COPYRIGHT© INTERNATIONAL ISLAMIC UNIVERSITY MALAYSIA

AN EDITION, TRANSLATION AND COMMENTARY OF CHAPTERS 6TH, 7TH, AND 8TH OF QUT{B AL-DIN AL-SHIRAZI'S *NIHAYAT AL-IDRAK FI DIRAYAT AL-AFLAK*

BY

NORZAKIAH BINTI SAPARMIN

A dissertation submitted in partial fulfilment of the requirement for the degree of Doctor of Philosophy

International Institute of Islamic Thought and Civilization
International Islamic University Malaysia

APRIL 2008

ABSTRACT

The dissertation is an edition, translation and commentary of the three important chapters in the work of a well-known Muslim philosopher and astronomer Qutb al-Din al-Shirazi (d. 1311 C.E.). The text, known as *Nihayat al-Idrak fi Dirayat al-Aflak* (The Limit of Understanding of the Knowledge of the Heavens), is one of his few major works on astronomy. For the purpose of this study, we focused only on the three important chapters, which are "On the Orbs and Motions of the Sun," "On the Orbs and Longitudinal and Latitudinal Motions of the Moon," and "On the Orbs and Longitudinal Motions of the Upper Planets and Venus." These celestial objects, and if we include Mercury and the fixed stars as well, are the only known and observable object of the sky which are being observed and studied by the medieval astronomers. Moreover, it is in these three chapters lies the originality of the work of Qutb al-Din al-Shirazi, and his famous predecessors, Nasir al-Din al-Tusi (d. 1274 C.E.) and Mu'ayyad al-Din al-'Urdi (d. 1266 C.E.). They are the prominent members of the "Maragha School," a name which modern scholarship had coined after a group of Muslim medieval astronomers who are the most revolutionist in reforming Ptolemaic astronomy. However, as we shall see in the study, Qutb al-Din al-Shirazi utilized theories of his predecessors, instead of creating his own theory, in composing his *Nihayat*. His text is more like a commentary for the work of his predecessors. For the purpose of the edition, we used five manuscripts: Ahmet III 3333, Berlin 5682, Paris 2517/8, British Library 399, and Bodleian Marsh 133. It is found that there is no major variation among the manuscripts, and if there is any, it is mentioned accordingly.

ملخص البحث

موضوع الأطروحة هو تنقيح، ترجمة، وشرح الأبواب الثلاثة المهمة من كتاب "**نهاية الإدراك في دراية الأفلاك**" للعالم الفلكي والفيلسوف المشهور قطب الدين الشيرازي (المتوفى ١٣١١م). هذا الكتاب من أهم مصنفات قطب الدين الشيرازي في علم الفلك. في سبيل تحقيق غاية هذا البحث توجه التركيز نحو الأبواب الثلاثة المهمة من هذا الكتاب، وهي: الباب السادس "*في فلك الشمس وحركاتها*"، والباب السابع "*في فلك القمر وحركته طولاً وعرضاً*"، والباب الثامن "*في أفلاك الكواكب العلوية والزهرة وحركاتها الطولية*". إن هذه النجوم السيارة، إلى جانب نجم عطارد والكواكب الثابتة، هي فقط التي كانت ملحوظة ومعروفة لدى علماء الفلك في العصور الوسطى لذلك خضعت للنظر والدراسة. إلى جانب ذلك فإن هذا البواب الثلاثة تجلت من خلالها أصالة عمل قطب الدين الشيرازي في علم الفلك ومن سبقوه في هذا المجال، مثل نصير الدين الطّوسي (المتوفى ١٢٧٤م)، ومؤيد الدين العرضي (المتوفى ١٢٦٦م). فهؤلاء هم مجموعة "مدرسة مراغة" الفلكية المشهورة التي عُرفت بثوريتها في دراسة وتقويم آراء الفلكي بطاليموس في العصور الوسطى. إن قطب الدين الشيرازي في كتابه المذكور قد اعتمد على نظريات أسلافه بدلاً من نظريته الخاصة، لذلك كان عمله أشبه بالشرح والتعليق لأعمال من سبقوه. اعتمدنا على خمسة مخطوطات في إنجاز هذا البحث، وهي: (Ahmet III 3333)، (Berlin5682)، (Paris 2517/8)، (British Library 399) و(Bodleian March 133). لا توجد اختلافات مهمة في هذه النسخ من المخطوط سوى في أمور بسيطة تمت الإشارة إليها في موضعها من البحث.

APPROVAL PAGE

The thesis of Norzakiah binti Saparmin has been examined and approved by the following:

_____
Paul Lettinck
Supervisor

_____
Osman Bakar
Internal Examiner

_____
Robert Morrison
External Examiner

_____
Ahmad Dallal
External Examiner

_____
Nasr eldin Ibrahim Ahmed Hussien
Chairman

DECLARATION

I hereby declare that this dissertation is the result of my own investigations, except where otherwise stated. I also declare that it has not been previously or concurrently submitted as a whole for any other degrees at IIUM or other institutions.

Norzakiah binti Saparmin

Signature ……. Date……..

INTERNATIONAL ISLAMIC UNIVERSITY MALAYSIA

DECLARATION OF COPYRIGHT AND AFFIRMATION OF FAIR USE OF UNPUBLISHED RESEARCH

Copyright © 2008 by Norzakiah binti Saparmin. All rights reserved.

AN EDITION, TRANSLATION AND COMMENTARY OF CHAPTERS 6TH, 7TH, AND 8TH OF QUTB AL-DIN AL-SHIRAZI'S *NIHAYAT AL-IDRAK FI DIRAYAT AL-AFLAK*

No part of this unpublished research may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise without prior written permission of the copyright holder except as provided below:

1. Any material contained in or derived from this unpublished research may only be used others in their writing with due acknowledgement.

