

ابن صفار و پیشبرد نجوم اسلامی در اندلس:

قبله‌یابی در کتاب *العمل بالاسطرلاب* و ساعت آفتابی «بلاطة»^۱

فاطمه رضایی

دانش‌آموخته دکتری تاریخ و تمدن ملل اسلامی، دانشکده حقوق، الهیات و علوم سیاسی، واحد علوم و

تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

یونس فرهمند^۲

دانشیار گروه تاریخ و تمدن ملل اسلامی، دانشکده حقوق، الهیات و علوم سیاسی، واحد علوم و تحقیقات،

دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

موسی اکرمی

استاد گروه فلسفه، دانشکده حقوق، الهیات و علوم سیاسی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی،

تهران، ایران

قنبرعلی رودگر

استادیار گروه آموزش الهیات، دانشگاه فرهنگیان، تهران، ایران

چکیده

ابن صفار (حدود ۳۷۰-۴۲۶ هـ) منجم و ریاضی‌دان مسلمان اندلسی (اسپانیایی) آثار چندی در علم نجوم تألیف کرده است. مشهورترین اثر او کتاب *العمل بالاسطرلاب* و ذکر آلاته و اجزائه است که در این پژوهش معرفی، بررسی و برخی نوآوری‌های آن عرضه خواهد شد. هم‌چنین ساعتی آفتابی به نام «بلاطة» از این منجم برجای مانده که قدیم‌ترین ساعت آفتابی در اندلس است. توجه این نجوم‌دان اندلسی به زیج خوارزمی (د ۲۳۵ هـ) که خود متأثر از زیج سندهند بوده و نیز جغرافیای بطلمیوس نشان از اتکا و اعتنای او به علوم ایرانی، هندی و یونانی دارد. توجه به این نکات البته به معنای نادیدن تأثیرپذیری او از استادش، ابوالقاسم مسلمة بن احمد مجریطی (د ۳۹۸ هـ) نیست. افزون بر این‌ها، تعیین قبله قرطبه با مقدار ۳۰

۱. تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۷/۳۰؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۴/۲

۲. رایانامه (مسئول مکاتبات): farahmand@srbiau.ac.ir

درجه جنوب شرقی و یافتن مسافت و جهت تا مکه در این اثر حاکی از اهتمام او به موضوع قبله‌یابی است. نویسندگان نوشتار پیش رو با تمرکز بر کتاب العمل بالاسطرلاب و نیز ساعت آفتابی «بلاطة» به بحث درباره نقش ابن‌صفار در نجوم پرداخته و به مبحث قبله‌یابی و تعیین وقت نیم‌روز در اندلس هم اشاراتی کرده‌اند.

کلیدواژه‌ها: ابن‌صفار، اسطرلاب، ساعت آفتابی بلاطة، قبله‌یابی، منجمان اندلس.

درآمدی تاریخی

اندلس به مرکزیت قرطبه در سده چهارم هجری در دوره حکومت عبدالرحمان ناصر اموی (حک ۳۰۰-۳۵۰ هـ) جایگاه ویژه‌ای در میان دولت‌های اسلامی به دست آورد. روابط سیاسی و فرهنگی مسلمانان اندلس با دولت‌های مسیحی شرق (قسطنطنیه) و غرب هم‌زمان رو به گسترش نهاد.^۳ سیاست فرهنگی امویان اندلس در این دوره مبتنی بر جذب دانشمندان و عالمان سرزمین‌های مختلف اسلامی بوده است؛ از این رو علمای بسیاری به اسپانیا مهاجرت کردند که در نتیجه آن آثار علمی فراوانی در آنجا تألیف یا از لاتین و یونانی به عربی ترجمه شد. توجه به کتاب و ترویج فرهنگ کتاب‌خوانی چندان رو به فزونی نهاد که به ویژه در دوره حکم مستنصر اموی (حک ۳۵۰-۳۶۶ هـ) کتاب هدیه‌ای با ارزش به شمار می‌آمد.^۴ او با دادن صله‌های گران‌بها و صرف هزینه‌های بسیار از دانشمندان می‌خواست تا اولین نسخه از تألیفات خود را به دربارش بفرستند.^۵ اما دوره شکوه و اقتدار سیاسی و فرهنگی اندلس با سلطه عامریان (۳۶۷-۳۹۹ هـ) روی در نشیب نهاد و سرانجام با سقوط دولت اموی در سال ۴۲۲ هـ، سلسله‌های ملوک‌الطوایف مسلمان در شهرهای مختلف

۳. ابن عذاری، ۲/۲۱۵، عنان، ۱/۴۴۴.

۴. عنان، ۱/۴۴۶.

۵. همو، ۱/۴۹۴.

اسپانیا به استقلال سربرآوردند.^۶ با این حال در این سال‌ها رونق علمی در اندلس یکباره از میان نرفت؛ چه در نتیجه تشویق امرای قرطبه، ایشیلیه^۷ و طلیطله^۸ ستاره‌شناسی محل توجه قرار گرفت و شمار زیادی از کتب نجوم که حاصل اهتمام علمی مسلمانان در سرزمین‌های شرقی خلافت بود، به لاتینی ترجمه شد.

اندلس در اواخر عصر اموی و دوره عامری شاهد درخشش ریاضی‌دانان و منجمان برجسته‌ای مانند مسلمه مجریطی (د ۳۹۸هـ)، ابن صفار غافقی (د ۴۲۶هـ)، ابن سَمَحِ غرناطی (د ۴۲۶هـ)، و پزشکان ماهری مانند خَلْفِ بن عباس زهراوی (درگذشت: پس از ۴۰۰هـ) بود که شهرت جهانی یافتند.^۹

پیشینه مطالعات نجومی در اندلس

بنا بر قول مشهور، اولین متن نجوم اندلس احتمالاً بخشی از «ارجوزه» منسوب به عبدالواحد بن اسحاق صَبَّی، منجم دربار هشام اموی (حک ۱۷۲-۱۸۰هـ) بوده است.^{۱۰} برخی نیز از ورود اولین زیج‌ها یا جداول نجومی به اندلس در روزگار عبدالرحمان دوم (حک ۲۰۶-۲۳۸هـ) خبر داده‌اند و او را نخستین کسی دانسته‌اند که کتب زیج را به اندلس درآورد؛ هم‌چنین از علاقه این امیر به شعر و احکام نجوم هم گزارشی به دست داده‌اند؛ هم او بود که گروهی از منجمان شاعر مانند عباس بن فرناس،^{۱۱} عبدالله بن شُمَیر، یحیی غَزَال و

۶. عنان، ۸/۲.

۷. ایشیلیه نام مغرب سویل واقع در جنوب غربی اسپانیا بر کرانه وادی الکبیر است که از نخستین سال‌های فتح تا سال ۹۹هـ حاکم‌نشین اندلس بوده (فاتحی نژاد، ۷۵۲/۸).

۸. طُلَيْطَلَه (تولدو)، امروزه در ۶۰ کیلومتری جنوب غربی مادرید واقع است.

۹. ابن ابی اصیبعه، ۴۳۳-۴۳۴، ۴۵۱؛ ابن صاعد، ۲۲۸-۲۳۰.

۱۰. سامسوی، «العلوم الدقیقة فی الاندلس»، ۱۳۲۱/۲.

۱۱. ابوالقاسم عباس بن فرناس، منجم عصر حکم بن هشام (حک ۱۸۰-۲۰۶)، ابزار نجومی به نام «المیقانة» برای اندازه‌گیری اوقات ساخته بود. هم‌چنین او در اندیشه ساخت وسیله‌ای برای آزمودن پرواز کردن آدمی بود (عنان،

عباس بن ناصح را به دربار خود فراخواند. این احتمال نیز وجود دارد که نسخه اصلاح شده زیچ سندهند به دست خوارزمی که از ترجمه سندهند فزاری مایه می‌گرفت، با یاری ابن‌فرناس یا ابن‌ناصر در اندلس معرفی شده باشد.^{۱۲}

از دیگر منابع نجومی اولیه در اندلس باید به کتب «أنواء» اشاره کرد که درباره طلوع و غروب ستارگان در پیوند با تغییرات جوی و فصلی تحریر شده‌اند. نخستین نشانه‌های توجه به أنواء در اندلس در نیمه اول قرن سوم هجری در کتاب فی النجوم عبدالملک بن حبیب (د ۲۳۰هـ) پدیدار شد.^{۱۳} ابن‌حبیب معتقد بود قبله در قرطبه جهت طلوع ستاره قلب‌العقرب است که از گوشه حجرالاسود بالا می‌آید.^{۱۴} به گمان او مطلع این ستاره در قرطبه سمت قبله یا جهت نسبت به مکه را نشان می‌داد. بر اساس مطالعات امروزی، قلب‌العقرب ستاره‌ای است درخشان در نزدیک منطقه انقلاب زمستانی در دایرة البروج؛ به عبارت دیگر، قبله پیشنهادی ابن‌حبیب در جهت طلوع خورشید در انقلاب زمستانی بوده است.^{۱۵}

منجم دربار حکم‌المستنصر (حک ۳۵۰-۳۶۶هـ) و منصور عامری (حک ۳۶۷-۳۹۲هـ) احمد بن فارس نیز از سنت انواء، در زمانی که احکام نجوم توسط منصور منع شده بود، پنهانی در محافل استفاده می‌کرد.^{۱۶} هم‌چنین حسن بن علی بن خلف اموی قرطبی، منجم اواخر قرن ششم، در کتاب فی الانواء درباره چگونگی تعیین قبله در اندلس (قرطبه) نوشته: «[اگر چنان بایستی که] ستاره قطبی بر شانه چیت قرار گیرد، آن‌گاه رویت را به جنوب بگردانی، چشم‌انداز نگاهت به سوی قبله خواهد بود».^{۱۷} ذکر شانه چپ و استقبال

(Almiron, 26: ۲۶۹، ۲۷۰، ۳۰۱/۱).

۱۲. عنان، ۳۰۱/۱-۳۰۲؛ 79، "Astrology Pre-Islamic"، Samsو.

13. Samsو، "Andalusi & Maghribi"، 77.

14. King، "The Enigmatic Orientation"، 36.

15. Ibid، 36.

۱۶. ابن‌عداری، ۲۹۳/۲؛ Samsو، Ibid.

