THE ARABIC TRANSLATION OF THEODOSIUS'S SPHAERICA

Thomas J. Martin

A Thesis Submitted for the Degree of PhD
at the
University of St Andrews

1975

ABSTRACT

The thesis "The Arabic Translation of Theodosius's Sphaerica" is an edition of the Istanbul manuscript Topkapi Seray Ahmet III 3464.2. Included is a comparative apparatus of the Greek and Arabic texts showing possible correspondence between the posited Greek exemplar of the translator and the various Greek manuscript traditions reported by J.L. Heiberg in his critical edition of the text. Further differences are pointed out in the English Translation. There is also a glossary of terminology giving listings from Greek to Arabic and Arabic to Greek. An appendix discussing the execution of the drawings in the Arabic manuscript and their relation to the Greek drawings as reported by Heiberg is also given. Other appendices include a chart representing the convention seemingly adopted by the translator for lettering the drawings, a listing of inconsistent grammatical usage found in the manuscript, parallel passages from the Greek text, the text of the present edition, the versions of al-Maghribī and al-Ṭūsī, and a privately owned manuscript, and finally a list of interlinear sigla found on the first few folios of the manuscript the purpose of which is unclear.

THE ARABIC TRANSLATION OF THEODOSIUS'S <u>SPHAERICA</u>

Submitted as a thesis for the Degree of Doctor of Philosophy in the University of St. Andrews by Thomas J. Martin.

AUGUST 1975

C E R T I F I C A T I O N

I CERTIFY THAT Thomas J. Martin has completed nine terms of research work in the United College of St. Salvator and St. Leonard, University of St. Andrews, that he has fulfilled the conditions of Resolution No. 1 (1967) of the University Court, and that he is qualified to submit the accompanying thesis in application for the degree of Doctor of Philosophy.

D.E.P. Jackson

(Supervisor)

DECLARATION

I declare this thesis to be my own original and unaided work. I conducted my research under the supervision of Dr. D.E.P. Jackson, Arabic Studies Department, University of St. Andrews, to which I was admitted as a research student under Ordinance General No. 12 in October, 1972 and as a candidate for the Degree of Doctor of Philosophy in May 1973 (retroactive to October, 1972).

ACKNOWLEDGEMENTS

It is a pleasant task for me to gratefully acknowledge the constant and thoughtful attention and advice afforded me by my supervisor, Dr. D.E.P. Jackson, of the Arabic Studies Department, University of St. Andrews, during the preparation of this thesis. In addition, I am grateful to Dr. J. Burton, Head, Arabic Studies Department, University of St. Andrews, for his assistance in checking the Arabic text against the manuscript and for affording me facilities within the department for preparation of the thesis. I am likewise pleased to express my gratitude to Dr. J.N. Mattock, Lecturer in Arabic, University of Glascow, for his advice on presentation of the Arabic text and Greek-Arabic apparatuses, and to Dr. A.G. Molland, Lecturer in the Department of History and Philosophy of Science, University of Aberdeen, for his advice on the presentation of the English translation. I am also grateful to Mr. Kemal Çig, Director of Topkapi Seray Museum, Istanbul, for furnishing a microfilm of and access to ms. Ahmet III 3464. My thanks to the University of St. Andrews Librarian and library staff for their prompt service on my behalf, to Mrs. Rosalind Roche, College Gate, St. Andrews for typing the final draft of the English translation, to the Greek Department, St. Andrews University for use of a Greek typewriter, and to Mr. P. Adamson and the staff of the Photographic Unit, University of St. Andrews for the reproductions of drawings in appendix four and the photographic reductions of appendices one and six.

CONTENTS

INTRODUCTION

I. Provenance of the translation.

A. The name of the translator.

The Arabic translation of Theodosius's Sphaerica was known to mediaeval Arabic readers as كتاب الأكر لثاوذوسيوس and is preserved in a manuscript held at Topkapi Seray, manuscript Ahmet III 3464.2.[1]

None of the early Arabic bibliographers supply the name of the translator of Sphaerica. Ibn al-Nadīm[2] lists كتاب الأكر along with the other two works of Theodosius known to mediaeval Arabic mathematicians as كتاب المساكن and كتاب الليل والنهار; but no further information is given. Al-Qifṭī, although he gives more detail, also fails to mention the translator.[3]

The earliest, and to date fullest, description of the Arabic translation of Sphaerica is given by the 17th century cataloguer Ḥajjī Khalīfah. He writes:

١٠٩٩ أكر ثاوذوسيوس اليوناني المهندس وهو من اجلّ الكتب المتوسّطات بين اقليدس والمجسطي وهو ثلاث مقالات مشتملة على تسعة وخمسين شكلا وفي بعض النسخ بنقصان

-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-

1. Fuat Sezgin, Geschichte des arabischen Schrifttums, Band v (Leiden, 1974), p. 155, lists an additional three complete mss. One of these, the ms. in a private collection (now in Paris), has been made available. As can be seen in Appendix Six, its text does not coincide with the ms. of the present edition. There has been no response to attempts made for obtaining copies of the other mss. mentioned by Sezgin.

2. Ibn al-Nadīm; Kitāb al-Fihrist; ed. Flügel (Khayyāṭ reprint, Beirut 1964); p. 269, ll. 5-7.

3. Ibn al-Qifṭī; Ta'rīkh al-Ḥukamā'; ed. Müller (Leipzig, 1903); p. 108, ll. 1-5, 11-14.

شكل واحد وقد امر بنقله من اليونانيّة الى العربيّة المستعين بالله ابو العباس احمد ابن المعتصم في خلافته فتولّى نقله قسطا بن لوقا البعلبكى الى الشكل الخامس من الثانية في حدود سنة ٢٥٠ ثمّ تولّى نقل باقيه غيره واصلحه ثابت بن قرّة ثمّ حرّره العلّامة نصير الدين محمد بن محمد الطوسى المتوفى سنة ٦٧٢ والفاضل تقى الدين محمد بن معروف الراصد المتوفى سنة ٩٩٣[1]

More recently, the 19th century cataloguer, Ahlwardt, while describing a manuscript in Berlin, presents the <u>incipit</u> of the manuscript which closely follows the information given by Ḥajjī Khalīfah.[2]

The only extant manuscript which names a translator is Leiden manuscript 1031.2 which reads: "the translation of ʾAbū Zaid Ḥunain b. Isḥāq, the translator."[3] The ascription of translations to Ḥunain was a common practice of scribes seeking to lend authority

-*-*-*-*-*-*-*-*-*-

1. Ḥajjī Khalīfah; <u>Kashf al-Ẓunūn</u>; ed. Flügel (Leipzig, 1835); vol. i, p. 389-90.

