

سخنی درباره تذکره خواجه نصیرالدین طوسی

جان لیوینگتون

استاد سابق دانشگاه آمریکائی بیروت

ترجمه حسن طارمی

عضو هیئت علمی بنیاد دایرةالمعارف اسلامی

مقدمه

مجموعه آثار نجوم اسلامی، از قرن دوم تا هفتم هجری (هشتم تا سیزدهم میلادی)، کمابیش در چند مقوله مشخص و روشن زیر قابل دسته‌بندی است: شروح، تلخیص‌ها و تحریرهای محسوطی بطلمیوسی؛ زیجها؛ طبقه‌بندی ستارگان؛ رساله‌هایی در باب آلات رصد (اسطرلاب، ساعت آفتابی، زاویه سنج خورشیدی، کرات ذات الحلق و...); رساله‌های مربوط به تقویم (روشهای تبدیل سال قمری به سال شمسی؛ جدول سالشمار اسلامی، یهودی، مسیحی، قبطی، یونانی و ایرانی؛ تعیین طول روز و شب برای عرضهای معین جغرافیایی)؛ رساله‌های محاسباتی (تعیین اوقات شرعی: «علم المیقات»؛ تعیین جهت قبله؛ تعیین مواضع ستارگان)؛ رساله‌هایی در معرفی مقدماتی علم نجوم برای فراگیران فرهیخته و علاقه‌مند؛ و نهایتاً رساله‌های کیهان شناخت شامل تلخیص‌ها، شرحها و تحریرها.

هرگونه دسته‌بندی این آثار گسترده و متنوع، معمولاً باید تا حدودی به ذوق و علاقه افراد بستگی داشته باشد. بسیاری از رساله‌ها، به همان اندازه که قابل رده‌بندی در یک مقوله مشخص است، مقوله دیگری را نیز در بر می‌گیرد. برای مثال، بسیاری از رساله‌های مربوط به سالشماری، محاسباتی نیز هستند. اگر کسی به سراغ فهرستهای نسخ خطی برود، بوضوح در می‌یابد که مقولات مذکور در یک نگاه کلی معرف طبیعت

منسجم آثار نجومی اسلامی برای دوره پنج قرن یاد شده می باشد. باری، در سده های میانه متأخر گونه جدیدی از متون نجومی سربر آورد که در طبقه بندی پیشی نمی گنجد و مباحث متمایزی را مطرح کرده است. این متون حاوی مباحثی کلی درباره اصول بنیادین نجوم بودند. این رساله ها که به عقیده ما بر مراتب از شناساندن مقدماتی یا همه فهم کردن این دانش فاصله دارند، متونی هستند که دانش پژوهان آنها را پیش از مراحل عالی، زیر نظر استاد یا در مشارکت با او به خوبی فرا می گرفتند. رساله های مذکور از نظر محتوا جنبه عمومی و فراگیر داشتند و به دامنه گسترده ای از عناوین نجومی به صورتی عمیق و بنیادی می پرداختند، در همان حال از کیفیت علمی خوبی نیز برخوردار بودند و به علاوه، شامل مباحثی کاملاً بدیع بودند. این در حالی است که طبق نظر مشهور، در آن سالها علوم دقیقه در عالم اسلامی در حلیض بود. نخستین رساله از این گونه، که زمینه تدوین رساله های مشابه بعدی را فراهم کرد، رساله ای است از نصیرالدین طوسی با عنوان التذکره فی علم الهیته^۱. تردیدی نیست که این اثر، الگوئی برای آثار اساسی نجومی پس از خود بود، آثاری مانند کتابهای نجومی قطب الدین شیرازی^۲ و ابن شاطر دمشقی^۳. شاهد این سخن، نظریه سیارات نصیرالدین طوسی است که قطب الدین شیرازی و ابن شاطر، هر کدام بنحوی از آن اقتباس و استفاده کردند و در اصلاح و تکمیلش کوشیدند. این دو حتی در صورت بندی رساله های خود نیز از تذکره پیروی کردند. نظریه سیارات نصیرالدین طوسی و اصلاح و تکمیل آن توسط قطب الدین و ابن شاطر در جای دیگر بررسی شده است.^۴ من نیز در