۱۷. متن عربی این عبارت در نسخه فی الانواء حسن بن علی بن الاموی القرطبی در کتابخانه اسکوریال به صورت «القول فی رسم القبلة تعلم بالاندلس بان تضع القطب علی کتفک الایسر ثم تستقبل الجنوب فما لقی بصرک هو

جنوب در این نوشته، تأکید بر ایستادن به سمت جنوب شرقی است. احتمال دارد جهت قبله مسجد کبیر قرطبه در قرن دوم هجری با پیروی از این سنت به سمت جنوب شرقی تعیین شده باشد.^{۱۸} در واقع در رساله ابن خلف قبله در جهت طلوع خورشید در انقلاب زمستانی بوده است.

هم‌چنین کتاب الانواء عَرَبِی بن سعد قُرطبی (د ۳۶۹ هـ) مشتمل بر نوعی تقویم درباره تعیین اوقات نمازهای روزانه و رؤیت هلال بود.^{۱۹}

قبله‌یابی و تعیین اوقات شرعی محل توجه جدی منجمان اندلسی قرار گرفت و همین توجه زمینه‌ساز به‌کارگیری روش‌های ریاضیاتی و ساخت ابزارهای نجومی شد. از زمانی که کتاب جغرافیای بطلمیوس و زیج خوارزمی در دسترس منجمان اندلس قرار گرفت و آنان با روش هندسی ساده ابو عبدالله محمد بن جابر بن سنان بتانی (د ۳۱۷ هـ)^{۲۰} مبتنی بر طول و عرض جغرافیایی مکان‌ها در قبله‌یابی آشنا شدند، به تألیف کتاب‌ها و ساخت ابزارهایی در زمینه قبله‌یابی و تعیین وقت نمازها روی آوردند.^{۲۱}

یکی از مهم‌ترین مراکز شناخت علوم دقیقه به‌ویژه تدریس آثار نجومی و ساخت ابزارهای وابسته به آن، حلقه درسی ریاضی‌دان و منجم، ابوالقاسم مسلمة بن احمد مجریطی^{۲۲} در شهر قرطبه بود. مجریطی و هم‌دوره‌اش قاسم بن مُطَرَف قَتَّانی با نجوم بطلمیوسی که بر فضای فکری منجمان غلبه داشت، آشنا بودند. مجریطی شرحی بر کتاب تسطیح کره^{۲۳} بطلمیوس درباره تسطیح کره سماوی بر صفيحه اسطرلاب نگاشت.^{۲۴} در آثار

القبلة و القطب...» (ابن خلف اموی، کتاب فی الانواء، اسکوریال ۹۴۱، ۲۶ پ)، احتمال دارد که منظور ابن‌خلف «تا حدودی جنوب شرقی» باشد.

18. King, "The Enigmatic", 37.

19. Samsó, Ibid.

۲۰. سزگین، ۳۵۶/۵.

۲۱. کینگ، ۱۱.

۲۲. ابن صاعد لقب امام الرياضيين را بدو داد (ابن صاعد، ۲۲۸).

23. *Planispharium*

مجریطی و شاگردانش ابن صفار و ابن سمح به ابزارهای نجومی توجه شده است.

سرگذشت نامه علمی ابن صفار

ابوالقاسم احمد بن عبدالله بن عمر غافقی، مشهور به ابن صفار، در حدود ۳۷۰ هـ در قرطبه زاده شد^{۲۵} و همان جا هندسه، نجوم و ریاضی آموخت. او از شاگردان برجسته مجریطی بود. سپس خود به تدریس این علوم و ساخت اسطرلاب همت گماشت و از استادان مشهور قرطبه شد.^{۲۶} در میان شاگردانی که نزد او علم آموختند، از ابن برغوث واسطی، ابن عطار و ابن شهر قُرشی یاد کرده اند.^{۲۷} با برافتادن حکومت عامریان در آغاز سال ۳۹۹ هـ در پی جنگ های داخلی، چون مجاهد عامری، فرمانروای بلنسیه که خود اهل فضل و دانش بود به شهر ساحلی دانیه در در جنوب شرقی اندلس رفت، ابن صفار نیز ملازم وی شده، تا پایان عمر در آن جا به تدریس و تحقیق ادامه داد.^{۲۸}

سه اثر مهم از ابن صفار باقی مانده است؛ یکی ساعتی آفتابی که در آثار منجمان بعدی بلاطه نام گرفته است. این ساعت که از قدیم ترین نمونه های ساعت آفتابی در اندلس است، گویا برای وقت نماز نیم روز ساخته شده بوده است.^{۲۹} دوم زیج مختصر که ابن صفار در آن از زیج سندهند خوارزمی استفاده کرده است^{۳۰} که امروزه به دلیل در دسترس نبودن زیج خوارزمی، می توان دست کم چارچوب اصلی آن را بر اساس زیج مختصر تعیین کرد. نشان

24. Samsó, "Andalusi & Maghribi, 79; Almiron, 26.

۲۵. دیانت، «ابن صفار»، ۱/۱۱۲.

۲۶. ابن صفار برادری به نام محمد داشت که در ساخت اسطرلاب تام مشهور بود و ابن صفار را در ساخت اسطرلاب و دیگر ابزارهای نجومی یاری می کرد (نک. ابن صاعد، ۲۳۰؛ ابن ابی اصیبعه، ۴۳۴). دو اسطرلاب از محمد بن صفار در پیوست ۳ و ۴ آمده است.

۲۷. همانجاها.

۲۸. ابن ابی اصیبعه، ۴۳۴.

29. Thomas Glick & Others, 241.

۳۰. ابن صاعد، ۲۳۱.

ارتباط زیچ خوارزمی با میراث هندی و ایرانی این است که خط نصف النهار آن از آرین^{۳۱} می‌گذرد و در محاسبه وقت از تقویم یزدگردی تبعیت می‌کند. مجریطی و شاگردانش این زیچ را در قالبی دیگر ریختند و در آن، تقویم هجری را به کار برده، خط نصف النهار قرطبه را اساس قرار دادند.^{۳۲} آنان در واقع مبدئی اسپانیایی برای خط نصف النهار جهت محاسبه طول و عرض جغرافیایی شهرها در نظر گرفتند؛ از این رو به نظر می‌رسد جداول جغرافیایی خاصی که از نصف النهار قرطبه استفاده می‌کنند و برای اصلاح تفاوت طول‌ها و عرض‌های جغرافیایی بین آرین و قرطبه نوشته شده‌اند، متعلق به مجریطی و شاگردان وی باشد. با رواج سندهند از طریق زیچ مختصر ابن صفار، چندی بعد ابواسحاق ابراهیم بن یحیی نقاش، معروف به زرقالی (د ۴۹۳هـ)، در کتاب الصفيحة الزرقالية در محاسبه اوساط و تعدیلات از روش سندهند استفاده کرد. هم‌چنین آبراهام / ابراهیم بن عزرا (د ۵۶۲هـ) منجم و مترجم یهودی در تألیفات نجومی خود، از روش سندهند بهره برد؛^{۳۳} اما مشهورترین اثر ابن صفار کتاب العمل بالاسطرلاب (تألیف ۴۱۳هـ) است.^{۳۴}

پرسش‌های این پژوهش این‌هاست: چرا کتاب ابن صفار برخلاف بسیاری دیگر از کتب اسطرلاب، در اندلس با اقبال عام مواجه گشته است؟ قبله قرطبه و فاصله آن‌جا تا مکه در این کتاب چگونه و با چه روشی به دست آمده است؟ و ساعت آفتابی بلاطه دارای چه

۳۱. مبدأ محاسبه طول جغرافیایی نزد منجمان هندی، جزیره لنکا (سیلان کنونی/ سرندیب قدیم) که از شهر «اُجین» می‌گذشت. این کلمه بعدها در عربی به صورت «اُزین» درآمد که در نتیجه تصحیف به «آرین» مبدل گشت (کراچکوفسکی، ۵۷).

۳۲. کراچکوفسکی، ۷۶.

۳۳. منجمان اندلس با فراگیری روش سندهند با جداول جیب (سینوس) آشنا شدند (نلینو، ۲۱۲، ۳۰۹). زرقالی به پیروی از روش سندهند، لفظ کردجه [Kardaga] را به کار برد؛ چنان‌که یک کردجه را برابر قوس ۱۵ درجه می‌دانست (نلینو، ۲۱۳؛ سارتن، ۲۷۵/۳). هم‌چنین زیچ زرقالی توابع مثلثاتی سینوس و تانژانت را به جهان لاتینی عرضه کرد (سارتن، ۹۳۶/۲).

۳۴. بروکلیمان، ۲۲۷/۴.

ویژگی‌هایی است؟

کتاب العمل بالاسطرلاب

ابن صاعد (۴۲۰-۴۶۲ هـ) ریاضی‌دان و منجم اندلسی کتاب العمل بالاسطرلاب ابن صفار را یکی از بهترین رسالات نگاشته‌شده تا آن زمان دانسته که متنی روشن، ساده و قابل فهم دارد؛^{۳۵} او هم‌چنین می‌نویسد که ابن صفار کتابی مشتمل بر مجموعه‌ای از جداول نجومی، طبق روش سندهند، به نام زیج مختصر نوشته^{۳۶} که فقط هفت بخش از آن از طریق یک ترجمه کهن عبری (موجود در کتابخانه پاریس)، به دست ما رسیده است.^{۳۷}

کتاب العمل بالاسطرلاب که درباره چگونگی استفاده از اسطرلاب تألیف شده، تا قرن ۱۵ میلادی / نهم هجری در اروپا محل مراجعه و استفاده بوده^{۳۸} و دانشمندانی چون پلاتو تیولی،^{۳۹} منجم ایتالیایی قرن ۱۲ م که زیج بتانی را به لاتینی ترجمه کرده بود، بدان توجه داشتند.^{۴۰} تیولی کتاب العمل بالاسطرلاب ابن صفار را به لاتینی ترجمه کرده و دلیل انتخاب این کتاب را اعتبار و وثاقت آن دانسته.^{۴۱} در همین سده یوحنا اشیلی^{۴۲} مترجم یهودی مدرسه تولدو نیز این کتاب را به لاتینی ترجمه کرده و در این ترجمه به نادرستی رساله ابن صفار به مجریطی نسبت داده شده است. این خطا از آن جا برخاسته که گویا بخشی از باب آخر رساله ابن صفار از زیج مجریطی گرفته شده است.^{۴۳} البته تعجبی ندارد که شاگردان

۳۵. ابن صاعد، ۲۳۰.

