تاریخ و تمدّن اسلامی
سال ۱۶، شماره ۳۱، بهار و تابستان ۱۳۹۹
صص ۱۴۱-۱۷۴ (مقاله پژوهشی)

Islamic History and Civilization
Vol.16, No.31, Spring & Summer 2020

ابن‌صفار و پیشبرد نجوم اسلامی در اندلس: قبله‌یابی در *کتاب العمل بالاسطرلاب* و ساعت آفتابی «بلاطة»[1]

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[2]
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- ۴۲۶ه) منجم و ریاضی‌دان مسلمان اندلسی (اسپانیایی) آثار چندی در علم نجوم تألیف کرده است. مشهورترین اثر او کتاب العمل بالاسطرلاب و ذکر آلاته واجزائه 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 ۲۳۵ه) 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 ۳۹۸ه) نیست. افزون بر این‌ها، تعیین قبله قرطبه با مقدار ۳۰

---

۱. تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۷/۳۰؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/٤/۲
۲. رایانامه (مسؤول 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 درسده چهارم هجری در دوره حکومت عبدالرحمان ناصر اموی (حک۳۰۰-۳۵۰ه) جایگاه ویژه‌ای درمیان دولت‌های اسلامی به‌دست 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 بوده‌است؛ 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 که‌به‌ویژه در دوره حَکَم مستنصر اموی (حک۳۵۰-۳۶۶ه) کتاب هدیه‌ای باارزش به‌شمار می‌آمد.[٤] او با دادن صله‌های گران‌بها و صرف هزینه‌های بسیار از دانشمندان می‌خواست تا اولین نسخه از تألیفات خود را به دربارش بفرستند.[٥] اما دوره شکوه و اقتدار سیاسی و فرهنگی اندلس با سلطه عامریان (۳۶۷- ۳۹۹ه) روی در نشیب نهاد و سرانجام با سقوط دولت اموی در سال ۴۲۲ه، سلسله‌های ملوک‌الطوایف مسلمان در شهرهای مختلف

۳. ابن عذاری، ۲۱۵/۲، عنان، ٤٤٤/۱.

٤. عنان، ٤٤٦/۱.

٥. همو، ٤٩٤/۱.

اسپانیا به‌استقلال سربرآوردند.[۶] بااین‌حال در این سال‌ها رونق علمی در اندلس یکباره از میان نرفت؛ چه در نتیجه تشویق امرای قرطبه، اِشبیلیه[۷] و طُلیطله[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 مَسلمه مجریطی (د ۳۹۸ه)، ابن‌صفار غافقی (د ۴۲۶ه)، ابن‌سَمح غرناطی (د ۴۲۶ه)، و پزشکان ماهری مانند خَلَف بن عباس زَهراوی (درگذشت: پس از ۴۰۰ه) بود که شهرت جهانی یافتند.[۹]

پیشینه مطالعات نجومی در اندلس

بنا بر قول مشهور، اولین متن نجوم اندلس احتمالا بخشی از «ارجوزه» منسوب به عبدالواحد بن اسحاق ضَبّی، منجم دربار هشام اموی (حک ۱۷۲-۱۸۰ه) بوده‌است.[۱۰] برخی نیز از ورود اولین زیج‌ها یاجداول نجومی به اندلس در روزگار عبدالرحمان دوم (حک ۲۰۶-۲۳۸ه) 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 به‌دست داده‌اند؛ هم او بود که گروهی از منجمان شاعر مانند عباس بن فِرناس،[۱۱] عبدالله بن شُمَیر، یحیی غَزال و

---

۶. عنان، ۸/۲.

۷. اِشبیلیه نام معرب سویل واقع در جنوب غربی اسپانیا بر کرانه وادی الکبیر است که از نخستین سال‌های فتح تا سال ۹۹ه حاکم‌نشین اندلس بوده (فاتحی‌نژاد، ۷۵۲/۸).

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

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

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

۱۱. ابوالقاسم عباس بن فِرناس، منجم عصر حکم بن هشام (حک ۱۸۰-۲۰۶)، ابزاری نجومی به نام «المیقاتة» 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 اصلاح‌شده زیج سندهند به دست خوارزمی که از ترجمه سندهند فزاری مایه می‌گرفت، با یاری ابن‌فرناس یا ابن‌ناصح در اندلس معرفی شده باشد.[۱۲]

از دیگر منابع نجومی اولیه در اندلس باید به کتب «اَنواء» اشاره کرد که درباره طلوع و غروب ستارگان در پیوند با تغییرات جوی و فصلی تحریر شده‌اند. نخستین نشانه‌های توجه به اَنواء در اندلس در نیمه اول قرن سوم هجری در کتاب فی‌النجوم عبدالملک بن حبیب (د ۲۳۰ه) 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 دایرةالبروج؛ به عبارت دیگر، قبله پیشنهادی ابن‌حبیب در جهت طلوع خورشید در انقلاب زمستانی بوده‌است.[۱۵]

منجم دربار حَکم المستنصر (حک۳۵۰-۳۶۶ه) و منصور عامری (حک ۳۶۷-۳۹۲ه) احمد بن فارس نیز از سنت انواء، در زمانی که احکام نجوم توسط منصور منع شده‌بود، پنهانی در محافل استفاده می‌کرد.[۱۶] هم‌چنین حسن بن علی بن خَلَف 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 چپت قرار گیرد، آن‌گاه رویت را به جنوب بگردانی، چشم‌انداز نگاهت به‌سوی قبله خواهد بود».[۱۷] ذکر شانه چپ و استقبال

.(Almiron, 26؛۲٦۹ ،۲۷۰ ،۳۰۱/۱

۱۲. عنان، ۳۰۰/۱-۳۰۲؛ Samso, "Astrology Pre-Islamic",79 .

13. Samso, "Andalusi & Maghribi", 77.
14. King, "The Enigmatic Orientation", 36.
15. Ibid, 36.

۱٦. ابن عذاری، ۲۹۳/۲؛ Samso, 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 ابن‌خلف قبله در جهت طلوع خورشید در انقلاب زمستانی بوده‌است.

هم‌چنین کتاب الانواء عُرَیب بن سعد قُرطبی (د ۳۶۹ه) 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 ابوعبدالله محمد بن جابر بن سنان بَتّانی (د ۳۱۷ه)[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 مَسلمة بن احمد مجریطی[۲۲] در شهر قرطبه بود. مجریطی و هم‌دوره‌اش قاسم بن مُطرّف قَتّانی 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 صفیحه اسطرلاب نگاشت.[۲٤] در آثار

القبلة و القطب...» (ابن‌خلف اموی، کتاب فی الانواء، اسکوریال ۹٤۱، ۲٦پ)، احتمال دارد که منظور ابن‌خلف «تا حدودی جنوب شرقی» باشد.

18. King, "The Enigmatic", 37.

19. Samso, Ibid.

۲۰. سزگین، ۳٥٦/٥.