1. Heinrich Suter, *Die Mathematiker und Astronomen der Araber und Ihre Werke*, Leipzig, 1900, pp. 146 -153 (no.368). Carl Brockelman, *Geschichte der Arabischen Litteratur*, 2nd edition, (E.J.Brill), 1943. vol. I, pp. 670-76.
2. Suter, pp. 158-59 (no.387). Brockelman, II, pp. 274-75.
3. Suter, p.168 (no.416). Brockelman, II,p.156.
4. E.S.Kennedy, "Late Medieval Planetary", *Isis*, vol. 57,3, no.189. Fall.1966, pp. 365-378; Victor Roberts, "The Planetary Theory of ibn al-Shatri: Latitudes of the Planets", *Isis*, vol, 57,2, no. 138, Summer, 1966; and his unpublished translation of ibn al-Shatri's *Nihayat al-su'ul*; and by the same author "The Solar and Lunar Theory of ibn al-Shatir: A pre-Copernican Copernican Model", *Isis*, 1957, vol,48, pp. 428-432; E.S.Kenedy and V.Roberts, "The Planetary Theory of ibn al-Shatir", *Isis*, 1959, vol.50,pp. 227-235; Willy Hartner, "Nasir al-Din al-Tusi's Lunar Theory", *Phsis*, vol. XI, (1969).

این مقاله، به سبب اهمیت بحث، به این موضوع - البته به اختصار - خواهم پرداخت، بویژه آنکه تنها در این گونه از متون نجومی است که موضوع اصلاح نظریه سیارات پیش کشیده شده است.

به نظر می‌رسد، طوسی نخستین اخترشناسی است که برای اصلاح دستگاه بطلمیوسی حرکت سیارات، شکلی هندسی نوینی ارائه کرد، این شکل از دو کره یا دو دایره تشکیل می‌شود که قطر یکی از دو کره نصف قطر دیگری است و کره یا دایره کوچکتر در داخل کره بزرگتر به گونه‌ای قرار گرفته است که سطح آن از مرکز این کره بزرگ می‌گذرد. طوسی این طرح را برای سازگاری الگوی نجومی بطلمیوسی با نظریات فلسفی [ارسطو] - که زیر بنای نظریه حرکت سیارات به شمار می‌رفت - ارائه داد. طبق این نظریات همه اجرام سماوی حرکت یکنواخت و کاملاً دورانی دارند.

بطلمیوس برای آنکه حرکت سیارات را تحت این اصول قرار دهد - همزمان با رصد حرکت سیارات - مفاهیم «فلک تدویر»، «فلک خارج از مرکز» و «فلک معدل المسیر» را وضع نمود.

«فلک معدل المسیر» در نظر طوسی و شاگردانش با اساس نظریه حرکت دورانی یکنواخت برگرد یک نقطه - که دیدگاه زمین مرکزی مبتنی بر آن است - سازگاری نداشت. برای حل این مشکل ناسازگاری، طوسی دستگاه خود را که مبتنی به قضیه «دو کره [متداخل]» یا «جفت طوسی» بود ارائه کرد، سپس قطب‌الدین شیرازی آن را کامل نمود و تکمیل نهایی آن را ابن شاطر دمشقی به انجام رساند. همین‌الگو بود که مبنای دستگاه کوپرنیکی شد.

این مقاله مطالعه‌ای است در باب تأثیرگذاری تذکره طوسی بر دو رساله نجومی قطب‌الدین شیرازی با عنوانهای التحفة الشاهیه و نهایة الادراک فی درایة الافلاک، و رساله ابن شاطر با عنوان نهایة السؤل فی تحصیل الاصول.

تنظیم و ترویج رساله‌های قطب‌الدین و ابن شاطر، چنان مشابه با رساله طوسی است که نمی‌توان آنرا تصادفی تلقی کرد. فصلهای متناظر هر یک از این رساله‌ها عنوانهایی یکسان دارند و تقسیمات هر فصل نیز به گونه‌ای تنظیم شده‌اند، که اگر نگوئیم عیناً یکی هستند، باید ادعا کنیم که بسیار بهم شباهت دارند. حتی حروفگذاریها [برای تصاویر] و برهانهای منتخب نیز یکسانند.

این رساله‌ها مشتمل بر پهنه گسترده‌ای از عنوانهای نجومی اند که در چهار باب سامان داده شده‌اند. باب اول که بطور محسوسی از سه باب بعدی کوتاهتر است، مروری کوتاه بر تعریفها و اصول هندسی و فیزیکی (طبیعیات) است که پیش شرط فهم یک تئوری نجومی است. باب دوم به مباحث مختلف نظریه نجومی اختصاص دارد، شامل: کروی بودن کیهان که زمین در مرکز آن قرار دارد، ترتیب قرارگرفتن کواکب خنمه، اختلاف منظر، خسوف و کسوف‌ها و حرکت سیاره‌ای. این باب بزرگترین و مهمترین باب کتاب است که در آن ابتکاری کاملاً بدیع در دانش نجوم، از طریق ارائه و سپس اصلاح و تکمیل آنچه اصطلاحاً «جفت طوسی» می‌نامیم، صورت گرفته است.