2. IIUM or its library will have the right to make and transmit copies (print or electronic) for institutional and academic purposes.

3. The IIUM library will have the right to make, store in a retrieval system and supply copies of this unpublished research if requested by other universities and research libraries.

Affirmed by Norzakiah binti Saparmin

---------- ----------

Signature Date

ACKNOWLEDGEMENTS

Praise be to Allah *Subhanahu wata'ala* and his beloved Prophet Muhammad (Peace be upon him) that this dissertation is finally completed. I would like to thank first and foremost my supervisor Prof. Dr. Paul Lettinck for his dedication and patience in supervising and supporting me from the beginning of the work until its end. I would like also to thank his friend, Prof. F. Jamil Ragep of the University of Oklahoma for suggesting to me the topic and sending me a copy of the manuscript, which is Ahmet III 3333.

My gratitude also goes to each and everyone at the Kulliyah of ISTAC (International Institute of Islamic Thought and Civilization) for all the help and support that they have given me in the process of finishing my work. My thankfulness also goes to Prof. Ajmal M. Razak for letting me to use a room at ISTAC until I completed my work. A special gratitude is for my former roommate, Megawati Moris, whose companionship I will always remember.

Last but not least, I would like to thank my husband, Mohd. Najib bin Mohamed Zaid, for all the help and patience in supporting me for all these years that I was struggling to finish with the work. And our two children, Muhammad Hamdi and Muhammad Hamdan, have been my source of comfort and strength in facing the hardship of completing the work.

CONTENTS

Abstract ii
Abstract in Arabic iii
Approval Page iv
Declaration Page v
Copyright Page vi
Acknowledgements vii

CHAPTER 1: INTRODUCTION 1

CHAPTER 2: CHAPTER SIX ON THE ORBS & MOTIONS OF THE SUN . 6
Edition of Chapter Six 6
Translation and Commentary Chapter Six 14
Translation 14
Commentary 26

CHAPTER 3: CHAPTER SEVEN ON THE ORBS OF THE MOON 29
Edition of Chapter Seven 29
Translation and Commentary Chapter Seven 63
Translation 63
Commentary 117

CHAPTER 4:CHAPTER EIGHT ON THE ORBS OF UPPER PLANETS 149
Edition of Chapter Eight 149
Translation and Commentary Chapter Eight 178
Translation 178
Commentary 222

BIBLIOGRAPHY 305

CHAPTER ONE

INTRODUCTION

THE LIFE AND WORKS OF QUTB AL-DIN AL-SHIRAZI

Qutb al-Din al-Shirazi was born in the Persian town of Shiraz in the month of Safar in the year of 1236 C.E. He was trained from a very young age under the guidance of his father, Dia' al-Din Mas'ud, who himself was a distinguished physician and a Sufi master in the school of the famous S{u>fi cum philosopher Shihab al-Din al-Suhrawardi. Al-Shirazi was so brilliant and successful in his training that at the time of his father's death, when he was only fourteen years of age, his father entrusted him to be a physician and an ophthalmologist at the Muzaffari hospital in Shiraz.

He remained in Shiraz for the next ten years before the yearning to travel to seek further training and knowledge from famous scholars of various disciplines made him to leave Shiraz. He traveled through Khurasan, Iraq and Anatolia seeking authoritative masters of Ibn Sina's magnum opus in medicine, *al-Qanun*. In Khurasan, he also studied philosophy under the famous Muslim philosopher Najm al-Din al-Qazwini. He also traveled to Konya and became the disciple of the famous disciple of Ibn 'Arabi, Sadr al-Din al-Qunyawi, with whom he studied Quranic commentary and Hadith. And around 1262 C.E., he traveled to Maragha to study under the famous philosopher cum astronomer, Nasir al-Din al-Tusi.

In fact, medicine, philosophy and astronomy are the three disciplines which interested him most, and it is in these three areas that he contributed outstanding works. In medicine, he wrote a commentary of Ibn Sina's *al-Qanun*, entitled *Sharh kulliyyat al-qanun*, which took most of his life time to complete it. In philosophy,

among his major works are *Durrat al-taj li ghurrat al-dibaj fi'l-hikmah* (Pearls of the Crown, the Best Introduction to Wisdom) which is encyclopedic in nature, and *Sharh Hikmat al-ishraq* (Commentary Upon the Theosophy of the Orient of Light) which is a commentary upon Suhrawardi's work *Hikmat al-ishraq*. In astronomy, his two major works are *Nihayat al-idrak fi dirayat al-aflak* (The Limit of Understanding of the Knowledge of the Heavens) and *al-Tuhfat al-shahiyya fi'l-hay'ah* (The Royal Gift on Astronomy).

The former work, which we would call it in short as *Nihayat*, is the focus of our study here. It is written earlier than the latter work, and it was completed around 1281 C.E. *Nihayat* is a very comprehensive work which covers not only the mathematical astronomy, but other areas of discipline which are quantitative and related to astronomy as well such as geography, geodesy, meteorology and mechanics.