۲۱. کینگ، ۱۱.

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

23. *Planispharrium*

مجریطی و شاگردانش ابن‌صفار و ابن‌سمح به ابزارهای نجومی توجه شده‌است.

سرگذشت‌نامه علمی ابن‌صفار

ابوالقاسم احمد بن عبدالله بن عمر غافقی، مشهور به ابن‌صفار، در حدود ۳۷۰ه در قرطبه زاده شد[۲۵] و همان‌جا 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 ابن‌بَرغوث واسطی، ابن‌عطار و ابن‌شهر قُرشی یاد کرده‌اند.[۲۷] با برافتادن حکومت عامریان در آغاز سال ۳۹۹ه در پی جنگ‌های داخلی، چون مجاهد عامری، فرمانروای بلنسیه که خوداهل فضل و دانش بود به شهر ساحلی دانیه در در جنوب شرقی اندلس رفت، ابن‌صفار نیز ملازم وی شده، تا پایان عمر در آن‌جا به تدریس و تحقیق ادامه داد.[۲۸]

سه اثر مهم از ابن‌صفار باقی مانده‌است؛ یکی ساعتی آفتابی که در آثار منجمان بعدی بلاطة نام گرفته‌است. این ساعت که از قدیم‌ترین نمونه‌های ساعت آفتابی در اندلس است، گویا برای وقت نماز نیم‌روز ساخته شده بوده‌است.[۲۹] دوم زیج مختصر که ابن‌صفار در آن از زیج سندهند خوارزمی استفاده کرده‌است[۳۰] که امروزه به دلیل در دسترس نبودن زیج خوارزمی، می‌توان دست‌کم چارچوب اصلی آن را بر اساس زیج مختصر تعیین کرد. نشان

---

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

۲۵. دیانت، «ابن‌صفار»، ۱۱۲/۱.

۲۶. ابن‌صفار برادری به نام محمد داشت که در ساخت اسطرلاب تام مشهور بود و ابن صفار را در ساخت اسطرلاب و دیگر ابزارهای نجومی یاری می‌کرد (نک. ابن صاعد، ۲۳۰؛ ابن ابی اصیبعه،٤٣٤). دو اسطرلاب از محمد بن صفار در پیوست ۳ و ٤ آمده‌است.

۲۷. همانجاها.

۲۸. ابن ابی اصیبعه، ٤٣٤.

29. Thomas Glick & Others, 241.

۳۰. ابن‌صاعد، ۲۳۱.

ارتباط زیج خوارزمی با میراث هندی و ایرانی این است که خط نصف‌النهار آن از اَرین[۳۱] می‌گذرد و در محاسبه وقت از تقویم یزدگردی تبعیت می‌کند. مجریطی و شاگردانش این زیج را در قالبی دیگر ریختند و در آن، تقویم هجری را به‌کار برده، خط نصف‌النهار قرطبه را اساس قرار دادند.[۳۲] آنان درواقع مبدئی اسپانیایی برای خط نصف‌النهار جهت محاسبه طول و عرض جغرافیایی شهرها درنظر گرفتند؛ ازاین‌رو به‌نظر می‌رسد جداول جغرافیایی خاصی که از نصف‌النهار قرطبه استفاده می‌کنند و برای اصلاح تفاوت طول‌ها و عرض‌های جغرافیایی بین اَرین و قرطبه نوشته شده‌اند، متعلق به مجریطی و شاگردان وی باشد. با رواج سندهند از طریق زیج مختصر ابن‌صفار، چندی بعد ابواسحاق ابراهیم بن یحیی نقاش، معروف به زرقالی (د ۴۹۳ه)، در کتاب الصفیحة الزرقالیة در محاسبه اوساط و تعدیلات از روش سندهند استفاده کرد. هم‌چنین آبراهام/ ابراهیم‌بن‌عزرا (د ۵۶۲ه) منجم و مترجم یهودی در تألیفات نجومی خود، از روش سندهند بهره برد؛[۳۳] اما مشهورترین اثر ابن‌صفار کتاب العمل بالاسطرلاب (تألیف ٤۱۳ه) است.[۳٤]

پرسش‌های این پژوهش این‌هاست: چرا کتاب ابن‌صفار برخلاف بسیاری دیگر از کتب اسطرلاب، در اندلس با اقبال عام مواجه گشته‌است؟ قبله قرطبه و فاصله آن‌جا تا مکه در این کتاب چگونه و با چه روشی به‌دست آمده‌است؟ و ساعت آفتابی بلاطة دارای چه

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

۳۲. کراچکوفسکی، ۷٦ .

۳۳. منجمان اندلس با فراگیری روش سندهند با جداول جیب (سینوس) آشنا شدند (نَلّینو، ۲۱۲، ۳۰۹). زرقالی به پیروی از روش سندهند، لفظ کردجه [Kardaga] را به‌کار برد؛ چنان‌که یک کردجه را برابر قوس ۱۵ درجه می‌دانست (نلّینو، ۲۱۳؛ سارتن، ۲۷۵/۳). هم‌چنین زیج زرقالی توابع مثلثاتی سینوس و تانژانت را به جهان لاتینی عرضه کرد (سارتن، ۹۳٦/۲) .

۳٤. بروکلمان، ۲۲۷/٤.

ویژگی‌هایی است؟

کتاب العمل بالاسطرلاب

ابن‌صاعد (٤٢٠-٤٦٢ه) ریاضی‌دان و منجم اندلسی کتاب العمل بالاسطرلاب ابن‌صفار را یکی از بهترین رسالات نگاشته‌شده تا آن زمان دانسته که متنی روشن، ساده و قابل فهم دارد؛[۳۵] او هم‌چنین می‌نویسد که ابن‌صفار کتابی مشتمل بر مجموعه‌ای از جداول نجومی، طبق روش سندهند، به نام زیج مختصر نوشته[۳٦] که فقط هفت بخش از آن از طریق یک ترجمه کهن عبری (موجود در کتابخانه پاریس)، به دست ما رسیده‌است.[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 ۱۲م که زیج بتانی را به لاتینی ترجمه کرده بود، بدان توجه داشتند.[٤۰] تیولی کتاب العمل بالاسطرلاب ابن‌صفار را به لاتینی ترجمه کرده و دلیل انتخاب این کتاب را اعتبار و وثاقت آن دانسته.[٤۱] در همین سده یوحنا اشبیلی[٤۲] مترجم یهودی مدرسه تولدو نیز این کتاب را به لاتینی ترجمه کرده و در این ترجمه به‌نادرستی رساله ابن‌صفار به مجریطی نسبت داده شده‌است. این خطا از آن‌جا برخاسته که گویا بخشی از باب آخر رساله ابن‌صفار از زیج مجریطی گرفته شده‌است.[٤۳] البته تعجبی ندارد که شاگردان

---

۳۵. ابن صاعد، ۲۳۰.

