotat en aquest capítol / la posició del sol al 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.

32r

El primer dia de març: 15;30° de Peixos.

El dia 15 de març: 0;30° d'Àries

El primer dia d'abril: 16° d'Àries

El dia 15 d'abril: 0;30° de Taure

El primer dia de maig: 15° de Taure

El dia 15 de maig: 29;30° de Taure

El primer dia de juny: 14;30° de Gèmini
 El dia 15 de juny: 29° de Gèmini
 El primer dia de juliol: 14° de Càncer
 El dia 15 de juliol: 29;30° de Càncer
 El primer dia d'agost: 18° de Lleó
 El dia 15 d'agost: 29;30° de Lleó
 El primer dia de setembre: 13° de Verge
 El dia 15 de setembre: 29;30° de Verge
 El primer dia d'octubre: 12;30° de Lliura
 El dia 15 d'octubre: 29;30° de Lliura
 El primer dia de novembre: 13;30° d'Escorpió
 El dia 15 de novembre: 29° d'Escorpió
 El primer dia de desembre: 14° de Sagitari
 El dia 15 de desembre: 29;30° de Sagitari
 El primer dia de gener: 16° de Capricorn
 El dia 15 de gener: 1° d'Aquari
 El primer dia de febrer: 17° d'Aquari
 El dia 15 de febrer 0;32° de Peixos

CAPÍTOL 3

Coneixement de l'observació de l'altura del sol

Penja l'astrolabi a la teva mà dreta pel suspensori / 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 pinnula 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.

32v

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 almucantarats, els orientals si l'altura fos oriental o els occidentals si fos occidental, els números que hi són escrits i conserva l'almucantarats amb el número corresponent a l'altura.

Després situa el grau del sol del cercle dels signes, representat a l'aranya, damunt d'aquell almucantarats. 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 almucantarats

Tal vegada no trobis sempre números d'almucantarats que corresponguin al valor de l'altura. Busca l'almucantarats / amb número menor al valor de l'altura (el número de l'almucantarats següent serà més gran que aquell valor de l'altura, la qual necessàriament es trobarà entre els dos almucantarats). Quan el trobis, anomenaràs l'almucantarats 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'almucantarats "primer" obtenint "la diferència de l'altura". Anota-ho. Després restaràs del número del segon almucantarats el del primer, i obtindràs la diferència que hi ha entre ambdós almucantarats. Pren-ne nota. Aquesta diferència és sempre sis a l'astrolabi senari, tres al ternari, dos al mitjà (*nisfi*) i u al complet. Tot seguit obtindràs la proporció entre "la diferència de l'altura" i la diferència entre els dos almucantarats. Anota aquesta proporció, que és la "proporció de l'altura". Col·loca el grau del sol sobre l'almucantarats "primer" i senyala sobre l'índex dels graus a la corona: és el primer senyal. Tot seguit, situa el grau del sol sobre l'almucantarats 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 almucantarats, en la posició que desitjaves, si Déu vol.

CAPÍTOL 6

Mesura de les hores i coneixement del temps de llurs fraccions

És possible que 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 això que descriuré tot seguit. Col·loca el grau del sol sobre la posició que calgui als almucantarats en funció del que hagi determinat amb anterioritat. / Fes un senyal sobre la corona amb l'índex 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 moment,⁸ 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 quant hi ha entre els senyals segon i tercer, que serà el temps d'una hora d'aquell dia. Guarda-ho.

33v

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

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 almucantarats i determina-la tal com ha estat 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

És possible que 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 almucantarats i determina'l.⁹ Fes el primer senyal sobre l'índex dels graus. Pren el grau dels signes que es troba endret a l'horitzó, el

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

9. Fa referència a l'ascendent.

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'índex 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. Esbrina quants graus hi ha entre el segon senyal i el tercer. Anota-ho. /

Esbrina quant hi ha entre la primera divisió i la segona, 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 *sudsī*, tres al *tulī*, dos al *nisfī* 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.