باب سوم درباره زمین سنجی است، شامل تقسیم زمین به دو بخش معمور و غیر معمور (مسکون و غیر مسکون) می‌باشد. باب چهارم و آخرین باب درباره فواصل سیارات است.

ساختار التذکره فی الهیئة

فهرست تفصیلی کتاب تذکره در این مقاله عرضه شده است تا برای خواننده، تصویری از محتوای آن فراهم شود و این امکان را پدید آورد که مبنای مقایسه بین آن و ساختار رساله‌های دیگری که بررسی می‌شوند، باشد.

باب یکم درباره اموری که باید مقدم داشته شود، این امور ناظر به مبادی نجوم هستند و در دو فصل سامان یافته‌اند:

فصل اول، در بیان اصولی از دانش هندسه که آگاهی از آنها لازم است.

فصل دوم، در بیان اصولی از طبیعیات که پذیرش آنها در نجوم ضروری است:

الف) اجسام طبیعی، مرکب و بسیط

ب) حرکت

یک: حرکت امری امتدادی و تا بی نهایت قابل تقسیم است و

کوچکترین واحد (جزء لایتجزی) برای آن معنا ندارد

دو: هر حرکتی مبدایی دارد.

سه: هر حرکتی مبدأ محرک دارد.

چهار: حرکت چهارگونه است: تصادفی، قسری، طبیعی، ارادی.

باب دوم: درباره هیئت اجرام علوی، شامل چهارده فصل

فصل اول: در کروی بودن آسمان و زمین و اینکه زمین نسبت به آسمان حکم مرکز کره را نسبت به پیرامون آن دارد و ساکن است. براهین کروی بودن زمین، شامل:

الف) افزایش طول اشیاء با نزدیک شدن [به ناظر]

ب) ظهور صور فلکی متفاوت به حسب عرضهای مختلف بر روی زمین

ج) کروی بودن سطح آبها

فصل دوم: درباره ترتیب اجرام علوی

فصل سوم: درباره دایره‌های عظیمه مشهور

الف) رابطه قطر و محیط در یک دایره

ب) تقسیم دایره‌ها به دقیقه‌ها، ثانیه‌ها و...

ج) حرکت آغازین و فلک معدّل النهار

د) قطبهای سماوی

ه) حرکت روزانه

و) دایرة البروج

ز) نقاط اعتدال و انقلاب

ح) میل دایرة البروج

ط) قطبهای چهارگانه و حرکت ثانوی

ی) فصلهای چهارگانه

یا) تقسیمات دوازدهگانه منطقه البروج

یب) دایره یا کمان میل

یج) طول [کوکب]

ید) دایره افق

یه) مقنطرات ارتفاع و انحطاط

یو) دایرة مشرق و مغرب

یز) دایرة نهاری و دایرة نصف النهار

یح) نصف النهار

یط) عرض بلد

ک) سمت الرأس

کا) سمت

کب) ارتفاع خورشیدی

کج) دایره نصف النهار

فصل چهارم: دربارهٔ اوضاع اجرام علوی که به سبب دو حرکت نخستین [حرکت منطقه البروج نسبت به استوای سماوی، حرکت تقدیمی] پدید می‌آید و نیز احوال ستارگان ثابت

الف) میل کلی منطقه البروج

یک: مقداری که ابرخس و بطلمیوس به دست آوردند ($23^{\circ}53'$)

دو: مقداری که بنوموسی بن شاکر منجمان مأمون تعیین کردند ($23^{\circ}35'$)

سه: مقداری که عبدالرحمان صوفی، بتانی و ابوالوفا بوزجانی بدست آوردند.

چهار: مقدار که خازنی بدست آورده است.

ب) دلایل ارائه شده برای اختلاف در این مقادیر، شامل: اختلاف در میزان دقت ابزارهای رصد؛ حرکت عرضی فلک منطقه البروج به سوی فلک معدل النهار یا دور شدن از آن (لازمهٔ این حرکت وجود فلکی دیگر است تا فلک منطقه البروج، متحرک شود)

ج) تأثیر این حرکت در فصول و اندازهٔ روز و شب

د) حرکت دوم: تقدیم اعتدالین

یک: مقدار آن بنا بر نظر بطلمیوس یک درجه در هر سده یا 36000 یارد در هر دور است.

دو: مقداری که متأخران به دست داده‌اند: 25000 یارد در هر دور:

ه) توضیحات دیگر دربارهٔ حرکت دوم اقبال و ادبار

یک: مقادیر اقبال و ادبار

دو: نظریه ثابت بن قره دربارهٔ اقبال و ادبار

سه: بررسی اقبال و ادبار: فرضیه هندی

چهار: اقبال و ادبار هریک ۸° است .