۳۶. همانجا؛ ابن ابی اصیبعه، ۴۳۴.

۳۷. بروکلیمان، ۲۲۷/۴-۲۲۸.

38. Rius, "Ibn al-Saffar", 567.

39. Plato of Tivoly

۴۰. سارتن، ۱۷۳۸/۲.

۴۱. پالولو، «پلاتو تیولی»، ۷۱۵/۳.

42. Johannes Hispalensis

43. Rius, "Ibn al-Saffar", 567.

مجریطی که معروف‌ترین آن‌ها ابن صفار و ابن سمح (۳۶۱-۴۲۶ هـ) بودند، روش به‌کاررفته در رساله مجریطی را پی گرفته باشند. به‌نظر میاس باییکروسا،^{۴۴} مصحح کتاب العمل بالاسطرلاب، مجریطی و ابن صفار کنیه ابوالقاسم دارند و شاید نام مجریطی در یکی از نسخ خطی به‌اشتباه جایگزین ابن صفار شده باشد.^{۴۵} هم‌چنین یکی از بزرگ‌ترین مترجمان، یعقوب بن ماهر^{۴۶} اخترشناس یهودی قرن سیزدهم میلادی/هفتم هجری که آثار زیادی در نجوم و ریاضی پدید آورده، رساله اسطرلاب ابن صفار را به عبری ترجمه کرده است.^{۴۷} توجه به این ترجمه در کتب اسطرلاب اسپانیایی زبان آلفونسوی دهم (د ۱۲۸۴ م) نیز آشکار است. آثار نجومی آلفونسو اهمیت آشکاری برای مورخان دارد، نه فقط به این دلیل که گاه ترجمه-ای از منابع ازدست‌رفته را در دسترس می‌نهد، بلکه شواهدی از کتاب‌های نجومی عربی ارائه می‌کند که تا قرن هفتم هجری به زبان‌های فرنگی ترجمه شده بوده است. به‌نظر می‌رسد رساله اسطرلاب ابن صفار تأثیر مهمی در معرفی و ساخت اسطرلاب در اروپا داشته است.^{۴۸}

نخستین بار باییکروسا به تصحیح کتاب العمل بالاسطرلاب که فقط به یکی از نسخ عربی آن (نسخه اسکوریال) دست یافته بود، پرداخت و در سال ۱۹۵۵ م متن مصحح خود را منتشر کرد.^{۴۹} وی اشاره‌ای به تاریخ کتابت و نام کاتب نسخه خود نکرده است. این متن

44. José María Millás Vallicrosa

در این مقاله نام‌های اسپانیایی مانند میاس باییکروسا، آلفونسو، کوردوبا، با همان تلفظ اصلی اسپانیایی نوشته شده است (مجیدی، ۱۶، ۲۰، ۴۷۱، ۶۷۷).

45. Goldstein, "Ibn al- Saffar" III, 924.

۴۶. سارتن، ۱۶۱۵/۲: یعقوب بن ماهر (منیر، مخیر، ماخر) را به عبری لقب ماهر یعنی نبی دادند.

47. Rius, "Ibn al-Saffar", 538.

48. Samsó, "Andalusi & Maghribi", 80; Samsó, "Maslama Al-Majriti", 143; Rius, "Ibn al-Saffar", 566.

۴۹. باییکروسا، «کتاب العمل بالاسطرلاب»، ۴۷/۳-۷۶.

مصحح مشتمل بر ۴۲ باب است.^{۵۰} جز نسخه اسکوریال، دو نسخه خطی دیگر نیز از کتاب العمل بالاسطرلاب در کتابخانه مرعشی قم موجود است؛ یکی از این دو به شماره ۱۳۷۴۷/۲ در قرن دهم و دیگری به شماره ۲۸۶۳/۹ در قرن سیزدهم هجری کتابت شده است. از مقایسه نسخه چاپی بایکروسا با دو نسخه خطی موجود در قم معلوم می‌شود، این هر دو نسخه واجد همه باب‌های نسخه اسکوریال جز باب بیست و سوم‌اند. علاوه بر این، نسخه شماره ۲۸۶۳/۹ دوازده باب افزون بر نسخه اسکوریال دارد (باب‌های ۴۳ تا ۵۴)؛ دوازدهمین باب افزوده یعنی باب ۵۴ «فی معرفة دخول السنین العجمیه و شهرها» بین نسخه شماره ۲۸۶۳/۹ و نسخه شماره ۱۳۷۴۷/۲ مشترک است.^{۵۱} این باب درباره شناخت سال‌های شمسی و مسیحی و تطبیق سال‌ها و ماه‌های هجری قمری با آن است. برای تبدیل گاه‌شماری‌ها، با در نظر گرفتن مبدأ گاه‌شماری هجری قمری (برابر سال ۶۲۲ میلادی) و تفاوت روزهای سال مسیحی و هجری قمری و کیسه‌های سال‌ها، از محاسبات ساده ریاضیاتی استفاده شده و در ادامه بر انطباق سال ۴۲۳ هجری با سال ۱۰۳۲ میلادی تصریح شده است.^{۵۲} شاید بتوان ابن صفار را از نخستین کسانی در اندلس دانست که با بهره‌گیری از روش محاسبات نجومی و ریاضیاتی دو نظام گاه‌شماری هجری قمری و عجمی (میلادی) را به یکدیگر تبدیل کرد.

وجوه اهمیت کتاب العمل بالاسطرلاب: آنچه آثار ابن صفار را اهمیتی دوچندان می‌بخشد استفاده او از روش استادش مجریطی در صنعت ساخت و به‌کار بردن اسطرلاب

۵۰. نام باب‌های این نسخ به تفکیک در پیوست ۱ آورده شده است.

۵۱. باب‌های نویافته کتاب العمل بالاسطرلاب از مقایسه دو نسخه خطی به شماره ۱۳۷۴۷/۲ و شماره ۲۸۶۳/۹ در کتابخانه مرعشی قم با نسخه خطی کتاب العمل بالاسطرلاب به شماره ۹۵۹ فهرست کازیری و ۹۶۴ فهرست درنیورگ در کتابخانه اسکوریال به دست داده شده. این باب‌ها در تکمیل باب‌های نسخه خطی اسکوریال (به تصحیح بایکروسا) به فهرست باب‌ها افزوده شده است. تحریر باب ۵۴ بر اساس نسخه شماره ۱۳۷۴۷/۲ کتابخانه مرعشی قم در پیوست ۲ و تصویر صفحاتی از همین باب در پیوست ۵ آورده شده است.

۵۲. نک. پیوست ۲، «باب نویافته...»، ص ۱۶۹ همین مقاله.

است.^{۵۳} هم‌چنین او برای اولین بار در اندلس به تعیین قبله قرطبه به اندازه ۳۰ درجه جنوب شرقی پرداخته‌است. ابن صفار برای تعیین قبله به کمک اسطرلاب، در روز با اندازه‌گیری ارتفاع خورشید و در شب با اندازه‌گیری ارتفاع ستاره، برای به‌دست آوردن قبله قرطبه و نواحی اطراف آن روشی ارائه کرده‌است. هم‌چنین او ساعات شهرهایی را که صفیحه اسطرلاب آن‌ها در دست نبوده تعیین کرده‌است. افزون بر این‌ها ابن صفار در باب تعیین طول و عرض جغرافیایی شهرها به جغرافیای بطلمیوس اشاره کرده که این نشان توجه منجمان اندلس به آثار دیگری جز سندهند است.

مقدار عددی سمت قبله قرطبه که ابن صفار در کتاب العمل بالاسطرلاب به‌دست داده، در آثار چند نویسنده بعدی اندلسی و مغربی آمده‌است؛ از جمله ابن خلف مرادی منجم اندلسی قرن پنجم در کتاب الاسرار فی نتایج الافکار، قبله قرطبه را به سوی نقطه طلوع خورشید در نقطه انقلاب زمستانی دانست که این جهت با تعریف ابن صفار از قبله قرطبه مطابقت دارد. در همین سده زرقالی دیگر منجم اندلسی نیز به‌همان جهت در رساله‌هایش اشاره کرده‌است.^{۵۴} یک سده بعد ابوعلی متیجی مغربی در کتاب دلایل القبلة قبله اندلس را ۳۰ درجه جنوب شرقی دانسته و چگونگی بهره‌گیری از اسطرلاب ابن صفار در قبله‌یابی را بیان کرده‌است.^{۵۵} ابن نطاح دیگر ستاره‌شناس اندلسی این سده در کتاب العمل بالاسطرلاب خود، قبله اندلس را مطابق روش ابن صفار ۳۰ درجه جنوب شرقی دانسته و از زاویه ۲۳ درجه جنوب شرقی برای قبله قرطبه با عرض جغرافیایی ۳۸:۳۰ درجه نیز گزارشی به‌دست داده‌است. گویا این مقدار از روش بتانی به‌دست آمده‌است.^{۵۶}

۵۳. به عقیده بایکروسا رساله کتاب العمل بالاسطرلاب ابن صفار به روش رساله ماشاءالله منجم (د. ۱۹۹ هـ/ ۸۱۵ م) در به کارگیری و ساخت اسطرلاب نوشته شده که امروزه نسخه‌ای از آن در دست نیست (بایکروسا، «کتاب العمل بالاسطرلاب»، ۱۹۳/۳).

54. Samaso & Milgo, "Ibn Ishaq al-Tunisi", 4.

55. King, "The Enigmatic Orientation", 43.

۵۶. ابن نطاح، نسخه ۹۶۰۲، ۱۸/پ ۱۹.

روش ابن صفار در قبله‌یابی و یافتن جهت و کوتاه‌ترین مسافت بین دو مکان

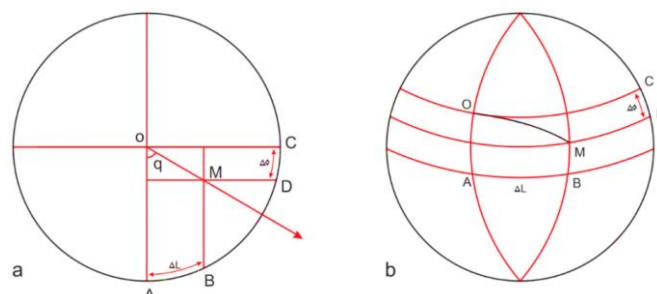
تا نیمه سده دوم هجری، هنوز روش‌های ریاضیاتی و داده‌های جغرافیایی در محاسبه قبله به‌کار گرفته نشده بود، اما از آن پس به تدریج اوضاع تغییر کرد و نه تنها مختصات جغرافیایی بطلمیوس در اختیار مسلمانان قرار گرفت، بلکه روش‌هایی با استفاده از مؤلفه‌های طول و عرض برای قبله شناسایی شد.^{۵۷} این روش‌ها یا ساده بودند یا پیچیده و با محاسبات دقیق ریاضیاتی.