34r

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 *ḥadīth* d'Umar, Déu en sia satisfet. El principi del temps de l'*al-ʿaṣr* 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 almucantarats 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 orient¹⁰ 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 escriu “principi del temps de l'*al-ʿaṣr*”, és el moment de la fi de l'*al-zuhr* i el principi de l'*al-ʿaṣr* 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 escriu “les parts de l'*al-ʿaṣr*” és la fi del temps de l'oració de l'*al-ʿaṣr* que s'esdevé quan l'ombra és dues vegades el gnòmon. I el moment de l'*al-zuhr* és comprès entre l'*al-zawal* i *al-ʿaṣr*, 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 i observa, sobre els almucantarats, on es troba el grau del sol i serà l'altura en aquell moment. Si el grau del sol es troba sobre els almucantarats orientals, l'altura és oriental; si es troba sobre els almucantarats occidentals, és occidental.

341

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 almucantarats 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 las 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 terç (o la meitat si haguéssim dit mitja hora, o dos terços si haguéssim 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.

11. Es refereix a les hores temporals.

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 mateix 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./

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 mateix 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'almucantarar 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'almucantarar. Observa l'oposat del grau del sol que has situat sobre l'almucantarar: si cau sobre l'hora esmentada el grau que has situat sobre l'almucantarar 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'almucantarar, 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 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 l'anterior: només es verifica si hom coneix en quina estació de l'any es troba. Obtens el grau del sol com ha estat dit al capítol precedent. Quan el coneguis, el situaràs sobre l'almucantarats de l'altura i esbrinaràs 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 mateix 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 almucantarats coincideix amb l'altura: això serà l'altura. Si aquest almucantarats 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'almucantarar 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 almucantarar serà el grau del sol, si Déu vol.

36r

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.

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 sàpigues, prens el primer grau de l'estació, el desplaces vers l'horitzó oriental i senyales l'índex dels graus. Després poses el mateix grau sobre l'almucantarar de l'altura esmentada i senyales l'índex dels graus. Si entre el primer senyal i el se-

12. Traducció de *الدائر من العلك*. 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.

gon 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 dades del problema són errònies. 36v

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'índex 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 l'índex s'allunyarà del senyal en una quantitat equivalent a l'angle horari. Busca sobre quin almucantarat 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 durante 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. Observa 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. 37r

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 mateix 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 dels que has apuntat abans —si no fos possible els sumaries 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 a la nit, faràs amb el mateix grau del sol el que has fet / amb l'oposat. Esbrina-ho.

37v

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 mateix 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 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 mateix 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 / determinaràs l'ascendent en funció del grau del sol segons el que precedeix.

38r

CAPÍTOL 33

Càlcul de l'angle horari en funció de l'ascendent i de l'altura

Situa el grau de l'ascendent sobre l'horitzó oriental, mira quin grau dels signes correspon a l'almucantarats 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-dos. 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 ha estat dit al capítol vint-i-dos. / Després obtindràs l'altura en funció del grau del sol i les hores segons el que precedeix. 38v

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 mateix 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 mateix 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-ho 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 mateix 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**

Multiplica les hores iguals per 15° ; el producte serà l'angle horari. Coneguts l'angle horari i les hores temporals, obtindràs el grau del sol segons el que precedeix en el capítol vint-i-vuit. /

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 desbrines 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. Llavors poses l'índex sobre l'horitzó occiden-

tal i comproves 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'almucantarat sobre el qual cau. El número d'aquell almucantarat és l'altura del sol¹³ el dia que és en aquell grau.

Determina quin grau de l'Equador coincideix a la línia del mig del cel sobre l'almucantarat. El número d'aquell almucantarat 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 hom 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 desitges, 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 cau 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 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.