Indeed Qutb al-Din al-Shirazi is a well-rounded scholar and an expert in various field of sciences. His scholarship is outstanding and he was famously known with the honorific title 'Allama, and he was called by the historian Abu'l-Fida' with the title al-Mutaffannin, "master in many sciences." After traveling many years throughout the various Muslim empires, including being an ambassador at the court of the Mameluke ruler of Egypt, he returned to Tabriz, and died on the 17th of Ramadan, 1311 C.E.[1]

THE TEXT: *NIHAYAT AL-IDRAK FI DIRAYAT AL-AFLAK*

The whole text is divided into four treatises: On what that needs to be presented by way of introduction, On the configuration of the celestial bodies, On the configuration

[1] Most of the information here are taken from Seyyed Hossein Nasr, "Qutb al-Di>n al-Shirazi" in *Dictionary of Scientific Biography*, Vol. XI, ed. C. Gillespie (New York: Charles Scribner's Sons, 1976), 247-253.

of the earth, On finding the measurements of the distances and the bodies. For the purpose of this study, we would focus on three chapters from the second treatise. The chapters are Chapters 6th, 7th and 8th, which are entitled as "On the orbs and motions of the sun," "On the orbs and longitudinal and latitudinal motions of the moon," and "On the orbs and longitudinal motions of the upper planets and Venus," respectively.

These are the important chapters for the science of "configuration" or *'ilm al-hay'ah* of the heavenly bodies. It is in these chapters that Qutb al-Din al-Shirazi criticized and departed from Ptolemaic modeling. Ptolemaic astronomy has been successful in predicting the motions and positions of the heavenly objects; Qutb al-Din al-Shirazi was aware of this since he himself was an avid observer at the Maragha observatory. However, for the Muslim astronomers in general, including al-Shirazi and his distinguished predecessors, Nasir al-Din al-Tusi (d. 1274 C.E.) and Mu'ayyad al-Din al-'Urdi (d. 1266 C.E.), *'ilm al-hay'ah* should not just only able to predict but it must also configure the physical aspect of the motions of the heavenly objects since it is an accepted principle, in ancient and medieval astronomy, that the orbs of the heavenly bodies are solid spheres with no void should be in between. Thus the orbs of these celestial bodies must not in any circumstances violate any physical principles, such as the principle of uniform motion which, as we shall see, Ptolemy violated it in his theories of the moon and the upper planets. It is this inconsistency in Ptolemaic theories that sparked the momentum for Muslim astronomers to create an alternative model which would replace the model of Ptolemy.

For the purpose of the edition, we used five manuscripts: Ahmet III 3333, Berlin 5682, Paris 2517/8, British Library 399, and Bodleian Marsh 133, which are marked with the letters D, L, G, M and F respectively. There is not much of variation among the manuscripts and we took the first manuscript Ahmet III 3333 as the basis

for the edition since it seems to be the most complete compared to the others. Paris 2517/8 and Bodleian Marsh 133 are almost similar to Ahmet III 3333 in terms of clarity and eligibility in deciphering them, and they do not have that many variations from Ahmet III 3333. However, Berlin 5682 and British Library 399 are a bit problematic, with some words and phrases being omitted, and some of the pages in British Library 399 are in fact ineligible for editing.

Indeed Qutb al-Din al-Shirazi knowledge in astronomy is deep and extensive as evident from our translation and commentary here. He lived at the time when Islamic civilization is still at its peak, and the knowledge of astronomy has advanced very highly due to the work of prominent Muslim astronomers including Qutb al-Din al-Shirazi , and his two highly accomplished predecessors, Nasir al-Din al-Tusi and Mu'ayyad al-Din al-'Urdi. Both of them are responsible for building the famous Ilkhanid observatory at Mara>gha in terms of constructing the instruments and conducting observations.

Qutb al-Din al-Shirazi had a chance of studying under the tutelage of Nasir al-Din al-Tusi at Maragha, of which he was an outstanding student and later he himself had the responsibility of doing observations at the observatory. Indeed in order to have such an extensive knowledge of astronomy as evident from the text, he must have done many observations to verify the astronomical theories. Moreover, the writing and the format of his *Nihayat* is almost similar to the format of the famous work of his teacher al-Tusi, which is *Tadhkirah fi 'ilm al-hay'ah* (Memoirs in Astronomy).

There are quite a few parts in *Nihayat* which are similar with the ones in *Tadhkirah*. The latter however is a recession of astronomical knowledge without much attention being given to mathematical proofs. In *Nihayat*, however, al-Shirazi

would mention the theory, and following it is its explanation, and sometimes with observational evidence and mathematical proofs. Moreover, there are times when al-Shirazi would criticize his own teacher such as the non-circularity of al-Tusi's planetary orb, and the impossibility of a solid sphere of an epicycle to be contained inside al-Tusi's couple.

However, despite of the extensive knowledge of astronomy that can be found in *Nihayat*, al-Shirazi did not give much attempt to create his own theory. He depended heavily on the theories of his predecessors, and then would just elaborate further on the explanation. He seems to be satisfied with the solutions to the Ptolemaic problems as given by al-Tusi and al-'Urdi that he did not attempt to propose any new theory. However, shortly after finishing writing his *Nihayat*, al-Shirazi wrote his other monumental work, *al-Tuh}fat al-shahiyya fi'l-hay'ah* (The Royal Gift on Astronomy). Here in this work al-Shirazi proposed a new model for the moon and he applied both al-Tusi's couple and al-'Urdi's lemma to solve the irregular orb of Mercury's motion.[2]

In general, *Nihayat al-idrak fi dirayat al-aflak* is a priceless contribution of Qutb al-Din al-Shirazi in the field of astronomy. It is a proof that astronomical activities among the Muslim astronomers are highly advanced and sophisticated not found anywhere else on earth at that time. Their observations and theories, even though were adopted from the works of Ptolemy, an ancient astronomer from Alexandria, are new formulations with advancement in observations and ingenuous solutions to Ptolemaic problems.