منجمان اندلسی مانند مجریطی و ابن صفار با روش هندسی بتانی در قبله‌یابی که ده‌ها سال پیش از آن‌ها در بغداد شناخته بود، آشنا بودند.^{۵۸} در «شکل ۱» روش بتانی نشان داده شده است؛ دایره‌ای با دو قطر که خط نصف‌النهار و خط عمود بر آن و چهار جهت اصلی شمال، جنوب، شرق و غرب را نشان داده است. AB برابر با ΔL تفاوت طول جغرافیایی بین مکه و محل مربوطه و CD برابر با $\Delta \varphi$ تفاوت در عرض جغرافیایی است. خط BM را موازی محور شمال-جنوب و خط DM را موازی محور شرق-غرب به ترتیب از نقاط B و D ترسیم می‌کنیم. حال اگر از نقطه O خطی به نقطه تقاطع دو خط ترسیم شده وصل کنیم، یعنی OM، این خط جهت تقریبی قبله را به دست می‌دهد. با روابط سینوس (جیب) و تانژانت (ظل) و نیز رابطه فیثاغورث در مثلث قائم‌الزاویه، زاویه q یعنی زاویه قبله به دست داده می‌شود. این روش ساده معادل فرمول‌های امروزی زیر است:^{۵۹}

۵۷. کینگ، ۱۱.

58. King, "The Enigmatic Orientation", 45.

59. King, *World Map*, 59-60; King & Loarch, "Qibla Charts", 204-205; King, "Kibla", V/82.



شکل ۱: شکل سمت چپ، نشان‌دهنده روش تقریبی قبله‌یابی با وصف بتانی^{۶۰}

در شکل a و b، o مکان شهر مورد نظر و M محل مکه و ΔL اختلاف طول جغرافیایی شهر مورد نظر و مکه، $\Delta \varphi$ اختلاف عرض جغرافیایی شهر مورد نظر و مکه و q زاویه قبله، و OM بُردار قبله را نشان داده‌است.

$$q = \sin^{-1} \frac{R \sin \Delta L}{\sqrt{\sin^2 \Delta L + \sin^2 \Delta \varphi}}$$

$$q = \tan^{-1} \frac{R \sin \Delta L}{\sin \Delta \varphi}$$

یکی از مباحثی که ابن صفار تحلیل کرد، تعیین قبله قرطبه با اسطرلاب بود.^{۶۱} او در باب بیست‌ونهم کتاب العمل بالاسطرلاب برای یافتن جهت و فاصله دو مکان و نیز در باب بیست‌ودوم همان کتاب برای تعیین قبله توسط اسطرلاب در روز از خورشید و در شب از ستارگان استفاده کرد. او ابتدا خط نصف‌النهار را بر اسطرلاب تعیین کرد. برای یافتن خط نصف‌النهار از سمت خورشید استفاده کرد و عَضاده را بر درجه سمت خورشید قرار داد؛ سپس درجه دایرة البروجی خورشید و ارتفاع آن را در دایرة البروج با اسطرلاب اندازه گرفت و آن درجه را بر مقنطره مربوط قرار داد؛ آن‌گاه اسطرلاب را به‌گونه‌ای ثابت قرار داد تا سایه

60. Ibid.

۶۱. باییکروسا، «کتاب العمل بالاسطرلاب»، ۵۹.

عضاده بر روی آن قرار گیرد. چهار جهت اصلی را روی اسطرلاب تعیین کرد و عضاده را روی خط وسط دایره قرار داد، آن را بدون حرکت اسطرلاب به اندازه زاویه انحراف شهر تا ۳۰ درجه روی مدار ارتفاع چرخاند. عضاده جهت قبله را نشان می‌داد؛ به دیگر سخن با شناختن خط نصف‌النهار و دانستن میزان انحراف قبله قرطبه، فقط باید به اندازه زاویه انحراف ۳۰ درجه در جهت شرق بچرخیم تا در راستای قبله بایستیم. در حقیقت سمت قبله در این روش، یعنی ۳۰ درجه، از قبل معلوم است. ابن صفار زاویه انحراف ۳۰ درجه جنوب شرقی را برای قبله قرطبه و مکان‌های نزدیک به آن در نظر گرفت. این اندازه با سمت طلوع خورشید در انقلاب زمستانی در اندلس مطابقت داشت.^{۶۲} انتخاب جهت جنوب شرقی برای قبله شهر قرطبه بسیار منطقی بود و عدد ۳۰ درجه که او به دست داد، با توجه به رساله اسطرلاب ابن نطاح، بهترین مقدار ممکن تا روزگار وی بوده است.^{۶۳} امروزه بنا بر محاسبات رایانه‌ای، مقدار قبله کوردوبا را اندازه‌گیری کنیم حدود ۱۰ درجه جنوب شرقی است^{۶۴} که با مختصات جغرافیایی و فرمول‌های دقیق ریاضیاتی مورد استفاده در بغداد ۱۱ درجه جنوب شرقی را به دست می‌داد.^{۶۵}

ابن صفار در باب بیست و نهم کتاب العمل بالاسطرلاب برای یافتن طول و عرض جغرافیایی مکان و یافتن جهت و فاصله بین دو مکان از کتاب جغرافیای بطلمیوس استفاده کرده است.^{۶۶} روش او در یافتن جهت و فاصله بین دو مکان مانند روش بتانی است، گرچه خود او اشاره‌ای به روش بتانی نکرده است. مطابق شیوه ابن صفار طول و عرض جغرافیایی دو مکان بر پایه کتاب جغرافیای بطلمیوس روی صفيحه اسطرلاب بر روی خطوطی موازی با نصف‌النهار و صفيحه افق علامت‌گذاری می‌شوند. اگر طول منطقه مورد نظر از طول

62. King, "The Enigmatic Orientation", 45; Rius, "Ibn al-Saffar", 567.

۶۳. ابن نطاح، نسخه ۹۶۰۲، گ ۱۸/پ-۱۹/ر.

۶۴. نک. نرم افزار قبله‌یاب تبیان mobayan.ir، King, Ibid, 34

65. King, Ibid, 34.

۶۶. بایبکروسا، همان، ۶۴-۶۵.

منطقه‌ای که منجم در آن قرار دارد بیشتر باشد، مکان مورد نظر در شرق قرار دارد، و اگر طول منطقه مورد نظر از طول منطقه‌ای که منجم در آن قرار دارد کمتر باشد، مکان مورد نظر در غرب قرار می‌گیرد. طبق روش ابن صفار در شکل (۱ - a) اگر طول جغرافیایی مکه از طول جغرافیایی قرطبه بیش‌تر باشد، مکه در شرق آن قرار دارد، و اگر طول جغرافیایی مکه کمتر از قرطبه باشد، مکه در غرب آن قرار می‌گیرد. برای طول و عرض جغرافیایی مکه و قرطبه بر اساس مختصات کتاب جغرافیای بطلمیوس^{۶۷} داریم:

برای مکه $L_m = ۳۳:۲۰$ و $\varphi_m = ۲۲$ و برای قرطبه $L = ۹:۲۰$ و $\varphi = ۳۸:۵۰$ است. طبق تعریف ابن صفار با توجه به این‌که طول جغرافیایی مکه از قرطبه بیشتر است، مکه در شرق قرطبه قرار دارد.^{۶۸}

شیوه ابن صفار برای یافتن کوتاه‌ترین مسافت بین دو مکان، براساس اندازه‌گیری زاویه میان سمت الرأس دو مکان مورد نظر و معادل قراردادن صد میل^{۶۹} مسافت برای هر یک و نیم درجه از درجات بود.^{۷۰}

$$۲۰۰۰ \text{ میل} = ۲۰ \times ۱۰۰ \quad ۱۰۰ \text{ میل} \approx ۱/۵ \text{ درجه} \quad ۲۰ \div ۱/۵ = ۴۰$$

ابن صفار با این روش فاصله میان مکه و قرطبه را ۲۰۰۰ میل به دست آورد؛ اما هم‌چنان از بیان مقادیر طول و عرض جغرافیایی و محاسبات برای یافتن جهت و فاصله قرطبه تا مکه اجتناب کرد.

67. *The Geography of Ptolemy*

68. Kennedy, & M.H Kennedy, 94.

69. مسافتی که حد معینی ندارد و به اندازه یک چشم‌انداز است (دهخدا، ذیل میل). در طول تاریخ واحد اندازه‌گیری میل در کشورهای مختلف اندازه‌های متفاوتی داشته‌است؛ یاقوت هر میل را چهار هزار ذراع و هر سه میل را یک فرسنگ دانسته و تأکید می‌کند که بطلمیوس هر میل را معادل سه هزار ذراع شاهی که هر ذراع معادل سه و جب است، در نظر گرفته‌است (نک. یاقوت، ۱/۲۱ و ۳۶). فاصله هوایی مکه و قرطبه ۴۷/۴۶۳۰ کیلومتر و فاصله زمینی آن‌ها ۹۵/۶۹۶۷ کیلومتر است (نک. نرم افزار distance.to).

70. بایبکروسا، همان، ۶۴-۶۵.

از آنجاکه زیج بتانی در اندلس شناخته بود،^{۷۱} ذیلا مختصات طول و عرض جغرافیایی قرطبه و مکه از کتاب زیج الصابی استخراج، و جهت قبله قرطبه طبق روش بتانی محاسبه شده است.^{۷۲} در جدول طول جغرافیایی با L و عرض جغرافیایی با ϕ نشان داده شده است.