2. W. Ahlwardt; <u>Die Handschriften-verzeichnisse der Königlichen Bibliothek zu Berlin</u> (Berlin, 1893); vol. v, p. 316-7. He gives:

كتاب الأكر لثاوذوسيوس وهو ثلث مقالات و تسعة وخمسون شكلا وفي بغض النسخ بنقصان شكل في العدد وقد امر بنقله من اليونانية الى العربية ابو العباس احمد بن المعتصم بالله فتولي نقله قسطى بن لوقا البعلبكى الى الشكل الخامس من المقالة الثالثة ثمّ تولي نقل باقيه غيره واصلحه ثابت بن قرة الحراني

It is unfortunate that Ahlwardt stopped after Thābit, as the text of the <u>incipit</u> is so close to the information given by Ḥajjī Khalīfah that one might suppose this ms. to be a copy of the taḥrīr of al-Ṭūsī. The discrepancy between the stopping place of Qusṭā mentioned here and by Ḥajjī Khalīfah is discussed infra, p. xvii. In response to a query made of the Königliche Bibliothek, it has been learned that this ms. is now missing.

3. P. Voorhöve; <u>Handlist of Arabic Manuscripts...Leiden</u> (Leiden, 1957); p. 385. This information is written on folio 22v, line 2. The text of this ms. corresponds to the taḥrīr of al-Ṭūsī.

to their work[1], so the argument of this sole manuscript ascription against the manuscript evidence presented by Ḥajjī Khalīfah and Ahlwardt is less than compelling. From the evidence of the latter two, then, we may tentatively conclude that the translation was made in the year 864/250, partly by Qusṭā and then revised by Thābit.

B. Sphaerica and 'the smaller astronomy'.

One of the early bibliographers, al-Qiftī, notes that كتاب الأكر is 'the most honoured of the intermediary books [الكتب المتوسّطات] between the book of Euclid and al-Majistī'[2]. This same phrase, 'intermediary books' [الكتب المتوسّطات], is found in Ḥajjī Khalīfah[3] and Ahlwardt[4] and is also discernible on the remnants of a paper affixed to the binding of Topkapi Seray 3464.2.[5]

-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-

1. For the commonest example, see al-Qiftī, Taʾrīkh 177.8ff, where he points out the frequent alteration of 'Ḥubaish' to 'Ḥunain'; for an example of a work purposely attributed to Ḥunain for the benefit of his name, see G. Bergsträsser, Pseudogalen in Hippocrates de Septimanis Commentarium ab Hunaino q. f. arabice verso (Leipzig, 1914) 'who proved that it was neither written by Hippocrates, nor commented on by Galen, nor translated by Ḥunain' [M. Meyerhof, 'New light on Ḥunain ibn Isḥāq and his period', ISIS 8(1926)p. 708, n. 37]. Cf. also Strohmaier in EI[2] iii, p. 579 (Ḥunain): 'The reason for this [others using Ḥunain's name as the translator] is not clear. Perhaps it is due to the modesty of the pupils themselves, or else they wanted to conceal the circumstances of the double translation [Ḥunain to Syriac, others from this into Arabic], as Muslim intellectuals had been well aware of its shortcomings.'

2. Taʾrīkh, p. 108.4.

3. Kashf, i, p. 389.7.

4. Die Hdss. ...Berlin, v, p. 316.

5. cf. infra, p. x.

It is known that during the third century A.D. a collection of treatises was compiled in Alexandria which would be read as an introduction to Ptolemy. The exact contents of this collection are not known, but it is known that Theodosius's *Sphaerica* was included in it.[1] The inclusion of so many of the same works in the earliest reference to this collection[2], in the earliest extant Greek manuscript containing the works[3] and in the present manuscript makes it

-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-

1. The first mention of this collection, ὁ μίκρος ἀστρονομούμενος (τόπος) occurs in *Collectionis* Pappi, Bk. vi [ed. Hultsch, ii, p. 475] when Pappus comments on the following: *sphaerica*, *de diebus et noctibus* Theodosii, *de sphaera quae movetur* Autolyci, *de magnitudinibus et distantiis lunae et solis* Aristarchi, *optica* et *phaenomena* Euclidis. For comments by later writers see Thomas Heath, *A History of Greek Mathematics* (Oxford, 1921), vol. ii, pp. 245-53; idem, *Aristarchos of Samos* (Oxford, 1913), pp. 317-21; and J.L. Heiberg, *Litterargeschichtliche Studien über Euklid* (Leipzig, 1882), p. 152; and M. Cantor, *Geschichte der Mathematik* (Leipzig, 1881), vol. i, p. 380; finally, Hans Weinhold, *Die Astronomie in der Antiken Schule* (Munich diss., 1912), p. 63, notes: 'In scientific education, sphaerics played a leading role. It was the entry way to proper scientific astronomy. We see this in the compilation of the μίκρος ἀστρονομούμενος. It contains (according to Fabricius, *Biblio. Gr.*, ii, p. 88):

> Theodosii Tripolitae sphaericorum libri iii, Euclidis data, optica, catoptrica ac phaenomena, Theodosii Tripolitae de habitationibus et noctibus ac diebus libri ii, Autolyci Pitanei de sphaera mota, et libri duo de ortu atque occasu stellarum inerrantium, Aristarchi Sami de magnitudinibus ac distantiis solis ac lunae, Hypsiclis Alexandrini ἀναφορικός sive de ascensionibus, Menelai sphaericorum libri iii.'

2. i.e., Pappus's *Collectiones* Bk. vi; cf. note above.