۳٦. همانجا؛ ابن ابی‌اصیبعه، ٤۳٤.

۳۷. بروکلمان، ٤/ ۲۲۷-۲۲۸.

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

39. Plato of Tivoly

٤۰. سارتن، ۱۷۳۸/۲.

٤۱. پالولو، «پلاتو تیوولی»، ۷۱۵/۳.

42. Johannes Hispalensis

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

مجریطی که معروف‌ترین آن‌ها ابن‌صفار و ابن‌سمح (۳۶۱-۴۲۶ه) بودند، روش به‌کاررفته در رساله مجریطی را پی گرفته باشند. به‌نظر میاس باییکروسا،[٤٤] مصحح کتاب العمل بالاسطرلاب، مجریطی و ابن‌صفار کنیه ابوالقاسم دارند و شاید نام مجریطی در یکی از نسخ خطی به‌اشتباه جایگزین ابن‌صفار شده باشد.[٤٥] هم‌چنین یکی از بزرگ‌ترین مترجمان، یعقوب بن ماهر[٤٦] اخترشناس یهودی قرن سیزدهم میلادی/هفتم هجری که آثار زیادی در نجوم و ریاضی پدید آورده، رساله اسطرلاب ابن‌صفار را به عبری ترجمه کرده‌است.[٤٧] توجه به این ترجمه در کتب اسطرلاب اسپانیایی‌زبان آلفونسوی دهم (د ۱۲۸۴م) 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 بوده‌است. به‌نظر می‌رسد رساله اسطرلاب ابن‌صفار تأثیر مهمی در معرفی و ساخت اسطرلاب در اروپا داشته است.[٤٨]

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 ۱۹۵۵م متن مصحَّح خود را منتشر کرد.[٤٩] وی اشاره‌ای به تاریخ کتابت و نام کاتب نسخه خود نکرده‌است. 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، ١٦، ٢٠، ٤٧١، ٦٧٧).

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

٤٦. سارتن، ١٦١٥/٢: یعقوب بن ماهر (مئیر، مخیر، ماخر) را به عبری لقب ماهر یعنی نبی دادند.

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

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

٤٩. باییکروسا، «کتاب العمل بالاسطرلاب»، ٤٧/٣-٧٦.

مصحَّح 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 باییکروسا با دونسخه خطی موجود در قم معلوم می‌شود، این هر دو نسخه واجد همه باب‌های نسخه اسکوریال جز باب بیست‌وسوم‌اند. 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 العجمیة و شهورها» 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 درنظرگرفتن مبدأ گاه‌شماری هجری قمری (برابر سال ۶۲۲ میلادی) و تفاوت روزهای سال مسیحی و هجری قمری و کبیسه‌های سال‌ها، از محاسبات ساده ریاضیاتی استفاده شده و در ادامه بر انطباق سال ۴۲۳هجری با سال ۱۰۳۲ میلادی تصریح شده‌است.[۵۲] شاید بتوان ابن‌صفار 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 شده‌است.

۵۱. باب‌های نویافته کتاب العمل بالاسطرلاب از مقایسه دو نسخه‌خطی به شماره ۱۳۷٤۷/۲ و شماره ۲۸٦۳/۹ در کتابخانه مرعشی قم با نسخه خطی کتاب العمل بالاسطرلاب به شماره ۹۵۹ فهرست کازیری و ۹٦٤ فهرست درنبورگ در کتابخانه اسکوریال به‌دست داده شده. این باب‌ها در تکمیل باب‌های نسخه خطی اسکوریال (به تصحیح باییکروسا) به فهرست باب‌ها افزوده شده‌است. تحریر باب ٥٤ بر اساس نسخه شماره ۱۳۷٤۷/۲ کتابخانه مرعشی قم در پیوست ۲ و تصویر صفحاتی از همین باب در پیوست ۵ آورده شده‌است.

۵۲. نک. پیوست ۲، «باب نویافته ...»، ص۱٦۹ همین مقاله.

است.[۵۳] هم‌چنین او برای اولین بار در اندلس به تعیین قبله قرطبه به اندازه ۳۰ درجه جنوب شرقی پرداخته‌است. ابن‌صفار 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 ابن‌صفار 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 عددیِ سمت قبله قرطبه که ابن‌صفار در کتاب العمل بالاسطرلاب به‌دست داده، در آثار چند نویسنده بعدی اندلسی و مغربی آمده‌است؛ از جمله ابن‌خلف 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 ابن‌صفار از قبله قرطبه مطابقت دارد. در همین سده زرقالی دیگر منجم اندلسی نیز به‌همان جهت در رساله‌هایش اشاره کرده‌است.[۵۴] یک سده بعد ابوعلی مَتیجی مغربی در کتاب دلایل القبلة قبله اندلس را ۳۰ درجه جنوب شرقی دانسته و چگونگی بهره‌گیری از اسطرلاب ابن‌صفار در قبله‌یابی را بیان کرده‌است.[۵۵] ابن‌نطاح دیگر ستاره‌شناس اندلسی این سده در کتاب العمل بالاسطرلاب خود، قبله اندلس را مطابق روش ابن‌صفار ۳۰ درجه جنوب شرقی دانسته و از زاویه ۲۳ درجه جنوب شرقی برای قبله قرطبه با عرض جغرافیایی۳۸:۳۰ درجه نیز گزارشی به‌دست داده‌است. گویا این مقدار از روش بتانی به‌دست آمده‌است.[۵۶]

---

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

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

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

۵۶. ابن‌نطاح، نسخه ۹۶۰۲، ۱۸پ/۱۹ر.

روش ابن‌صفار در قبله‌یابی و یافتن جهت و کوتاه‌ترین مسافت بین دو مکان

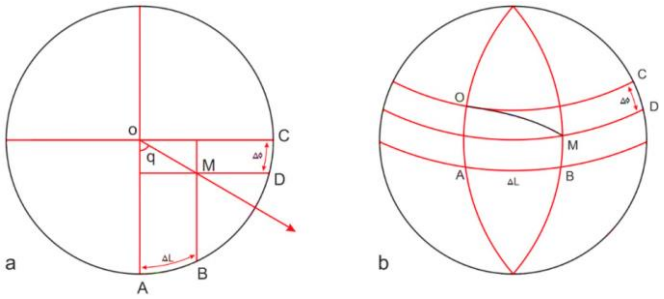
تا نیمه سده دوم هجری، هنوز روش‌های ریاضیاتی و داده‌های جغرافیایی در محاسبه قبله به‌کار گرفته نشده بود، اما از آن پس به‌تدریج اوضاع تغییر کرد و نه تنها مختصات جغرافیای بطلمیوس در اختیار مسلمانان قرار گرفت، بلکه روش‌هایی با استفاده از مؤلفه‌های طول و عرض برای قبله شناسایی شد.[۵۷] این روش‌ها یا ساده بودند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

منجمان اندلسی مانند مجریطی و ابن‌صفار با روش هندسی بتانی در قبله‌یابی که ده‌ها سال پیش از آن‌ها در بغداد شناخته بود، آشنا بودند.[۵۸] در «شکل۱» روش بتانی نشان داده شده‌است؛ دایره‌ای با دو قطر که خط نصف‌النهار و خط عمود برآن و چهار جهت اصلی شمال، جنوب، شرق و غرب را نشان داده‌است. 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 به‌ترتیب از نقاط B و D ترسیم می‌کنیم. حال اگر از نقطه O خطی به نقطه تقاطع دو خط ترسیم‌شده وصل کنیم، یعنی OM، این خط جهت تقریبی قبله را به‌دست می‌دهد. با روابط سینوس (جیب) و تانژانت (ظل) و نیز رابطه فیثاغورث در مثلث قائم‌الزاویه، زاویه q یعنی زاویه قبله به‌دست 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.



