

Sophia Perennis

Print ISSN: 2251-8932/Online ISSN:2676-6140

Web Address: Javidankherad.ir

Email: javidankherad@irip.ac.ir

Tel:+982167238208

Attribution-NonCommercial 4.0 International

(CC BY-NC 4.0)

Open Access Journal

## SOPHIA PERENNIS

*The Semiannual Journal of Sapiential Wisdom and Philosophy*

Vol. 18, Number 2, Autumn and winter 2021-2022, Serial Number 40

### The Principle of Simplicity in the Hay'a Books : A Revision to the Motivations behind the Development of non-Ptolemaic Planetary Models

pp. 151-180

DOI:10.22034/iw.2021.298775.1555

Amir-Mohammad Gamini\*

#### Abstract

Qaṭṭāb al-Dīn Shīrāzī in his *Ikhtiyārāt Muzaffarī* in Hay'a (theoretical astronomy), believed that according to Ptolemy in the introduction of *Almagest*, any entity that is not necessary for astronomy should be omitted. This principle seems close to the definition of the notion of simplicity and is mentioned explicitly in the *Almagest*. It seems that Ishāq ibn Hunayn or Thābit ibn Qurra added this phrase to the Arabic translation according to their own understanding of the content of the book. The Islamic astronomers again and believed that a model with fewer orbs is acceptable for the sun, Ptolemaic models include more orbs than the number of the orbs in the Ptolemaic models. The non-Ptolemaic models were produced to solve the contradiction between Ptolemaic models and the Aristotelian natural principle of uniform motion. Although there were at least two other Aristotelian natural principles for the celestial motions which were in contrast with Ptolemaic models, Maragha astronomers did not pay attention to these contradictions. It is possible that they felt that supposing more orbs with uniform motion is simpler or more elegant than fewer orbs with non-uniform motion.

---

\*Institute for the History of Science, University of Tehran, Iran. E-mail:

amirgamini@ut.ac.ir

Received date: 07/08/2021

Accepted date: 15/11/2021

**Keywords:** Qut b al-Dī n Shī rā zī , Principle of Simplicity, the Natural philosophical Permissions, non-Ptolemaic Planetary Models, Maragha School, hay' a

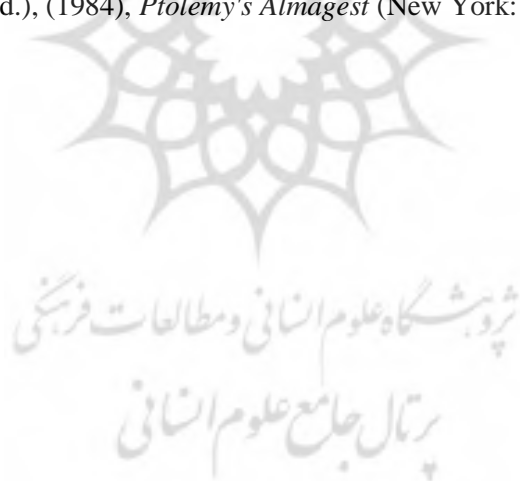
Qut b al-Dī n Shī rā zī in his *Ikhtiyā rā t Muḥ affarī* in Hay' a (theoretical astronomy), believed that according to Ptolemy in the introduction of *Almagest*, any entity that is not necessary for astronomy should be omitted. This principle seems close to the definition of the notion of simplicity in philosophy of science. Baker (2016) introduces two kinds of simplicity: These two facets of simplicity are often referred to as *elegance* and *parsimony* in the ontological sense. One way to characterize different senses of simplicity is to distinguish a syntactic and an ontological facet of simplicity. While the former pertains to the number and complexity of basic principles (*elegance*), the latter concerns the number and complexity of entities postulated by a theory (*parsimony*). In this sense, the heliocentric model of Copernicus was more parsimonious than geocentric non-Ptolemaic models of Maragha scholars, since it lacked epicycle spheres to explain the retrograde motion of the planets. Although both Copernican and Maragha models included more spheres than Ptolemaic models to solve the difficulties, such as equant problem and the oscillations, Copernican models included less spheres than the Maragha models. Although the principle of simplicity is brought up and applied, the Maragha scholars did not explicitly mention it in the *Almagest*. It seems that Ishāq ibn Hunayn or Thābit ibn Qurra added this phrase to the Arabic translation according to their own understanding of the content of the book. The Islamic astronomers, following Ptolemy, mentioned that a model with fewer orbs is acceptable for the sun, because it is simpler. They said: "Now let no one, considering the complicated nature of our devices, judge such hypotheses to be over-elaborated. For it is not appropriate to compare human [constructions] with divine, nor to form analogies. For what [could one compare] more dissimilar than the eternal and unchanging with the ever-changing, or that which can be hindered by anything with that which cannot be hindered even by itself? Rather, one should try, as far as possible, to fit the simpler hypotheses to the heavenly motions, but if this does not succeed, [one should apply hypotheses] which do fit" (p. 600). Non-Ptolemaic models include more orbs than the number of the orbs in the Ptolemaic models. The non-Ptolemaic models were produced to solve the contradiction between Ptolemaic models and the Aristotelian natural principle of uniform motion. Although there were at least two other Aristotelian natural principles for the celestial motions which were in contrast with Ptolemaic models, Maragha astronomers did not pay attention to these contradictions. It is possible that they felt that supposing more orbs with uniform motion is simpler or more elegant than fewer orbs with non-uniform motion. During the second half of the 20<sup>th</sup> century, some scholars produced several studies surveying a scientific school of astronomy in Islamic lands which flourished around 13<sup>th</sup> century and aimed at producing

nnnn-llll mmi plnntary mllll  $\approx$  Sicc tee leai gg figures of this movement, Mu'ayyad al-Dī n al-ʿUrd ī (1200-1266), Naṣ ī r al-Dī n Ṭ ū sī (1201-1274) and Quṭ b al-Dī n al-Shī rā zī (1236-1311) passed a period of their life in the Marā gha observatory which was built in the court of the Ilkhanid dynasty in the northwest of today Iran, in modern literature it is rffrrdd to ssttee MMrā g hhhlll .. One may classify the difficulties of the Ptolemaic planetary models under two titles: (1) the equant problem, i.e., the non-uniform motion of the deferents in longitude due to the uniform circular motion of the epicycle center C relative to the equant point E rather than the deferent center D; and (2) the oscillation problem, i.e., the back and forth spinning of the epicycles and the deferents in latitude or longitude. As Ibn al-Haytham (965-1040) emphasized in his *Al-Shukū k Ḍalā Baṭ lamī yū s*, these difficulties do not emerge from the observational or numerical aspects of the models, but from their physical interpretation. Since, as Ibn al-Haytham and his followers believe, these models represent the real configuration of the physical celestial spheres, they have to obey the natural principles governing the movement of celestial bodies.

## References

- Ibn al-Haytham. *Al-Shukuk ala Batlamiyus*. Abdulhamid Sabra (ed.). Cairo: Dar Misriyya (1971).
- Aristotle. *Aristotle: On the Heavens*. With an English translation by W. K. C. Guthrie. Pp. xxxvi+378. (Loeb Classical Library.) London: Heinemann, 1939.
- Bkkr A (2))) SSimll icity *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, Edward N. Zalta (ed.).
- Gmniī A ()))) ) -Dī n al-Shī rā zī and the development of non-llll mmi aaantrry Mllll ligg i tee tt Ctt rry *Arabic Sciences and Philosophy*, 27(02), pp. 165-203.
- Goldstein, Bernard R (1967), 'The Arabic version of Ptolemy's Planetary hypotheses', *Transactions of the American Philosophical Society*, 57 (4), 3-55.
- Hartner (1991), 'Falak', in B. Lewis, Ch. Pellat, and J. Schacht (eds.), *Encyclopedia of Islam* (2; Leiden: Brill), 261-63.
- Heiberg, J. L. (ed.), (1898). *Claudii Ptolemaei opera quae exstant omnia: Volumen I. Syntaxis Mathematica*, (Pars I. Libros I.-VI; Leipzig)
- Ibn al-Haytham (1990). *Ibn al-Haytham's On the Configuration of the World*, Eds. Langermann, Tzvi. Garland: New York.
- Langermann, Tzvi (1990), *Ibn al-Haytham's On the Configuration of the World* (New York: Garland).
- gggrrm TT ()))) ) aaaa ii c Cmmhgggy *Early Science and Medicine*, Vol.2, No.2, pp. 185-213.
- Morelon, Régis (1996), 'Eastern Arabic Astronomy between the Eighth and the Eleventh Centuries', in Rushdi Rashed (ed.), *Encyclopedia of the History of Arabic Science* (1; New York: Routledge).

- Morrison, Robert (2005), 'Qūṭ b al-Dī n al-Shī rā zī 's Hypotheses for Celestial Motions', *Journal for the History of Arabic Science*, XIII, 21-140.
- Ragep, Jamil (ed.). (1993), *Nasī r al-Dī n al-Tū sī 's Memoir on Astronomy (al-Tadhkira fī ʿilm al-hayʾa)* (Volume 1: Introduction, Edition, and Translation. Volume 2: Commentary and Apparatus; New York: Springer).
- Rashed, Roshdi (1993), *Les Mathématiques infinitésimales du IX e au XI e Siècle* (London).
- Rzzviii yyyy ḌPtolmny, ll-Majisṭ ī (tr. Ish ā q b. Ḥunayn/Thā bit b. Qurra), transcribed from MS Tunis, Dā r al-kutub al-waṭ nniyy «««««««« Ptolemaeus Arabus et Latinus, URL = <http://ptolemaeus.badw.de/ms/669/971/transcription/1>
- Sabra, Abdelhamid (1978), 'An Eleventh-Century Refutation of Ptolemy's Planetary Theory', *Studia Copernicana*, 16, 117-31.
- Saliba, G. (1996), 'Arabic planetary theories after the eleventh century AD', in Roshdi Rashed (ed.), *Encyclopedia of the History of Arabic Science* (1; London: Routledge), 59-128.
- Saliba, G. (ed.), (1990), *The Astronomical Work of Mu'ayyad al-Dī n al-Urḍ ī : A Thirteenth-Century Reform of Ptolemaic Astronomy. Kitā b al-Haya'ah* (Beirut: Center for Arab Unity Studies).
- Toomer (ed.), (1984), *Ptolemy's Almagest* (New York: Springer-Verlag).