3. Ms. Vat. Gr. 204 (10th cent.): 1) sphaericorum, Theodosii; 2) de sphaera quae movetur, Autolyci; 3) opticorum (recension Theonis), Euclidis; 4) de habitationibus, Theodosii; 5) de noctibus et diebus, Theodosii; 6) de magnitudinibus et distantiis solis et lunae, Aristarchi; 7) de ortibus et occasibus, Autolyci; 8) anaphoricus,

probable that a similar collection was known in both Hellenistic and mediaeval Islamic times.[1] The collection alluded to by Pappus, then, ὁ μίκρος ἀστρονομούμενος (τόπος)[2], appears to have been translated into Arabic and was commonly called الكتب المتوسّطات.

It is likely that the translation of the present text was made as part of this collection. Assuming the validity of Ḥajjī Khalīfah's evidence, the entire collection may have been translated for al-Mustaᶜīn around the year 864/250. There are, nonetheless, some difficulties with the information of Ḥajjī Khalīfah.

C. The date of the final revision by Thābit.

We know that Thābit b. Qurrah attained his high position in court through the sponsorship of Muḥammad b. Mūsā and that al-Mustaᶜīn was disliked by the Banū Mūsā.[3] It is remarkable, then, for Thābit to have corrected a manuscript for al-Mustaᶜīn during his life, unless there was an unrecorded emnity between the Banū Mūsā and Thābit. Lacking any evidence of this, it is probable that the correction was made after the death of al-Mustaᶜīn, i.e., after 866/252.

-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-

Hypsiclis; 9) catoptrica, Euclidis; 10) commentaria in Apollonii conica, Eutocii; 11) data, Euclidis; 12) commentarius in Euclidis data, Marini philosophi; 13) scholia in Euclidis elementa.

1. Cf. Weinhold, Astronomie, p. 63: 'Although we must also grant that these writings were at no time together at a lecture, but that now one, now another was added or dropped out.'

2. cf. supra, p. iv, n. 1.

3. Ruska in EI iii, p. 742 (Mūsā, Banū); we know they disliked al-Kindī for his having been selected over them as tutor to al-Mustaᶜīn, and we may infer that al-Kindī made no pains to instil in his charge esteem for the Banū Mūsā and their protegés.

D. Summary.

From the available evidence, then, al-Mustaᶜīn commissioned Qusṭā b. Lūqā to translate Tehodosius's <u>Sphaerica</u> in the year 864/250, possibly as it formed part of the collection ὁ μίκρος ἀστρονομούμενος. Qusṭā only partially completed the translation, his work probably having halted by the death of al-Mustaᶜīn in 866/252. This partial translation was later completed by an unknown scholar and revised by Thābit b. Qurrah.

II. Subsequent history of the text.

A. The early Latin translation.

The Arabic translation of Sphaerica was turned into Latin during the 12th century. Two translations appear to have been made, which are ascribed to Plato of Tivoli and Gerard of Cremona.[1] Each Latin

-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-

1. There is no full agreement over the authorship of these two versions. Boncompangi in "Della vita e delle opere de Gherardo cremonese" [Atti dell' Accademia Pontificia de' Nuovi Lincei, vol. 4(1851), pp. 387-493, here p. 389] uses lists of Gerard's works compiled by his students to attribute Sphaerica to him. He also notes that there is evidence that Plato of Tivoli translated the work ["Delle versioni fatte da Platone Tiburtino...", same journal and issue as above, pp. 249-86]. Steinschneider [M. Steinschneider; Die hebräischen Uebersetzungen des Mittelalters (Berlin, 1893), p. 541] also notes that "nach dem Verfasser eines Buches 'de Speculis ustoriis' wäre Plato von Tivoli der Uebersetzer. Diese Notiz hat wenig wert." Again, in "Die europäischen Uebersetzungen aus dem Arabischen bis Mitte des 17 Jahrhunderts" [Sitzungberichte der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien, phil.-hist. Klasse, Bdd. cxlix/iv(1904) cli/i(1905) (Graz reprint, p. 62)] Steinschneider notes: "...so ist seine (Plato of Tivoli's) angebliche Autorschaft hier umsoweniger glaubhaft, als auch der im ms. vorangehende Theodosius wahrscheinlich von Gerard von Cremona übersetzt ist." Although Steinschneider would not want to accept Plato, Björnbo would seem to accept him in "Alkindi, Tideus und Pseudo-Euklid", Abhandlungen zur Geschichte der mathematischen Wissenschaften, xxiv/3(1911), p. 130. Lastly, Charles Haskins [Studies in the History of Mediaeval Science (Cambridge Mass., 1924), p. 51] points out that Hermann of Carinthia and Robert of Chester both alluded to Sphaerica, although "if either of them produced a Latin version, it has not yet been identified". Heiberg notes that there are two Latin versions, ~~some~~ one ascribed to Gerard and The other~~s~~ to Plato (p. VIII). He also gives extracts from each (pp. VIII-XII).

version displays similarities and dissimilarities with the Arabic text of the present edition. It appears that these Latin versions were the only circulated source for the text in the West until the Greek editio princeps by Pena in 1558.[1]

B. Later Arabic versions.

It is certain that about a half century after the Latin translation the Arabic translation was revised. We know from Ḥajjī Khalīfah that Muḥammad b. Muḥammad Naṣīr al-Dīn al-Ṭūsī produced a version.[2] We also know from manuscript evidence that a contemporary of his, Yaḥyā b. Muḥammad b. ʾabī al-Shukr al-Maghribī also produced a version.[3] Again, from Ḥajjī Khalīfah we know that Taqī al-Dīn Muḥammad b. Maʿrūf al-Raṣid produced another version some three centuries after al-Ṭūsī.[4] In appendix six of the present edition are presented parallel passages from the Greek text of Heiberg, the Arabic translation presented herein, the version of al-Ṭūsī, the version of al-Maghribī, and the version found in the privately

-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-

1. cf. bibliography herein for full list of printed editions.

2. cf. supra, p. ii; and Heinrich Suter, "Die Mathematiker und Astronomen der Araber und Ihre Werke", Abhandlungen zur Geschichte der mathematischen Wissenschaften, Heft x(1900), art. 368, pp. 146-153; and Sezgin, GAS v, p. 155; published in Majmuʿ al-Rasāʾil li Naṣīr al-Dīn al-Ṭūsī (Hayderabad, 1939).