[2] See further in Saliba, "Arabic planetary theories," 98-99 & 118-120.

CHAPTER TWO

الباب السادس: في أفلاك الشمس و حركاتها

[١] لما تؤمّل في احوال الشمس وجد مركز جرمها دائما ملازما لمنطقة البروج غير مائل /عنه/ إلى الشمال و الجنوب[1] بان وجد ارتافاعها وقد اخذ من النقصان إلى الزيادة غير ميتة إلى غاية العظم ومن الزيادة إلى النقصان غير ميتة إلى غاية الصغر مساو /بتمام عرض البلد/[2] الدالّ على كونه في النقطة الربيعيّة في الأوّل والخريفيّة في الثاني ثم وجد ارتفاع اليوم السابق على الأوّل اقلّ من تمام عرض البلد بقدر ميل آخر جزء من الحوت وعلى الثاني اكثر منه بقدر ميل آخر جزء من السنبلة ووجد ارتفاع اليوم الثاني للأوّل اكثر منه يميل اول جزء من الحمل وللثاني اقلّ منه يميل اوّل جزء من الميزان، ودلالة هذا على المقصود ظاهرة.

[٢] وايضا وجدت حركتها مختلفة في اجزاء منطقة البروج بان كانت بطيئة في نصف بعينه سريعة في النصف الآخر بان وجد زمان ما بين نزولها الربيعية إلى نزولها الخريفية اكثر من زمان النصف الآخر، وكذا وجد من نزولها الربيعية إلى نزولها الصّيفيّة اكثر من زمان الربع التالي له، وايضا وجد في بعض الكسوفات جرمها في اواسط زمان البطؤ اصغر /منها/[3] قليلا في اواسط زمان السرعة بان وجد في الكسوف مكث ظاهر على ما احس به محمد بن اسحق الشرخسي في اواسط زمان البطؤ، وحلقة نورانية باقية من الشمس محيطة بالقمر على ما شاهدها ابو العباس الايرانشهريّ في اواسط زمان السرعة مع ان بعد القمر في الوقتين واحد فاستدل المتأخّرون من ذلك على كونها في البطؤ ابعد من مركز العالم وفي السرعة اقرب والمتقدمون لم يجدوا ذلك كما سيجئ في موضعه.

[٣] ومع ذلك حكموا بهذا لكون زمان البطؤ اكثر من زمان السرعة الدالّ على المقصود كما عرفته وايضا وجد المتأخرون لمنتصفي بطؤها وسرعتها اعنى الاوج و الحضيض، بل لكلّ موضع حال من احوالها ما معين او تعديل ونحوهما انتقالا في اجزاء منطقة البروج

---

[1] عنها , Nasir al-Din al-Tusi, *al-Tadhkirah fi ‘ilm al-hay’ah*, edited and translated from Arabic by F. Jamil Ragep (New York: Springer-Verlag, 1993), 1:145.

[2] F; D, L, G, M = بالتمام عرض البلد .

[3] F, G, L, M = منه .

قريبا من انتقالات الثوابت بالحركة الثانية بان رصد مقدارمسيرها في موضع معين من فلك البروج بعد مفارقتها النقطة الربيعيّة وقبل ان ابطأت غاية البطؤ إلى ان جاوزت الغاية ووصلت إلى مثل الحالة الاولى فعلم انّ الاوج على منتصف القوس التى بين الحالتين والحضيض على مقابله ثم رصد موضعه بعد مدة من الدهر فوجد منتقلا عن الموضع الاوّل فقسمت القوس التي بين الموضعين من فلك البروج على الزمان الذي بين الرصدين فخرجت حركته لكل ست و ستين سنة فارسية درجة واحدة وبطلميوس لم يجد ذلك فاقتضى ذلك ان لم يقل بانّ لها اختلافا آخر بسبب الاقبال والادبار وانها الأن في سيرها اسرع مما في زمن بطلميوس على ما يزعم بعضهم ان يثبت لها.

[٤] امّا خارج مركز منطقته في سطح منطقة البروج بكون الشمس في ثخنه ككرة قد غمست في ماءٍ مساو عمقه لقطرها وهو يتحرك وتحرك الشمس على توالى البروج في كل يوم بليلته تسعاً وخمسين دقيقة وثماني ثواني بالتقريب وانّما علم ذلك بان قسم الدّور وهو ثلث مائة وستون جزأ على مدّة العودة لواحدة المعلومة من نزول الشمس النقطة الربيعية إلى نزولها اليها وهي ثلث مائة وخمسة وستون يوماً وربع بالتقريب فخرجت الحركة ليوم ويسمىّ حركة مركز الشمس والحركة المستوية لا حركة الوسط على ما قال بعضهم لما سيجئ/ / . ٤

[٥] وامّا تدوير وحامل منطقتا هما كذلك تكون الشمس في التدوير وهو يحركها في النصف الاعلى /على/ خلاف التوالى بقدر حْركة مركز الشمس والحامل يحرك مركز التدوير إلى التوالى ايضاً بقدر تلك الحركة ليتم الدورتان معاً وتحدث لمركز الشمس حركة كما أحدثها الخارج المركز بعينها على ما تقدّم وبكون تلك الحركة في النصف الأوجي بطيئة وفي النصف الحضيضي سريعة، وبطلميوس اختار الاول من غير ضرورة لكونه ابسط، ويلزم على اصل الخارج المركز اثبات فلك موافق المركز يكون الخارج المركز في ثخنه ويفضل عليه بمتمميه ويسمّى الفلك الممثل بفلك البروج لكونه بالمركز والمنطقة والقطبين موافقا له او لانّ على محيطه الدّائرة المسماة بالممثل اى بمنطقة البروج فيما ذكرنا على ما يقال ايضا وهي تتحرك حركة الثوابت فتحرك الأوج والحضيض وذلك عند المتأخّرين.