(و) فلک ثابت

یک: وضع هریک از ستارگان ثابت به عرض محلی آن بستگی دارد

دو: شماره ستارگان ثابت

ز: منازل ماه

(ح) صورتهای فلکی

فصل پنجم: درباره حرکت‌های گوناگونی که از طریق رصد شناخته شده‌اند و انتساب آنها به اصل‌هایی که این حرکت را آن‌گونه که برای ما ظاهر می‌شوند، توجیه می‌کند.

(الف) شتاب

ب (درباره درک اصطلاح خارج از مرکز، فلک تدویر و تفاوت ایندو

ج (درباره مماس بودن افلاک متحد‌المركز ستارگان و جابجایی آنها

فصل ششم: درباره افلاک خورشید و حرکات آن

(الف) در طول نیمه اول حرکت انتقالی خورشید، خورشید باکندی حرکت می‌کند و در نیمه دیگر با سرعت پیش می‌رود.

ب (سرعت حرکت خورشید بستگی به فاصله خورشید از مرکز عالم دارد. هنگامی که خورشید به مرکز عالم نزدیکتر است سریعتر حرکت می‌کند و هنگامی که از آن دورتر است کندتر پیش می‌رود.

ج (آنچه که قدما درباره حرکت خورشید گفته‌اند

د (اوج و حضیض

ه) فصول و حرکت تقدیمی

(و) حرکت فلک تدویر خورشید

ز) فلک ممثل

فصل هفتم: درباره افلاک ماه و حرکات آن

(الف) ماه

ب (عرض ماه

ج (بی نظمی در حرکت ماه

د) حرکت ماه و فلک تدویر آن

ه) تغییر فاصله ماه از زمین

و) خسوف و کسوف

ز) افلاک عُقْدَتَیْنِ ماه

ح) اوج و حضيض عقدتین ماه: رأس، ذَنْب

ط) حرکت فلک عقدتین ماه (جوزهر) و فلک مایل

ی) حرکت فلک تدویر ماه

یا) حرکات ماه

یب) نا برابریهای حرکتی ماه

یج) اختلاف بین فرضیه ماه و حرکت رصدی

ید) نور ماه

یه) نمودار افلاک ماه

یو) معنای چند واژه مرتبط با ماه (تقویم، اوج، بُعد مضَعَف و ...)

فصل هشتم: دربارهٔ افلاک عطارد و حرکات طولی آن

الف) افلاک عطارد، حرکات آنها و وضع افلاک مماس و موافق المركز آنها

ب) افلاک چهارگانه

ج) فلک معدل المسیر

د) حرکت‌های نابرابر

یک: نزدیکترین بُعد

دو: دورترین بُعد

سه: نخستین نابرابری

چهار: دومین نابرابری

پنج: بُعد متوسط

شش: سومین نابرابری

ه) نمودار افلاک عطارد

فصل نهم: دربارهٔ افلاک سایر کواکب (مانند سیارات علوی، مریخ، مشتری و زحل) و

حرکات طولی آنها

الف) حرکت سیارات علوی در مقایسه با حرکت خورشید

ب) افلاک متحدالمركز و مماس سیارات

ج) فلک حامل، فلک تدویر و مایل

د) فلک معدل المسیر

ه) حرکت فلک‌های تدویر و حامل و وقوع اوج و حسیض

و) چهار فلک و چهار حرکت:

یک: فلک ممثل

دو: فلک خارج مرکز به نام فلک مدیر

سه: فلک حامل

چهار: فلک تدویر

ز) حرکت یکنواخت برگرد فلک معدل المسیر

ح) نابرابریهای حرکت:

یک: نابرابری ناشی از جهت قطر فلک تدویر، هنگامی که در فاصله

میانگین قرار دارد و تعدیل ثانوی نامیده می‌شود

دو: نابرابری دورترین و نزدیکترین بُعد

سه: نابرابری ناشی از حرکت سیاره برگرد نقطه‌ای (فلک معدل

المسیر) که مرکز عالم نیست و مرکز تعدیل نام دارد.

ط) مقدار شعاع فلکهای تدویر سیارات بر حسب اندازه شعاع فلک حامل

یک: زحل

دو: مشتری

سه: مریخ

چهار: زهره

فصل دهم: درباره حرکت عرضی کواکب خمسه

الف) حد نهایی میل افلاک مایل کواکب نسبت به فلک ممثل

یک: زحل

دو: مشتری

سه: مریخ

چهار: زهره

پنج: عطارد

ب) ویژگیهای فلک مایل هریک از پنج سیاره مذکور

یک: برای سیارات علوی، این خصوصیات در دو جهت ثابت است

دو: برای سیارات سفلی این خصوصیات ثابت نیست

سه: زهره و عطارد

چهار: مریخ و مشتری و زحل

فصل یازدهم: اشاره به حل اشکالات قابل حل که بر حرکات کواکب مذکور وارد شده است.