شکل۱: شکل سمت چپ، نشان‌دهنده روش تقریبی قبله‌یابی با وصف بتانی[۶۰]

در شکل a وb ، o مکان شهر مورد نظر و M محل مکه وΔL 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 ابن‌صفار 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 دایرةالبروجی خورشید و ارتفاع آن را در دایرةالبروج 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. بابیکروسا، «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 داده، 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. ابن‌صفار زاویه انحراف ۳۰ درجه جنوب شرقی را برای قبله قرطبه و مکان‌های نزدیک به آن درنظر 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 به‌دست داد، با توجه به رساله اسطرلاب ابن‌نطاح، بهترین مقدار ممکن تا روزگار وی بوده‌است.[۶۳] امروزه بنابر 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 به‌دست می‌داد.[۶۵]

ابن‌صفار در باب بیست‌ونهم کتاب العمل بالاسطرلاب برای یافتن طول و عرض جغرافیایی مکان و یافتن جهت و فاصله بین دو مکان از کتاب جغرافیای بطلمیوس استفاده کرده‌است.[۶۶] روش او در یافتن جهت و فاصله بین دو مکان مانند روش بتانی است، گرچه خود او اشاره‌ای به روش بتانی نکرده‌است. مطابق شیوه ابن‌صفار طول و عرض جغرافیایی دو مکان برپایه کتاب جغرافیای بطلمیوس روی صفیحه اسطرلاب بر روی خطوطی موازی با نصف‌النهار و صفیحه 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. بابیکروسا، 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 ابن‌صفار 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 $L_m = ۷۳:۲۰$ و $\varphi_m = ۲۲$ و برای قرطبه L = ۹:۲۰ و $\varphi = ۳۸:۵۰$ است. طبق تعریف ابن‌صفار با توجه به این‌که طول جغرافیایی مکه از قرطبه بیشتر است، مکه در شرق قرطبه قرار دارد.[۶۸]

شیوه ابن‌صفار برای یافتن کوتاه‌ترین مسافت بین دو مکان، براساس اندازه‌گیری زاویه میان سمت‌الرأس دو مکان مورد نظر و معادل قراردادن صد میل[۶۹] مسافت برای هر یک‌ونیم درجه از درجات بود.[۷۰]

۲۰۰۰میل=۱۰۰ × ۲۰ ۱۰۰ میل ≈۱/۵ درجه ۳۰° ÷۱/۵ =۲۰°

ابن‌صفار با این روش فاصله میان مکه و قرطبه را ۲۰۰۰ میل به‌دست 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.

۶۹. 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 وجب است، در نظر گرفته‌است (نک. یاقوت، ۱/ ۲۱و ۳۶). فاصله هوایی مکه و قرطبه ۴۶۳۰/۴۷ کیلومتر و فاصله زمینی آن‌ها ۶۹۶۷/۹۵ کیلومتر است (نک. نرم افزار distance.to).

۷۰. باییکروسا، همان، ٦٤-٦٥.

ازآنجاکه 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 شده‌است.[۷۲] در جدول طول جغرافیایی با L و عرض جغرافیایی با φ نشان داده شده‌است.

جدول مختصات جغرافیایی قرطبه و مکه از کتاب زیج الصابی بتانی

شهر	L بتانی	φبتانی
قرطبه	۲۷:۰ (کز)	۳۸:۳۸ (لح- لح)
مکه	۷۱:۰ (عا)	۲۱:٤۰ (کا-م)

$$\tan M = \tan Q = \frac{\Delta L}{\Delta \emptyset} = \frac{۴۴^{\circ}\,۰'}{۱۶^{\circ}\,۵۸}$$

در ۶۰ ضرب می‌کنیم $\rightarrow \tan Q = \frac{۲۶۴۰}{۱۰۱۸} \approx ۲/۵۹$

$Q = \arctan ۲/۵۹$

$Q = ۶۸/۸۸$ درجه

زاویه قبله قرطبه با زیج بتانی، جنوب شرقی ۲۱/۱۲ = ۹۰-٦۸/۸۸

این زاویه نزدیک به مقداری است که ابن‌نطاح به‌دست آورده؛ یعنی ۲۳ درجه جنوب شرقی که برای قبله قرطبه به روش بتانی در کتاب العمل بالاسطرلاب به‌دست داده شده‌است[۷۳] و رقم قبله قرطبه با محاسبات امروزی بنا بر روش بتانی ۲۱/۱۲ درجه است.[۷٤]

۷۱. ابن ابی اصیبعه، ٤۳۳.

۷۲. بتانی، ۲۳۷-۲٤۱.

۷۳. ابن نطاح، نسخه ۹٦۰۲، برگ ۱۹/ ر.

74. King, “Kibla”, V/84.

کاربرد ساعت آفتابی بلاطة در قبله‌یابی و تعیین اوقات نماز

ساعت آفتابی بلاطة [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 شده‌است.[۷۷] احتمالا از این ساعت آفتابی برای نمایش جهت قبله قرطبه استفاده می‌شده‌است. (شکل ۲)

شکل ۲: ساعت آفتابی ابن‌صفار، موزه باستان‌شناسی کوردوبا [قرطبه][۷۸]

۷۵. سال ساخت بلاطة، 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 $\frac{۱}{۲۴}$ 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.

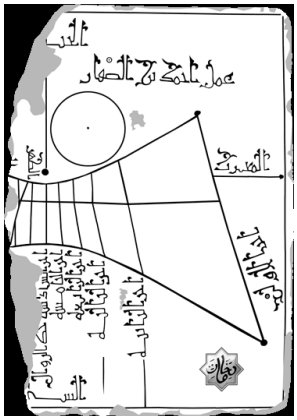
http://ceres.mcu.es/pages/Viewer?accion=4&AMuseo=MAECO&Ninv=CE012700, Available 2019.