3. cf. Carra de Vaux, "Notice sur deux manuscrits arabes: Remaniement des sphériques de Théodose par Yahia ibn Muhammad...", Journal Asiatique 17(1891)pp. 287-95, where portions of this version are given; also, Suter, "Math. und Astron. Araber", art. 376, pp. 155-6; and Sezgin, GAS v, p. 155.

4. cf. supra, p. ii; also, Suter, "Math. und Astron. Araber", art. 471, pp. 191-2.

owned ms.[1] By noting both the compressed style of these later versions and the survival of a far greater number of mss. of them than of the translation version presented herein, we may conclude that by the time of al-Ṭūsī and al-Maghribī the prolixity of the translation combined with lexical development within Arabic of terse mathematical expression to demand a new version of the text. This would seem to result from the texts being used to pursue a mathematical education rather than as repositories for archaic and obscure language.

C. The Hebrew translation.

Nearly contemporary with al-Ṭūsī and al-Maghribī, Moses ben Tibbon translated the Arabic version into Hebrew. Steinschneider dates this translation to 1271 A.D. from ms. evidence.[2]

D. Printed editions.

Printed editions began to appear in the sixteenth century. Two Latin editions were printed before the Greek _editio princeps_, and they would appear to ~~incorporate~~ represent the Latin versions of the Arabic. A full list of printed editions can be found in the bibliography. The most recent and authoritative edition was made by Heiberg and is used as the basis for comparison in the present edition.

-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-

1. cf. Sezgin, _GAS_ v, p. 155; and supra, p. i, note 1.

2. _Heb. Uebersetz._, p. 542.

III. The present edition.

A. Description of the manuscript.

i. The codex Ahmet III 3464.

a. Its appearance.

The codex Ahmet III 3464 contains 17 treatises, of which 15 have been identified by Max Krause.[1] It measures 27cm. x 16.5cm. It is bound in a leather cover which has been decorated with tooled lines forming a simple border .5cm. from the edges. On the spine has been pasted a paper with a title written in black ink. Only portions of this paper remain on the cover and on them can be read مجموعة ـــــن هندسة [ال ؟ الكتب من ها] وغير المتوسّطات. Again, on the recto of the added title folio there is written فيه متوسطات المجسطى. For convenience, this is identified as being written by TF. On the verso is a list of contents in a different hand. At the bottom of this list, in a hand resembling TF, there is added كتاب متوسطات غير[ها مـن ؟] تحريرات خواجه از اول يك صفحة كم. At some point during its history, then, this codex was considered to be a collection of the minor Greek works known in Arabic as الكتب المتوسّطات .

b. Its contents.

In the list on the next page, the actual contents of the ms. are compared to the contents given on the title folio and in the list of contents.

_*_*_*_*_*_*_*_*_*_*_

1. Max Krause, "Stambuler Handschriften islamischer Mathematiker", <u>Quellen und Studien zur Geschichte der Mathematik, Astronomie und Physik</u>, Abt. B, Studien Bd. 3(Berlin, 1936), pp. 435-532; cf. also section III.A.b of the present introduction.

title-folio	fihrist	folios	[1] actual contents
same	same	(1r–19v)	1. كتاب المعطيات لأقليدس
same	same	(20v–52v)	2. كتاب الأكر لثاوذوسيوس
same	same	(54v–58v)	3. كتاب الكرة المتحرّكة لأطولوقس
same	same	(59v–74r)	4. كتاب اختلاف المناظر لأقليدس
same	same	(74v–103r)	5. كتاب منلاوس في الأشكال الكرة
same	same	(103v–115v)	6. كتاب اقليدس في الظاهرات
same	same	(116v–123v)	7. كتاب ثاوذوسيوس في المساكن
same	same	(124v–151v)	8. كتاب ثاوذوسيوس في النهار والليل
wanting	same	(151v–154r)	9. الرسالة في الأسطرلاب الخطي
same	same	(154v–170r)	10. كتاب أطولقس في الطلوعات والغروبات
same	same	(170v–188r)	11. كتاب النسبة المؤلّفة
wanting	wanting	(188v–189r)	12. في وقف الأربع في الأربعة
same	same	(189v–198v)	13. رسالة ثابت بن قرة في الشكل القطاع
same	same	(199v–222v)	14. كتاب الاشباع في الشكل القطاع
wanting	wanting	(223v–242v)	15. unidentified lexicon of plants
كتاب أسقلاوس في المطالع			wanting
كتاب أرسطارخس في جرمى الشمس والقمر		title-folio and fihrist	wanting
كتاب التبصرة في الهية			wanting
wanting	wanting	(243v–263v)	16. كتاب الكافي في الحساب
wanting	wanting	(264v–267r)	17. الأصول في حساب الجبر

A probable conclusion from the above comparison is that at some time the codex was broken and various tracts were lost while others were added. But first-hand inspection has not proven beneficial in reinforcing this conclusion. There is no difference in paper

-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-

1. Titles are given as found in the fihrist, excepting 12, 16 and 17 which are taken from the works themselves.

immediately apparent, and it is possible that only a widely experienced paleographer could resolve the question.

c. Possible name of copyist and date of copying.

Seven of these treatises are in a distinctive hand (for convenience referred to as A) --1, 2, 3, 4, 6 (dated 625 A.H., not signed), 10 (signed, dated 625 A.H.), and 11 (signed, dated 625 A.H.). In addition, although all but one folio of number 8 (f. 151r-v) appears to be written in a different hand, hand A appears to finish the treatise and, although not signing it, dating the completion to 630 A.H. Number 13 is dated 615 A.H. and signed Ibn al-Najāshī Muḥammad. Treatises ten and eleven are signed as follows:

10 (170r) محمد بن ابی بکر محمد

11 (188r) محمد بن ابی بکر بن محمد بن ابی نصر

This may be Muḥammad b. ᵓabī Bakr al-Fārisī (d. 1278/677).[1] If we accept the suggestion of a broken codex from the previous section and the suggestion that the original codex was written wholly or mainly by the aforementioned, then the unsigned, undated copy of Sphaerica was made by this Muḥammad b. ᵓabī Bakr al-Fārisī in or around the year 1227/625.