این مقاله دارای درجه

علمی-پژوهشی است

مجله علمی جاویدان‌خرد، شماره ۴۰، پاییز و زمستان ۱۴۰۰، صفحات ۱۵۱-۱۸۰

## اصل سادگی در آثار هیئت و نگاهی دوباره

### به انگیزه‌های ایجاد مدل‌های غیربطلمیوسی

امیرمحمد گمینی\*

#### چکیده

در بعضی آثار هیئت دوران اسلامی ادعا شده بطلمیوس در مقدمهٔ مجسطی مقرر کرده که هر هویتی را که نیازی به آن نباشد باید حذف کرد. این اصل با بعضی تعاریف مفهوم سادگی و صرفه‌جویی در فلسفهٔ علم نزدیک است. هر چند بطلمیوس در مجسطی گاهی صراحتاً «سادگی» را به عنوان معیاری در انتخاب مدل‌های سیاره‌ای به کار برده، ولی عبارت «حذف آنچه به آن نیاز نیست» صراحتاً در مجسطی نیامده است. ظاهراً اسحاق بن حنین یا ثابت بن قره بر اساس برداشت خود از عبارات مجسطی چنین مطلبی در ترجمهٔ عربی آن افزوده اند. بطلمیوس و هیئت‌دانان جهان اسلام در ضمن بحث هیئت افلاک خورشید بارها به این اصل اشاره کرده اند و معتقد بودند که هر چه تعداد افلاک در مدل خورشید کمتر باشد قابل قبول‌تر است. اما مدل‌های غیربطلمیوسی که منجمان مراغه، از جمله شیرازی، در آثار هیئت خود عرضه کرده اند دارای افلاک بیشتری نسبت به مدل‌های بطلمیوسی بودند. مدل‌های غیربطلمیوسی به خاطر حل تناقضات مدل‌های بطلمیوسی با اصل حرکت یکنواخت افلاک در فلسفهٔ طبیعی ارسطو مطرح شده بودند. با اینکه در فلسفهٔ طبیعی ارسطو اصول دیگری نیز برای حرکات افلاک وجود

\* پژوهشکدهٔ تاریخ علم دانشگاه تهران، amirgamini@ut.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۸/۲۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۵/۱۶

داشت که با هیئت بطلمیوس تعارض داشت، منجمان مکتب مراغه این تعارضها را مهم نمی دانستند و اشکالی از این جهت به مدلهای بطلمیوسی نمی گرفتند. شاید علت این رفتار دوگانه این بود که فرض افلاک بیشتر با سرعت یکنواخت ساده تر یا ظریف تر از فرض افلاک کمتر با سرعت نایکنواخت حس می شد.

**کلیدواژه‌ها:** اصل سادگی، مقدمات طبیعی، مدل‌های غیربطلمیوسی، مکتب مراغه، تیغ اوکام، قطب‌الدین شیرازی، علم هیئت

### «حذف آنچه به آن نیاز نیست»

در دوران اسلامی رشته‌های مختلف علم نجوم مثل زیج‌ها یا تعیین جهت قبله و تعیین اوقات شرعی، دارای آثار اجتماعی و کاربردی بسیار، مثل گاه‌شماری، احکام نجوم، یا احکام شرعی، بود. ولی علم هیئت عملاً هیچ فایده کاربردی نداشت، جز معرفت نظری درباره شکل هندسی عالم بزرگ‌مقیاس. به همین دلیل بعضی نویسندگان آثار هیئت بر خود لازم می دیدند فوایدی نظری و حتی عملی برای علم هیئت بر شمارند. فهرستی که قطب‌الدین شیرازی (۶۳۴-۷۱۰ ق) در دو کتاب *نهایة الإدراک فی درایة الافلاک* (گ ۲) و *اختیارات مظفری* [۱۲]<sup>۱</sup> برای فواید علم هیئت ارائه می دهد جالب توجه است:

۱. مطالعه علم هیئت به دلیل تصور امور مجرد از ماده در این علم، برای خداشناسی مفید است.
۲. فایده دیگر علم هیئت آن است که نتایج فلسفه طبیعی (= طبیعیات یا علوم طبیعی) را به کار می برد. طبق فلسفه طبیعی ارسطویی رایج در عصر شیرازی، حرکت طبیعی هر جسمی یا به سمت مرکز عالم است (به وسط)، یا به سمت محیط عالم (از وسط)، و یا به دور مرکز عالم (بر وسط). علم هیئت می تواند نشان دهد که این لزوم فلسفه طبیعی چگونه می تواند حرکات اجسام آسمانی را توضیح دهد. این فایده را شاید بتوان از دیدگاه هماهنگی بین علوم دید. یعنی علم هیئت با طبیعیات ارتباط دارد و موجوداتی را که در طبیعیات وجودشان اثبات می شود، مثل افلاک و حرکات چرخشی آنها، را به کار می گیرد و نقش آنها را در عالم نشان می دهد. بنابراین کاربرد طبیعیات در علم هیئت در حکم مقدمات این علم است. در ادامه خواهیم دید، که سنت علمی منجمان دوران اسلامی در واقع کاملاً مطابق با این رویه نبود، بلکه گاهی مقدمات طبیعی را طوری می چیدند که با نیازهای علمی آنها سازگار باشد.

۳. فایده دیگری که شیرازی برای علم هیئت برمی‌شمرد آن است که مطالعه این علم فوایدی نیز برای اخلاق انسان دارد. او، به تبعیت از بطلمیوس در مقدمه مجسطی، می‌نویسد تحقیق درباره افلاک می‌تواند باعث شباهت به آنها شود و در نتیجه انسان دارای ثبات حال، حسن تربیت، اعتدال و استغنای روحی، یا به زبان خودش، «خلو از ما لایحتاج» می‌شود. اما منظور از این مورد آخر که از ویژگی‌های افلاک برشمرده شده چیست؟ شیرازی در آثارش چند بار دیگر نیز با عبارت «فضلی که محتاج الیه نیست» به این مفهوم اشاره کرده است. مثلاً در بخش «مقدمات طبیعی» می‌نویسد برای حرکت چند ستاره که حرکت یکسانی داشته باشند، نیازی نیست برای هر کدام فلکی معجزا در نظر بگیریم، بلکه برای همه آنها یک فلک کافی است زیرا

بنا بر سخن استاد صنعت که در صدر کتاب خویش گفته است که در فلکیات فضلی که محتاج الیه نیست، نباشد. و از اینجا است که گفت معین است در علم خلقی چه باعث می‌شود بر ترک فضول (اختیارات، [۳۷]).

بنابراین به عقیده شیرازی، می‌توان برای هر کدام از ستارگان ثابت یک فلک معجزا در نظر گرفت که آنها را به دور مرکز عالم بگردانند، ولی چون سرعت چرخش همه این ستارگان با هم برابر است، می‌توان یک فلک فرض کرد و همه آن ستارگان را داخل پوسته آن دانست [۹۱]. این اصل روش شناختی یادآور مفهومی است که در علم امروز آن را اصل سادگی می‌نامند.

### علم هیئت و اصل «سادگی»

امروزه فلاسفه و مورخان علم، در بعضی آثار خود، از اصلی در روش علمی نام می‌برند به نام «سادگی»<sup>۲</sup>. این اصل از اساسی‌ترین معیارهای غیرتجربی برای انتخاب بین نظریاتی است که دچار تعین ناقص<sup>۳</sup> یا تکافؤ ادله هستند. فلاسفه علم معمولاً سادگی را از اولین معیارهایی می‌دانند که دانشمندان برای انتخاب بین نظریاتشان به آنها رو می‌آورند.<sup>۴</sup> این اصل را معمولاً به دو صورت تعریف کرده اند: ۱. ظرافت<sup>۵</sup>: هر چه تعداد و پیچیدگی اصول مفروض در نظریه کمتر باشد؛ ۲. صرفه‌جویی<sup>۶</sup>: هر چه تعداد و پیچیدگی هویات مفروض در نظریه کمتر باشد؛ که خودش به دو نوع صرفه‌جویی کیفی و کمی تقسیم می‌شود: صرفه‌جویی کمی یعنی هر چه تعداد هویات مفروض کمتر باشد، ولی صرفه‌جویی کیفی یعنی هر چه تعداد انواع هویات مفروض کمتر باشد (Baker 2016). با این حساب مثلاً نظریه خورشیدمرکزی کپرنیک صرفه‌جویانه‌تر از نظریه‌های

زمین مرکزی منجمان مراغه بود، زیرا دیگر نیازی به هویتی به نام «فلک تدویر» برای تبیین حرکت بازگشتی سیارات نداشت. هر چند هم مدل‌های غیربطلمیوسی منجمان مراغه و هم مدل‌های کپرنیک برای حل اشکالات مدل‌های بطلمیوسی نیاز به افلاکی بیشتر از افلاک بطلمیوسی داشتند، ولی مدل‌های کپرنیک باز تعداد افلاک کمتری داشت، چون افلاک تدویر را حذف کرده بود و به جای آن فقط به حرکت زمین به دور خورشید قائل شده بود. نظام کپرنیکی می‌توانست توضیح دهد که چرا افلاک تدویر سیارات خارجی و افلاک حامل سیارات داخلی، در مدل‌های زمین مرکز بطلمیوسی و غیربطلمیوسی مکتب مراغه، دارای حرکت یکسان هستند. ولی همین نظام تا پیش از عرضه قوانین حرکت و گرانش نیوتن، از ظرافت کمتری برخوردار بود، زیرا کپرنیک مجبور بود اصولی را فرض کند که بنا بر آنها، اجزای سیارات تمایل به مرکز آنها دارند و هوا می‌تواند اجسام اطراف زمین مثل ابرها و پرندگان و ابرها را، که از آن جدا هستند، همراه آن حرکت دهد، ولی بطلمیوس نیازی به فرض این اصول نظری نداشت. مثال دیگر در قرن نوزدهم پیش آمد که بی‌نظمی‌هایی خلاف قوانین نیوتن در مدار اورانوس رصد شد. دانشمندان صرفه‌جویی کمی را کنار گذاشتند و ترجیح دادند فرض کنند سیاره دیگری بعد از اورانوس دور خورشید می‌گردد و روی آن تأثیرات گرانشی می‌گذارد، به جای اینکه اصول جدیدی به قوانین نیوتن بیافزایند (ظرافت)، یا نوع جدیدی از سیاره را فرض کنند که از قوانین نیوتن تبعیت نمی‌کند (صرفه‌جویی کیفی).

با این اوصاف می‌توان منظور شیرازی را از «خلو از مالا یحتاج» صرفه‌جویی در تعداد افلاک دانست. او آن چه را در تبیین حرکات آسمانی نیاز نیست، «فضل مالا یحتاج» می‌خواند؛ هویتی اضافی که باید از آن اجتناب کرد. او در چند جای دیگر در *اختیارات* باز به این مفهوم اشاره می‌کند [۹۱ و ۲۶۶] و به مقدمه مجسطی ارجاع می‌دهد، و در دو مورد ([۳] و [۳۷]) این مفهوم را به فضائل اخلاقی ربط می‌دهد. بطلمیوس در مقدمه *مجسطی* درباره فواید علم نجوم مرتبط با فضائل معنوی چیزهایی نوشته است. صریح‌ترین عبارات او در این زمینه چنین است:

از منظر طریقه فضیلت‌مندی در اعمال و شخصیت، این علم، بیش از هر چیز، منجر به وضوح دید انسان می‌شود؛ به واسطه ثبات، نظم، تقارن و آرامش که با امور الهی همراه است، پیروانش را به عاشقان زیبایی الوهی مبدل می‌سازد، تا به آن خو می‌گیرند و ذات‌شان به صورت روحانی مشابهی تهذیب می‌شود.  
(*Almagest*: 37).



در ترجمه حجاج از همین بند نیز چنین می‌خوانیم:

... وایضا فی الأفعال ومحاسن الأخلاق المحمودة فليس شيء أكثر منه عوناً لتحديده أبصارنا وأفكارنا للنظر فيما يشبه الإلهية<sup>۷</sup> من حسن التقدير والتعديل وقلة الكبر ولأنه يجعل من تبعه متعشقا لهذا الجمال السماوي ويدعوا بالعادة الإلهية<sup>۸</sup> والاتصال بها إلى ما يشبه النفس من حسن الهيئة والتشبه بتقديرها (مجسطی، ترجمه حجاج، گ ۳).