40r

13. Cal entendre-hi "altura meridiana del sol" o màxima altura del sol en aquell dia.

CAPÍTOL 48

Determinació dels quatre pivots en funció del grau del sol i de l'altura

Conèixeràs l'ascendent segons el que s'ha dit i miraràs 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 cases 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. Posar 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 la 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. Posar el grau de l'ascendent 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 l'onzena / i la sisena de la dotzena i així acaba la divisió de les dotze cases.

40v

Assegurà Ḥabaš que les dotze cases s'han de dividir segons l'escola de Ptolemeu i no segons el que he ordenat. Això és: posar el grau de l'ascendent sobre l'horitzó oriental i observa quin grau del signe es troba a 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, i el que roman sobre la línia de l'hora segona és el principi de la casa VI. Després determinaràs llurs oposats. Digué Ḥabaš: 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 almucantarat 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 té declinació.

Has de saber que els graus que van des de principi d'Àries 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 decreixent¹⁴ i si ultrapassa aquest punt fins al principi d'Àries, meridional creixent.¹⁵

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'almucantarat que té un número igual a la resta obtinguda, / i anota la seva posició. Gira l'aranya vers 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.

41r

Si la declinació és septentrional, suma-la a la col·latitud i busca sobre la línia del mig del cel l'almucantarat que té un número igual a la suma. Gira l'aranya vers aquells 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, coneixeràs el grau, si Déu vol.

CAPÍTOL 52

Coneixement de l'ascensió recta del signes

Situa l'índex dels graus a la línia meridiana. Després situa el grau dels signes que vulguis sobre la línia meridiana i observa sobre quants graus de la corona

14. Hauria de ser creixent.

15. Hauria de ser decreixent.

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'ascensió obliqua.

CAPÍTOL 55

Obtenció del grau dels signes que té una ascensió obliqua / coneguda

Situa l'índex dels graus a la corona, sobre una quantitat equivalent a l'ascensió¹⁶ 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 en graus de longitud.

16. El text diu, erròniament, l'ascendent.

CAPÍTOL 56

Obtenció dels arcs d'ascensió recta i obliqua per a 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 senyals¹⁷ 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 fos meridional, suma-la a l'altura meridiana que has observat i obtindràs la col·latitud. Si la declinació fos 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 té 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.

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. /

Si estan d'acord, vull dir els dos observadors, sobre la diferència horària que hi ha entre ambdues servacions pel que fa 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

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.

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.

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 de tots dos és la mateixa, si Déu vol.

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'almucantarat 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 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 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.

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 almucantarats 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'almucantarats 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

18. El text diu exactament: "obindràs 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 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 ets. 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 roman fora, és hiemal.

CAPÍTOL 67

Obtenció dels quatre punts que indiquen el nord, el sud, l'est i l'oest 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 pínnulla. 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 nord; la línia oriental a orient i l'occidental a occident. És 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.

43v

Si l'azimut és el 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 pínnulla que és 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 coincidiran 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 al 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 pínnulla 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 almucantarats, 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 longituds. 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 co-

rona 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 sud, i, si és major, vers el nord.

La latitud de la Meca és de 21; 30° i la seva longitud, 67; 30°.

Si el punt que senyala 9° Gèmini fos aquell que es trobés sobre la línia de migdia, damunt el 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 dit. Posaràs l'índex dels graus sobre el que resulti d'aquesta suma o d'aquesta resta i miraràs en quin azimuth es troben els 9° Gèmini i, d'acord amb aquest exemple, obtindràs la totalitat dels azimuths dels països, si Déu vol.

44

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; prrollonga un fil tan llarg com vulguis des 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-te'n al lloc des d'on vols transportar-la, traça-hi una línia paralel·la a l'*al-qibla* i planta-hi 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 azimuth com s'ha dit. El valor d'aquest azimuth 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 convindrà 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 hauràs 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.