جدول مختصات جغرافیایی قرطبه و مکه از کتاب زیج الصابی بتانی

شهر	L بتانی	ϕ بتانی
قرطبه	۲۷:۰ (کز)	۳۸:۳۸ (لح-لح)
مکه	۷۱:۰ (عا)	۲۱:۴۰ (کا-م)

$$\tan M = \tan Q = \frac{\Delta L}{\Delta \phi} = \frac{44^{\circ} 0'}{16^{\circ} 58'}$$

$$\rightarrow \tan Q = \frac{2640}{1018} \approx 2/59 \text{ در } 60 \text{ ضرب می کنیم}$$

$$Q = \arctan 2/59$$

$$Q = 68/88 \text{ درجه}$$

زاویه قبله قرطبه با زیج بتانی، جنوب شرقی $21/12 = 90 - 68/88$

این زاویه نزدیک به مقداری است که ابن نطاح به دست آورده؛ یعنی ۲۳ درجه جنوب شرقی که برای قبله قرطبه به روش بتانی در کتاب العمل بالاسطرلاب به دست داده شده است.^{۷۳} و رقم قبله قرطبه با محاسبات امروزی بنا بر روش بتانی $21/12$ درجه است.^{۷۴}

۷۱. ابن ابی اصیبعه، ۴۳۳.

۷۲. بتانی، ۲۳۷-۲۴۱.

۷۳. ابن نطاح، نسخه ۹۶۰۲، برگ ۱۹ ر.

کاربرد ساعت آفتابی بلاطه در قبله‌یابی و تعیین اوقات نماز

ساعت آفتابی بلاطه^{۷۵} از قدیم‌ترین نمونه‌های ساعت آفتابی در اندلس است. این ساعت برای عرض جغرافیایی قرطبه ساخته شده و علاوه بر نمایش خطوط ساعت‌های زمانی (معوجه)^{۷۶} در روز، برای وقت نماز نیم‌روز بر مبنای افزایش طول سایه شاخص طراحی شده است.^{۷۷} احتمالاً از این ساعت آفتابی برای نمایش جهت قبله قرطبه استفاده می‌شده است. (شکل ۲)



شکل ۲: ساعت آفتابی ابن صفار، موزه باستان‌شناسی کوردوبا [قرطبه]^{۷۸}

۷۵. سال ساخت بلاطه، حدود ۳۹۰هـ / ۱۰۰۰م، است (چهره‌های نامدار اندلس، ۹۳)

۷۶. در گذشته ساعت‌ها را به دو دسته مستوی و زمانی (معوجه) تقسیم کرده بودند. طول ساعات مستوی $\frac{1}{24}$ شبانه روز بود که با هم برابر بودند. اما برای به دست آوردن ساعات زمانی، طول روز یا طول شب را به ۱۲ قسمت مساوی تقسیم می‌کردند. اگر ساعات روشنایی روز یا طول روز بیشتر از شب می‌شد طول ساعات زمانی در روز درازتر می‌گشت.

77. Glick & Others, 241.

۷۸. عکس از موزه باستان‌شناسی و مردم‌شناسی کوردوبا (Museo Arqueologico y Etnologico de Cordoba، نیز نک.

<http://ceres.mcu.es/pages/Viewer?accion=4&AMuseo=MAECO&Ninv=CEO12700>, Available 2019.

این ساعت از همان آغاز مورد توجه نویسندگان مسلمان و غیرمسلمان قرار گرفت. ابن خلف مرادی در سده پنجم یک باب از کتاب الاسرار فی نتایج الافکار را که نسخه‌ای از آن در کتابخانه فلورانس ایتالیا نگه‌داری می‌شود،^{۷۹} به وصف «بلاطة» ابن صفار اختصاص داده‌است. در سده ششم موسی بن میمون توصیفی از نوع مشابهی از ساعت آفتابی بلاطة به دست داده که اگرچه به نظر می‌رسد وصف دقیق «بلاطة» ابن صفار نباشد، اما برای تصویر فهم دقیقی از این ابزار بسیار مفید تواند بود. به گفته ابن میمون، بلاطة سنگی مرمری بود که آن را در زمین قرار می‌دادند و بر روی آن دایره‌ای به شکل ساعت نقش بسته بود. بر این دایره خطوط مستقیمی به شعاع دایره ترسیم و در کنار هر خط ساعت‌های مختلف را می‌نوشتند. در مرکز این دایره میخی به عنوان شاخص عمود شده بود که چون سایه شاخص بر این خطوط می‌افتاد، می‌توانستند گذران ساعت و زمان را دریابند.^{۸۰} مشخصات این ساعت آفتابی در کتاب‌های دانش نجوم^{۸۱} آلفونسو (در سده هفتم هجری) شرح داده شده‌است.^{۸۲}

قسمت‌های اصلی علامت‌گذاری شده ساعت آفتابی بلاطة

تقریباً نیمی از ساعت آفتابی ابن صفار که از نوع افقی^{۸۳} بوده، باقی مانده‌است. این نیمه حاوی علامت‌ها و نوشته‌هایی است. علامت‌های روی ساعت آفتابی چنان‌که از این پس توضیح داده خواهد شد از این قرارند: مسیر شمال به جنوب و رد سایه‌ها برای نقاط انقلابین و اعتدالین، خطوط ساعات زمانی برای پایان ساعت اول تا یازدهم و منحنی‌ها برای ظهر و عصر نمازگزاران.

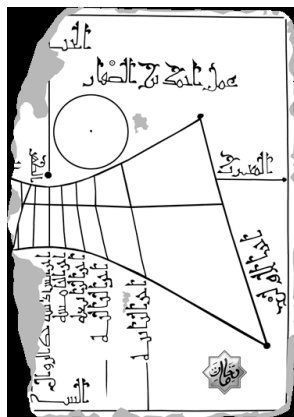
79. King, "Three Sundials", 194.

80. Ibid, 196.

81. *Libros del Saber de astronomia*.

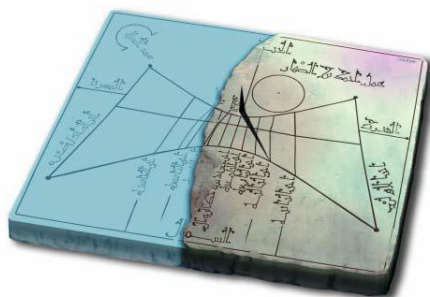
82. King, Ibid, 170.

۸۳. ساعت‌های آفتابی را در سه نوع متداول افقی، ارتفاعی افقی و سمتی افقی می‌ساختند.



شکل ۳: ساعت آفتابی ابن صفار^{۸۴}

ابعاد اصلی ساعت آفتابی تقریباً ۴۸ سانتی متر (قسمت شکسته ۲۴ سانتی متر) در $34/5$ سانتی متر در $4/5$ سانتی متر بوده است.^{۸۵} روی این ساعت آفتابی در گوشه بالای سمت راست نام سازنده آن یعنی احمد بن صفار به خط کوفی حک شده است. نمای بازسازی شده ساعت در «شکل ۴» نشان داده شده است:



شکل ۴: نمای بازسازی شده ساعت آفتابی ابن صفار^{۸۶}

84. Almiron, 105.

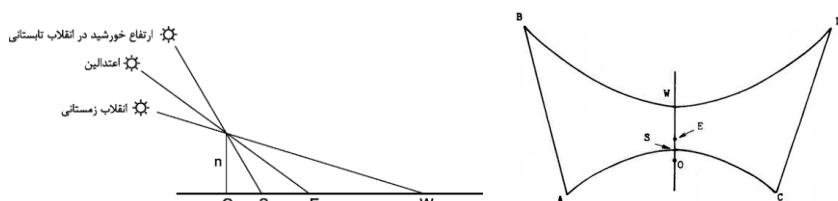
۸۵. موزه باستان‌شناسی کوردوبا.

86. Almiron, 105.

برای ترسیم ساعت‌های آفتابی افقی، دانستن ارتفاع یا سمت خورشید ضروری است، از این رو مقادیر ارتفاع یا سمت خورشید را از طریق محاسبات ریاضیاتی یا جداول زیج به دست می‌آوردند. در «شکل ۵» جهت‌های اصلی روی ساعت آفتابی علامت‌گذاری شده‌اند. خط نصف‌النهار محل در راستای شمال - جنوب روی شکل مشخص شده است. در انقلاب تابستانی، خورشید در مدار رأس السرطان با میل آن به $۲۳:۲۷+$ درجه، و در انقلاب زمستانی خورشید در مدار رأس الجدی به $۲۳:۲۷-$ درجه می‌رسد. بنابراین خورشید در ظهر این دو روز بیش‌ترین و کم‌ترین ارتفاع را در آسمان دارد. از این رو صفحه ساعت آفتابی در این دو روز دو منحنی هذلولی^{۸۷} را به وجود می‌آورد که منحنی نزدیک به شاخص برای انقلاب تابستانی و منحنی دور از شاخص برای انقلاب زمستانی است. به عبارت دیگر شمالی‌ترین کمان (BD) مسیر نوک سایه شاخص را در زمانی که خورشید وارد برج جدی می‌شود، نشان داده و جنوبی‌ترین کمان (AC) نشان‌دهنده زمانی است که خورشید وارد برج سرطان می‌گردد. از آنجاکه در دیگر روزهای سال میل خورشید بین دو مقدار یاد شده است، سایه سر شاخص بین این دو مقدار قرار می‌گیرد. در واقع جز خط اعتدالین (برج حمل و میزان) تمام منحنی‌ها هذلولی‌اند. خطوط BD و AC سایه شاخص هنگام پیمودن هذلولی‌های مختلف ابتدای ماه‌ها را نشان داده است. باید توجه داشت که ترسیم هذلولی روی ساعت آفتابی بسیار اهمیت دارد. هنگام نیم‌روز خورشید در وسط آسمان و سایه شاخص روی خط نصف‌النهار قرار می‌گیرد، اما در بقیه حالات سایه شاخص با خط نصف‌النهار زاویه می‌سازد. بنابراین زمان نماز ظهر سایه شاخص از نصف‌النهار عبور می‌کند، یا در اندلس سایه مشاهده‌شده به اندازه یک چهارم طول شاخص افزایش می‌یافته.^{۸۸}

۸۷. هذلولی از اشکال هندسی و یکی از منحنی‌های مقاطع مخروطی است.

88. Berggren, "Sundial in Medieval Islamic", 8.



شکل ۵: نقاط عبور رد سایه‌ها از نقطه انقلاب تابستانی و نقاط اعتدالین و نقطه انقلاب زمستانی و قطع خط شمال-جنوب را در نقاط S و E و W.