در این دو ترجمه از این بند صراحتاً نمی‌توان اشاره‌ای به مفهوم اجتناب از «فضل مالا یحتاج» یافت. اما ترجمه اسحاق بن حنین با تصحیح ثابت بن قره، چنین است: وقد يدعوننا أيضاً علم الأجرام السماوية إلى الفضيلة في العقل والخلق أكثر من جميع العلوم لما نرى في الأجسام السماوية من ثبات الحال وحسن الترتيب والاعتدال - وأنه ليس في شيء من أمرها فضل ولا ما لا يحتاج إليه - وتدعوننا معرفة هذا الجنس<sup>۹</sup> إلى العشق له وتكتسب النفس بذلك عادة وطبيعة لما يشبه هذه الحال. (مجسطی، ترجمه اسحاق؛ Tnnis<rrr Revviii ΔΔΔ).

در این بند، عبارت «وأنه ليس في شيء من أمرها فضل ولا ما لا يحتاج إليه» به عنوان توضیحی برای «ثبات الحال وحسن الترتيب والاعتدال» آمده است. به نظر می‌رسد اسحاق یا ثابت این معنا را به ترجمه این بند از مقدمه مجسطی افزوده اند و از خود بطلمیوس نیست. شیرازی نیز این عبارت را در آن ترجمه خوانده و معتقد شده که این اصلی روش شناختی در علم هیئت، و در عین حال، در حکم درسی اخلاقی است؛ یعنی همان طور که افلاک، به واسطه ماهیت الهی‌شان، دارای ثبات حال و حسن ترتیب و اعتدال هستند، با مطالعه درباره آنها انسان دارای اعتدال خلق می‌شود و از مذمومات اخلاقی (یا تلاش برای دانستن چیزهایی که به او مربوط نیست) مهذب می‌گردد. ما با این جنبه اخلاقی اش کاری نداریم و می‌پردازیم به جنبه روش شناختی آن و ارتباطش با اصل سادگی.

نباید مفهوم سادگی را صرفاً افزوده سرخود اسحاق یا ثابت دانست، بلکه اشاره صریح به این مفهوم در جاهای دیگر مجسطی بطلمیوس هم پیدا می‌شود. در مقاله سیزدهم مجسطی پس از آن که مدل‌های حرکت در عرض را معرفی و اثبات می‌کند چنین می‌نویسد:

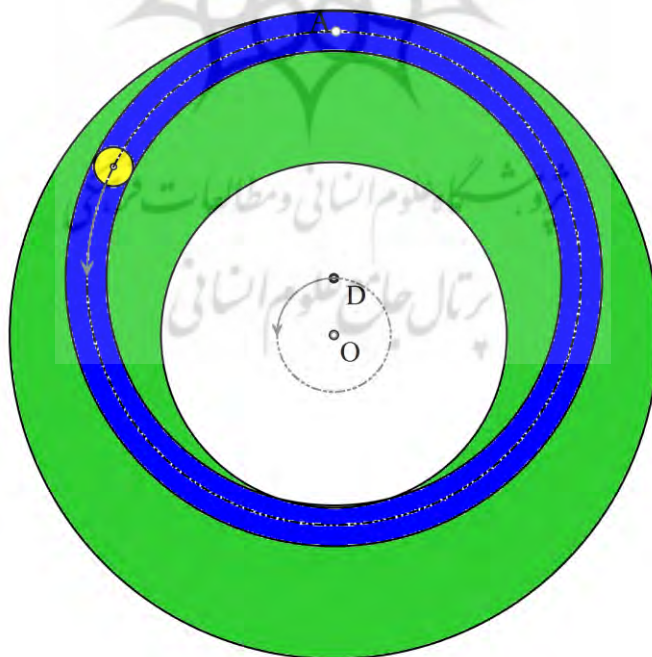
اکنون هیچ کس نباید درباره طبیعت پیچیده تمهیدات<sup>۱۰</sup> ما چنین قضاوت کند که چنین فرضیه‌هایی بیش از حد دارای جزئیات هستند. زیرا نباید مصنوعات بشری

را با مصنوعات الهی مقایسه کرد و نباید اعتقاد خود را بر اساس چنین قیاس مع الفارق مبتنی ساخت. چرا که کدام دو چیز را می‌توان با هم مقایسه کرد بی‌شبهت‌تر از موجودات جاودانه و بدون تغییر با موجودات تغییرپذیر؟ ترجیحاً باید تلاش کرد تا جایی که ممکن است فرضیه‌های ساده‌تر را با حرکات سماوی انطباق داد، ولی اگر این روش موفق نبود، باید فرضیه‌هایی را انتخاب کرد که منطبق با آنها باشند (Almagest: 600).

ارجاع بطلمیوس در این قسمت به اصل سادگی به خاطر پیچیدگی زیاد مدل‌های او برای حرکت سیارات در عرض دایرة البروجی است. اما در جایی دیگر از مجسطی که با مدل‌هایی نه‌چندان پیچیده سروکار دارد نیز صراحتاً به این اصل ارجاع می‌دهد. می‌دانیم که در علوم تجربی، معیار اصلی انتخاب نظریه درست هماهنگی کمی یا کیفی آنها با مشاهدات و با مقدمات پذیرفته شده است. اما اگر چند نظریه متفاوت پیدا شوند که هر یک به تنهایی بتواند مشاهدات را توضیح دهند و با مقدمات هماهنگ باشند، نمی‌توان به راحتی یکی را از آن میان انتخاب کرد و اصل سادگی معمولاً می‌تواند در انتخاب بین آنها کمک کند. هارنتر و شرام نشان داده‌اند که نویسنده رساله فی سنه الشمس بالارصاد با رصد خورشید موقعیت نقطه اوجش را به دست آورد و متوجه شد این مقدار به خوبی به تأثیر حاصل از تقدیم اعتدالین - که ثابت بن قره آن را برابر با ۱ درجه در ۶۶ سال به دست آورده بود - نزدیک است. نویسنده<sup>۱۱</sup> نتیجه گرفت اگر مقدار حرکت نقطه اوج به مقدار حرکت تقدیمی بسیار نزدیک است، لابد با آن مساوی است (و عاملی مشترک هر دوی آنها را ایجاد می‌کند). هارنتر و شرام معتقدند نویسنده در این نتیجه‌گیری به اصل «تیغ اوکام» متوسل شده است (Hartner and Schramm 1961: 209). طبق این اصل روش‌شناختی، تبیین ساده‌تر را باید انتخاب کرد (Duignan 2021). مثال واضح‌تر از کاربرد اصل سادگی درباره مدل افلاک خورشید نیز پیش آمده بود، چرا که دو مدل «تدویر و حامل» و «خارج مرکز» هر دو تغییرات سرعت خورشید را از لحاظ رصدی توضیح می‌دادند، ولی از لحاظ هندسی و فیزیکی با هم متفاوت بودند. بطلمیوس مدل خارج مرکز را، به دلایل «ساده‌تر»<sup>۱۲</sup> بودن، برگزید (Ptolemy, Almagest: 153). او در الاقتصاص نیز مدل خارج مرکز را برای خورشید انتخاب کرده است (الاقتصاص: ۴۸).

شیرازی نیز در این موضع دو بار از لفظ «ابسط» برای اشاره به همین مبحث استفاده کرد و افزود: تفاوت این دو مدل در دو چیز است (اختیارات، [۲۵۵ و ۲۹۵]): ۱. مدل

خارج مرکز یک حرکت دارد ولی مدل تدویر و حامل دو حرکت؛ ۲. مدل تدویر و حامل هم، مثل مدل خارج مرکز، مستلزم مداری خارج مرکز برای خورشید است، بنابراین نتیجه مدل تدویر هم یک خارج مرکز است. پس بهتر آن است که از همان مدل خارج مرکز که اولویت دارد استفاده کنیم. بنابراین می‌توان گفت شیرازی مدل خارج مرکز را دارای ظرافت بیشتری می‌دانست، زیرا طبق اصل ظرافت، تعداد حرکات کمتر یعنی مفروضات و اصول اولیه کمتر. اما وقتی آن مدل را به صورت فیزیکی دریاوریم، مشکل متفاوتی پیش می‌آید. از آنجا که نقطه اوج فلک خورشید دارای حرکتی است، نیاز به فلکی دیگر به نام ممثل خواهد بود که فلک خارج مرکز را به آهستگی به دور مرکز عالم حرکت دهد. فلک خارج مرکز داخل فلک ممثل قرار می‌گیرد و آنرا به دو تکه هلالی نعل اسبی تقسیم می‌کند. همانطور که در شکل ۱ مقاطع این دو فلک دیده می‌شود، فلک حامل به مرکز D فلک خارج مرکز به مرکز O را به دو قسمت هلالی تقسیم کرده است. این دو قسمت را «متمم‌های» فلک می‌نامند. قسمت هلالی بیرونی را «متمم حاوی» و قسمت درونی را «متمم محوی» می‌گفتند. فلک خارج مرکز به دور نقطه D می‌گردد و خورشید را می‌گرداند، و فلک ممثل به دور نقطه O می‌گردد و مرکز D و نقطه اوج A را به دور O می‌گرداند.



### شکل ۱

در این صورت مدل خارج مرکز از سه جسم تشکیل خواهد شد: فلک خارج مرکز، متمم حاوی ممثل، و متمم محوی ممثل. ولی مدل تدویر از دو جسم ساخته شده: فلک حامل و فلک تدویر. در نتیجه قبول مدل خارج مرکز صرفه جویانه نیست. ولی به عقیده شیرازی این باعث نمی شود که مدل تدویری ساده تر (ابسط) باشد، زیرا در اینجا بحث درباره دوایر است نه افلاک مجسم (اختیارات، [۲۹۵]). بنابراین به نظر می رسد در این موضع ظرافت برای شیرازی اهمیت بیشتری دارد تا صرفه جویی کمی.

بیشتر نویسندگان آثار هیئت قبل و بعد از شیرازی، از جمله عبدالجبار خرقی در *منتهی الإدراک*، به تبعیت از بطلمیوس مدل خارج مرکز را برای خورشید مناسب تر دانسته اند.<sup>۱۳</sup> اما شیرازی در *نهایه* گزارش می کند صاحب *العمدة الخوارزمشاهیة* مدل تدویری را ارجح دانسته است (نهایه: گ ۴۲). کتابی به این نام در فهرست های نسخ خطی نیست و می توان احتمال داد منظور شیرازی کتاب *عمدة الخوارزمشاهیة* عبدالجبار خرقی باشد، که از جمله آثار جامع هیئت به زبان فارسی بود.<sup>۱۴</sup> اما خرقی در فصل خورشید این کتاب هر دو مدل خارج مرکز و تدویر را برای خورشید معرفی می کند و سخنی از اینکه مدل دوم را انتخاب کرده باشد به میان نمی آورد. تنها می نویسد:

پس اختلافی که شمس را می افتد در حرکت از این دو جهت می افتد و بطلمیوس آن جهت پیشین اختیار می کند [یعنی خارج مرکز] نه آن که ضرورتی بدان ادا می کند، لکن از جهت آن که در آن جهت یک حرکت بیش نمی افتد و در این جهت [یعنی تدویر و حامل] دو حرکت است (عمده: گ ۲۱).<sup>۱۵</sup>

در واقع خرقی همان حرف بطلمیوس و قطب الدین را گفته و به نظر نمی رسد مدل تدویری را انتخاب کرده باشد. اما از میان هیئت دانان بوده اند کسانی که مدل تدویر و حامل را برای خورشید بر مدل خارج مرکز برتر دانسته اند. صدرالشریعة از هیئت دانان پس از شیرازی است (Morrison 2005: 73) که در کتابش معتقد شده چون مدل خارج مرکز به دلیل نیاز به فلک ممثل در واقع از سه جسم تشکیل شده، اگر بخواهیم مدل ساده تری برای افلاک مجسم در نظر بگیریم، مدل تدویر و حامل برای خورشید ساده تر است، مگر این که بخواهیم مدل مجرد غیر مجسم انتخاب کنیم که در آن صورت مدل خارج مرکز ساده تر است (صدرالشریعة، *تعديل الهيئة: ۶۶*). بنابراین به نظر می رسد صدرالشریعه در اینجا صرفه جویی کمی را بر ظرافت ترجیح داده است.