این ساعت از همان آغاز مورد توجه نویسندگان مسلمان و غیرِمسلمان قرار گرفت. ابن‌خلف 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» ابن‌صفار اختصاص داده‌است. در سده ششم موسی بن میمون توصیفی از نوع مشابهی از ساعت آفتابی بلاطة به‌دست داده که اگرچه به نظر می‌رسد وصف دقیق «بلاطة» ابن‌صفار نباشد، اما برای تصویر فهم دقیقی از این ابزار بسیار مفید تواند بود. به گفته ابن‌میمون، 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 هرخط 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 علامت‌گذاری‌شده ساعت آفتابی بلاطة

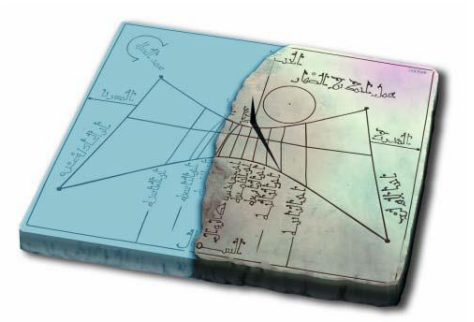
تقریبا نیمی از ساعت آفتابی ابن‌صفار که از نوع افقی[۸۳] بوده، باقی مانده‌است. این نیمه حاوی علامت‌ها و نوشته‌هایی است. علامت‌های روی ساعت آفتابی چنان‌که از این پس توضیح داده خواهد شد از این قرارند: مسیر شمال به جنوب و رد سایه‌ها برای نقاط انقلابین و اعتدالین، خطوط ساعات زمانی برای پایان ساعت اول تا یازدهم 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.



شکل۳: ساعت آفتابی ابن‌صفار[۸۴]

ابعاد اصلی ساعت آفتابی تقریبا ۴۸ سانتی‌متر (قسمت شکسته ۲۴ سانتی‌متر) در ۳۴/۵ سانتی‌متر در ۴/۵ سانتی‌متر بوده‌است.[۸۵] روی این ساعت آفتابی در گوشه بالای سمت راست نام سازنده آن یعنی احمد بن صفار به خط کوفی حک شده‌است. نمای بازسازی‌شده ساعت در «شکل۴» نشان داده شده‌است:



شکل۴: نمای بازسازی‌شده ساعت آفتابی ابن‌صفار[۸۶]

84. Almiron, 105.

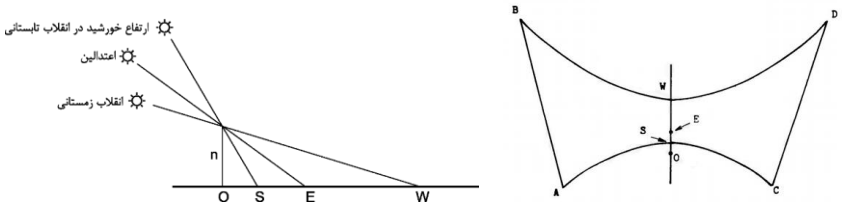
۸۵. موزه باستان‌شناسی کوردوبا.

86. Almiron, 105.

برای ترسیم ساعت‌های آفتابی افقی، دانستن ارتفاع یا سمت خورشید ضروری است، ازاین‌رو مقادیر ارتفاع یا سمت خورشید را از طریق محاسبات ریاضیاتی یا جداول زیج به‌دست می‌آوردند. در «شکل ۵» جهت‌های اصلی روی ساعت آفتابی علامت‌گذاری شده‌اند. خط نصف‌النهارِ محل در راستای شمال - جنوب روی شکل مشخص شده‌است. در انقلاب تابستانی، خورشید در مدار رأس‌السرطان با میل آن به ۲۳:۲۷ +درجه، و در انقلاب زمستانی خورشید در مدار رأس‌الجدی به میل ۲۷: ۲۳- درجه می‌رسد. بنابراین خورشید در ظهر این دو روز بیش‌ترین و کم‌ترین ارتفاع را در آسمان دارد. ازاین‌رو صفحه ساعت آفتابی در این دو روز دو منحنی هُذلولی[۸۷] را به‌وجود 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 جَدی می‌شود، نشان داده و جنوبی‌ترین کمان (AC) نشان‌دهنده زمانی است که خورشید وارد برج سرطان می‌گردد. ازآنجاکه در دیگر روزهای سال میل خورشید بین دو مقدار یاد شده‌است، سایه سر شاخص بین این دو مقدار قرار می‌گیرد. درواقع جز خط اعتدالین (برج حمل و میزان) تمام منحنی‌ها هذلولی‌اند. خطوط BD و AC سایه شاخص هنگام پیمودن هذلولی‌های مختلفِ ابتدای ماه‌ها را نشان داده‌است. 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 یک‌چهارم طول شاخص افزایش می‌یافته.[۸۸]

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

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



شکل۵: 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 بلاطة واقع است و سپس به‌ترتیب خطوط دوم، سوم، چهارم، پنجم و ششم آغاز می‌شوند که خط ششم دقیقا وسط روز است و سمت خورشید در این لحظه روی خط نصف‌النهار قرارمی‌گیرد. این تقسیم‌بندی برای سمت چپ شکل (قسمت شکسته ساعت) نیز صادق است. ابن‌صفار 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 شده‌است. درواقع 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 شده‌است. در «شکل۵» نقاط و خطوط روی ساعت عبارت‌اند از:

نقطه‌ای که در آن رد سایه‌ها ازنقطه 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:

$\varepsilon \approx \pm ۲۳^{\circ}: ۳۰'$

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

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

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

در روابط نوشته‌شده، ε انحراف دایرةالبروج و $\bar{\varphi} = ۹۰ - \varphi$ است. زاویه تابش خورشید هنگام ظهر روی خط استوا در اعتدالین برابر ۹۰ درجه است. عرض جغرافیایی اندلس تقریبا $\varphi \approx ۳۸$ درجه است.[۸۹] با توجه به آن‌که طول شاخص‌های آفتابی معمولا حدود ۱۲ واحد بوده، برای زمان‌های ظهر و عصر نمازگزار، سایه شاخص بین n و $\frac{۱}{۴}$ n قرار می‌گرفت.[۹۰] بر روی ساعت آفتابی «شکل۲» برای تعیین عرض جغرافیایی ساعت چنین داریم: طول شاخص $n = ۹\frac{۱}{۲}$ mm و سایه ظهر در انقلاب زمستانی $ow = ۱۸\frac{۱}{۲}$ mm است.