خطوط کشیده‌شده در سراسر ساعت آفتابی، یعنی سه خط OW ، CD ، AB ، در «شکل‌های ۴ و ۵»، نشان‌دهنده ساعت‌های فصلی روزند که اولین خط در سمت راست بلاطه واقع است و سپس به ترتیب خطوط دوم، سوم، چهارم، پنجم و ششم آغاز می‌شوند که خط ششم دقیقاً وسط روز است و سمت خورشید در این لحظه روی خط نصف‌النهار قرار می‌گیرد. این تقسیم‌بندی برای سمت چپ شکل (قسمت شکسته ساعت) نیز صادق است. ابن صفار این تقسیم‌بندی را روی مدار رأس‌الجدی نیز انجام داده تا نقاطی نظیر نقاط قبلی روی این مدار حاصل شود. او این نقاط را به هم متصل کرده تا خط راستی حاصل شود و تقاطع آن با خطوط تقاطع برج‌های سال، ساعت را در ابتدای برج نشان دهد. این کار برای تمامی ساعت‌های زمانی دیگر انجام شده است. در واقع برای ترسیم خطوط ساعات زمانی روی ساعت، از جداول زیج یا از محاسبات ریاضیاتی و با داشتن ارتفاع و سمت و روابطی که بین طول سایه شاخص و ارتفاع خورشید و شاخص وجود دارند، استفاده شده است. در «شکل ۵» نقاط و خطوط روی ساعت عبارت‌اند از:

نقطه‌ای که در آن رد سایه‌ها از نقطه انقلاب تابستانی عبور می‌کند = S

نقطه‌ای که در آن رد سایه‌ها از نقطه انقلاب زمستانی عبور می‌کند = W

نقطه‌ای که در آن رد سایه‌ها از نقاط اعتدالین عبور می‌کنند = E

طول پایه شاخص = n

فاصله پای شاخص از نقطه‌ای که در آن رد سایه‌ها از نقطه انقلاب تابستانی عبور

می‌کند OS.

باید توجه داشت که خطوط برای ساعت‌های اول تا یازدهم بین رد سایه تابستانی و رد سایه زمستانی با AB و CD مشخص شده‌اند. در ضمن رد سایه در انقلاب تابستانی (زمانی که سایه‌ها کوتاه‌ترین‌اند) AC هُذلولی است.

خط مستقیمی که نشان‌دهنده رد سایه در اعتدالین است OW =
دورترین فاصله از سوراخ رد سایه در انقلاب زمستانی (زمانی که سایه‌ها بلندترین‌اند) =

BD

میل خورشید در انقلاب تابستانی و انقلاب زمستانی عبارت است از:

$$\varepsilon \approx \pm 23^{\circ} 30'$$

$$OE = n \cot \bar{\varphi} \tan \bar{\varphi} = \frac{n}{OE} \rightarrow$$

$$OS = n \cot(\bar{\varphi} + \varepsilon)$$

$$OW = n \cot(\bar{\varphi} - \varepsilon)$$

در روابط نوشته‌شده، ε انحراف دایرة البروج و $\bar{\varphi} = 90 - \varphi$ است. زاویه تابش خورشید هنگام ظهر روی خط استوا در اعتدالین برابر ۹۰ درجه است. عرض جغرافیایی اندلس تقریباً $\varphi \approx 38$ درجه است.^{۸۹} با توجه به آن که طول شاخص‌های آفتابی معمولاً حدود ۱۲ واحد بوده، برای زمان‌های ظهر و عصر نمازگزار، سایه شاخص بین $\frac{1}{4}n$ و n قرار می‌گرفت.^{۹۰} بر روی ساعت آفتابی «شکل ۲» برای تعیین عرض جغرافیایی ساعت چنین داریم: طول شاخص $n = 9\frac{1}{4}$ mm و سایه ظهر در انقلاب زمستانی $ow = 18\frac{1}{4}$ mm است.

$$OW = n \cot(\bar{\varphi} - \varepsilon)$$

89. Kennedy, & M.H, Kennedy, 94.

90. King, "Three Sundials", 171.

$$\frac{1}{18} = \frac{1}{9} \cot(\bar{\varphi} - \varepsilon)$$

$$\cot(\bar{\varphi} - \varepsilon) \approx 1/94$$

$$\bar{\varphi} - \varepsilon \approx \text{arc cot } 1/94$$

$$\bar{\varphi} - \varepsilon \approx 27^\circ$$

$$\text{داریم } \varepsilon \approx \pm 23^\circ:30'$$

$$\bar{\varphi} = 90 - \varphi$$

$$\rightarrow \varphi \approx 39^\circ:30'$$

مقدار به دست آمده نزدیک به عرض جغرافیایی قرطبه در سده‌های میانه $38^\circ:30'$ درجه است که به مقدار امروزی آن، یعنی $37^\circ:53'$ درجه نزدیک است.

با داشتن ارتفاع یا سمت خورشید و با استفاده از فرمول‌های ریاضیاتی یا جداول زیج فاصله پای شاخص از نقاط مختلف مربوط به ساعات روز را از روابط حاصل ضرب ارتفاع شاخص در ارتفاع خورشید به دست آورده، روی ساعت علامت‌گذاری می‌شود.

شرح کامل ساعت آفتابی ابن صفار با دانش فعلی ما از ساعت‌های آفتابی کاملاً سازگار نیست، اما می‌دانیم که این ساعت آفتابی افقی برای عرض جغرافیایی قرطبه طراحی شده و در آن خطوطی برای ساعات فصلی روز و خطوطی که نشانه آغاز فصل‌هایند، نیز خطوطی برای نماز ظهر و احتمالاً نماز عصر نمایان‌اند؛ اما تقسیم‌بندی‌های خطوط در مواردی نشان می‌دهند که رد سایه‌های وابسته به اعتدال شب و روز باید بر یک خط مستقیم باشد، که چنین نیست. هم‌چنین خط‌های سوم، چهارم و هشتم و خط اعتدال به‌درستی ترسیم نشده‌اند، درحالی‌که باید مستقیم باشند.^{۹۱} افزون بر اینها، بخش‌های بین رد سایه‌ها در اعتدال و انقلاب تابستانی برای ساعت‌های سوم، چهارم، پنجم، هفتم و هشتم کمابیش موازی‌اند که نشان‌دهنده خطای ترسیم ابن صفار است. هم‌چنین مشخص نیست که

91. Berggren, "Sundials in Medieval Islamic", 8.

علامت‌های روی ساعت برپایه ساختار هندسی بطلمیوسی به نام آنالما^{۹۲} ترسیم شده یا مطابق از جداول مختصات خطوط ساعت‌هایی که بعدها تنظیم شده بودند. باید توجه داشت تنها جداول شناخته‌شده تا پیش از زمان ابن‌صفار که به کار ساخت ساعت‌های آفتابی می‌آمدند، جداول خوارزمی بودند که در اوایل قرن سوم هجری در بغداد تدوین شده بوده‌اند. جداول خوارزمی مقادیر طول سایه اندازه‌گیری شده از پایه شاخص برای شماری از عرض‌های جغرافیایی را تعیین می‌کرد. با توجه به این واقعیت که برخی از خطوط ساعت متشکل از دو بخش بین رد سایه برای نقاط انقلابین و اعتدالین است، اگر ابن‌صفار از جداول استفاده می‌کرد، بایستی مختصات آن‌ها را برای اعتدالین نشان می‌داد. از این رو مونیکا ریوس احتمال می‌دهد ساعت آفتابی به دست خود ابن‌صفار ساخته نشده و احتمالاً به تقلید از شیوه او ساخته شده است.^{۹۳}

نتیجه و جمع‌بندی

یکی از مهم‌ترین مباحثی که ابن‌صفار در کتاب العمل بالاسطرلاب تجزیه و تحلیل کرده، تعیین قبله قرطبه به اندازه ۳۰ درجه جنوب شرقی است که این زاویه با سمت طلوع خورشید در انقلاب زمستانی در اندلس منطبق است. هم‌چنین ابن‌صفار و استادش مجریطی در تنظیم زیج خود به روش سندهند نظر داشته‌اند. آنان با به‌کار بردن تقویم هجری قمری و اساس قرار دادن خط نصف‌النهار قرطبه، تغییراتی را در زیج خوارزمی ایجاد کردند. از این رو به نظر می‌رسد همه جداولی که بر اساس نصف‌النهار قرطبه تنظیم شده مقتبس از شیوه‌های مجریطی و شاگردان وی به‌ویژه ابن‌صفار باشد. استفاده ابن‌صفار از کتاب جغرافیای بطلمیوس در باب تعیین طول و عرض جغرافیایی شهرها، نوشتن نام ماه‌های عجمی بر روی اسطرلابی که شرح آن‌را در کتاب‌العمل آورده و رواج

۹۲. شکلی به صورت عدد هشت لاتین.

93. Rius, "Ibn al-Saffar", 567.

روش سندهند در زیچ مختصر او نشان از گرایش منجمان اندلسی به آثار یونانی، ایرانی و هندی دارد. گواه دیگر برای استفاده از ماه‌های عجمی در اسطرلاب ابن‌صفار، بابتی نویافته از رساله کتاب العمل در کتابخانه مرعشی قم است. از آنجاکه روی این ساعت آفتابی منحنی‌ای برای وقت نماز ظهر ترسیم شده، با توجه به این‌که ساعت آفتابی شکسته و فقط نیمی از آن باقی مانده، شاید بتوان حدس زد که نیمه از میان‌رفته واجد منحنی نماز عصر بوده‌است. به سبب جایگاه و اعتبار والای آثار ابن‌صفار و به‌ویژه از آن‌روکه کتاب العمل بالاسطرلاب تا قرن پانزدهم م/نهم ه در اروپا مورد استفاده بوده، شایسته است نیمه‌ای از سده‌های چهارم و پنجم هجری را به نام دانشمندان ریاضی و منجمان اندلس (مجریطی و ابن‌صفار) مزین کرد.