### اصل سادگی و مدل‌های غیربطلمیوسی

اصل سادگی در آثار هیئت در رابطه با مدل‌های غیربطلمیوسی نیز می‌تواند محل بحث باشد. زیرا به نظر می‌رسد فزونی تعداد افلاک در مدل‌های غیربطلمیوسی نسبت به مدل‌های بطلمیوسی با اصل صرفه‌جویی تعارض دارد. هیئت‌دانان مکتب مراغه، برای حل تعارضات مدل‌های بطلمیوسی با طبیعیات ارسطویی، معمولاً ناچار از فرض مدل‌های جدید و افلاک اضافه‌ای بودند که در مدل‌های بطلمیوسی دیده نمی‌شد. ولی ظاهراً می‌دانستند هر چه تعداد افلاک اضافه شده برای حل اشکالات مدل‌های بطلمیوسی کمتر باشد، بهتر است. مثلاً قطب‌الدین شیرازی مدل‌های غیربطلمیوسی پیش از خود را به دلیل استفاده از افلاک متعدد نقد کرده است (Gamini 2017, p. 173). به عقیده او تعداد افلاک در مدل نصیرالدین طوسی برای ماه زیاد است و مدلی با افلاک کمتر، مثل مدل خودش برای ماه، از مدل طوسی «خوب‌تر» است (اختیارات، [۳۵۴]). اما شیرازی خودش در بعضی مدل‌هایش، مثل مدل عطارد، افلاک بسیاری افزوده است (Gamini 2017). می‌توان پرسید آیا عرضه مدل‌های غیربطلمیوسی نوعی دوری از اصل سادگی نبود؟ چرا باید این منجمان صرفاً برای حفظ طبیعیات ارسطویی اصل سادگی را کنار می‌گذاشتند و این همه فلک به مدل‌های خود می‌افزودند؟<sup>۱۶</sup>

ادعای این مقاله آن است که نه تنها نمی‌توان به راحتی گفت این نظریه‌پردازان از اصل سادگی دور شده بودند، بلکه در واقع جنبه دیگری از اصل سادگی ایجاب می‌کرد بعضی از اصول طبیعی ارسطویی را اساس مدل‌پردازی فیزیکی خود بدانند. درست است که افزودن این فلک‌ها به منظور هماهنگ ساختن مدل‌های نجومی با فلسفه طبیعی ارسطو به وجود آمده بود ولی اصول طبیعی دیگری نیز در فلسفه ارسطویی بود که این منجمان آنها را کنار گذاشته بودند. در واقع سؤال این است که چرا از میان اصول طبیعی فلسفه ارسطویی، بعضی را کنار گذاشتند و برای حفظ بعضی حتی مدل‌های سیاره‌ای را تغییر دادند.

### بررسی دوباره انگیزه‌های عرضه مدل‌های غیربطلمیوسی

ابتدا بپردازیم به آن اصول فلسفه طبیعی ارسطویی که پس از او کنار گذاشته شدند. طبق طبیعیات ارسطویی، فلک جسمی است (۱) کروی که (۲) مرکز عالم در مرکز آن قرار دارد و (۳) با سرعت یکنواخت به دور آن می‌گردد و (۴) هیچ گونه نایکنواختی و نوسان در حرکت آن راه ندارد. بیشتر فلاسفه و منجمان پس از ارسطو، به جز بعضی فلاسفه

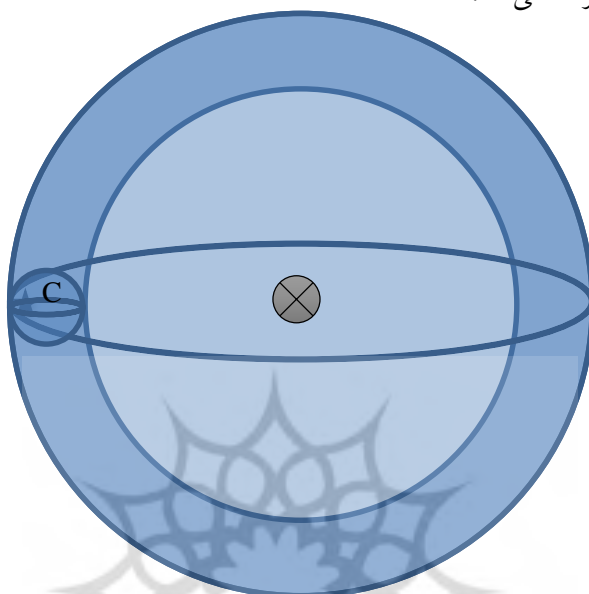
اندلسی چون ابن رشد و بطروجی، این اصول طبیعی را کنار گذاشتند. از جمله منجمان مراغه به تبعیت از تعبیر فیزیکی ابن هیثم در کتاب *فی هیئة العالم*، قائل به وجود فیزیکی افلاکی بودند که به دور مرکز عالم نمی‌گشتند و یا افلاکی که از دو تکه غیرکروی ساخته شده بودند. علاوه بر این، افلاک نزد ارسطو باید با سرعت یکنواخت نسبت به مرکز خود بگردند. بطلمیوس با عرضه افلاک خارج مرکز و تدویر و همچنین مفهوم نقطه معدل المسیر تمام ۴ اصل بالا را شکسته بود. اما نویسندگان آثار هیئت در جهان اسلام اصول ۳ و ۴ را کنار نگذاشتند و بر حرکت یکنواخت افلاک پای فشرده و برای حفظ آن مدل‌های جدیدی جایگزین مدل‌های بطلمیوس کردند.

ادعای این مقاله آن است که شاید بتوان دلیل این تفاوت رویه را چنین تبیین کرد که از منظر نجومی، سادگی مفهوم فلک در همین بود که جسمی باشد در کلیت خود کروی با سرعت یکنواخت به دور خود، در حالی که فلکی با سرعت نایکنواخت موجودی نه چندان ساده به نظر می‌رسید. بنابراین فلکی با سرعت یکنواخت ساده‌تر از فلکی با سرعت نایکنواخت است. طبق اصل ظرافت - که در بالا معرفی شد - هر چه پیچیدگی اصول کمتر باشد، نظریه ساده‌تر خواهد بود. بنابراین لازم بود حرکت نایکنواخت افلاک بطلمیوسی به تعدادی حرک ساده با سرعت یکنواخت فروکاسته شوند. ولی آیا اصل سادگی به این معنا در زمان هیئت‌دانان مراغه وجود داشت؟ آیا اگر گمان کنیم پذیرش مفهوم ارسطویی فلک به دلیل سادگی آن بود، به نوعی زمان‌پریشی دچار نشده‌ایم؟ بنابراین باید نشان دهیم منجمان مراغه بین سادگی افلاک و حرکت یکنواخت آنها پیوندی می‌دیدند و به همین دلیل یکنواختی را برای افلاک حفظ کردند ولی دیگر اصول ارسطویی درباره افلاک را، مثل پیشینیان خود، رها کردند. برای اینکه به رابطه پیچیده فلسفه طبیعی ارسطویی و علم هیئت در دوران اسلامی پی ببریم، لازم است بیشتر با مقدمات طبیعی هیئت آشنا شویم و آنگاه ببینیم مفهوم سادگی با چه معنایی در این رابطه وارد می‌شود. نخست از مفهوم طبیعی فلک در آثار هیئت آغاز می‌کنیم.

## فلک

فلک در طبیعات مذکور در آثار هیئت، جسمی دانسته می‌شد کروی که یا توپر بود یا توخالی با ضخامتی مشخص. اما کلمه «فلک» در کتب نجومی دوره اسلامی، به ویژه پیش از قرن ششم و هفتم، به دو معنای دایره، مدار و کره متحرک هم به کار می‌رفت. اما در

کتب هیئت استاندارد معمولاً به معنای موجودی فیزیکی-هندسی که در کلیت خود کروی است، در نظر گرفته می‌شد.<sup>۱۷</sup>



شکل ۲

در مدل‌های بطلمیوسی دو نوع فلک در ساخت هیئت عالم نقش داشتند: افلاک شامل زمین و افلاک غیر شامل زمین. «فلک شامل» فلکی است که زمین درون آن است، یعنی در مرکز یا نزدیکی مرکزش، و «فلک غیر شامل» فلکی است که زمین درون آن نیست، مثل فلک تدویر که در شکل ۲ با حرف C نشان داده می‌شود. فلک شامل معمولاً به شکل یک پوسته کروی است و توپُر نیست.

پیش از آن که به بررسی ویژگی‌های طبیعی و ریاضی افلاک در آثار هیئت پردازیم، نیاز است این مفهوم علمی را از منظر روش‌شناسی عام علوم هم ببینیم و نقش توضیحی آن را در نظر آوریم. پدیده‌هایی که منجمان قدیم با آن روبرو بودند، حرکات به ظاهر نامنظم و متغیر سیارات و ماه و خورشید بود. این منجمان برای این که این حرکات را به نظم بیاورند و بتوانند آنها را توضیح دهند، نیاز بود با فرض تعدادی حرکت یکنواخت با روش‌های هندسی، موقعیت سیاره تعیین شود. این دقیقاً همان روشی است که در مجسطی دنبال شده است. بطلمیوس در مجسطی فقط از فلک تدویر و حامل استفاده نکرده بود، بلکه به ابزارهای هندسی دیگری نیز متوسل شده بود؛ مثلاً برای