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

89. Kennedy, & M.H, Kennedy, 94.
90. King, “Three Sundials”, 171.

$$۱۸\frac{۱}{۲} = ۹\frac{۱}{۲}\cot(\bar{\varphi} - \varepsilon)$$

$$\cot(\bar{\varphi} - \varepsilon) \approx ۱/۹۴$$

$$\bar{\varphi} - \varepsilon \approx arc\cot ۱/۹۴$$

$$\bar{\varphi} - \varepsilon \approx ۲۷^{\circ}$$

داریم $\varepsilon \approx \pm ۲۳^{\circ}:۳۰'$

$$\bar{\varphi} = ۹۰ - \varphi$$

$$\rightarrow \varphi \approx ۳۹^{\circ}:۳۰'$$

مقدار به دست‌آمده نزدیک به عرض جغرافیایی قرطبه در سده‌های میانه ′ ۳۰ :° ۳۸ درجه است که به مقدار امروزی آن، یعنی′ ۵۳: ° ۳۷ 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 حاصل‌ضرب ارتفاع شاخص در ارتفاع خورشید به دست آورده، روی ساعت علامت‌گذاری می‌شود.

شرح کامل ساعت آفتابی ابن‌صفار با دانش فعلی ما از ساعت‌های آفتابی کاملا 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 احتمالا نماز عصر نمایان‌اند؛ اما تقسیم‌بندی‌های خطوط درمواردی 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 ابن‌صفار 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 اندازه‌گیری‌شده 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. ازاین‌رو مونیکا ریوس احتمال می‌دهد ساعت آفتابی به دست خود ابن‌صفار ساخته نشده و احتمالا به تقلید از شیوه او ساخته شده‌است.[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. ازاین‌رو به‌نظر 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 زیج مختصر او نشان از گرایش منجمان اندلسی به آثار یونانی، ایرانی و هندی دارد. گواه دیگر برای استفاده از ماه‌های عجمی در اسطرلاب ابن‌صفار، بابی نویافته از رساله کتاب العمل در کتابخانه مرعشی قم است. ازآنجاکه 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. به‌سبب جایگاه و اعتبار والای آثار ابن‌صفار و به‌ویژه ازآن‌روکه 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.

پیوست۱: باب‌های *کتاب العمل بالاسطرلاب* ابن‌صفار در کتابخانه اسکوریال و «باب‌های نویافته» در کتابخانه مرعشی قم[۹۴]

	نام باب‌ها	محل نگه‌داری نسخه
۱	کتاب العمل بالاسطرلاب و ذکر آلاته و أجزائه لابن الصفار	اس/ مر ۱ / مر۲
۲	باب فی تعدیل الشمس و هو موضعها من فلک البروج	اس/ مر ۱ / مر۲
۳	باب معرفة وضع درجة الشمس فی فلک البروج المخطوطة فی الشبکة و معرفة النظیر	اس/ مر ۱ / مر۲
٤	باب فی أخذ ارتفاع الشمس و ارتفاع الکواکب	اس/ مر ۱ / مر۲
٥	باب فی معرفة أوقات النهار و ما مر من ساعات زمانیة و معرفة الطالع فی الأوقات	اس/ مر ۱ / مر۲
٦	باب فی معرفة أوقات اللیل و ما مر من ساعة الزمانیة و معرفة الطالع	اس/ مر ۱ / مر۲
۷	باب معرفة وقت الظهر و العصر و آخر العصر و مغیب الشفق و	اس/ مر ۱ / مر۲

۹٤. کتابخانه اسکوریال: (اس)؛ نسخه ۱۳۷٤۷/۲ کتابخانه مرعشی قم: (مر/ ۱)؛ نسخه ۲۸٦۳/۹ همان کتابخانه (مر/۲).

	طلوع الفجر	
۸	باب معرفة قوس الليل و قوس النهار	اس/ مر ۱ / مر۲
۹	باب فی معرفة أجزائه ساعة واحدة زمانية من ساعات النهار و الليل	اس/ مر ۱ / مر۲
۱۰	باب فی معرفة ما مر من كسر الساعة على الحقيقة	اس/ مر ۱ / مر۲
۱۱	باب معرفة كم ساعة معتدلة فی الليل و النهار متى شئت	اس/ مر ۱ / مر۲
۱۲	باب معرفة كم ساعة معتدلة تمر بالليل و النهار	اس/ مر ۱ / مر۲
۱۳	باب فی معرفة الساعات الزمانية الى المعتدلة و صرف المعتدلة الى الزمانية	اس/ مر ۱ / مر۲
١٤	باب فی معرفة ارتفاع الشمس فی نصف النهار و ارتفاع الكواكب فيه و ذلک أرفع ما يكون	اس/ مر ۱ / مر۲
۱۵	باب منه آخر	اس/ مر ۱ / مر۲
١٦	باب معرفة درجة الشمس المجهولة من قبل ارتفاع نصف النهار و معرفة اليوم الذی يكون ذلک فيه	اس/ مر ۱ / مر۲
۱۷	باب معرفة يوم مجهول مساوی النهار يوم المعلوم	اس/ مر ۱ / مر۲
۱۸	باب فی معرفة ما تجهله من كواكب السماء الموضوعة فی الشبكة من قبل ما تعلمه منها	اس/ مر ۱ / مر۲
۱۹	باب فی معرفة وقت طلوع أی درجة شئت من البروج و أی كوكب أردت من الكواكب الموضوعة فی الشبكة	اس/ مر ۱ / مر۲
۲۰	باب معرفة أی درجة يتوسط السماء مع أی كوكب شئت و مع أی درجة يطلع و يغرب	اس/ مر ۱ / مر۲
۲۱	باب فی معرفة سمت الشمس بالنهار و الكواكب بالليل	اس/ مر ۱ / مر۲
۲۲	باب فی معرفة القبلة بالليل و النهار	اس/ مر ۱ / مر۲
۲۳	باب الطول و العرض	اس، - ، -
٢٤	باب فی معرفة أی درجة شئت من درجات البروج عن دائرة معدل النهار و ميل أی كوكب أردت من الكواكب و ميلها هو بعدها منه	اس/ مر ۱ / مر۲
۲۵	باب فی معرفة أخذ عرض كل بلد	اس/ مر ۱ / مر۲
٢٦	باب فی معرفة أخذ الساعات فی بلد لا عرض له فی الصفايح	اس/ مر ۱ / مر۲