پیوست ۱: باب‌های کتاب العمل بالاسطرلاب ابن‌صفار در کتابخانه اسکوریال و «باب‌های نویافته» در کتابخانه مرعشی قم^{۹۴}

محل نگه‌داری نسخه	نام باب‌ها	
اس/مر ۱ / ۲	کتاب العمل بالاسطرلاب و ذکر آياته و أجزاءه لابن الصفار	۱
اس/مر ۱ / ۲	باب فی تعدیل الشمس و هو موضعها من فلک البروج	۲
اس/مر ۱ / ۲	باب معرفة وضع درجة الشمس فی فلک البروج المخطوطة فی الشبكة و معرفة النظر	۳
اس/مر ۱ / ۲	باب فی أخذ ارتفاع الشمس و ارتفاع الكواكب	۴
اس/مر ۱ / ۲	باب فی معرفة أوقات النهار و ما مر من ساعات زمانية و معرفة الطالع فی الأوقات	۵
اس/مر ۱ / ۲	باب فی معرفة أوقات الليل و ما مر من ساعة الزمانية و معرفة الطالع	۶
اس/مر ۱ / ۲	باب معرفة وقت الظهر و العصر و آخر العصر و مغيب الشفق و	۷

۹۴. کتابخانه اسکوریال: (اس)؛ نسخه ۱۳۷۴۷/۲ کتابخانه مرعشی قم: (مر/ ۱)؛ نسخه ۲۸۶۳/۹ همان کتابخانه (مر/۲).

	طلوع الفجر	
٨	باب معرفة قوس الليل و قوس النهار	اس/ مر ١ / مر ٢
٩	باب فى معرفة أجزائه ساعة واحدة زمانية من ساعات النهار و الليل	اس/ مر ١ / مر ٢
١٠	باب فى معرفة ما مر من كسر الساعة على الحقيقة	اس/ مر ١ / مر ٢
١١	باب معرفة كم ساعة معتدلة فى الليل و النهار متى شئت	اس/ مر ١ / مر ٢
١٢	باب معرفة كم ساعة معتدلة تمر بالليل و النهار	اس/ مر ١ / مر ٢
١٣	باب فى معرفة الساعات الزمانية الى المعتدلة و صرف المعتدلة الى الزمانية	اس/ مر ١ / مر ٢
١٤	باب فى معرفة ارتفاع الشمس فى نصف النهار و ارتفاع الكواكب فيه و ذلك أرفع ما يكون	اس/ مر ١ / مر ٢
١٥	باب منه آخر	اس/ مر ١ / مر ٢
١٦	باب معرفة درجة الشمس المجهولة من قبل ارتفاع نصف النهار و معرفة اليوم الذى يكون ذلك فيه	اس/ مر ١ / مر ٢
١٧	باب معرفة يوم مجهول مساوى النهار يوم المعلوم	اس/ مر ١ / مر ٢
١٨	باب فى معرفة ما تجهله من كواكب السماء الموضوعة فى الشبكة من قبل ما تعلمه منها	اس/ مر ١ / مر ٢
١٩	باب فى معرفة وقت طلوع أى درجة شئت من البروج و أى كوكب أردت من الكواكب الموضوعة فى الشبكة	اس/ مر ١ / مر ٢
٢٠	باب معرفة أى درجة يتوسط السماء مع أى كوكب شئت و مع أى درجة يطلع و يغرب	اس/ مر ١ / مر ٢
٢١	باب فى معرفة سمت الشمس بالنهار و الكواكب بالليل	اس/ مر ١ / مر ٢
٢٢	باب فى معرفة القبلة بالليل و النهار	اس/ مر ١ / مر ٢
٢٣	باب الطول و العرض	اس، - ، -
٢٤	باب فى معرفة أى درجة شئت من درجات البروج عن دائرة معدل النهار و ميل أى كوكب أردت من الكواكب و ميلها هو بعدها منه	اس/ مر ١ / مر ٢
٢٥	باب فى معرفة أخذ عرض كل بلد	اس/ مر ١ / مر ٢
٢٦	باب فى معرفة أخذ الساعات فى بلد لا عرض له فى الصفائح	اس/ مر ١ / مر ٢

٢٧	باب فى معرفة ساعات النهار بالرسم الموضوع على ظهر العضادة	اس / ١ / مر ٢
٢٨	باب فى معرفة الطول و أخذه	اس / ١ / مر ٢
٢٩	باب فى معرفة على كم يكون سمت بلد يسأل عنه عن سمت بلدك و كم بعد رؤوس أهله من سمت رؤوس أهل بلدك	اس / ١ / مر ٢
٣٠	باب فى معرفة الظل من قبل ارتفاع الشمس	اس ، - ، مر ٢
٣١	باب فى معرفة ارتفاع الشمس من قبل الظل	اس / ١ / مر ٢
٣٢	باب فى معرفة ظل نصف النهار الذى هو ظل الزوال و معرفة ظل وقت الظهر و وقت العصر فى أى يوم شئت من أيام السنة	اس / ١ / مر ٢
٣٣	باب فى معرفة ارتفاع الشمس و معرفة سمتها و معرفة أى ساعة أردت من ساعات النهار و لأى يوم شئت ذلك من أيام السنة	اس / ١ / مر ٢
٣٤	باب فى معرفة درجة الشمس المجهولة من قبل الارتفاع و السمات المعلومين و معرفة اليوم الذى يكون ذلك فيه	اس / ١ / مر ٢
٣٥	باب فى معرفة ارتفاع الصوامع و النخل و غير ذلك مما يقع فوق الأرضين	اس / ١ / مر ٢
٣٦	باب آخر فى معرفة ما بين مكانين و ما يزيد الا أعلى منهما على الأخفض	اس / ١ / مر ٢
٣٧	باب فى معرفة ما يطلع به البروج من درجة دائرة معدل النهار فى الفلك المستقيم و هو مثل طلوعها فى خط فى نصف النهار	اس / ١ / مر ٢
٣٨	باب فى معرفة ما يطلع به البروج من درجات دائرة معدل النهار فى أى بلد شئت	اس / ١ / مر ٢
٣٩	باب فى معرفة موضع القمر من البروج و مواضع الكواكب السيرة فيها على المقاربة	اس / ١ / مر ٢
٤٠	باب فى معرفة تسوية البيوت الاثنى عشر	اس / ١ / مر ٢
٤١	باب تحويل سنى العالم و سنى الموالد و طولالعها	اس / ١ / مر ٢
٤٢	باب فى معرفة المشارق	اس ، - ، مر ٢
٤٣	باب معرفت سمت مكه	مر ٢
٤٤	باب معرفت ارتفاع	مر ٢

٤٥	باب فى معرفة نقل قبلة فى موضع التى آخر	مر ٢
٤٦	باب منه آخر و هو تستخرج الجهات الاربع و الموضع	مر ٢
٤٧	باب معرفة بعد القمر و احد الخمسة او احد الثابتة التى ليست فى العنكبوت	مر ٢
٤٨	باب معرفة الدرجة التى يطلع معها القمر و الخمسة المتحيرة او الثابتة التى ليست فى العنكبوت	مر ٢
٤٩	باب معرفة ليل القمر و احد المتحيرة او الثابتة التى ليست فى العنكبوت	مر ٢
٥٠	باب معرفة عمق البئر	مر ٢
٥١	باب منه آخر	مر ٢
٥٢	باب معرفة سعة النهر اذا لم تتصل بحاشية	مر ٢
٥٣	باب منه آخر	مر ٢
٥٤	فى معرفة دخول السنين العجميه و شهورها	- ، مر ١ / مر ٢

پیوست ۲: باب نویافته از ابن صفار در رساله: کتاب العمل بالاسطرلاب «باب فی معرفة دخول السنین العجمية و شهورها»^{۹۵}

اذا اردت معرفة ای يوم يدخل، ینیر من ای عام، اردت ذلك فاعرف تلك السنة الداخلة کم هي من تاريخ مولد المسيح عليه السلام و اطرح عدد السنین ثمانية وعشرين و ثمانية وعشرين، فما بقى اقل من ثمانية و عشرين. فاطلب مثل ذلك العدد فی الدائرة العلی من هذه الدوائر المتحدة لذلك و خذ ما تحته فی الدائرة الثانية من العدد، فاحفظه؛ ثم ابدأ بالحساب من يوم الاحد و اعط لكل يوم واحداً؛ فالذي ینفد لك فيه العدد فيه لك اليوم يدخل ینیر فی العام الذي اردت. فان اردت معرفة دخول سایر شهور ذلك العام فخذ علامة الشهر الذي تريد معرفة اوله فهو العدد المكتوب تحت الشهر من دائرة الشهور فما كان من العدد حسبت من اليوم الذي دخل فيه ینیر و اعطيت لكل يوم واحداً حتى ینفد العدد الذي معك فالیوم الذي انتهیت اليه فيه يدخل الشهر الذي اردت من عامك ان شاء الله و تعلم عام الكبيسة اذا كان تحت العام مكتوب فی الدائرة الثالثة كبيسة فتعلم ان جنب الذي هو اخر شهور العام يكون فی تلك السنة من اثنين و ثلاثين يوماً ان شاء الله و اعلم ان ینیر الكاین فی سنة ثلاث عشرة و اربع مائة للهجرة و دخول سنة ثلاث و عشرين و الف لمولد المسيح و تدخل سنة اربع و عشرين و الف لمولد المسيح السادس عشر من شوال بالعلامة سنة اربع عشرة و اربع مائة للهجرة و تدخل سنة خمس و عشرين و الف الیوم الثامن و العشرين من شوال سنة خمسة عشر و تدخل سنة ست و عشرين و الف الیوم العاشر من ذی القعدة سنة ست عشر و تدخل سنة سبع و عشرين و الف الیوم الموفی عشرين من ذی القعدة سنة سبع عشر و تدخل سنة ثمانية و عشرين و الف الیوم الاول من ذی الحجة سنة ثمان و عشرة و رابع مائة و تدخل سنة تسع و عشرين و الف الیوم الثالث و العشرين من ذی الحجة سنة عشرين و اربع مائة و تدخل سنة احدى و ثلاثين و الف الیوم الخامس من المحرم سنة اثنين و عشرين و اربع مائة

۹۵. تصحيح بر اساس نسخه خطی كتاب العمل بالاسطرلاب ابن صفار به شماره ۱۳۷۴۷/۲ كتابت در قرن دهم هجری، موجود در كتابخانه مرعشی قم انجام شده است.

و ازدلفت سنة احد و عشرين و اربع مائة للهجرة اذ لم يكن فيها دخول ينير من اثنين و عشرين و اربع مائة للهجرة تبدا فتعطي لكل عام قمرى عاماً شمسياً اعنى انّ سنة اثنين و ثلاثين و الف المسيح يكون دخولها سنة ثلاث و عشرين و اربع مائة للهجرة، و كذلك يصحبك العدد عاماً بعام الى سنة خمس و خمسين و اربع مائة للهجرة، فيها ازدلاف آخر ان شاء الله. و مما ذكرنا يعرف كم لتاريخ المسيح من قبل تاريخ الهجرة ان شاء الله تعالى. و هذه صورة الدائرة الموضوعية لذلك؛ فافهمه. تمت الرسالة بفضل الله تعالى و من عونه و توفيقه.