ایجاد حرکت نوسانی ماه در فلک تدویر، لازم دیده بود نقطه‌ای به نام «محاذات» در نظر بگیرد (که موقعیت آن بر اساس حرکات یکنواخت مرکز تدویر و مرکز حامل تعیین می‌شد) یا برای ایجاد نزدیکی و دوری مرکز تدویر از/به زمین مرکز فلک حامل را در حال چرخش به دور مرکز عالم دانسته بود. همچنین برای حرکات سیارات در عرض دایرة البروجی نوساناتی فرض کرده بود (که با فرض دایره‌هایی تلاش کرد حرکت آنها را دوره‌ای کند). در واقع موقعیت هر نقطه یا خط و دایره‌ای در مدل‌های بطلمیوسی بر اساس تعدادی حرکت چرخشی یکنواخت تعیین می‌شد؛ چه نقطه محاذات، چه موقعیت تدویر و حتی حرکت مرکز تدویر نسبت به نقطه معدل المسیر یکنواخت بود. اما نباید فراموش کرد که تعیین موقعیت سیارات صرفاً با در نظر گرفتن تعدادی حرکت چرخشی یکنواخت متفاوت است با این که بگوییم بطلمیوس حرکات سیارات را به تعدادی حرکت چرخشی یکنواخت فروکاسته بود. بطلمیوس با در نظر گرفتن تعدادی حرکت چرخشی یکنواخت و تعیین نقاطی مثل محاذات و موقعیت مرکز تدویر و ...، راهکاری برای تعیین موقعیت سیارات یافته بود. ولی نمی‌توان گفت که حرکت سیارات را به تعدادی حرکت یکنواخت ساده فروکاسته بود، این کاری بود منجمان مراغه با انگیزه‌های فیزیکی انجام دادند. ولی مدل‌های بطلمیوس در محسوطی پیش از آن که جنبه فیزیکی داشته باشند، صرفاً برای پیش‌بینی حرکات و موقعیت سیارات کاربرد داشتند. منجمان یونانی و اسلامی که آشنایی عمیقی با هندسه اقلیدسی داشتند، می‌توانستند با استفاده از خواص هندسی دایره و روابط هندسی حاکم بر زوایای بین خطوط متصل بین محیط و مراکز آنها، موقعیت به ظاهر پیچیده و نامنظم سیارات و ماه و خورشید را بر اساس روابط هندسی تعیین کنند و مدل‌های هندسی نسبتاً قدرتمندی برای پیش‌بینی کمی پدیده‌های نجومی ارائه دهند. اما هدف منجمان مراغه آن بود که تمام حرکات سیارات صرفاً به تعدادی حرکت دایره‌ای ساده یکنواخت فروکاسته شود. یعنی با فرض افلاک متعدد در موقعیت‌های مختلف، هم اثر نقطه محاذات ماه را ایجاد کنند، هم حرکات نوسانی افلاک، و هم یکنواختی حرکت مرکز تدویر نسبت به نقطه معدل المسیر را. همان طور که یک موج مرکب را می‌توان به مجموع تعدادی موج ساده فروکاست، هدف منجمان مراغه در مدل‌های غیربطلمیوسی هم آن بود که حرکات سیارات را به تعدادی حرکت مستدیر یکنواخت فروبکاهند. ولی چرا آنها چنین هدفی را دنبال می‌کردند؟ مگر مدل‌های بطلمیوسی برای تعیین موقعیت سیارات برای هر زمان



دلخواه کافی نبود؟ مشکل زمانی آغاز شد که تصمیم گرفتند طبق روایت بطلمیوس در کتاب *الاقتصاص* و ابن هیثم در کتاب *فی هیئة العالم*، برای آن حرکات مستدیر، افلاکی فیزیکی یا «مجسم» در نظر بگیرند (Langerman 1997). در این حالت دیگر نه نقطه محاذات وجود فیزیکی داشت و نه نقطه معدل الم سیر. بنابراین باید فقط افلاکی فرض می‌شد که با سرعت یکنواخت به دور خود بگردند به صورتی که تمام حرکات غیریکنواخت و غیردایره‌ای مدل‌های بطلمیوسی را مدل کنند.

### «تجسیم» افلاک

ویژگی بسیار مهم علم هیئت تجسیم یا سه‌بعدی و فیزیکی در نظر گرفتن افلاک بود. این ویژگی اولین بار در دوره اسلامی در *فی هیئة العالم* ابن هیثم مورد تأکید قرار گرفت (ابن هیثم، *فی الهیئة: ۵*) و پس از او عبدالجبار خرقی و مؤیدالدین عرُضی (کتاب *الهیئة: ۲۹*) آن را به عنوان یکی از ویژگی‌های اساسی علم هیئت تثبیت کردند. بعد از آن تمام آثار هیئت، افلاک را به صورت مجسم معرفی می‌کردند و برای نشان دادن افلاک، مقطعی از کرات سه بعدی با ضخامت مشخص ترسیم می‌کردند. با اینکه راشد معتقد است رساله *فی هیئة العالم* از ابن هیثم نیست (Rashed, 1993, 2: 13-14)، منجمان جهان اسلام شک نداشتند که مبحث «تجسیم» یا جسمانی دانستن افلاک را ابن هیثم وارد کتب هیئت کرده است. قطب‌الدین صراحتاً به این موضوع اشاره می‌کند (اختیارات، [۲۶۹]).

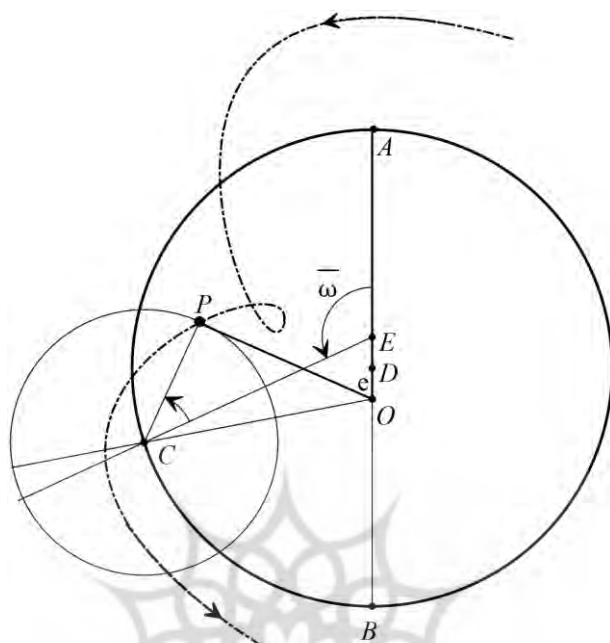
اهمیت این ویژگی از آن رو است که «تجسیم» افلاک نشان دهنده جنبه واقع‌گرایانه علم هیئت است. در این علم، اگر موجودات طبیعی مد نظر باشند، طبق فلسفه طبیعی ارسطو، برای هر حرکتی باید محرکی وجود داشته باشد نه اینکه به طور فرضی گفته شود فلان خط به دور فلان نقطه می‌چرخد، بلکه باید مشخص باشد فلان خط نشان‌دهنده کدام موجود واقعی فیزیکی است و آن نقطه در دنیای طبیعی، مثلاً مرکز کدام فلک است و کدام جسم آن را می‌چرخاند. این موضوع به ویژه در طراحی‌هایی که از مدل‌های فلکی در آثار هیئت دیده می‌شود، خود را نشان می‌دهد. اما این جنبه طبیعی و واقع‌گرایانه هیچ از ماهیت ریاضی علم هیئت نمی‌کاهد. چرا که روش‌شناسی این علم بر اساس روابط ریاضی و هندسی اشیاء تعیین می‌شد.

افلاک مجسم، به عنوان موجودات طبیعی، علاوه بر آن که تعبیر فیزیکی مناسبی از دایره‌های به کار رفته در مدل‌های ریاضی سیاره‌ای بودند، می‌توانستند سیارات را حرکت دهند. زمانی که هنوز قوانین حرکت و گرانش نیوتن مطرح نشده بود، تنها عامل

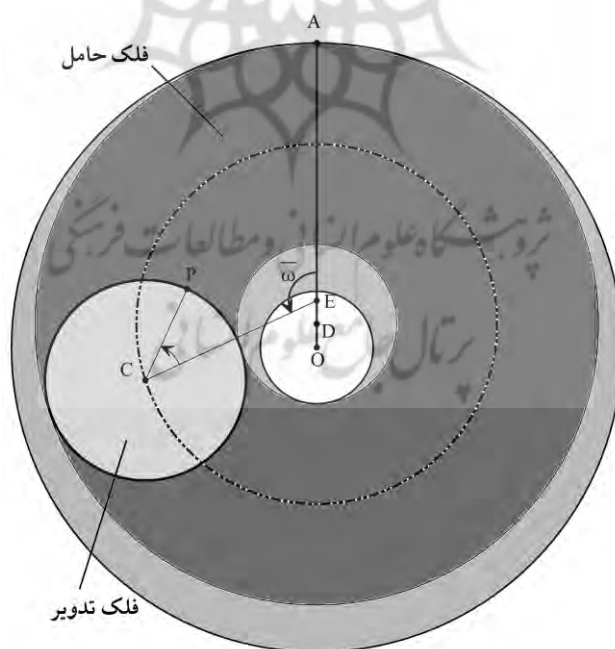
فیزیکی قابل قبول که می‌توانست حرکات پیچیده سیارات را در عالمی کاملاً پُر ایجاد کند، فلک بود. در ادامه خواهیم دید که طبق فلسفه طبیعی ارسطو که امکان خلاً در عالم را نفی می‌کرد، چاره‌ای برای منجمان باقی نمی‌گذاشت جز آن که عالم فوق قمر را کاملاً پُر ببینند و برای تبیین حرکات آسمانی به افلاک کروی صُلب متحرک قائل شوند. افلاک خارج مرکز و تدویر بیشتر از اینکه منشأ ارسطویی داشته باشند، کاملاً از مدل‌های تجربی منجمان بیرون آمده بودند، هر چند حرکات افلاک نیز، مانند هر حرکت دیگری، چه زمینی چه آسمانی، تحت قوانین حرکت ارسطویی عمل می‌کردند.

هدف اولیه مدل‌های نجومی بطلمیوس پیش‌بینی موقعیت سیارات بود. اما ویژگی‌هایی را در حرکت بعضی افلاک در مدل‌های سیاره‌ای خود در نظر گرفت که وقتی جنبه فیزیکی می‌یافت، ایجاد اشکالاتی می‌کرد. یکی از این ویژگی‌ها با عنوان نقطه معدل‌المسیر شناخته می‌شود. در مدل‌های بطلمیوسی سیاره **P** روی محیط فلک تدویر به مرکز **C** با سرعت مماسی و زاویه‌ای یکنواخت می‌گردد، و در همین حین مرکز تدویر **C** روی محیط حامل به مرکز **D** طوری می‌چرخد که سرعت زاویه‌ای‌اش نسبت به نقطه معدل‌المسیر **E** یکنواخت باشد، نه نسبت به مرکز **D** (شکل ۳). بنابراین از لحاظ ریاضی می‌توان موقعیت مرکز تدویر را برای هر لحظه‌ای به دست آورد؛ به این صورت که سرعت یکنواخت مرکز دایره تدویر روی محیط دایره حامل، نسبت به نقطه معدل‌المسیر را در مدت زمان گذشته از مبدئی مشخص ضرب کنیم ( $t \cdot \omega$ ). بنابراین نوعی یکنواختی در مدل بطلمیوس برای اهداف عملی وجود داشت.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی  
پرتال جامع علوم انسانی



شکل ۳



شکل ۴

اما زمانی که از این دوایر تعبیری فیزیکی داشته باشیم (شکل ۴)، دیگر معنایش آن است که فلک حامل با سرعت مماسی و سرعت زاویه‌ای نایکنواخت نسبت به مرکز D بگردد تا مرکز تدویر را نسبت به نقطه E با سرعت یکنواخت بگرداند؛ حرکتی که صراحتاً با اصل یکنواختی حرکت افلاک در طبیعات ارسطویی تعارض داشت.

ارسطو در کتاب در آسمان یکنواختی حرکت فلک نخستین را اثبات کرده بود، و ظاهراً درباره دیگر افلاک سخنی نگفته بود. ولی استدلالی که برای آن ارائه داد برای بقیه افلاک نیز مقبول بود. استدلال او به این ترتیب بود که: حرکت طبیعی اجسام زمینی - مثل سنگ‌ها - زمانی که از مکان اولیه خود راه می‌افتند، کمترین سرعت و زمانی که به مکان طبیعی خود نزدیک می‌شوند، بیشترین سرعت را دارد. ولی چون حرکت افلاک دورانی است و در حرکت‌شان به مکان طبیعی‌شان نزدیک یا دور نمی‌شوند بنابراین دلیل ندارد که حرکت‌شان کند یا تند شود. علاوه بر این ارسطو برای این موضوع دلایل دیگری نیز می‌آورد. از جمله آن که تغییر در سرعت فلک نشان از تغییر در محرک آن دارد. ولی چون تغییر و تحول در آسمان‌ها، که جنبه الهی دارند، راه ندارد، تغییر سرعت نیز در آن نخواهد بود (Aristotle 1939: 288a).