45r

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. Duu la mà esquerra a l'alidada, alça-la i abaixa-la tot mirant pel forat de la pinnula que tens més a prop vers el forat de l'altra pinnula; quan vegis l'estel pels dos forats, hauràs acomplert el teu desig. Si no el veïssis, no deixis de fer 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 l'altura sobre l'almucantarats amb una graduació igual a aquesta. Mira en les línies de les hores on es troba el grau del sol i seran les hores passades de la nit. Determina la posició de l'estel sobre els almucantarats tal com ho hem dit respecte al grau del sol al capítol cinquè, i coneixeràs les hores i llurs 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 almucantar 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 determinaràs les dotze cases amb l'ascendent i el descendent, tal com s'ha dit al capítol 49, si Déu vol.

45

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

Situa l'oposat del grau del sol sobre l'almucantarat 18° - Ḥabaš 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'almucantarat 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 altura, a orient o a occident, segons correspongui a allò que has determinat al moment de l'observació. Observa els garfis dels estels restants als almucantarats. Aquests almucantarats 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 almucantarats es troben i els números d'aquells almucantarats seran les altures d'aquells estels. /

46.

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 almucantarats on escauen els garfis dels estels: els números d'aquells almucantarats 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 almucantarats, 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 almucantarats 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 almucantarats i esbrina sobre quants graus de la corona cau l'índex. 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 cau l'índex, resta'ls del primer i la substracció és l'angle horari.

46v

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, segon 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 ha estat 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 al·mucantarat 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·latitud. 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 septentrional.

CAPÍTOL 87

Coneixement del grau amb què culmina un estel /

47r

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'occidental, 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. Rest a 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 ha estat 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 almucantarats, esbrina sobre quina de les hores es troba el seu oposat: l'estel o bé el grau dels signes pugen 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 pugen al moment de la posta del sol, si Déu vol.

CAPÍTOL 92

Determinació de les latituds dels països durant la nit

Pren la màxima altura d'un dels estels circumpolars, com ara *Banāt Na^caš* 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

Situa el garfi de l'estel sobre l'almucantarats 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.

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 de l'altura 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'astrolabi a la teva mà i mira pels forats de les dues pínules vers l'estel quan hakis 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 ha estat esmentat al capítol seixanta-set.¹⁹

48r

19. Al capítol 67 no hi ha referències a l'azimut de la Meca.

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 ha estat 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.

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 coincideix] i el que se li oposa és el grau del sol.

CAPÍTOL 103

Coneixement de la mediació de la lluna o d'alguns 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 almucantarats. Esbrina quin dels graus del 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 re-

gió, car si és així, la seva declinació és meridional. Resta l'altura / de la col·latitud i el resultat 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.

49r

CAPÍTOL 105

48v 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 de fer, amb l'astrolabi, això que diem. Si fos 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 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 no coincidís 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. / Esbrina 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.

49v

Després situa el senyal de l'aranya sobre l'horitzó oriental, fes un senyal a 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 a la dels 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.

CAPÍTOL 107 /

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'annotaràs 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 diferents, 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.

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

20. Si els sentits són diferents caldrà sumar-les i no restar-les, com diu el text.

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 Ḥabaš per a l'obtenció de la latitud de la lluna

Digué: resta la longitud del node ascendent de la longitud veritable de la lluna. Si la diferència és menor de 90° , aleshores és la característica, hi treballaràs, i la latitud de la lluna serà septentrional creixent, és a dir, que augmentarà. Si la diferència és entre 90° i 180° , resta-la de 180° i obtindràs la característica, hi treballaràs, i la latitud de la lluna serà meridional decreixent, és a dir, que disminuirà. Si la diferència és entre 270° i 360° , resta-la de 360° :
50r / obtindràs la característica i hi treballaràs.

El que has de fer amb la característica és això 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 almucantarat. Busca la col·latitud d'aquella regió i resta el menor d'aquest valor 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 sigui la característica, com hem esmentat.