---

[4] F, G, L, M = ان شأ الله العزيز .

[5] L, M = إلى .

[٦] وامّا على أصل التدوير فالفلك الثامن كافٍ في تحريك الأوج و الحضيض اذ هو محرك لجميع ما دونه وعلى اصّل الخارج وان كان ايضا كافيا لكن لما كان وجود الممثل لازما لم يحسن ان يترك عطلا فنسبة اليه حركة الثوابت وقول من قال إذا كنّا انّما عرفنا عدد المتحركات لاجل الحركات فعلى رائ بطلميوس لا يحتاج إلى اثبات الممثل لأن الأوج ثابت عنده باطل إذ الامر بالعكس لأنه اذا لم يثبت للشمس ممثل لزم حركة الأوج ضرورة والا يلزم الخرق.

[٧] واذا كان /له/ ممثل فيجوزان لا يتحرّك فان /قيل/ كيف يجوزان لا يتحرك ممثلها بحركة الثامن مع قولك الفلك الثامن محرك لجميع ما دونه قلت لأنّه يمكن ان يفرض بحيث محرك جميع الممثلات بان يتصل نفس بمجموع الثامن مع الممثلات وان كان فيه ما عرفت وبحيث ان لا تحرك شيئاً منها بان لا يتصل نفس بالمجموع وعلى هذا ما وجدت حركته البطئية يكون متحركاً بذاته وما لم توجد له تلك الحركة لا تكون متحركا تلك الحركة لا بذاته ولا بالعرض، واعتبر هذا في الحاوى والمحوى إذا تحركا على مركز ومحور واحد فانّ المحوىّ مع كونه متحركا حركته الخاصّة يجوزان يتحرك بحركة الحاوى ايضا وان لا يتحرك بها وهذا هو الذي وعدنا الاشارة اليه عند الاحتياج.

[٨] ولكون الشمس دائما في سطح منطقة الخارج او التدوير وهما في سطح الممثّل لا يكون لها عرض ونحن اوردنا صورة فلكيه على اصل الخارج كما مال اليه بطلميوس واختاره اكثر المتأخّرين فانّ بعضهم اختاروا التدوير وعليه صاحب العمدة الحوارى مشاهية وقد تقدّم انه لو يحقق امر الميل لكان الأولى بل الواجب المصير اليه.

[٩] ويلزم للشمس اختلاف واحد بقدره تخالف حركتها المرئية وهى قوس من فلك البروج بين اوّل الحمل وطرف الخط الخارج من مركز العالم إلى مركز جرمها ومنه إلى فلك البروج حركتها الوسطى وهي قوس منه بين اوّل الحمل و طرف الخط الخارج من مركز الخارج إلى مركز جرمها ومنه إلى فلك البروج وهو زاوية تسمّى زاوية التعديل تحدث عند مركز الشمس من الخطين المذكورين ويصير اعظم ما يكون في البعدين الاوسطين بحسب الحركة وينعدم عند البعدين الأخرين، وغايته /بمقدار/ ما تقتضيه ما بين المركزين وهو عند

---

[6] F, G = لها .

[7] L, M = قلت .

[8] L, M = بقدر .

بطلميوس درجتان ونصف و عند أصحاب الارصاد من المتأخّرين قريب من درجتين وخمس دقائق على انّ نصف قطر الخارج ستون جزأ وعلى انّ نصف قطر الممثل ستون جزأ وهو درجتان ودقيقة قيل والاوّل مستعمل في معرفة التعديل وهذا في معرفة بعد الشمس من الارض وفيه نظر لأن الاول مستعمل في معرفة بعدها من الارض على ما سيجئى في الابعاد والاجرام / / .[9]

[١٠] موضع الاوج عند بطلميوس في خمسة اجزأ ونصف من الجوزأ وعند المتأخّرين مختلف فيه كما /ذكروا/ في زيجاتهم بقيد التاريخ و قد انتهى في حدود سنة ستمائة وخمسين يزدجردية إلى سبع وعشرين درجة و ست دقائق من الجوزاء على حسب الرصد الجديد، والبعد الاوسط المشهور المصطلح عليه هو حيث يتساوى الخطان الخارجان من المركزين اليه و هما نقطتان من محيط منطقة الخارج هما /طرف/ الخط القائم على منتصف ما بين المركزين[١] على زوايا قائمة وهذا بعد اوسط بحسب المسافة، اذ المسافة /ما بين/ مركز العالم اليه هي[٢] نصف المسافة من مركز العالم إلى البعدين الاقرب والابعد، ولهذا قيل انّه مشتقّ من الواسطة العدديّة لانها ايضا نصف مجموع حاشيتيه كالخمسة فانّها نصف الاربعة والستة وكذا الثلاثة والسبعة وكذا الاثنان والثمانية و كذا الواحد والتسعة.