این اصل از جمله اصول چهارگانه‌ای است که ابن هیثم در فی هیئة العالم آورده است (فی هیئة: ۶۷).<sup>۱۸</sup> ابن هیثم در الشکوک نیز نشان می‌دهد بطلمیوس در مجسطی به این قضیه طبیعی اشاره کرده است (الشکوک: ۲۴). از بعضی عبارات بطلمیوس در مجسطی هم بر می‌آید که حرکت یکنواخت افلاک را قبول دارد. دلیل بطلمیوس هم به تبعیت از ارسطو برای یکنواختی حرکات افلاک این بود که این نوع حرکت متناسب با ماهیت الهی افلاک است (مجسطی: ۴۲۰). اما ابن هیثم معترض است که بطلمیوس در مدل‌های فلکی خود آن را رعایت نکرده بود. او در الشکوک علی بطلمیوس اصول طبیعی به‌کار رفته در آثار بطلمیوس را استخراج کرد و مواردی را که بطلمیوس از این اصول تخطی کرده بود، مشخص کرد. آنچه به عنوان اشکالات هیئت بطلمیوسی در آثار هیئت شایع گردید، معمولاً برگرفته از همین ناهماهنگی‌ها یا تناقضاتی است که ابن هیثم در آثار بطلمیوس پیدا کرده است.<sup>۱۹</sup>

ابن هیثم حرکت نایکنواخت فلک حامل در مدل‌های سیارات را به دلیل نقطه معدل الم سیر، متعارض با اصل حرکت یکنواخت افلاک می‌دانست. به عقیده او اگر حرکت مرکز تدویر نسبت به مرکز حامل یکنواخت نباشد،

پس حرکت فلک حامل که تدویر را حرکت می‌دهد، حول مرکزش نایکنواخت خواهد بود، زیرا او محرک فلک تدویر است. در حالی که این نقض کننده آن چیزی است که در حرکات آنها [=افلاک] مقرر کرده بود، چرا که [بطلمیوس] مقرر کرده بود که حرکات آنها همگی یکنواخت باشند<sup>۲۰</sup> (الشکوک: ۲۷).

حرکت نایکنواخت مرکز تدویر نسبت به مرکز حامل، باعث می‌شود که تمام نقاط محیط فلک حامل نسبت به مرکز آن نایکنواخت بگردند، زیرا باعث می‌شود زمانی که مرکز تدویر به اوج نزدیک می‌شود، سرعت حامل کندتر و زمانی که مرکز تدویر به حضيض نزدیک می‌شود، سرعت حامل تندتر شود. ولی چنین حرکتی با اصل طبیعی ارسطویی یکنواختی حرکت افلاک در تعارض بود. این اصل معمولاً در میان مقدمات طبیعی کتب هیئت نیز ذکر می‌شد. مثلاً شیرازی نیز در ضمن مقدمات طبیعی خود چنین آورده: «افلاک دارای توقف یا حرکات بازگشتی، کندشونده، تندشونده یا در جهت خروج از مکان طبیعی خود نیستند» (اختیارات، [۳۸]).

اما چرا این اصل ارسطویی این همه برای هیئت‌دانان اساسی بود که به خاطر حفظ آن، دست از مدل‌های بطلمیوسی شستند تا مدل‌های جدیدی طراحی کنند بدون هیچ حرکت نایکنواختی؟ آیا ایشان تمام اصول طبیعی ارسطویی را در آثار خود رعایت می‌کردند یا اینکه فقط بعضی از آن اصول را با اصلاحاتی پذیرفته بودند؟ در واقع می‌توان گفت حداقل دو اصل طبیعی ارسطویی در کار بود که اندک زمانی پس از زمان ارسطو معلوم شد که هر نظام نجومی مبتنی بر آنها نمی‌تواند پدیده‌های ساده نجومی را تبیین کند و محکوم به شکست است (معصومی همدانی ۱۳۸۰: ۳۵):

#### ۱. حرکت طبیعی فلک به دور مرکز عالم است.

ارسطو در کتاب در آسمان استدلال کرده بود که باید عنصری وجود داشته باشد که به دور مرکز عالم بگردد. به عقیده او چون حرکت طبیعی عناصر به سمت مرکز (آب و خاک) و یا به سمت محیط (آتش و هوا) عالم است، بنابراین باید عنصر دیگری هم وجود داشته باشد که به دور مرکز عالم بچرخد (Aristotle, *On the Heavens*: I, 2, 268b, 27). این عنصر همان اتر یا اثير است که افلاک از آن ساخته شده اند. اما بطلمیوس و 29 دیگر نویسندگان آثار هیئت با قائل شدن به افلاک تدویر و خارج مرکز از این اصل تخطی کردند.

با اینکه خیلی زود ناکارآمدی این اصل در نجوم معلوم شد و منجمان پیش از بطلمیوس، مثل آپولونیوس و ابرخس، و حتی فلاسفه ارسطویی در دوران اسلامی، چون ابن سینا، آن را کنار گذاشتند، همچنان در مقدمات طبیعی بعضی از مهم‌ترین آثار هیئت تا پیش از آثار قطب‌الدین شیرازی، حرکت افلاک را به دور مرکز عالم ذکر می‌کردند، در حالی که در متن کتاب‌ها عملاً این اصل را کنار می‌گذاشتند و به وجود افلاک تدویر و خارج مرکز قائل می‌شدند (ابن هیثم، فی هیئته: ۱۰؛ طوسی، التذکره: ۱۰۱). با اینکه این اصل ارسطویی به جز در میان فلاسفه اندلسی پیروی نداشت، فلاسفه‌ای چون ابن سینا نیز صراحتاً نگفته بودند چرا این اصل را نادیده می‌گیرند.

پیش از شیرازی، عبدالجبار خرقی صراحتاً در مقدمات طبیعی کتاب خود توضیح داد که نیاز نیست حرکت افلاک دقیقاً به دور مرکز عالم باشد، بلکه همین که به دور نقطه‌ای درون فلک بگردد کافی است: «ولیس یلزم ... ولا المتحرک علی الوسط هو ما یکون الوسط مرکزاً له، فإنه وإن لم یکن مرکزاً له ولکنه فی ضمنه فهو متحرک علیه بوجه» (منتهی: ۱۱، [۹]). بنابراین هر چند این اصل ارسطویی به کنار نهاده شده، در مقدمات طبیعی بعضی آثار هیئت ذکر می‌شد، اولین بار خرقی عبارتی در مقدمه‌اش نوشت تا صراحتاً تناقض را برطرف کند: چرخش افلاک خارج مرکز با اصل چرخش افلاک به دور مرکز عالم تناقضی ندارد، زیرا مرکز آن به مرکز عالم نزدیک است. ولی این توضیح نمی‌توانست تناقض افلاک تدویر را با این اصل حل کند، زیرا مرکز افلاک تدویر از مرکز عالم بسیار دور بودند. شیرازی احتمالاً برای اینکه نشان دهد این تناقض چطور حل می‌شود، در مقدمات طبیعی حرکت افلاک را به دور مراکز خودشان معرفی می‌کند، نه مرکز عالم و در نتیجه تناقضی پیش نمی‌آید.

قطب‌الدین برای توجیه این اندیشه، از مفهومی دیگر در فلسفه ارسطو کمک گرفت: ارسطو در آثارش گاهی حرکت افلاک را طبیعی و گاهی ارادی معرفی کرده بود. مثلاً در مقاله اول در آسمان می‌گوید باید جسم بسیطی وجود داشته باشد که طبعاً بچرخد (ارسطو، در آسمان: مقاله اول، ۲۶۸b). ولی مثلاً در قسمتی دیگر می‌گوید «ما درباره ستارگان چنان سخن می‌گوییم که گویی آنها صرفاً اجسامی بسیط یا واحدهایی بی‌گمان منظم ولی فاقد نفس اند. ولی به عکس، باید قبول کنیم که آنها بهره‌مند از زندگی و فعالیت اند» (همان: مقاله دوم، ۲۹۲a). ولفسون نشان داده که چگونه شارحان ارسطو، مثل اسکندر افرویدیسی، سیمپلیکیوس و ... پس از او به تأویل و تفسیر این متون برای

رفع تناقض اقدام کردند (Wolfson 1962: 72 - 75). ابن سینا نیز تلاش کرد در کتاب *النجاة* در فصلی با عنوان «فصل فی أن حركة السماء مع أنها نفسانية كيف يقال أنها طبيعية» (ص ۶۱۹) و طبیعیات *سفا* این تعارض را حل کند (ج ۲، ۳۳). طوسی هم در *تذکره* گفته که اگر حرکت چیزی بر یک روش (بر نهج واحد) باشد، محرک آن را طبع می‌نامیم و اگر چنین نباشد محرک آن را نفس می‌گوییم، بنا بر این هم حرکات طبیعی عناصر زمینی را و هم حرکات ارادی افلاک را حرکتی طبیعی می‌گوییم، زیرا این اجسام دارای حرکت در یک نهج و جهت هستند؛ ولی حرکات نباتی و حیوانی را که در یک نهج و جهت نیستند، از سوی نفس می‌دانیم (*التذکره*: ۱۰۱).<sup>۲۱</sup>

بنابراین در طبیعیات ارسطو، افلاک موجودات زنده دارای «نفس» تصور می‌شدند که حرکتشان ارادی است. اصطلاح «حیوان فلکی» نیز اشاره به شباهتی دارد که بین فلک و حیوان وجود دارد: این که هر دو به واسطه داشتن نفس، از روی اراده و ادراک حرکت می‌کنند. به همین دلیل حرکت افلاک ارادی است و بنابراین می‌توان صراحتاً گفت این حرکت «به دور مراکز ایشان» است (*اختیارات*، [۳۱])، نه لزوماً به دور مرکز عالم. البته این راه حل احتمالاً چیزی بود که همه در ذهن داشتند ولی فلاسفه‌ای چون ابن سینا هیچ‌گاه صراحتاً بیان نکرده بودند و به همین دلیل به وجود افلاک خارج مرکز و تدویر ایراد نمی‌گرفتند. شیرازی صرفاً آن را صراحتاً در مقدمه یک کتاب هیئت بیان کرد. این از جمله مواردی است که نشان می‌دهد فلاسفه و هیئت‌دانان پس از ارسطو تا زمان شیرازی در بعضی از اصول طبیعی ارسطویی دخل و تصرف‌هایی کردند تا با نجوم بطلمیوسی هماهنگ شوند.