-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-

1. Suter ("Math. und Astron. Araber", art. 349, p. 139) following Ḥajjī Khalīfah (Kashf vi, p. 176) gives 1231/629 as the ~~mortuit~~ obiit. Brockelmann [C. Brockelmann, Geschichte der arabischen Litteratur, SI (Leiden, 1937), p. 866] following al-Khazrajī ["El-Khazrejī's History of the Resūlī Dynasty of Yemen", ed. Muḥammad 'Asal, E.J.W. Gibb Memorial Series, iii4 (London, 1913) p. 204] gives 1278/677. Either date would seem to fit the date of copying, 1227/625.

ii. The tract of Sphaerica.

a. Its appearance.

The paper used for Sphaerica is heavy, of a slightly yellow colour, with a smooth surface. The page size is 25cm. x 16 cm. Indentations on the surface provide borders and lines for writing. The copyist, referred to herein as A, has written the text in small, neat neskhi with 23 lines per page covering 17.5cm. x 11cm. of the surface. The ink used by A is dark brown in tint, excepting the following written in red ink: 1) the title on folio 20v - من كتـــــاب ثاوذوسيوس في الأكــر (in ثاوذوسيوس the letter يـ has been added in black ink); 2) the beginning of the second and third maqālahs[1] - 27v المقالة الثانية من كتاب ثاوذوسوس في الأكر , and 41v المقالة الثالثة من كتاب ثاوذوســــوس في الاكر ; 3) the words برهان ذلك on p. ٨ :٢٧ (f. 28r); 4) random ligatures, once written, have been emphasized by adding red ink, e.g., f. 20v21 خط , 21r10 ها of غيرهـا; 5) finally, certain three-dot devices. In all the above examples, the ink has been applied heavily and has not been allowed to dry before closing the page. This has resulted in not only smears on the opposite pages, but also in pages becoming stuck together as if by glue. The devices mentioned in five above appear throughout the text taking the shape of a pyramid of three heavy dots, sometimes with small tails pointing up from the left of the top dot. Their purpose is unclear, for as punctuation they are

-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-

1. On the title folio, the و before the final س is omitted, while in the fihrist the name is spelled ثاوذوسيوس . Hajjī Khalīfah gives ثاوذوسيوس (cf. supra, p. i); al-Qiftī (Taʾrīkh, p. 108) gives ثاذوسيوس (l. 1) and ثيوذوفروس (l. 11); Ibn al-Nadīm (Fihrist, p. 269) gives ثيوذورس (cf. also Anm. S. 269.2 on page 123). The spelling ثاوذوسيوس has been adopted in the text of the present edition.

as often placed in the middle as at the end of clauses, while as decoration the resulting smears on opposite pages has not enhanced the appearance of the tract. For a discussion of the drawings, see appendix four.

b. Correcting hands.

In addition to A, the copyist, three distinct hands appear to have corrected or added to the text. The first two maqālahs are the most heavily corrected, while maqālah three is rarely corrected. The first correcting hand, B, used an ink similar to that of A, but his corrections are distinct for the faintness of ink, thinness of line, and elongated and shaky forms of letters. The second corrector, C, may be more recent, as the ink suggests a modern pen. The third hand, D, has used a red ink very similar to that of interlinear markings appearing frequently on folios 20v through 23r. The relevance of these markings to the text is unclear, but a full list of them along with the words above and below each marking is given in appendix seven. This red ink is darker than that found in the drawings or mentioned in the previous section. It is found in the margins only once, 21v middle of the right margin (cf. p. ٥, note ٥). The words written here are a scholion rather than a correction or addition of omitted text.

The most frequently corrected portion is in the second maqālah (prop. II-xxi, pp. ٧٤ – ٦٥) in which there appears to have been confusion over the lettering convention used for the diagram. Corrector C made extensive changes of signs, mostly by rubbing or scraping off the original and adding his correction in the same space. Such treatment of the writing surface left his corrections indistinct..

Frequently, the Arabic abbreviation صح is added by a corrector to his marginal correction. This is most often found with corrections in a hand very similar to A, yet not distinct enough to be identified as a fourth correcting hand. All occurrences of this abbreviation and its position relative to the note (after or above) are indicated in the apparatus of the text. Finally, corrections which appear to be by hands other than A are so indicated in the apparatus of the text. Instances in which distinction between A and other hands is doubtful are indicated with ft. (fortasse).

d. Orthography and Grammar.

As for orthography, diacritical points are randomly used, and often they are misleading, especially when used to indicate the gender of an imperfect verb. Hamza with kesrah, as in قائمة or دائرة is written as a connected ـيـ. Perhaps less commonly, the alif tawīl of احداهما is sometimes also written as a connected ـيـ. The second lām of the dual form of the relative pronoun, i.e., اللذان أو اللتان is frequently omitted (occurrences are listed in appendix five) and اللذين is several times written الكزين. Rarely, final alif maqsurah is written as alif tawīl as in يلقى (١ :٨٠). Also, once the oblique feminine dual form of عظمى is used (٢ :٦١) but given in the form العظاوين rather than the form العظايين.

Grammatical usage does not consistently follow the norms set out by grammar books. Because no second ms. could be obtained for collation, and because such grammar as is displayed in the text may be typical of either the translator, the copyist of the present ms., or any copyist between them, the inconsistencies have been retained in the edition. A list of these with examples is given in appendix five.

B. Notes on the presentation of the text.

In presenting the text of the ms., it has been considered primary to alter the readings of the ms. as little as possible. Therefore, as noted in the previous section, grammar is not altered. In instances where a reading is either obscure or definitely wrong, the suggested reading has been incorporated and what appears in the ms. given in the apparatus. In making changes to the letters used to designate points on the drawings, the first concern has been conformity with the accompanying drawing, and secondarily the Greek text has been used.

The drawings are reproduced as found in the ms., excepting those portions of them which are unnecessary and not referred to in the text, e.g., prop. I-xvi (p. ١٩) for which an unnecessary line occurs in the ms. (cf. appendix four, FIGURE I-xvi), and prop. II-xiv (p. ٤٨) for which the ms. has given an uncalled for circle (cf. appendix four, FIGURE II-xiv). Likewise, they are oriented as in the ms., but it has been attempted to execute the drawings with a greater precision than found in the ms.