۲۷	باب فی معرفة ساعات النهار بالرسوم الموضوعة علی ظهر العضادة	اس/ مر ۱ / مر۲
۲۸	باب فی معرفة الطول و أخذه	اس/ مر ۱ / مر۲
۲۹	باب فی معرفة علی کم یکون سمت بلد یسأل عنه عن سمته بلدک و کم بعد رؤوس أهله من سمت رؤوس أهل بلدک	اس/ مر ۱ / مر۲
۳۰	باب فی معرفة الظل من قبل ارتفاع الشمس	اس ، – ، مر۲
۳۱	باب فی معرفة ارتفاع الشمس من قبل الظل	اس/ مر ۱ / مر۲
۳۲	باب فی معرفة ظل نصف‌النهار الذی هو ظل الزوال و معرفة ظل وقت الظهر و وقت العصر فی أی یوم شئت من أیام السنة	اس/ مر ۱ / مر۲
۳۳	باب فی معرفة ارتفاع الشمس و معرفة سمتها و معرفة أی ساعة أردت من ساعات النهار و لأی یوم شئت ذلک من أیام السنة	اس/ مر ۱ / مر۲
۳٤	باب فی معرفة درجة الشمس المجهولة من قبل الارتفاع و السمت المعلومین و معرفة الیوم الذی یکون ذلک فیه	اس/ مر ۱ / مر۲
۳۵	باب فی معرفة ارتفاع الصوامع و النخل و غیر ذلک مما یقع فوق الأرضین	اس/ مر ۱ / مر۲
۳٦	باب آخر فی معرفة ما بین مکانین و ما یزید الا أعلی منهما علی الأخفض	اس/ مر ۱ / مر۲
۳۷	باب فی معرفة ما یطلع به البروج من درجة دائرة معدل‌النهار فی الفلک المستقیم و هو مثل طلوعها فی خط فی نصف‌النهار	اس/ مر ۱ / مر۲
۳۸	باب فی معرفة ما یطلع به البروج من درجات دائرة معدل‌النهار فی أی بلد شئت	اس/ مر ۱ / مر۲
۳۹	باب فی معرفة موضع القمر من البروج و مواضع الکواکب السیرة فیها علی المقاربة	اس/ مر ۱ / مر۲
٤۰	باب فی معرفة تسویة البیوت الاثنی عشر	اس/ مر ۱ / مر۲
٤۱	باب تحویل سنی العالم و سنی الموالد و طوالعها	اس/ مر ۱ / مر۲
٤۲	باب فی معرفة المشارق	اس، – ، مر۲
٤۳	باب معرفت سمت مکه	مر۲
٤٤	باب معرفت ارتفاع	مر۲

٤٥	باب فی معرفة نقل قبلة فی موضع التی آخر	مر۲
٤٦	باب منه آخر و هو تستخرج الجهات الاربع و الموضع	مر۲
٤٧	باب معرفة بعد القمر و احد الخمسة او احد الثابتة التی لیست فی العنکبوت	مر۲
٤٨	باب معرفة الدرجة التی یطلع معها القمر و الخمسة المتحیرة او الثابتة التی لیست فی العنکبوت	مر۲
٤٩	باب معرفة لیل القمر و احد المتحیرة او الثابتة التی لیست فی العنکبوت	مر۲
٥٠	باب معرفة عمق البئر	مر۲
٥١	باب منه آخر	مر۲
٥٢	باب معرفة سعة النهر اذا لم تتصل بحاشیة	مر۲
٥٣	باب منه آخر	مر۲
٥٤	فی معرفة دخول السنین العجمیه و شهورها	- ، مر۱ / مر۲

پیوست۲: باب نویافته از ابن‌صفار در رساله *کتاب العمل بالاسطرلاب* «باب فی معرفة دخول السنین العجمیة و شهورها»[۹۵]

اذا اردتَ معرفة ای یوم یدخل، ینیرمن ای عام، اردت ذلک فاعرِف تلک السنةَ الداخلة کم هی من تاریخ مولد المسیح علیه السلام و اطرح عدد السنین ثمانیةوعشرین ثمانیةوعشرین، فما بقیَ اقلُ من ثمانیة و عشرین. فاطلب مثلَ ذلک العدد فی الدایرة العلی من هذه الدوایر المتحدة لذلک و خذ ما تحته فی الدایرة الثانیه من العدد، فاحفظه؛ ثم ابدأ بالحساب من یوم الاحد و اعط لکل یوم واحداً؛ فالذی ینفد لک فیه العدد فیه لک الیوم یدخل ینیر فی العام الذی اردت. فان اردت معرفة دخول سایر شهور ذلک العام فخذ علامة الشهر الذی ترید معرفة اوله فهو العدد المکتوب تحت الشهر من دایرة الشهور فما کان من العدد حسبت من الیوم الذی دخل فیه ینیر و اعطیت لکل یوم واحداً حتی ینفد العدد الذی معک فالیوم الذی انتهیت الیه فیه یدخل الشهر الذی اردت من عامک ان شاء الله و تعلم عام الکبیسة اذا کان تحت العام مکتوب فی الدایرة الثالثة کبیسة فتعلم ان جنب الذی هو اخر شهور العام یکون فی تلک السنة من اثنین و ثلاثین یوما ان شاء الله واعلم ان ینیر الکاین فی سنة ثلاث عشرة و اربع مأیة للهجرة و دخول سنة ثلاث و عشرین و الف لمولد المسیح و تدخل سنة اربع و عشرین و الف لمولد المسیح السادس عشر من شوال بالعلامة سنة اربع عشرة و اربع مأیة للهجرة و تدخل سنة خمس و عشرین و الف الیوم الثامن و العشرین من شوال سنة خمسة عشر و تدخل سنة ست و عشرین و الف الیوم العاشر من ذی القعدة سنة ست عشر و تدخل سنة سبع و عشرین و الف الیوم الموفی عشرین من ذی القعدة سنة سبع عشر و تدخل سنة ثمانیة و عشرین و الف الیوم الاول من ذی الحجة سنة ثمان و عشرة و رابع ماية و تدخل سنة تسع و عشرین و الف الیوم الثالث و العشرین من ذی الحجة سنة عشرین و اربع‌مأیة و تدخل سنة احدی و ثلاثین و الف الیوم الخامس من المحرم سنة اثنین و عشرین و اربع مأیة

۹۵. تصحیح بر اساس نسخه خطی کتاب العمل بالاسطرلاب ابن‌صفار به شماره ۱۳۷۴۷/۲ کتابت در قرن دهم هجری، موجود در کتابخانه مرعشی قم انجام شده‌است.

و ازدلفت سنة احد و عشرین و اربع مأیة للهجرة اذ لم یکن فیها دخول ینیرمن اثنین و عشرین و اربع مأیة للهجرة تبدا فتعطی لکل عام قمری عاماً شمسیاً اعنی انّ سنة اثنین و ثلاثین و الف المسیح یکون دخولها سنة ثلاث و عشرین و اربع ماية للهجرة، و کذلک یصحبک العدد عاماً بعام الی سنة خمس و خمسین و اربع مأیة للهجرة، فیها ازدلاف آخر ان شاءالله. و مما ذکرنا یعرف کم لتاریخ المسیح من قبل تاریخ الهجرة ان شاءالله تعالی. و هذه صورة الدایرة الموضوعة لذلک؛ فافهمه. تمت الرسالة بفضل الله تعالی و من عونه و توفیقه.