الف) طرح دو دایره (جفت طوسی)

ب) برهان هندسی برای این طرح

ج) کاربرد طرح دو دایره برای مسائل مرتبط با افلاک ماه

یک: دورترین بُعد ماه از مرکز عالم

دو: نزدیکترین بُعد ماه از مرکز عالم

سه: طرح دو دایره، مقدار تفاوت بین وضع ماه را بر اساس محاسبه و

بر اساس رصد، به یک درجه کاهش می دهد که این امر با توجه به

حرکت تقدیمی ماه چندان محسوس نیست.

فصل دوازدهم: درباره نظریه اختلاف منظر، بویژه در ارتباط با ماه

فصل سیزدهم: درباره اختلاف نور ماه هنگامی که گرفت خورشید یا ماه روی می دهد، و

فاصله بین دو گرفت

فصل چهاردهم: درباره نطاقت^۵ و اقترانات و احوال ظهور و اختفای کواکب

باب سوم: درباره هیئت زمین و آنچه به حسب اختلاف اوضاع اجرام علوی برای آن لازم

می آید

فصل اول: درباره هیئت زمین و احوال آن

5. E.S.Kennedy, "The Sasanian Astronomical Handbook Zij-i Shah and the Astrological Doctrine of Transit (Mamarr)", *Journal of the American Oriental Society*, vol. 73, no. 4, Oct.-Dec. 1958, p.247 ff.

الف) شکل زمین، سمت الرأس و دایره معدل النهار

ب) تقسیمات طولی و عرضی زمین

ج) درباره تقسیم زمین به مسکون و غیرمسکون، از نظر اقلیمی

د) اقلیمها با دو مشخصه عرض و مقدار بلندترین روزها تعریف می شود: تفاوت عرض مبدأ هر اقلیم با نقطه وسط آن برابر با ۱۵ دقیقه طولانی ترین روز (روز وقوع انقلاب تابستانی) است؛ تفاوت عرضی بین هر دو اقلیم برابر با زمان سی دقیقه از طولانی ترین روز است.

یک: اقلیم اول:

الف) مبدأ طولانی ترین روز برابر با ۱۲ ساعت و ۴۵ دقیقه؛ عرض: ۱۳° .

ب) وسط اقلیم: طولانی ترین روز برابر با ۱۳ ساعت؛ به عرض: $۱۶^{\circ}۳۷'۳۰"$.

دو: اقلیم دوم:

الف) طولانی ترین روز برابر با ۱۳ ساعت و ۱۵ دقیقه؛ عرض: $۲۰^{\circ}۲۷'$.

ب) وسط اقلیم: طولانی ترین روز برابر با ۱۳ ساعت و ۳۰ دقیقه؛ عرض: $۲۴^{\circ}۴۰'$.

سه: اقلیم سوم:

الف) طولانی ترین روز برابر با ۱۳ ساعت و ۴۵ دقیقه؛ عرض: $۲۷^{\circ}۳۰'$.

ب) وسط اقلیم: طولانی ترین روز برابر با ۱۴ ساعت؛ عرض: $۳۰^{\circ}۴۰'$.

چهار: اقلیم چهارم:

الف) طولانی ترین روز برابر با ۱۴ ساعت و ۱۵ دقیقه، عرض: $۳۳^{\circ}۳۷'۳۰"$.

ب) وسط اقلیم: طولانی ترین روز برابر با ۱۴ ساعت و ۳۰ دقیقه؛ عرض: $۳۶^{\circ}۲۲'$.

پنج: اقلیم پنجم:

الف) طولانی‌ترین روز برابر با ۱۴ ساعت و ۴۵ دقیقه؛

عرض: $38^{\circ}50'$

ب) وسط اقلیم: طولانی‌ترین روز برابر با ۱۵ ساعت؛

عرض: $41^{\circ}15'$

شش: اقلیم ششم:

الف) طولانی‌ترین روز برابر با ۱۵ ساعت و ۱۵ دقیقه؛

عرض: $43^{\circ}22'30''$

ب) وسط اقلیم: طولانی‌ترین روز برابر با ۱۵ ساعت و سی دقیقه؛

عرض: $45^{\circ}21'$

هفت: اقلیم هفتم:

الف) طولانی‌ترین روز برابر با ۱۵ ساعت و ۴۵ دقیقه؛

عرض: $47^{\circ}12'$

ب) وسط اقلیم: طولانی‌ترین روز برابر با ۱۶ ساعت؛ عرض:

$48^{\circ}52'30''$

در منتهای اقلیم هفتم، طولانی‌ترین روز ۱۶ ساعت و ۱۵ دقیقه و عرض آن $48^{\circ}52'30''$ است که از نظر شماری از مردم به عنوان منتهای منطقه معموره از حیث عرض جغرافیایی شناخته می‌شود.