The marginal numbering of the text includes, in the right margin, lines on each page and references to the page and lines of Heiberg's Greek text, and in the left margin, folio numbers of the ms. (the exact starting point being marked in the corresponding line by a heavy vertical stroke).

C. Indications of a second translator.

As noted above (p. i-ii, and p. ii, note 2) the only two sources to date which present any information about the translator are Ḥajjī Khalīfah and Ahlwardt. The former says that Qusṭā only translated as far as proposition five of book two, while the latter says that he reached as far as proposition five of book three. While collecting data for the glossary, the following emerged as possible evidence of more than one translator:

ἄνισος	translated by	غير متساوية	until prop. III-vii
	and by	مختلف	after that.
διπλοῦς	translated by	ضعف	until prop. III-x
	and by	مثلي	after that
ἑκάστῃ	translated by	كل واحد	until prop. III-vi
	and by	بواحد واحد	after that

Although other words are treated differently in various portions of the text, these three stand out as striking examples. To these may be added the use of the feminine broken plural forms of the adjective (كبار, ٩٥: ٣ , prop. III-vi; and عظام, ١٠٠: ٦ , prop. III-viii). Nevertheless, in themselves, these indications do not provide sufficient proof of a different translator after proposition III-v, and it is not possible to say definitely where Qusṭā may have actually stopped translating. This lack of evidence may result from the review of the work made by Thābit b. Qurrah and a smoothing out of differences in expression.

D. The added proposition.

Following the final proposition of the book, there is a proposition for which several proofs are given. The proposition is the same as scholion III-128 given by Heiberg on p. 195f, which is perhaps a lemma explaining the statement found at p. 158.2-5. Unfortunately, the Arabic text here has omitted several large portions (cf. p. ١١٠ , notes ٤, ٥, ٦) and possibly with these omissions a reference to this "proposition, which we mentioned, at the end of the book". In the Paris ms., this proposition is wanting, while in the printed version of al-Ṭūsī it follows proposition III-xi introduced by "in some of the mss. there may be found a proposition by Thābit for the proof of the previous premise. It is stipulated thus:"(p. ٤٨). Al-Ṭūsī gives two versions of it, which, although similar to the versions in the present edition, do not exactly correspond. It is possible that Thābit is responsible for at least the method of proof, but the existence of the Greek scholion makes it likely that there was a basis from which he worked. Likewise, no one proof of the present edition follows that of the Greek scholion. Previous to Heiberg, Hultsch edited scholia of Sphaerica, and for this scholion he notes: "andere, mehr oder weniger abweichende Fassungen desselben Hülfssatzes beiten Zenodoros bei Theon zu Ptolem. Syntaxis I p. 34f. ed. Halma, der Anonymous de figuris isoperimetris, von mir herausgegeben bei Pappos Vol. III p. 1142f, endlich der Scholiast zu Pappos V, 2, vol. III p. 1167..."[1] In comparing these differing versions we find that the Arabic proofs do not follow them either.

The language of the Arabic is itself in some cases different from that employed in the rest of the text. ~~As elsewhere, نسبة is used for both "ratio" and "proportion", but~~ We find يدار (١١٧،٥) used for "describing" a circle. Also, the term ركب "to assemble, construct" is used three times (١٥ :١١٧ , ٧ :١١٩ and ٥ :١٢٠), but once (٧ :١١٩) it would seem to carry the meaning of بادل "to exchange".

-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-

1. F. Hultsch; "Scholien zur Sphaerik des Theodosios"; Abhandlungen der königlich sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften, phil.-hist. Classe, Bd. x(1888)pp. 383-446; here p. 440, note 11.

The source of this proposition, or lemma, is therefore unclear. That it is given in more than one form may be indicative of the translator having used several Greek mss., yet the difference in terminology would seem to indicate a different translator or perhaps later addition of the proposition.

IV. Notes on the other portions of the thesis.

A. The English translation.

i. The terminology of the English translation.

The primary purpose of the English translation is to recreate as accurately as possible the consistency of the Arabic terminology in addition to its ability to express the mathematical content correctly. The English translation of Euclid's Elements by Thomas Heath[1] and the Loeb edition of Greek Mathematical Works by Ivor Thomas[2] have been used as the basis for the English terminology. The goal has been a delicate balance between fidelity to the Arabic text and to the standards set by Heath and Thomas. As a result of the demands of this balance, it would not seem out of place to explain some of the terms.

a) قام - ἵστημι, ἀνίστημι - "set up". The difficulty here is that in English the active of the Arabic becomes passive.

b) حدث - ποιέω, γίγνομαι - "make". Here, an intransitive verb in Arabic is used transitively in English. In order to treat the word consistently in English, it has been rendered

-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-

1. Heath, Thomas; The Thirteen Books of Euclid's Elements (Dover Edition, New York, 1956 - an unaltered republication of the second Cambridge Edition); three volumes.

2. Thomas, Ivor; Greek Mathematical Works (Loeb Classical Library, London, 1967); two volumes.

as "make", and in those instances where "produced" seems called for, "so made" has been adopted.

c) كلّ واحد لنظيره - ἑκατέρα ἑκατέρᾳ - "respectively". Cf. Heath i, p. 248, note 2, where he notes that "each to each" can be misleading.

d) عظيمة عظمى - μέγιστος - "great". The Arabic, as the Greek, names circles through the centre of a sphere "greatest", but "great" has come to be the common English term.

In addition, the Arabic often makes a substantive definite where in Greek and English the indefinite is used. In such instances, the substantive has been translated as indefinite, e.g., p. 1.3 of the translation where the Arabic uses the lām al-jins.

Finally, the letters used in Arabic to number the propositions are transliterations of the Greek letters so used, but these have been rendered as lower case roman numerals in the English translation.

ii. Convention to indicate differences between Arabic and Greek.