Digué l'autor d'aquest llibre: el sistema de Ḥabaš 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 fos que aquest llibre s'allargaria massa.

CAPÍTOL 110

El sistema esmentat per Ḥabaš per a obtenir la longitud veritable 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 almucantarats. Verifica l'altura de la lluna i, si és entre 1° i 15° , li suma $1;15''$; si és entre 15° i 30° , li suma $1;08''$; 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 $13'$, i resulta l'altura veritable, corregida en funció de la paral·laxi. A continuació observarà el grau de l'eclíptica que coincideix en aquesta altura: la lluna es troba en aquell grau.

CAPÍTOL 111

El sistema mencionat per Ḥabaš 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 ets 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 veritable 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 [marcada 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 un residu 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 $1;10^{\circ}$ a la longitud de la lluna i obtindràs el seu lloc corregit.

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 cau l'índex i li restaràs el que has anotat. Duplica-ho i seran minuts; reduceix 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 un residu 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 hi 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

51r

Mètode de Ḥabaš[✓] 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-hi, 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.

52r

Àdhuc mencionà un tercer mètode: rectifica el sol i la lluna en relació amb el moment de l'ocàs. Observa el grau del sol i posa'l sobre el principi de l'ocàs. Esbrina 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

51v

El seu mètode²¹ 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 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 almucantarats, mira sobre quantes hores rau el lloc del sol: són les hores passades de la nit.

21. Potser es refereix al mateix Ḥabaš[✓], considerant l'ordre d'aparició d'aquest capítol.

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 ascendent

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 mateix 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°. 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 almucantarats, 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 busques, 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 plane-

ta 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", 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*.

Un cop 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 trígono 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 raig primer.

Després situa el grau del planeta sobre la línia del mig del cel, esbrina sobre quants graus de la corona cau l'índex, escriu-ho. Suma-li el sextil, la quadratura o el trígono segons el que ha estat 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 raig segon.

Busca la diferència que hi ha entre aquest raig i el primer, 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 senyal primer. Després situa el grau del planeta sobre la línia de l'angle de la terra; fes un senyal sobre l'índex: és el senyal segon. Compta quants graus de la corona hi ha entre ambdós senyals: és la "distància"; anota-la.

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 trígono. Al resultat l'hi restes una volta, si convé. Situa l'índex dels graus sobre el resultat i esbrina quin dels graus dels signes cau sobre l'horitzó oriental: és el raig primer.

53r

52v

53v

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 raig segon.

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, restaràs el quocient del major dels raigs, i obtindràs el raig / corregit si Déu vol.

Aquest procediment és l'esmentat per Ptolemeu 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'índex 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 118

Coneixement 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 sigui i et resultarà un xic 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.

54r 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 sigui i et resultarà un xic 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'estén / 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

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 estès una colzada. En funció d'aquesta obtindràs l'altura, l'azimut i les hores segons el que ha estat dit. Suma 12 a l'ombra recta meridiana i obtindràs l'ombra quan s'ha estès en una longitud igual a l'altura del gnòmon. Suma 24 a l'ombra recta meridiana i obtindràs l'ombra quan s'ha estès en una longitud de dues vegades el gnòmon, si Déu vol.

CAPÍTOL 124

Coneixement de les alçàries de les palmeres, les estàtues, 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-la. Avançaràs i retrocediràs fins a veure el cim de la palmera o de

l'estàtua 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 prendràs 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

55r

CAPÍTOL 126

Determinació de l'amplada d'un riu, sigui 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 que veuràs la vorera oposada i observa 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.

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

23. Paràfrasi que correspon a la traducció de la paraula ۛ

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'extrem de 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.