[١١] وما تقدّم هو بعد اوسط بحسب الحركة لكونها متوسّطة ثمة بين السرعة والبطؤ، وقول المسعوديّ اذا كان الكوكب في وسط الأوج والحضيض حيث يكون بعده عن الأوج مساويا لبعده عن الحضيض، يقال هو في البعد الاوسط ان اراد به تربيع الاوج بحسب مركز العالم فهو البعد الاوسط بحسب الحركة وان اراد به تربيع الاوج بحسب مركز الخارج فهو قول/ / لم يقل به احد.[٣][١]

---

9 F, G, L, M = ان شأ الله العزيز .
10 G = ذكروه .
11 F, L, M = طرفا .
12 F, G, L, M = من .
13 M = من .

[١٢] واذا بقول هذا فاعلم انّ المشهور هو انّ اوج الشمس قوس من الممثل بين اول الحمل ونقطة الاوج على التوالى ومركز الشمس و يسمّى خاصتها ايضا قوس من الخارج المركز بين الاوج ومركز الشمس على التوالى والوسط مجموع هاتين القوسين وهي الحركة المركبة البسيطة الموعود بيانها وكذا جميع اوساط الكواكب ووجه الجمع على ما قيل ان يتوهم زاوية من خروج خطّين من مركز العالم إلى طرفى حركة الاوج وزاوية اخرى على مركز الخارج من خروج خطّين منه إلى طرفى حركة المركز في ذلك الزمان ثم يجمع الزاويتان باعتبار ان قائمة تسعون درجة فما حصل فهو الوسط.

[١٣] والتقويم قوس من الممثل بين اوّل الحمل وطرف الخط الخارج من مركز العالم إلى جرم الشمس و هو ناقص من الوسط بقدر الاختلاف و سمى التعديل ما دامت الشمس هابطة لكون طرف الخط الخارج من مركز العالم اقرب إلى الاوج من الخارج من مركز الخارج زائد عليه ما دامت صاعدة لعكس ما قلنا وجواب من قال الاختلاف يجب ان ينقص من الوسط ان كانت هابطة ويزاد عليه ان كانت صاعدة ليحصل التقويم فلو كان اوّل الحمل في منتصف الاختلاف الذي يزاد وليكن درجتين فكيف يعمل بالاختلاف والوسط من منتصفه إلى طرف الخط الخارج من مركز الخارج إلى الممثل هو ان الوسط دور إلا درجة فيزاد عليه الاختلاف وهو درجتان فيكون المجموع دورا ودرجة فيطرح الدور ويكون الباقي/ / التقويم. ٤

[١٤] و قد يقال ايضا مركز الشمس الاوسط قوس من الخارج بين اوجها و مركز جرمها وتعديلها الزاوية المذكورة ومركزها المعدل فضل ما بين تعديلها و مركزها الاوسط او مجموعهما، و هو بقدر زاوية / / مركز العالم من خروج خطين منه احدهما إلىٰ اوجها والأخر إلى مركزها وهو الذي /يحدّ/ موضعها من البروج وثمن مجموع /البعد الابعد/ عن الحمل مع /المركز للمعدل/ يحصل بعد موضع الشمس من البروج عن رأس الحمل وهو التقويم هذا هو المشهور. ٧

---

1 F, M = في . 4
1 M = عند . 5
1 F, M = يجد . 6
1 F, G, L, M = بعد الاوج . 7
1 F = مركز المعدل . 8

[١٥] واما عند المحققين و منهم بطلميوس فوسط /الشمس/ قوس من دائرة البروج[9] بين اوّل الحمل و طرف الخّط الخارج من مركز البروج إلى محيطه موازياً لخط يوصل بين مركزى الحامل والشمس او منطبقا عليه شبيهة بقوس من الخارج فيما بين الخط المستقيم الخارج من مركزه إلى محيطه موازياً للخط المستقيم الخارج من مركز البروج إلى اوّل الحمل وبين مركز الشمس، و خاصتها قوس من البروج فيما بين الخط المارّ بمركزى البروج والحامل وبعده الابعد إلى فلك البروج والخط الخارج من مركز البروج الموازى للخط الواصل بين مركزى الشمس والحامل و هي بعينها القوس الباقية من الوسط بعد نقصان الاوج منه، وتعديلها قوس من فلك البروج فيما بين الخطّين المذكورين الخارجين من مركز البروج إلى محيطه فيمُرّ احدهما بمركز الشمس والآخر يوازى الخط الواصل بين مركزى الحامل والشمس و هي بمقدار الزاوية التى يحيط بها هذان الخطّان عند مركز البروج.

[١٦] وليمثل له مثالاً ليتضّح المقصود فنقول اذا فرضنا ك اول الحمل و ب الشمس كان وسطها ك ا ر والشبيه من الخارج ل ا ب وخاصتها ا ر و تعديلها ط ر و زاوية التعديل ط هـ ر ولا يخفى ان نقطة ر يقطع من البروج قسياً مشابهة للتى يقطعها الشمس من الخارج المركز فالشمس بوسطها يقطع من البروج قسيا متساوية في ازمنة متساوية فاعرفه فانك ستحتاج اليه في القمر، وانما عمل بطلميوس ذلك ليكون الكل من دائرة واحدة لا ليصحّ العمل على ما ظنّ بعض المتأخرين و شنّع على غيره منهم /بان/[2] جعلوا ط ح قوس التعديل وهو في جميع الاوضاع اقّل مما هو التعديل حقيقة وقالوا /انّها/[2] بمقدار زاوية ء ب هـ[1] وخفى عليهم انّ هذه الزاوية لا تكون مقدرة لقوس من البروج حتّى يكون عند مركزه لا ناحية منه واذ ذاك فلا يصحّ العمل فانّ عدم الصحة ممنوع ولهذا تاديّا إلى شيئ واحد.