While compiling the Greek-Arabic apparatus, it became apparent that the Arabic often included text not found in the Greek. These inclusions fall into two basic catagories. Firstly, the compactness of expression in the Greek is often expanded in the Arabic as in "a line drawn from the pole of a circle" to which the Arabic consistently adds "to its circumference". Secondly, entire clauses or sentences often appear and by their nature can be seen to be explanations of the immediately preceding statement. This sort of addition to the text is probably the result of incorporation of marginal scholia, but neither is the source of these comments nor the reason for their inclusion always clear.

Likewise, the Arabic often omits parts of the Greek text. In some cases, these omissions can be seen to result from haplography, and throughout the first two maqālahs there are numerous marginal additions supplying the missing text (cf. supra, pp. xiv-xv). However, there are frequent ommissions which seem to stem neither from haplography nor from any of the Greek mss. used by Heiberg.

For both these additions and omissions a convention has been adopted. To this convention other indications are added which designate words supplied in English (by reference to the Greek), words which may be omitted as otiose or confusing and words which do not seem to exactly follow the Greek. The purpose of this convention is to make as readily apparent as possible the relationship of the Arabic text to the Greek text. The convention is:

/words not found in the Greek text/

[otiose words]

(words added in English)

[1]numbers enclosing word(s) indicate a passage in Arabic differing from the Greek text as translated in the corresponding footnote[1]

[2]a single number before or after a word indicates that the Greek adds here what is found in the corresponding footnote

Finally, the sigla referring to Greek mss. follow those used by Heiberg.

B. The Greek-Arabic Apparatuses

There are two apparatuses. In the first are given those instances in which the Arabic text would seem to corroborate a reading of one or more of the Greek mss. divergent from the text presented by Heiberg, and by assumption the reading may represent the posited Greek text of the translator. Working on this assumption, it would appear that the posited Greek text is a composite of the several traditions recorded by Heiberg. Especially of interest is the fact that the correcting hand of A (designated A^2 by Heiberg) often makes changes which the posited text would seem to corroborate. It must be noted, however, that some of the variant readings can be seen to stem from a conception of the mathematical content. Thus, for 32.6 of the apparatus and throughout this and the following proposition both A^2 and P would find a line equal to the diameter of a given sphere, possibly because the proof is given by that method. It is very likely that A^2 in this case is changing the reading without separate ms. reference, and it is also possible that the same reading in the Arabic text is as equally due to Qusṭā or a later Arabic annotator as it is to the posited Greek text. Therefore, any conclusions to be drawn from the apparatus must rest on probability and not on certitude.

In the second apparatus are given those instances in which letters referring to the points on the drawings differ from all the Greek mss. These differences may be as much due to lack of scribal fidelity as it is to the translator or his Greek text.

C. The Glossary.

The glossary is given from Greek to Arabic and from Arabic to Greek. When occurences of one word translating another exceed five, the plus sign has been added. For each glossary, the words are given in their lexical form. It should be noted that in the Arabic glossary the sequence is line followed by page.

D. Appendices V, VI, VII.

For explanations of these appendices see: a) for V, p. xv; for VI, p. viii ; for VII, p. xiv.

V. Comments on the text of Sphaerica presented herein.

It would not be out of place, in closing, to make a few observations on the Arabic version of Sphaerica presented in this thesis. If it can be assumed that the growth of technical terminology within a language follows a course leading from prolixity to compression, it might be said that the version of Sphaerica herein is much closer to, if not a copy of, the actual translation of the text than are the other versions presented in appendix six. This means that the version herein can be seen as more useful for the reconstruction of Theodosius's text than the later versions. Certainly, the translation is based on older mss. than are extant today, as it dates from the ninth century and the oldest extant Greek ms., A, dates from the tenth century (cf. supra, p. iv, n. 3).

We see that there are some alterations to the text as handed down through the Greek tradition. To the definitions preceding Book I has been added new material. The proof of proposition I-i has been altered. A new proposition, I-ix, has been added, but it is in fact a corollary to the previous proposition. The final two propositions of Book I in the Greek text are wanting in the Arabic. Heiberg notes (40.3n) that they are interpolations, and their omission from the Arabic text may reflect a similar omission in the posited exemplar of the translator, or it may be that Qusṭā omitted them himself. For some reason, the propositions of Book II are out of order. This is further complicated by the Arabic combining Greek propositions II-xi and II-xii into one. Then Greek proposition II-xiv becomes Arabic II-xii, so that the resulting order is:

Greek	x	xi	xii	xiii	xiv	xv	xvi	xvii	xviii	xix	xx	xxi	xxii	xxiii
Arabic	x	xi		xiii	xii	xiv	xv	xvi	xvii	xviii	xix	xx	xxi	xxii

It might be explained that since the diagrams for II-xi-xii are the same, and since the Arabic term for a proposition basically means diagram, the translator decided to combine the two similar diagrams. However, accepting this suggestion does not explain why the next Arabic proposition (II-xii) corresponds to Greek proposition xiv. It may be that in some mss. the combined propositions are separate, thus giving one more in number and accounting for the comment by Ḥajjī Khalīfah (cf. supra, p. i) that in some mss. one proposition is wanting. However, it is equally likely that in some mss. the extra proposition as found at the end of Ahmet III 3464 accounts for this, since we find that in the printed version of al-Ṭūsī this final proposition is incorporated into the text.

It is also clear from the Glossary that the Arabic text does not convey the same nuances as the Greek. This is especially true of خرج. Curiously, the Arabic often uses سطح for بسيط and Heath (Euclid i, p. 169) notes that previous to Euclid ἐπίπεδον and ἐπιφάνεια were used indifferently for any kind of surface. A further example of this indifference in terminology may be seen in مثل used for ἴσος (Heiberg 62.5, herein ١٢ :٤٠). Taken with the indiscriminate use of خرج, all this would seem to indicate for the Arabic of the present edition a lack of linguistic specialization similar to pre-Euclidean Greek. Therefore, although it is outside the scope of this thesis, a careful comparison of the terminology of the present ms. with that of al-Ṭūsī may reveal a development of mathematical terminology within Arabic similar to the development within Greek.

However, weighing the similarities against the dissimilarities and lack of nuance, it can be faily said that the version herein presents a close rendering of the Greek text.

BIBLIOGRAPHY

The bibliography is divided into two parts. In the first is given a list of the works cited in the thesis. The second part consists of a list of published editions of Sphaerica.