فصل دوم: درباره خواص مواضعی بر خط استوا ($\varphi=0^{\circ}$)

الف) برابری طول روز و شب

ب) نقاط اعتدالی

ج) آفاق مستقیم

د) برهان ابن سینا بر اینکه چرا منطقه استوایی گرمای شدید تابستانی ندارد.

ه) ردّ فخرالدین رازی بر برهان ابن سینا مبنی بر اینکه منطقه استوایی بیشترین گرمای تابستانی را دارد.

فصل سوم: درباره خواص مواضعی که عرض غیر صفر دارند ($\varphi \neq 0^{\circ}$)

الف) آفاق مایل

ب) مدارات روزانه

ج) نابرابری روزها و شبها

د) اعتدالین و انقلابین

فصل چهارم: درباره خواص موضعی که عرض آنها از متمم میل کلی (ε) بیشتر نیست
 $(0^\circ < \varphi < 90^\circ - \varepsilon)$

الف) این منطقه عرضی به چهار بخش تقسیم می شود:

یک: عرضهای کمتر از میل کلی؛ ویژگیهای مواضع این منطقه عرضی
 $(0^\circ < \varphi < \varepsilon)$

دو: خواص موضعی که عرض آنها برابر با میل کلی است ($\varphi = \varepsilon$)
 سه: خواص موضعی که عرض آنها از میل کلی بیشتر و از متمم آن
 کمتر است ($0^\circ < \varepsilon < \varphi < 90^\circ - \varepsilon$)

چهار: خواص موضعی با عرض برابر با متمم میل کلی ($\varphi < 90^\circ - \varepsilon$)
 ب) درباره تغییرات طول روز و شب در هر موضع به حسب عرض آن
 فصل پنجم: درباره خواص موضعی که عرض آنها از متمم میل کلی بیشتر
 است ولی به مقدار ربع دایره نمی رسد ($90^\circ < \varphi < 90^\circ - \varepsilon$)
 الف) فصول در این نقاط، درست عکس طرف دیگر خط استواریند
 ب) دایره نصف النهار

ج) صورتهای فلکی منطقه البروجی و فصول

فصل ششم: درباره خواص موضعی که عرض آنها ربع دایره است
 $(\varphi = 90^\circ)$

فصل هفتم: درباره طول روزها و شبهایشان

فصل نهم: درباره فجر و شفق

فصل دهم: شناخت اجزای روز، یعنی ساعات؛ و شناخت اجزای ماه و
 سال، یعنی روز.

فصل یازدهم: درباره مقدار درجه کواکب، هنگامی که از نصف النهار
 می گذرند، و مقدار درجه طلوع و غروب آنها

فصل دوازدهم: در شناخت خط نصف النهار و سمت قبله
باب چهارم: در شناخت اندازه فاصله بین سیارات و اندازه اجرام در
هفت فصل

فصل اول: درباره مساحت زمین

الف) اندازه‌های محیط و قطر و روشی که منجمان عهد مأمون در
بیابان سینجار به کار بستند

ب) اندازه‌هایی که ابوریحان بیرونی بر پایه روشی متفاوت به دست
آورد؛ روش وی عبارت بود از رصد انحطاط افق از بالای کوهی مرتفع
بطوری که ارتفاع آن قابل تعیین باشد.

فصل دوم: در شناخت فاصله ماه از مرکز عالم

الف) رصد ماه توسط بطلمیوس و اندازه‌گیری او

ب) اختلاف منظر

فصل سوم: درباره اندازه دو قطر ماه و مقدار فاصله خورشید از زمین

فصل چهارم: درباره اندازه قطر خورشید و [مقدار جرم] تیرین

فصل پنجم: درباره سایر فواصل خورشید و فواصل دو سیاره سفلی
(زهره، عطارد) و (اندازه) جرم آن دو

فصل ششم: درباره فواصل سیارات علوی و مقدار جرم آنها

فصل هفتم: درباره ثوابت و اجرام آنها، و نیز سخن پایانی در این باب

ساختار دو کتاب التحفة الشاهیه و نهایة الادراک از قطب الدین شیرازی

با توجه به اینکه قطب الدین و ابن شاطر، تقریباً از ساختار تذکره پیروی کرده‌اند، از ارائه
گزارش مستقل فهرست کتابهای ایندو دانشمندی نیازیم. در عین حال بهتر است
تغییراتی را که در عنوانهای آثارشان روی داده است، گوشزد کنیم و همچنانکه بیشتر
اشاره شد، فهرست تذکره را به عنوان مبنای مقایسه‌ای قرار می‌دهیم. نخست به سراغ دو
کتاب قطب الدین شیرازی می‌رویم.