---

[1] F, G, M. [9]

[2] F, G, M = بانهم . [0]

[2] F, G, M = ان . [1]

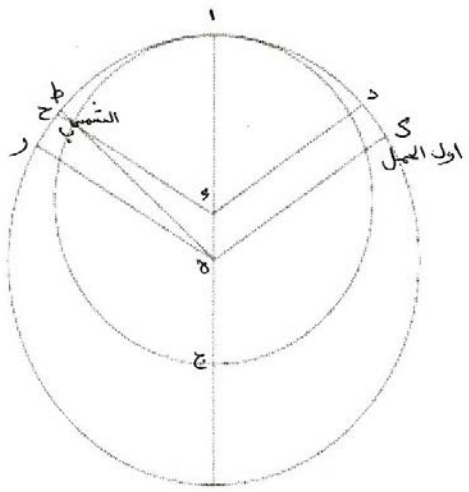

Figure 1a

[١٧] فان التقويم في هذا المثال هو ك ا ط سواء قلنا التعديل ط ح او ط ر ثم التشنيع غير وارد فانّ من شنّع عليهم لسواء ممّن يخفى عليهم ان زاوية ء ب هـ لا تكون بمقدار قوس ط ح لكن لما علموا انّها مساوية لزاوية التعديل حقيقة وهى ط هـ ر لكونها مبادلتها وان حكم ط ح هو حكم ط ر في الزيادة والنقصان في جميع الاوضاع اطلقوا زاوية التعديل على ء ب هـ وقوس التعديل على ط ح.

[١٨] واعلم انّ الوسط والتعديل والمركز على آصل الحامل والتدوير يخالف الوسط والتعديل والمركز على اصل الخارج وسيتضح هذا في الابواب الاتية فاذن انتظم امر الشمس بفلكين وحركتين ان قلنا ليس لها الا اختلاف واحد كما هو المشهور وعليه الجمهور والمهندسون المقتصرون على دائرتين احدهما منطقة الخارج بشرط ان يكون مركز الشمس عليها والاخرى منطقة الممثل بشرط ان تماسّ منطقة الخارج، وهذه صورة افلاك الشمس المجسمة على اصل الخارج حسب ما يتصوّر في السطوح والدوائر السود هي التى تقتصر عليها المهندسون وهذا اخر ما قصدنا ايراده في هذا الباب.

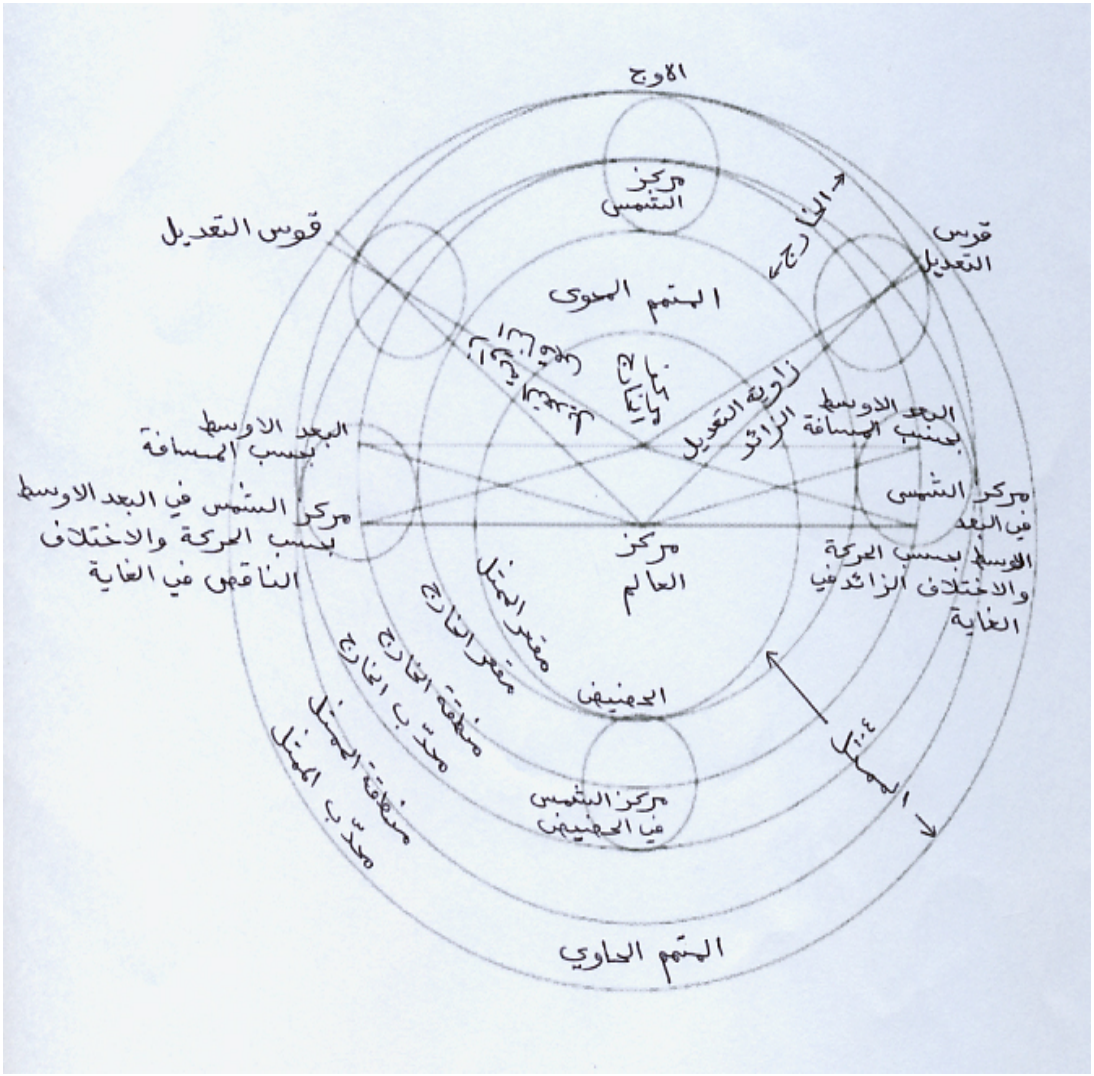
الاوج
مركز الشمس
قوس التعديل
الخارج
قوس التعديل
المتمم المحوى
زاوية التعديل الزائد
البعد الاوسط بحسب المسافة
البعد الاوسط بحسب المسافة
مركز الشمس في البعد الاوسط بحسب الحركة والاختلاف الناقص في الغاية
مركز العالم
مركز الشمس في البعد الاوسط بحسب الحركة والاختلاف الزائد في الغاية
مغير المثل
مغير الخارج
منطقة الخارج
محدب الخارج
الحضيض
منطقة المعدل
محدب المعدل
مركز الشمس في الحضيض
المعدل
المتمم الحاوي