## ۲. افلاک شکل کروی دارند.

ارسطو در کتاب *در آسمان* استدلال کرده بود که اجسام فلکی که از عنصر اثیر ساخته شده‌اند، تنها می‌توانند به شکل کره باشند. زیرا کره بسیط‌ترین شکل مجسم است و بنابراین شکل طبیعی اجسام بسیط کروی است. وی به همین شیوه کروییت زمین را اثبات می‌کند. اما همانطور که گفته شد، پس از ارسطو این اصل نیز کنار گذاشته شد. در هیئت مجسم افلاک نزد بطلمیوس و نویسندگان آثار هیئت، بعضی افلاک به واسطه افلاک دیگر از شکل کروی کامل خارج می‌شوند. به این صورت که افلاک کوچک‌تر که داخل افلاک بزرگ‌ترند، ممکن است با آنها هم‌مرکز نباشند. بنابراین افلاک کوچک‌تر افلاک بزرگ‌تر

را به دو تکه نامساوی با مقطع هلالی شکل تقسیم می‌کنند. همانطور که گفته شد، فلک ممثل به مرکز O در واقع کروی نیست، زیرا به واسطه فلک حامل به دو تکه غیرکروی هلالی شک تقسیم شده است (شکل ۴)؛ یا افلاک تدویر سوراخ‌هایی در دل «تخن» (یا گوشته) آنها می‌سازند. با این وجود هیئت‌دانان در مقدمات طبیعی آثار خود افلاک را اجسامی کروی معرفی می‌کردند (اختیارات، [۲۶۷]، نه‌ایه: گ ۳۷؛ تحفه: ۸۷). از همان دوران پس از ارسطو این مسأله محل اشکال بود و راه حل‌هایی هم ارائه شد (معصومی همدانی ۱۳۸۰: ۳۵، پانویس ۱۳). شیرازی بعضی از راه‌حل‌های دوران اسلامی را گزارش می‌کند: بعضی در جواب گفته اند کره شکلی است که یک سطح یا دو سطح بر او محیط باشند و دارای مرکزی باشد که فاصله تمام نقاط از یکی از آن دو سطح تا مرکز مساوی باشد. آن گروهی که چنین پاسخی می‌دهند، در واقع به یک فلک موافق مرکز معتقد نیستند، بلکه فکر می‌کنند هر دو قسمت متمم را باید کره‌های جداگانه در نظر گرفت. شیرازی این پاسخ را نمی‌پسندد، زیرا به نظر او سوال اصلی این است که افلاک باید به طور کامل کروی باشند نه اینکه یک قسمت آنها ضخیم‌تر و قسمت دیگر نازک‌تر. شیرازی کتب هیئت را جایی مناسب برای این مباحث نمی‌داند چون این بحث‌ها به فلسفه طبیعی تعلق دارند نه علم هیئت.<sup>۲۲</sup> بنابراین وجود افلاک خارج مرکز درون افلاک دیگر با مرکز متفاوت باعث می‌شود که آن افلاک توسط فلک داخلی به دو تکه هلالی شکل تقسیم شود و این با اصل ارسطویی کروی بودن افلاک تعارض داشت ولی در تمام آثار هیئت پذیرفته شده بود.

نتیجه اینکه فلاسفه و منجمان از همان دوران پس از ارسطو تا ابن هیثم و هیئت‌دانان پیرو او بعضی از اصول طبیعی ارسطویی را، از هیئت مورد نظر خود، کنار گذاشته بودند. اما بعضی دیگر از آن اصول را کنار نگذاشتند و روی آنها تأکید کردند، از جمله اصل حرکت یکنواخت افلاک که از مهم‌ترین اصول طبیعی است که هیئت‌دانان در آثار خود آوردند و به تناقض مدل‌های بطلمیوسی با آن تصریح کردند. ایشان به جای اینکه این اصل را نیز مثل دو اصل قبلی کنار بگذارند، آن را حفظ کردند و در عوض، مدل‌های بطلمیوسی را محل اشکال دانستند و تغییر دادند.

دلیل ایشان برای این رفتار دوگانه چه بود؟ نمی‌توان گفت معیار آنها هماهنگی با نجوم و مدل‌های بطلمیوسی بود، مثلاً نمی‌توان گفت پذیرش دوتکه‌شدن افلاک کروی و چرخش آنها به دور مراکز غیر از مرکز عالم با هیئت بطلمیوسی هماهنگی داشت و به



همین دلیل آنها آن دو اصل ارسطویی را کنار گذاشتند. زیرا اگر چنین بود، باید اصل حرکت یکنواخت افلاک را نیز رد می‌کردند. زیرا این اصل هم با هیئت بطلمیوسی ناهماهنگ بود. ولی آنها ترجیح دادند آن را نگه دارند و هیئت بطلمیوسی را اصلاح کنند. طبق فلسفه ارسطویی، تغییر حرکت نشانه تغییر در محرک است، و ارسطو استدلال کرده بود که تغییر در آسمان راه ندارد، پس تغییر سرعت قابل پذیرش نیست. ولی می‌شد کسی استدلال کند اگر حرکت افلاک ارادی است، چه مانعی دارد که نفسی به فلکی تعلق بگیرد و اراده کند با سرعت نایکنواخت بچرخد، یعنی گاهی تصمیم بگیرد تند و گاهی کند حرکت کند، یا گاهی در یک جهت و گاهی در جهت دیگر حرکت کند همانطور که درباره اصل چرخش افلاک به دور مرکز عالم به همین شیوه عمل کردند و آن را کنار گذاشتند؟ یا می‌توانستند فرض کنند «در یک جسم واحد چند حرکت طبیعی دائمی متضاد باشد». ولی ابن هیثم صراحتاً چنین راه حلی را رد کرده و معتقد بود چنین فرض‌هایی «محال فاحش» است (الشکوک: ۱۹). در حالی که برای کرویت افلاک و چرخش به دور مرکز عالم هم از لحاظ فلسفه ارسطو محال دانسته شده بود ولی فلاسفه و منجمان پس از او، تا زمان ابن هیثم و پیروانش اعتراضی به آنها نکردند. چرا در آثار شارحان ارسطو تا فلاسفه و منجمان اسلامی از جمله ابن هیثم و منجمان مراغه، هم مرکز بود افلاک با مرکز عالم محل تأکید نبود، و می‌شد راحت از کنار آن گذشت، ولی اصل یکنواختی حرکت فلک، این همه مقدس تلقی می‌شد؟

آیا اصل یکنواختی حرکت افلاک ارتباطی با اصل سادگی نداشت؟ روشن است که یکنواختی از لحاظ مفهومی ساده‌تر از نایکنواختی است. حتی زمانی که گالیله در کتاب گفتگو در باب دو علم جدید، می‌خواهد درباره نرخ تغییرات سرعت اجسام ساقط تحقیق کند، در ابتدا صراحتاً می‌نویسد «ساده‌ترین فرض» برای سقوط اجسام «شتاب یکنواخت» است (Galilei 1914, p. 167 and 169). زیرا به عقیده او طبیعت «فقط اموری را به کار می‌گیرد که رایج‌ترین، ساده‌ترین و آسان‌ترین باشند» (Crombie 1953, p. 297; Galilei 1914, p. 161). بنابراین گالیله نیز «یکنواختی» را ساده‌ترین حالت تغییر سرعت می‌داند. شاید بتوان از همین سادگی مفهوم «یکنواختی» نتیجه گرفت که فلاسفه و هیئت‌دانان پس از ارسطو، به ویژه ابن هیثم، به طور ناخودآگاه شهوداً یکنواختی حرکت افلاک را قابل پذیرش‌تر از افلاکی با سرعت نایکنواخت می‌دانستند.

وگرنه فروکاستن حرکات گوناگون سیارات به تعدادی حرکت نایکنواخت چه برتری تبیینی داشت؟

برای جلوگیری از تاریخ‌نگاری زمان‌پریش باید عباراتی را پیدا کرد که صراحتاً در آثار این منجمان به سادگی مفهوم یکنواختی یا «حرکت متشابه» و نقش این سادگی در انتخاب آن اشاره کرده باشند. استدلال اصلی این هیثم ظاهراً این بود که هر گونه تغییری نیازی به محرک دارد و فرض نایکنواختی یا نوسان در حرکت افلاک نیازمند فرض محرک‌هایی است که چنین نایکنواختی‌هایی را ایجاد کند (الشکوک: ۲۸). بنابراین می‌توان به طور غیرمستقیم از همین اظهار نظر این هیثم نتیجه گرفت که حرکت یکنواخت افلاک به محرک‌های کمتری نیاز دارد و در نتیجه صرفه‌جویانه‌تر است؛ یا اینکه می‌توان این طور برداشت کرد که این هیثم اصل یکنواختی را مستلزم سادگی بیشتری می‌دانست و به این ترتیب نوعی ظرافت در آن می‌دید. این هیثم از بطلمیوس نقل می‌کند که در فصل دوم مقاله نهم اصول حاکم بر مبحث سیارات پنج‌گانه را چنین بیان کرده است:

وأنها تكون عن حرکات جاریة علی استواء واستدارة، لأن هذه الحرکات مشاکلة

لطبیعة الأجرام الإلهیة مبینة للخروج عن النظام وعدم التشابه (الشکوک: ۲۴).<sup>۳۳</sup>

یعنی به عقیده بطلمیوس - که مستقیماً ریشه‌ار سطویبی داشت (معصومی همدانی ۱۳۸۰: ۳۲) - افلاک به این دلیل دارای حرکت متشابه (یکنواخت) اند که از طبیعت الهی برخوردار اند و طبیعت بسیط موجودات الهی مانع از آن می‌شود حرکت نایکنواخت داشته باشند. سپس این هیثم به فصل پنجم مقاله نهم مجسطی اشاره می‌کند که در آن بطلمیوس برای سیارات پنج‌گانه افلاکی قائل شده که با سرعت نایکنواخت می‌گردند. از نظر این هیثم این تناقض است. بنابراین همانطور که اسحاق (یا ثابت) «حُسن ترتیب» و «ثبات حال» و «اعتدال» افلاک را به معنای نبودن اضافات و «آنچه بدان نیاز نیست» دانسته بود، بطلمیوس نیز لازمه طبیعت الهی افلاک را سرعت یکنواخت آنها می‌دانست. بنابراین هم معنای صرفه‌جویی - که صراحتاً در ترجمه اسحاق و ثابت و در آثار بعدی به ویژه قطب‌الدین شیرازی، بود، از جنبه‌های الهی افلاک نزد بطلمیوس نتیجه شده بود، و هم معنای ظرافت، که سعی کردیم در اینجا به این هیثم نسبت دهیم. در واقع در نگاه ارسطو و شاید تمام منجمان و فیلسوفان تحت تأثیر او، از جمله این هیثم و منجمان مراغه، «بساطت» لازمه موجودات الهی است و چون آسمان خدا یا خدایی است،

بنابراین این موجودات نیز باید بسیط و ساده باشند، هم در جنس و هم در حرکت‌شان. و حرکت «بسیط» یا ساده هیچ معنایی جز این ندارد که یکنواخت باشد، بدون تندی و کندی (معصومی همدانی ۱۳۸۰: ۲۹ - ۳۲).

بساطت الهی افلاک و نفوس متعلق به آنها باعث می‌شود که حرکات آنها ساده باشد. بنابراین ریشه اعتقاد به اصل یکنواختی حرکت افلاک ریشه در نوعی مفهوم سادگی داشت. به جز این، نمی‌توان اشاره به سادگی را به عنوان انگیزه انتخاب اصل یکنواختی حرکت افلاک، به صراحت در آثار ابن هیثم و پیروانش پیدا کرد. اما شاید بتوان آن سخن آلبرت اینشتین درباره فعالیت علمی را مرتبط با این بحث دانست، آنجا که می‌گوید: «اگر می‌خواهید چیزی از روش فیزیکدانان نظری بدانید، توصیه می‌کنم به این اصل پایبند باشید: به حرف‌هایشان گوش ندهید، بلکه بر اعمال‌شان تمرکز کنید» (1933, p. 1).