CAPÍTOL 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 hi ha els mesos i els dies, és a dir...²⁴

24. Ms. il·legible a partir d'aquest punt.

INDEX D'AUTORS CLÀSSICS I PERSONATGES HISTÒRICS

- Ibn al-Abbār, 20, 21.
 °Abd Allāh al-Muzaffar bi-llāh 9, 20, 21.
 Abraham b. °Ezra, 14, 16, 19, 24, 38, 40, 43, 60, 67-69, 82, 90.
 Abū Bakr b. Bišrūn, 18.
 Abū Maslama b. °Abd al-Dā'im al-Magrīṭī, 18.
 Aḥmad b. °Abd Allāh al-Marwazī, vegeu Ḥabaš al-Ḥāsib.
 Alfons X (text alfonsí), 5, 13-15, 17, 23, 24, 39, 40, 43, 46, 47, 49, 53, 60, 66-68, 90, 93.
 Azarquiel, 14, 67, 68.
 Bādīs, 22.
 al-Battānī, 19, 32, 34, 64, 65, 67, 93.
 al-Bīrūnī, 13, 40, 69, 91.
 Chaucer, 19.
 Copèrnic, 13, 20, 68.
 Euclides, 23.
 Ḥabaš al-Ḥāsib, 14, 17, 67, 70, 73-75, 77, 80, 82, 93, 101, 124, 134, 144-146.
 Ḥabūs ibn Mākzan 21, 22.
 Ḥaġġī Ḥalīfa, 20, 23, 24.
 al-Ḥakam al-Mustanšir, 21.
 Ibn Ḥaldūn, 18-21, 23.
 Ḥanaš, 70.
 Ibn al-Ḥaṭīb, 20, 21, 23.
 Ibn Ḥayyān, 22.
 Ibn Ḥazm, 14, 23.
 Hermes, 67.
 al-Hwārizmī, 13, 19, 32, 34, 64, 68, 70, 74, 80, 93.
 Jalal al-Dīn al-Rūmī, 13.
 Johannes Hispanus, 16, 19.
 Maimònides, 14, 80.
 al-Maqqarī, 20, 23.
 Māšallāh, 13, 16, 17, 19, 24, 38, 40, 43, 46, 53, 60, 67-69, 70, 82, 90.
 Maslama al-Magrīṭī, 13, 15-19, 21, 23, 24, 32, 38, 40, 43, 46, 53, 60, 68, 80, 82, 90, 92, 93.
 Ibn al-Našī, 22.
 Ibn al-Naṭṭāh, 17-19.
 Ptolemeu, 14, 20, 67, 70, 124, 149.
 Quṣṣā b. Lūqā, 67.
 Raimon de Marsella, 17.
 Rheticus, 20, 68.
 Ibn al-Šaffār, 16, 17, 19, 24, 38, 40, 43, 46, 52, 53, 60, 67, 68, 90, 92, 93.
 Ibn Šā'id, 20-23.
 Ibn al-Samḥ, 5, 15, 17-19, 21-24, 27, 31-34, 37-40, 43, 44, 47, 52, 53, 57, 62, 64-67, 70, 71, 77, 79, 80, 82, 84, 90, 92, 93.

Samuel ha-Levi, 22.
Şinhāğa, 22.
Tales de Milet, 49, 50.
Umar b. al-Ḥaṭṭāb, 56.
Ibn Abī Uşaybi'a, 20, 21, 23.
Yaddayr b. Ḥubāsa 22.
Yaḥyā ibn Abī Manşūr, 77.
Ya'qūb ibn Ṭāriq, 13, 14, 80.
Zanāta, 22.