Figure 2a.

TRANSLATION AND COMMENTARY

CHAPTER SIX ON THE ORBS AND MOTIONS OF THE SUN

TRANSLATION

[1] When the situation of the sun was considered, the center of its body was found to adhere always to the ecliptic equator, deviating neither to the north nor to the south,[1] since it was found that its altitude, when it is taken [at a certain moment when it is going] from less to more, but has not reached its maximum and [when it is taken at a certain moment when it is going] from more to less, but has not reached its minimum, is equal to the complement of the latitude of the country; this indicates that the sun is at the vernal point in the first case and at the autumnal point in the second case. Further, it was found that the altitude on the preceding day in the first case is less than the complement of the latitude of the country by an amount of the declination of the last degree of Pisces, and that in the second case it is greater than it by an amount of the declination of the last degree of Virgo. Moreover, it was found that the altitude on the next day in the first case is greater than [the complement of the latitude of the country] by [an amount of] the declination of the first degree of Aries, and that in the second case it is less than it by [an amount of] the declination of the first degree of Libra. It is clear that this proves what we intended.

[2] Also, it was found that sun's motion varies [in speed] in [different] parts of the ecliptic equator, in that it is slower in one half [of its orb] and faster in the other half, for the time between its arrival at the vernal equinox and its arrival at the

[1] Nasir al-Din al-Tusi, *al-Tadhkirah fi 'ilm al-hay'ah*, edited and translated from Arabic by F. Jamil Ragep (New York: Springer-Verlag, 1993), 1: 144.

autumnal descent was found to be greater than the time of [its traversing] the other half; likewise, [the time] between its arrival at the vernal equinox and its arrival at the summer solstice is greater than the time of [its traversing] the next quadrant. Also, it was found that in some eclipses, the sun's body during the middle of the period of slower motion was somewhat smaller than during the middle of the period of faster motion, since there existed a clear period of lingering of the eclips, as has been perceived by Muhammad bin Ishaq al-Sharakhsi> during the middle of the period of slower motion, and there is a ring of remaining luminosity of the sun which encircles the moon, as has been observed by Abu al-'Abbas al-Iranshahri, during the middle of the period of faster motion, although the distance of the moon [from the earth] is the same at both times. The moderns have proved from this that the sun is further away from the center of the world during the period of slower motion and closer to it during the period of faster motion. The ancients did not find that, as will be explained [later] in its place.

[3] Nevertheless, they concluded this, since the period of slower motion is longer than the period of faster motion; this shows what we intended to say as you know. Moreover, the moderns found that the midpoints of its slower and faster motions, which are the apogee and the perigee [respectively]—and indeed, every position, whatever its circumstance, such as a specific speed or equation and such things—have a movement through the parts of the ecliptic equator approximately equal to the movement of the fixed stars due to the second motion. [This was found] by observing the amount of the sun's motion in a specific position of the ecliptic orb after its leaving the vernal point and before it slows down to its extreme slowness, until it passes the extreme and arrives to the same condition as the first one; then it is known that the apogee is on the mid-point of the arc which is between the two

conditions and that the perigee is opposite to it. Then the position of [the apogee] is observed after a period of time and it is found that it has moved from the first position; then the arc which is between the two positions on the ecliptic orb is divided by the time between the two observations. The result is that the [apogee's] motion is one degree in 66 Persian years; Ptolemy did not find that. This requires to say that the sun does not have any other anomaly due to accession and recession and that the sun in its motion now is not faster than what it was at the time of Ptolemy, as some of them believed to have established.

[4] [The above requires that there be established for the sun] either [a] an eccentric, whose equator is in the plane of the ecliptic equator with the sun in its thickness like a sphere immersed in water, whose the depth is equal to the [sun's] diameter. The eccentric would move and it would move the sun in the sequence of the zodiac in approximately 24 hours, 59 minutes and 8 seconds. This is known by dividing one revolution, which is 360 degrees, by the single known period of return from the sun's arrival at the vernal point to its arrrival back at the [same] point, which is approximately 365 days and a quarter day; the result is the motion for one day; it is called the motion of the sun's center or the uniform motion, but not the mean motion, as some have said, as will be mentioned later.

[5] Or [b] an epicycle and deferent, whose equators are likewise [in the plane of the ecliptic equator]. The sun would be on the epicycle and the latter moves it in its upper half counter-sequentially at the rate of the motion of the sun's center. The deferent moves the center of epicycle sequentially likewise at the rate of that motion [i.e., the motion of the sun's center] so that the two revolutions will be completed together. The center of the sun will undergo exactly the same motion as the one which is produced by the eccentric such as mentioned before. This motion is slower in the