باب دوم تحفة مشتمل است بر ۱۶ فصل، دو فصل بیشتر از باب متناظر آن در تذکره.
مطلبی که طوسی در فصل اول بدان پرداخته است («در کروی بودن آسمان و زمین»)، در

تحفه به چهار فصل بسط داده شده است، بدین قرار:

فصل اول: دربارهٔ کروی بودن سطح بیرونی زمین و آبهای آن
فصل دوم: دربارهٔ کروی بودن آسمان، به استناد تجربهٔ ملموس، و اینکه قابل استنادترین گواه بر این ادعا برابری فاصلهٔ کواکب از مرکز زمین است.
فصل سوم: دربارهٔ اینکه زمین نسبت به آسمانها چونان مرکز کره است نسبت به محیط آن.

فصل چهارم: دربارهٔ اینکه زمین در مرکز عالم قرار دارد.

در همین باب، شرح حرکت سیاره‌ای در تحفه در شش فصل (۸ تا ۱۳) مطرح شده است که مطابق است با هفت فصل کتاب تذکره طوسی (فصل ۵ تا ۱۱). تغییر در فصلهای دهم تا سیزدهم تحفه روی داده است:

فصل دهم: دربارهٔ افلاک ماه و حرکتهای طولی و عرضی آنها

فصل یازدهم: دربارهٔ افلاک زحل، مشتری و مریخ و حرکتهای طولی آنها

فصل دوازدهم: دربارهٔ افلاک زهره و عطارد و حرکت طولی آنها

فصل سیزدهم: دربارهٔ حرکت طولی سیارات پنجگانه

تغییر نهایی باب دوم چنین است: طوسی طرح دو دایرهٔ (جفت طوسی) خود را در فصل یازدهم شرح داده است؛ اما در تحفه، این مطلب ضمن فصل سیزدهم، به مناسبت بحث از عرض سیارات پنجگانه آمده است.

بابهای سوم و چهارم این دو کتاب (تحفه، تذکره) نیز برخی تفاوتهای جزئی دارند. باب سوم کتاب تحفه، حاوی یک فصل بیش از تذکره است: فصل دوازدهم با عنوان «سایه‌ها و احوال آنها» در تذکره، در فصل جداگانه یافت نمی‌شود. تفاوت دیگر این است که فصل یازدهم تذکره (با عنوان «مقدار درجهٔ کواکب، هنگامیکه از نصف النهار می‌گذرند و مقدار درجهٔ طلوع و غروب آنها») در تحفه به فصل هشتم منتقل شده است.

تغییرات باب چهارم نیز از همین دست است. باب چهارم تحفه مشتمل بر سه فصل می‌باشد و فصل اول آن به شش زیر فصل تقسیم شده است که متناظر است با مباحث فصل هفتم از باب چهارم تذکره. فصل دوم و سوم تحفه در تذکره یافت نمی‌شود. این دو فصل عبارتند از:

فصل دوم: دربارهٔ روشی که قدمای برای اندازه‌گیری فاصلهٔ کواکب به کار

می‌بستند.

فصل سوم: درباره‌ی روش درست اندازه‌گیری فاصله کواکب.

دومین اثر قطب‌الدین، *نهایة الادراک*، در مقایسه با تحفه، تفاوت کمتری با تذکره دارد. باب دوم تذکره یک فصل بیش از باب دوم نهایه دارد که همان فصل یازدهم تذکره است. در این فصل، طوسی طرحواره‌ی دو دایره‌ی خود را معرفی کرده است. برای این مطلب در نهایه فصل جداگانه‌ای وجود ندارد، همچنانکه در تحفه نیز چنین است. باری در نهایه در فصل دهم با عنوان «عرض سیارات پنجگانه» به این موضوع پرداخته شده است. در مقایسه باب سوم دو کتاب، تذکره، یک فصل کمتر دارد. فصل افزوده نهایه فصل دوازدهم آن است با عنوان «درباره‌ی سایه‌ها و احوال آنها». گذشته از این، باب سوم هر دو متن کاملاً متناظرند.

باب چهارم نهایه مشتمل بر ده فصل است، سه فصل بیش از تذکره. یکی از این سه فصل افزوده، همان فصل اول است حاوی مقدمه‌ای کلی درباره‌ی شناخت فواصل کواکب و دو فصل افزوده‌ی دیگر عبارتند از:

فصل نهم: درباره‌ی آنچه از قدما، در موضوع شناخت اندازه‌ی فواصل کواکب، روایت شده است.