پوست ٣: اسطرلاب محمد بن صفار



اسطرلاب ابن صفار، عكس از موزه اسكاتلند، ادینبورگ، ساخته سال ٤١٧ هـ در قرطبه، قطر: ١٥/٥

سانتی متر، جنس: برنج^{٩٦}

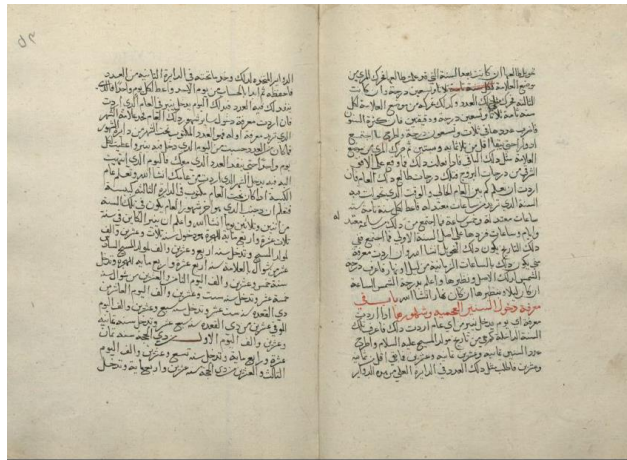
96. MIC (Museo Imaginado De Cordoba), http://islamicart.museumwnf.org/database_item.php?id=object;ISL;uk;Mus03;1;en, Available 2019.

پیوست ۴ : اسطرلاب محمد بن صفار



اسطرلاب محمد بن صفار، در پشت اسطرلاب، نام و امضای او و سال ساخت ۴۱۱ هجری دیده می‌شود، محل ساخت: قرطبه، اسطرلاب دارای هفت صفيحه است. عکس از حراجی ساتبی لندن^{۹۷}

پیوست ۵: تصویر صفحاتی از باب «فی معرفة دخول السنين العجميه و شهرها» (باب نویافته)



صفحاتی از باب آخر از نسخه خطی کتاب العمل بالاسطرلاب ابن صفار به شماره ۱۳۷۴۷/۲ (با سپاس از

متولی محترم کتابخانه مرعشی قم)

97. sotheby's.com; {<https://www.sothebys.com/en/slideshows/the-anatomy-of-an-astrolabe?slide=an-umayyad-brass-astrolabe-signed-by-muhammad-ibn-al-saffar-spain-cordoba-dated-in-western-abjad-411-ah-1020-ad>}, Available 2019.

کتابشناسی

- ابن ابی اصیبعه، احمد بن قاسم، عیون الانباء فی طبقات الاطباء، بیروت، دارالفکر، ۱۳۷۷ هـ.
- ابن صاعد اندلسی، طبقات الامم، بیروت، دارالفکر، ۱۹۸۳ م.
- ابن صفار، ابوالقاسم احمد، کتاب العمل بالاسطرلاب، نسخه خطی، شماره ۲۸۶۳/۹ و شماره ۲ / ۱۳۷۴۷ کتابخانه مرعشی، قم.
- همو، کتاب العمل بالاسطرلاب، نسخه خطی، شماره ۹۶۴، کتابخانه اسکوریال.
- ابن عذارى، بیان المغرب فی اختصار اخبار الملوک الاندلس و المغرب، بیروت، دارالثقافة، چاپ سوم، ۱۹۸۳ م.
- ابن نطاح، کتاب العمل بالاسطرلاب، نسخه خطی، شماره ۹۶۰۲، کتابخانه بریتانیا، نسخه‌های خطی شرقی.
- بایکروسا، میاس «کتاب العمل بالاسطرلاب»، مجله المعهد المصری للدراسات الاسلامیة فی مدیر، مطبعة المعهد المصری فی مدیر، العدد الثالث، المجلد الاول، ۱۹۵۵ م.
- بتانی، الزیج الصابی فی حساب النجوم و فلک البروج و مواضع الکواکب و غیرها، تحقیق نلینو، لبنان، دارالمکتبة بیبلون، ۱۸۹۹ م.
- بروکلمان، کارل، تاریخ الادب العربی، قاهره، دارالمعارف مصر، ۱۹۷۵ م.
- پالولو، لورنزو مینیو، «پلاتوی تیولی»، زندگینامه علمی دانشوران، ترجمه فریبرز مجیدی، زیر نظر احمد بیرشک، تهران، بنیاد دانشنامه بزرگ فارسی - انتشارات علمی فرهنگی، چاپ اول، ۱۳۷۵ ش.
- چهره‌های نامدار اندلس، ویراستار: علیرضا باقر، قم، بنیاد دانشنامه نگاری ایران و دانشگاه ادیان و مذاهب، ۱۳۹۱ ش.
- دیانت، علی اکبر، «ابن صفار»، دایرة المعارف بزرگ اسلامی، زیر نظر محمدکاظم موسوی بجنوردی، تهران، انتشارات دایرة المعارف بزرگ اسلامی، ۱۳۶۷ ش.
- سارتن، جورج، مقدمه‌ای بر تاریخ علم، ترجمه غلامحسین صدری افشار، تهران، انتشارات علمی فرهنگی، ۱۳۸۹ ش.
- سامسو، خولیو، «العلوم الدقیقة فی الاندلس»، الحضارة العربیة الاسلامیة فی الاندلس، تحریر سلمی خضراء جیوسی، بیروت، مرکز دراسات الوحدة العربیة، ۱۹۹۸ م.
- سزگین، فؤاد، تاریخ التراث العربی، ریاض، دار الثقافة و النشر بالجامعة، ۱۴۱۱ ق.
- عنان، عبدالله، تاریخ دولت اسلامی در اندلس، ترجمه عبدالمحمد آیتی، تهران، انتشارات کیهان، چاپ

اول، ۱۳۶۶ ش.

فاتحی نژاد، عنایت‌الله، «اشبیلیه»، دایرة المعارف بزرگ اسلامی، زیر نظر محمدکاظم موسوی بجنوردی، تهران، انتشارات دایرة المعارف بزرگ اسلامی، ۱۳۷۷ ش.

قاسملو، فرید، «زرقالی»، دانشنامه جهان اسلام، زیر نظر غلامعلی حداد عادل، تهران، انتشارات کتاب مرجع، چاپ اول، ۱۳۹۵ ش.

کراچکوفسکی، ایگناتی یولیانوویچ، تاریخ نوشته‌های جغرافیایی در جهان اسلامی، ترجمه ابوالقاسم پاینده، تهران، انتشارات علمی فرهنگی، چاپ چهارم، ۱۳۹۳ ش.

کینگ، قبله‌یابی در اسلام، ترجمه حسین ناهید، اصفهان، خانه ریاضیات اصفهان با همکاری موسسه فرهنگی فاطمی، ۱۳۸۴ ش.

مجیدی، فربرز، فرهنگ تلفظ نام‌های خاص، تهران، انتشارات فرهنگ معاصر، چاپ چهارم، ۱۳۹۷ ش. نلینو، کرلوالفونسو، تاریخ نجوم اسلامی، ترجمه احمد آرام، تهران، چاپخانه بهمن، ۱۳۴۹ ش.

یاقوت حموی، معجم البلدان، ترجمه علینقی منزوی، تهران، سازمان میراث فرهنگی کشور، ۱۳۸۰ ش.

Almiron, Esteban Marti'nez, *Legodo Gnomonico de al-Andalus*, Cordoba, la Publication Ediciones Reloj Andalusi, 2014.

Berggren, J. L, "Sundials in Medieval Islamic Science and Civilization", Simon Fraser University, Burnaby, B.C.Canada, June 2001

Bernburg, Lutz Richter, "Sā'id al-Andalusī", Thomas Hockey, *The Biographical Encyclopedia of Astronomers*, New York, Springer, 2007.

Glick, Thomas & Others, *Medival Science, Technology and Medicine and Encyclopedia*, Rouledge, T&F, Newyourk-London, 2005.

Goldstein, B.R, "Ibn Al-Saffar", *EI2*, V. III, new edition, Leiden, London, 1986.

Kennedy, E.S & M.H, *Geographical Coordinates of Localities from Islamic Sources*, Frankfurt, Johann Wolfgang Goethe-University, 1987.

King, David, "The Enigmatic Orientation of the Great Mosque of Córdoba Explained," 2018.

www.academia.edu/35797452/C%C3%B3rdoba_Mosque_orientation_explained_30-01-2018_-

- _NOW_PUBLISHED_IN_SUHAYL_2018_19, Available 2019.
King, David, "Three Sundials from Islamic Andalusia",
تاريخ العلوم العربيه، تشرين، المجلد الثاني ١٩٧٨.
- King, David, *World-Maps for Finding the Direction and Distance to Mecca: Innovation and Tradition in Islamic Sciences*, London, Al-Furgane, Islamic Heritage Foundation; Leiden, Boston, Koln: Brill, 1999.
- King, David, "Kibla", *EI2*, Leiden, E.J. Brill, 1986.
- King, David & Richard, Lorch, "Qibla Charts, Qibla Maps and Related Instruments", *The History of Cartography*, Chicago & London: The University of Chicago Press, 2017.
- Rius, Monica, "Ibn al-Saffar", Thomas Hockey, *The Biographical Encyclopedia of Astronomers*, New York, Springer, 2007.
- Samsó, Julio, "Andalusi & Maghribi Astronomical Sources: What Has Been Done and What Remains to Be Done", *Islamic Astronomy and Medieval Spain*, Variorum, Vol.VI, 1994.
- Samsó, Julio, "Astrology Pre-Islamic Spain and the Conquest of Al-Andalus", *Revista Del Instituto Eipcio de Estudios Islamicos*, Espanol, 1985-1986, N.23.
- Samsó, Julio, "Maslame Al-Majriti and the Alphonsine Book on the Construction the Astrolabe",
تاريخ العلوم العربيه، ١٩٨٠.
- Samsó, Julio, Honorino Mielgo, "Ibn Ishaq al-Tunisi and Ibn Muadh al-Jayyani on the Qibla", *Islamic astronomy and medieval Spain*, Aldershot, Hampshire, Gt. Brit, vol.VI, 1994.