پی‌نوشت‌ها

۱. شماره‌های داخل قلاب به شماره‌بند‌های متن تصحیح‌شده کتاب اختیارات مظفری ارجاع می‌دهند که به زودی



از سوی مؤسسه پژوهشی حکمت و فلسفه ایران منتشر خواهد شد.

## ۲. simplicity

۳. Underdetermination. تعیین ناقص به حالتی اطلاق می‌شود که بیش از یک نظریه بتواند تمام مشاهدات را توضیح دهد و انتخاب بین آن نظریه‌ها بر اساس داده‌های تجربی ممکن نباشد.
۴. بنگرید به فصل ششم از کتاب *فلسفه علم نوشته جیمز لیدیمن* (ترجمه حسین کرمی، تهران: انتشارات حکمت، ۱۳۹۰).

## ۵. elegance

## ۶. parsimony

۷. نسخه: اللاهیة

۸. نسخه: بالاهیة

۹. الحُسن ؟

## ۱۰. devices

۱۱. رجیس مورلون معتقد است کتاب *فی سنه الشمس* را ثابت بن قره نوشته است، بلکه احتمالاً یکی از پژوهش‌گران حلقه اطراف بنوموسی مؤلف آن است (Morelon 1996: 27).

## ۱۲. ἀπλοστέρα

- بنگرید به متن یونانی مجسطی (Heiberg 1898: 232).
۱۳. خرقی در *متنهی* (ص ۳۹، [۶۷]). مؤیدالدین عرُضی در کتاب *الهیة* (ص ۶۹) و نصیرالدین طوسی در *التذکره فی الاهیة* (ص ۱۴۷) همگی مدل خارج‌مرکز را به دلیل «بساطت» برای خورشید ترجیح داده‌اند.
۱۴. برای آشنایی با آثار هیئت و انواع مختصر و جامع آنها بنگرید به گمینی (۱۳۹۲).
۱۵. با تشکر از دکتر حنیف قلندری که این نسخه و تصحیح چاپ‌نشده خود را در اختیارم قرار داد.
۱۶. برای آشنایی با مدل‌های غیربطلمیوسی منجمان مراغه و انگیزه‌های آنها از عرضه این مدل‌های بنگرید به Saliba (1996) و گمینی (۱۳۹۵، فصل دوم).
۱۷. برای ریشه‌شناسی کلمه «فلک» در زبان عربی قرآنی و دیگر زبانهای سامی بنگرید به Hartner (1991: 261-2).
۱۸. این اصول چهارگانه در تمام نسخ *فی هیئة العالم* نیست، بلکه روی ورقی در برخی از نسخه‌های آن هست و در برخی نیست.
۱۹. برای بحث درباره اینکه آیا طوسی این اشکالات را از الشکوک گرفته یا خود مستقلاً آنها را طرح کرده است، بنگرید به Ragep (1993: 428-9). عرُضی، طوسی و شیرازی نیز این اشکالات را در آثارشان متذکر شده‌اند، از این میان تنها عرُضی به ابن هیثم ارجاع داده و اشاره کرده که ابن هیثم و جابرین افلح بر مدل‌های بطلمیوسی شک آورده‌اند (کتاب *الاهیة*: ۲۱۴) و معلوم نیست که آیا طوسی و شیرازی به الشکوک دسترسی مستقیم داشته‌اند یا خیر، زیرا هیچ‌کدام از ایشان از این کتاب نامی نبرده‌اند. طوسی تنها به رساله *فی حرکت الالتفاف* (التذکره: ۲۱۵) اشاره می‌کند. اما صبره معتقد است می‌توان فرض کرد این اشکالات از طریق الشکوک در میان منجمان آن روزگار مطرح بوده و بنابراین طوسی [و به تبع او، شیرازی] حداقل به صورت غیرمستقیم تحت تأثیر الشکوک بوده‌اند (Sabra 1978: 123).
۲۰. *فحركة الفلک الحامل حول مرکزہ تكون مختلفة، لأنه هو المحرك لفلک التادوير. وهذا مناقض لما قرره من حركاتها، إذ قرر أن حركاتها كلها مستوية.*

۲۱. رجب با اشاره به شرح اشارات طوسی درباره تمایز طبع و طبیعی بحث کرده است (Ragep 1993: 380).  
 ۲۲. در مورد راه حلی که طوسی در شرح اشارات برای این مسئله عرضه کرده است، نگرید به معصومی همدانی (۱۳۹۱).

۲۳. *f* can be represented by uniform circular motion, since these are proper to the nature of divine beings, while disorder and non-uniformity are alien [to such links] (Poommyn 420, 22 08).

## References

- Aristotle. *Aristotle: On the Heavens*. With an English translation by W. K. C. Guthrie. Pp. xxxvi+378. (Loeb Classical Library.) London: Heinemann, 1939.
- Edward N. Zalta (ed.), URL = <<https://plato.stanford.edu/archives/win2016/entries/simplicity/>>.
- Edward N. Zalta (ed.), URL = <[plato.stanford.edu/archives/win2016/entries/simplicity/](https://plato.stanford.edu/archives/win2016/entries/simplicity/)>.
- Crombie, A. (1953). *Augustine to Galileo: The History of Science A.D. 400 - 1650*. Harvard University Press.
- Dillia, A. (1995). *An Islamic response to Greek astronomy: Kita' b Ta' di' l hay' at al-aflak of Sadr al-Shari'a*, Brill: Leiden.
- Duignan, Brian. "Occam's Razor". *Encyclopedia Britannica*. Retrieved 11 May 2021.
- Einstein, A. (1933). *On the Method of Theoretical Physics*. Oxford: Clarendon Press.
- Galilei, Galileo. (1914). *Dialogues Concerning Two New Sciences*. Translated by Henry Crew and Alfonso de Salvio. (New York: Macmillan).
- Gamini, Amir-aaa mddd (4444) vvvvriity Variety ff Hyy a Bkkk i Illmm Civilizti *Journal for the History of Science (Tarikh Elm)*. 11 (2): pp. 234-290. (in Persian).

- Gamini, Amir-Mohammad (2016). *Enameled Circles: A Study in the History of Cosmology in Islamic Civilization*. Tehran: Hekmat Sina (in Persian).
- Gamini, Amir-Mohammad. (7777) uuut al-Dī n al-Shī rā zī and the development of non-llll mmi Plnnttrry eeee lligg i t 33t Cnntrry,, *Arabic Sciences and Philosophy*, 27(02), pp. 165-203.
- Gamini, Amir-Mohammad (ed.). (forthcoming). *Quṭ b al-Dī n Shī rā zī « Ikhtiyā rā t Muḏ affarī* . Tehran: Iranian Institute for Philosophy (in Persian).
- Goldstein, Bernard R (1967), 'The Arabic version of Ptolemy's Planetary hypotheses', *Transactions of the American Philosophical Society*, 57 (4), 3-55.
- Hajjā j [manuscript]. *Tarjumat al-Majistī* [A Translation of the Almagest]. Leiden Library: OR 0680. (in Arabic).
- Hrrtnrr ,, hhrmm ll -Biruni and the theory of solar apogee: an aaamll of originllity i Arii c ccinnee~in ACCromii ,, *Scientific Change*, Symposium on the history of science, Oxford 9-15 July 1961, pp. 206-218.
- Hartner (1991), 'Falak', in B. Lewis, Ch. Pellat, and J. Schacht (eds.), *Encyclopedia of Islam* (2; Leiden: Brill), 261-63.
- Heiberg, J. L. (ed.), (1898). *Claudii Ptolemaei opera quae exstant omnia: Volumen I. Syntaxis Mathematica*, (Pars I. Libros I.-VI; Leipzig)
- Ibn al-Haytham. *Al-Shukuk ala Batlamiyus*. Abdulhamid Sabra (ed.). Cairo: Dar Misriyya (1971).
- Ibn al-Haytham (1990). *Ibn al-Haytham « On the Configuration of the World*, Eds. Langermann, Tzvi. Garland: New York.
- Kharāqī , ‘ Abd al-Jabbār [manuscript]. ‘ *Umda Kh<sup>wā</sup> razmshā hī* . Tashkand: Library of the Institute for Oriental Studies: MS 4467. (in Persian).
- Langermann, Tzvi (1990), *Ibn al-Haytham's On the Configuration of the World* (New York: Garland).
- gggrrm TT ()))) ) aaaa ii c Cmmthgggy *Early Science and Medicine*, Vol.2, No.2, pp. 185-213.
- Masoumi-Hamaaai Heei (000) . rrr mmoooteer kky *Nashr Dā desh* 100: pp. 27-37. (in Persian).
- Masoumi-Hamaaai Hssii (2222) II Sī nā , T ū sī , and the llll ll ff tee mmthicity ff t Celsstill Boii e~ in Heeiin aa mmm Hamedani & Mohammad-javad Anwari (ed.) *Ustā d Bashār (Studies in Life, Period, Philosophy, and Science of Kh<sup>wā</sup> ja Naṣ ī r al-Dī n Ṭ ū sī* ). Tehran: Miras Maktoob: pp. 279-299. (in Persian).
- Morelon, Régis (1996), 'Eastern Arabic Astronomy between the Eighth and the Eleventh Centuries', in Rushdi Rashed (ed.), *Encyclopedia of the History of Arabic Science* (1; New York: Routledge).
- Morrison, Robert (2005), 'Quṭ b al-Dī n al-Shī rā zī 's Hypotheses for Celestial Motions', *Journal for the History of Arabic Science*, XIII, 21-140.
- Ragep, Jamil (ed.). (1993), *Nasī r al-Dī n al-Ṭ ū sī 's Memoir on Astronomy (al-Tadhkira fī Ḍilm al-hayʿa)* (Volume 1: Introduction,

- Edition, and Translation. Volume 2: Commentary and Apparatus; New York: Springer).
- Rashed, Roshdi (1993), *Les Mathématiques infinitésimales du IX e au XI e Siècle* (London).
  - Rzzviii yyyy Ptolmny, Il-Majist ī (tr. Ish ā q b. H.unayn/Thā bit b. Qurra), transcribed from MS Tunis, Dā r al-kutub al-waṭ nniyy «««««««« Ptolemaeus Arabus et Latinus, URL = <http://ptolemaeus.badw.de/ms/669/971/transcription/1>
  - Sabra, Abdelhamid (1978), 'An Eleventh-Century Refutation of Ptolemy's Planetary Theory', *Studia Copernicana*, 16, 117-31.
  - Saliba, G. (1996), 'Arabic planetary theories after the eleventh century AD', in Roshdi Rashed (ed.), *Encyclopedia of the History of Arabic Science* (1; London: Routledge), 59-128.
  - Saliba, G. (ed.), (1990), *The Astronomical Work of Mu'ayyad al-Dī n al-Urd ī : A Thirteenth-Century Reform of Ptolemaic Astronomy. Kitā b al-Haya'ah* (Beirut: Center for Arab Unity Studies).
  - Shī rā zī , Quṭ b al-Dī n [manuscript]. *Nihā yat al-Idrā k fī Dirā yat al-Aflā k*. Köprülü Library: MS 956 (in Arabic).
  - Toomer (ed.), (1984), *Ptolemy's Almagest* (New York: Springer-Verlag).