پیوست۳: اسطرلاب محمد بن صفار

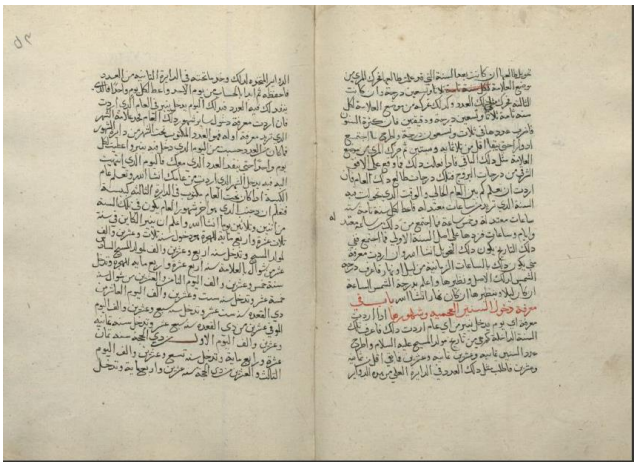
اسطرلاب ابن‌صفار، عکس از موزه اسکاتلند، ادینبورگ، ساخته سال ۴۱۷ه در قرطبه، قطر: ۱۵٫۵ سانتی‌متر، جنس: برنج[۹۶]

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

پیوست ٤ : اسطرلاب محمد بن صفار

اسطرلاب محمد بن صفار، در پشت اسطرلاب، نام و امضای او و سال ساخت ۴۱۱ه دیده می‌شود، محل ساخت: قرطبه، اسطرلاب دارای هفت صفیحه است. عکس از حراجی ساتبی لندن[۹۷]

پیوست ۵: تصویر صفحاتی از باب «فی معرفة دخول السنین العجمیه و شهورها» (باب نویافته)



صفحاتی ازباب آخر از نسخه خطی کتاب العمل بالاسطرلاب ابن‌صفار به شماره۱۳۷۴۷/۲ (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، احمدبن قاسم، عیون الانباء فی طبقات الاطباء، بیروت، دارالفکر، ۱۳۷۷هـ.

ابن صاعد اندلسی، طبقات الامم، بیروت، دارالفکر، ۱۹۸۳م.

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، شماره۹۶۴، کتابخانه اسکوریال.

ابن‌عذاری، بیان المُغرب فی‌اختصار اخبار الملوک الاندلس و المَغرب، بیروت، دارالثقافة، چاپ سوم، ۱۹۸۳م.

ابن نطاح، کتاب العمل بالاسطرلاب، نسخه خطی، شماره ۹۶۰۲، کتابخانه بریتانیا، نسخه‌های خطی شرقی.

بابیکروسا، میاس «کتاب العمل بالاسطرلاب»، مجلة المعهد المصری للدراسات الاسلامیة فی مدرید، مطبعة المعهد المصری فی مدرید، العدد الثالث، المجلد الاول، ۱۹۵۵م.

بتانی، الزیج الصابی فی حساب النجوم و فلک البروج و مواضع الکواکب و غیرها، تحقیق نلّینو، لبنان، دارالمکتبة بیبلون، ۱۸۹۹م.

بروکلمان، کارل، تاریخ الادب العربی، قاهره، دارالمعارف مصر، ۱۹۷۵م.

پالولو، لورنزو مینیو، «پلاتوی تیوولی»، زندگینامه علمی دانشوران، ترجمه فریبرز مجیدی، زیر نظر احمد بیرشک، تهران، بنیاد دانشنامه بزرگ فارسی- انتشارات علمی فرهنگی، چاپ اول، ۱۳۷۵ش.

چهره‌های نامدار اندلس، ویراستار: علیرضا باقر، قم، بنیاد دانشنامه‌نگاری ایران و دانشگاه ادیان و مذاهب، ۱۳۹۱ش.

دیانت، علی اکبر، «ابن‌صفار»، دایرة المعارف بزرگ اسلامی، زیر نظر محمدکاظم موسوی بجنوردی، تهران، انتشارات دایرة المعارف بزرگ اسلامی، ۱۳٦۷ش.

سارتن، جورج، مقدمه‌ای بر تاریخ علم، ترجمه غلامحسین صدری افشار، تهران، انتشارات علمی فرهنگی، ۱۳۸۹ش.

سامسو، خولیو، «العلوم الدقیقة فی الاندلس»، الحضارة العربیة الاسلامیة فی الاندلس، تحریر سلمی خضراء جیوسی، بیروت، مرکز دراسات الوحدة العربیة، ۱۹۹۸م.

سزگین، فؤاد، تاریخ التراث العربی، ریاض، دار الثقافة و النشر بالجامعه، ۱۴۱۱ق.

عنان، عبدالله، تاریخ دولت اسلامی در اندلس، ترجمه عبدالمحمد آیتی، تهران، انتشارات کیهان، چاپ

اول، ۱۳۶۶ش.
فاتحی‌نژاد، عنایت‌الله، «اشبیلیه»، دایرة المعارف بزرگ اسلامی، زیر نظر محمدکاظم موسوی بجنوردی، تهران، انتشارات دایرة المعارف بزرگ اسلامی، ۱۳۷۷ش.
قاسملو، فرید، «زرقالی»، دانشنامه جهان اسلام، زیر نظر غلامعلی حداد عادل، تهران، انتشارات کتاب مرجع ، چاپ اول، ۱۳۹۵ش.
کراچکوفسکی، ایگناتی یولیانوویچ، تاریخ نوشته‌های جغرافیایی در جهان اسلامی، ترجمه ابوالقاسم پاینده، تهران، انتشارات علمی فرهنگی، چاپ چهارم، ۱۳۹۳ش.
کینگ، قبله‌یابی در اسلام، ترجمه حسین ناهید، اصفهان، خانه ریاضیات اصفهان با همکاری موسسه فرهنگی فاطمی، ۱۳۸٤ش.
مجیدی، فریبرز، فرهنگ تلفظ نام‌های خاص، تهران، انتشارات فرهنگ معاصر، چاپ چهارم، ۱۳۹۷ش.
نلّینو، کرلوآلفونسو، تاریخ نجوم اسلامی، ترجمه احمد آرام، تهران، چاپخانه بهمن، ۱۳۴۹ش.
یاقوت حموی، معجم البلدان، ترجمه علینقی منزوی، تهران، سازمان میراث فرهنگی کشور، ۱۳۸۰ش.

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, “Sāʿid 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.

Goldestein, 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",
تاریخ العلوم العربیه، تشرین، المجلد الثانی ۱۹۷۸.

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", *EI*2, Leiden, E.J. Brill, 1986.

King, David & Richard, Lorch, "Qibla Charts, Qibla Maps and Relatead 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.

Samso, Julio, "Andalusi & Maghribi Astronomical Sources: What Has Been Done and What Remains to Be Done", *Islamic Astronomy and Medieval Spain*, Variorum, Vol.VI, 1994.

Samso, Julio, "Astrology Pre-Islamic Spain and the Conquest of Al-Andalus", *Revista Del Instituto Eqipcio de Estudios Islamicos*, Espanol, 1985-1986, N.23.

Samso, Julio, "Maslame Al-Majriti and the Alphonsine Book on the Constraction the Astrolabe",
تاریخ العلوم العربیة، ۱۹۸۰.

Samso, 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.