ÍNDIX

| | |
|---|----|
| Pròleg | 5 |
| Estudi | 11 |
| 0. Introducció | 13 |
| 0.1. Bibliografia | 13 |
| 0.1.1. Llibres i articles de revistes | 13 |
| 0.1.2. Catàlegs, Diccionaris i Enciclopèdies | 15 |
| 0.2. Estat de la qüestió | 16 |
| 0.3. El manuscrit. Fonts emprades per al seu estudi | 18 |
| 0.3.1. Descripció del manuscrit | 18 |
| 0.3.2. Fonts editades | 19 |
| 0.3.3. Fonts historiogràfiques àrabs. | 20 |
| 0.3.4. Manuscrits | 20 |
| 0.3.5. Abreviatures | 20 |
| 1. Ibn al-Samḥ i la seva obra | 21 |
| 1.1. L'autor | 21 |
| 1.2. Les obres d'Ibn al-Samḥ | 22 |
| 2. Comentaris al contingut astronòmic i astrològic del “Llibre d'ús de l'astrolabi” d'Ibn al-Samḥ | 24 |
| 2.1. Descripció de l'instrument | 24 |
| 2.2. Obtenció del grau del sol | 27 |
| 2.2.1. Representació dels moviments del sol | 27 |
| 2.2.2. Representació dels moviments dels estels | 30 |
| 2.3. Altura d'un astre sobre l'horitzó | 36 |
| 2.4. Coordenades astronòmiques | 38 |
| 2.4.1. Coordenades equatorials | 38 |
| 2.4.1.1. Declinació | 38 |
| 2.4.1.2. Ascensió recta | 40 |
| 2.4.1.3. Ascensió obliqua | 41 |
| 2.4.2. Coordenades eclíptiques | 41 |
| 2.4.2.1. Longitud | 41 |
| 2.4.2.2. Mediació | 42 |
| 2.4.3. Coordenades geogràfiques | 42 |
| 2.4.3.1. Latitud | 42 |
| 2.4.3.2. Longitud | 43 |
| 2.5. Obtenció de l'ascendent | 43 |
| 2.6. Els mètodes d'aproximació | 46 |
| 2.6.1. Altura del sol | 47 |
| 2.6.2 Ascendent | 49 |

| | |
|---|-----|
| 2.7. Els azimuts | 51 |
| 2.8. L'astrolabi, computador analògic del temps | 53 |
| 2.8.1. Arc diürn i arc nocturn | 54 |
| 2.8.2. Les hores desiguals o temporals | 55 |
| 2.8.3. Determinació de les hores d'oració | 56 |
| 2.8.4. L'albada i el crepuscle vespertí | 57 |
| 2.8.5. Obtenció de l'angle horari | 57 |
| 2.8.6. Transformació d'hores temporals en hores iguals | 62 |
| 2.8.7. Transformació d'hores iguals en hores temporals | 62 |
| 2.9. Determinació de l' <i>al-qibla</i> | 62 |
| 2.10. Divisió de les cases zodiacals | 66 |
| 2.11. Els ascendants de la revolució dels anys | 67 |
| 2.12. Els aspectes planetaris i la projecció de raigs | 68 |
| 2.13. Mètodes atribuïts a Ḥabaš al llibre d'Ibn al-Samḥ | 70 |
| 2.13.1. Determinació de la latitud de la lluna | 70 |
| 2.13.2. La longitud veritable de la lluna en funció de l'altura | 71 |
| 2.13.3 Longitud del grau de l'eclíptica que surt o es pon amb la lluna | 73 |
| 2.13.4. L'observació de la lluna nova | 77 |
| 2.13.5. Hora temporal en funció de l'altura de la lluna i de les seves coordenades eclíptiques | 81 |
| 2.13.6. Avenç o retrogradació d'un planeta | 82 |
| 2.14. El quadrant d'ombres | 82 |
| 2.14.1. Mesura d'alçàries | 85 |
| 2.14.2. Mesura de profunditats | 88 |
| 2.14.3. Mesura de distàncies | 89 |
| 2.14.4. Ombra i oració | 91 |
| 3. Conclusions | 92 |
| Traducció | 95 |
| Índex d'autors clàssics i personatges històrics | 155 |
| Índex | 157 |

**Acabat d'imprimir
a la Impremta Escola de la Casa de Caritat,
el dia 30 de setembre de 1986**