فصل دهم: روش درست اندازه‌گیری فواصل کواکب

ساختار کتاب *نهایة السؤل فی تحصیل الاصول از ابن شاطر*

ساختار *نهایة الاصول* با دو اثر پیشین، به مراتب بیش از تفاوت موجود بین آنها، متفاوت است. باب نخست آن مانند باب نخست تذکره، مشتمل بر دو فصل است؛ فصل اول آن، با فصل متناظرش در تذکره یکسان است، اما فصل دوم این عنوان را دارد: «درباره شکوک و ایراداتی که در زمان ما نسبت به نظام مشهور نجومی (نظام بطلمیوسی) وارد شده است.» در این فصل است که ابن شاطر نخستین انتقادش را بر بطلمیوس ارائه می‌دهد و پس از آن، به انتقاد از اسلاف مسلمانش می‌پردازد؛ نصیرالدین طوسی، قطب‌الدین شیرازی، مؤیدالدین عَرَضی، جابرین افلح، طوسی و شیرازی نقد خود را بر بطلمیوس در باب دوم (فصل پنجم تذکره و نهایه؛ فصل هشتم تحفه) مطرح کرده‌اند.

باب دوم *نهایة السؤل* سی فصل دارد، کما بیش دو برابر فصلهای باب متناظر آن

در سه کتاب دیگر. فصول افزوده، مطلب نوی را ارائه نمی‌کنند، اما ذیل فصول جداگانه به مسائلی می‌پردازند که در ضمن عنوانی بزرگتر در کتابهای پیشین آمده است. برای مثال، کارکرد، حرکت و موضع افلاک کواکب در کتاب تذکره ذیل پنج عنوان آمده است، حال آنکه این مطالب در *نهایة السؤل* به چهارده فصل تجزیه شده است.

دو باب پایانی *نهایة السؤل*، در مقایسه با کارهای پیشین، جابجا شده است؛ فواصل کواکب در باب سوم مورد بحث قرار گرفته و هیئت زمین و مباحث متعلق به آن به باب چهارم منتقل شده است. مطالب باب سوم در چهار فصل، تقریباً نصف تعداد فصول باب متناظر آن در کتابهای دیگر، آمده است.

عناوین چهار فصل چنین است:

فصل اول: در شناخت فاصله نیرین از مرکز زمین

فصل دوم: در شناخت فاصله عطارد (از زمین)

فصل سوم: در شناخت فواصل ستارگان سه گانه حُلوی از مرکز زمین

فصل چهارم: درباره فواصل ستارگان پنجگانه از مرکز زمین

فصل پنجم: *نهایة السؤل* تقریباً با همان عنوانهای فصل سوم تذکره

مطابقت دارد.

نتیجه

مطالب فوق شباهت ظاهری تذکره را با *نهایة و تحفة مدلل* می‌کند. هر چند، این جنبه از شباهت را فی نفسه نباید چندان مهم شمرد، اما شباهت اساسی این متون بیشتر در گزینش براهین، استدلالها، حروفگذاری شکلها و غیره می‌باشد.

مثلاً خواجه در تذکره براهینی برای کرویت زمین و آسمان ارائه می‌دهد که در *تحفة و نهایة نیر* عیناً آمده است.

این براهان چنین است:

چاهی عمیق را در زیر مناره‌ای بلند در نظر بگیرید. در سطح زمین یک نفر در داخل یک ظرف تا سطح معینی آب می‌ریزد. انحناى سطح بیرونی آب با انحناى سطح زمین یکی است. این مرد به بالای مناره می‌رود و مشاهده می‌کند که با کم شدن انحناى سطح زمین بر اثر بیشتر شدن فاصله بین مرکز زمین و ظرف آب، انحناى سطح آب نیر کاسته

شده و سطح آن پایین رفته است. سپس این مرد از مناره پایین می آید و به ته چاه می رود، مشاهده می کند که سطح آب ظرف، به همان مقیاس، در آنجا بالا رفته است. حال اگر او تا مرکز زمین پایین برود، انحناى آب عدد یک خواهد شد، یعنی آب داخل ظرف به صورت کره ای در می آید که مرکز آن زمین یا مرکز عالم است. برهانی هندسی برای نشان دادن اختلاف کمیت آب در بالای مناره و در عمق چاه ارائه شده است.

تا آنجا که می دانم، تشریح الافلاک بهاء الدین عاملی آخرین کتاب از سنتی است که با نصیرالدین طوسی آغاز شد، البته اگر بتوان آن را سنت نامید. بهاء الدین عاملی به همان مکتب اشراقی تعلق دارد که طوسی و قطب الدین شیرازی به آن تعلق داشتند، اما در مقایسه با رساله های آن محققان، تشریح الافلاک هم از جهت عمق بحث و هم از جهت اهمیت، محدودتر است.