PART ONE:

Ahlwardt, W; Die Handschriften-verzeichnisse der Königlichen Bibliothek zu Berlin (Berlin, 1893).

Bergsträsser, G.; Pseudogalen in Hippocrates de Septimais Commentarium ab Hunaino q. f. arabice verso (Leipzig, 1914).

Björnbo, A.; "Alkindi, Tideus und Pseudo-Euklid"; Abhandlungen zur Geschichte der mathematiken Wissenschaften xxvi3(Leipzig, 1911).

Boncompagni, B.; "Della vita e delle opere di Gherardo cremonese..."; Atti dell' Accademia Pontificia de' Nuovi Lincei 4(Rome, 1851)pp. 387-493.

Boncompagni, B.; "Delle versioni fatte da Platone Tiburtino..."; Atti dell' Accademia Pontificia de' Nuovi Lincei, 4(Rome, 1851)pp. 249-286.

Brockelmann, C.; Geschichte der arabischen Litteratur (Leiden, 1902-42).

Carra de Vaux; "Notice sur deux manuscrits arabes: Remaniement des spheriques de Théodose par Iahia b. M. b. abi Shukr al-Maghribī"; Journal Asiatique 17(1891)pp. 287-295.

Cantor, M.; Geschichte der Mathematik (Leipzig, 1881).

Encyclopedia of Islam (referred to as EI); London, 1913-1943; four vols. plus one supplement.

Encyclopedia of Islam, New Edition (referred to as EI^2), London, 1960-1971; three vols. complete and vol. four begun.

Ḥajjī Khalīfah; Kashf al-Ẓunūn; ed. G. Flügel (Leipzig, 1835-1854).

Haskins, C.; Studies in the History of Mediaeval Science (Cambridge, Mass., 1924).

Heath, T.; Aristarchos of Samos (Oxford, 1913).

Heath, T.; A History of Greek Mathematics (Oxford, 1921).

Heath, T.; The Thirteen Books of Euclid's Elements (Dover reprint of unaltered 2nd Cambridge edition, New York, 1956).

Heiberg, J.; Litterargeschichtliche Studien über Euklid (Leipzig, 1882).

Heiberg, J.; "Theodosius Tripolites Sphaerica"; Abhandlungen der Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen, N.F. xix3(1927).

Hultsch, F.; "Scholien zur Sphaerik des Theodosios"; Abhandlungen der königlich sächischen Gesellschaft der Wissenschaften, phil.-hist. Classe, Bd. x(1888)pp. 383-446.

al-Khazrajī; "El-Khazrejī's History of the Resūlī Dynasty of Yemen"; ed. Muḥammad 'Asal; E.J.W. Gibb Memorial Series, iii4(London, 1913).

Krause, M.; "Stambuler Handschriften islamischer Mathematiker"; Quellen und Studien zur Geschichte der Mathematik, Astronmie und Physik, Abteil B, Studien Bd. 3(Berlin, 1936)pp. 437-532.

Meyerhof, M.; "New Light on Ḥunain Ibn Isḥāq"; Isis 8(1926)pp. 685-724.

al-Nadīm; Kitāb al-Fihrist; ed. G. Flügel (Khayyāṭ reprint, Beirut, 1964).

Pappus; Collectionis Pappi Alexandrini; ed. F. Hultsch (Berlin, 1876).

al-Qifṭī; Taʾrīkh al-Ḥukamāʾ; ed. A. Müller (Berlin, 1903).

Sezgin, F.; Geschichte des arabischen Schrifttums, v Mathematik bis ca. 430 H (Leiden, 1974).

Suter, H.; "Die Mathematiker und Astronomen der Araber und Ihre Werke"; Abhandlungen zur Geschichte der mathematischen Wissenschaften; Heft x(1900).

Steinschneider, M.; Die hebräischen Uebersetzungen des Mittelalters und die Juden als Dolmetscher (Berlin, 1893).

Steinschneider, M.;"Die europäischen Uebersetzungen aus dem arabischen bis Mitte des 17 Jahrhunderts"; Sitzungberichte der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien, phil.-hist. Klasse, Bd. cxlix/iv(1904) und Bd. cli/i(1905).

Thomas, I.; Greek Mathematical Works (Loeb Classical Library, London, 1967-1968).

Voorhöve, P.; Handlist of Arabic Manuscripts in the Library of the University of Leiden and other collections in the Netherlands (Leiden, 1957).

Weinhold, H.; Die Astronomie in der Antiken Schule (Munich diss., 1912).

al-Ṭūsī, Naṣīr al-Dīn; Majmūʿ al-Rasāʾil (Hayderabad, 1939).

PART TWO:

There follows a list of the published editions of Sphaerica, taken from Pauly's Real-encyclopädie[1], the printed catalogue of printed books on the British Museum[2] and the printed catalogue of printed books in the Bibliothèque Nationale[3].

1518 Latin version in Sphera mundi Johannis de Sacro Bosco (Venetiis, 1518).

1529 Theodosii de Sphaericis libri tres, Latin version edited by J. Vögel (Venetiis, 1529).

1558 Theodosii sphaericorum elementorum libri III ex traditione Maurolyci, Latin version (Messena, 1558).

1558 Theodosii Tripolitae Sphaericorum libri tres, Greek version with Latin therefrom, by J. Pena (Paris, 1558).

1586 Theodosii Tripolitae Sphaericorum libri III a Christophoro Clavio, Latin version (Rome, 1586).

1675 Theodosii Sphaerica, Latin version following Pena by Issac Barrow, (London, 1675).

1707 Theodosii Sphaericorum libri tres, Greek edition by Jos. Hunt, (Oxon., 1707).

1852 Theodosii Tripolitae Sphaericorum libros tres, Greek edtion with Latin translation taking into account Arabic sources by Ernst Nizze, (Berlin, 1852).

1927 "Theodosius Tripolites Sphaerica", ed. J.L. Heiberg, used as authoritative Greek edition for this thesis; Abhandlungen der Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen, phil.-hist. Klasse, N.F. xix3(Berlin, 1927).

In addition, portions of or synopses of Sphaerica appear in:

M. Mersenne; Synopsis mathematica...Sphaericorum elementorum ex traditione Maurolyci (Lutetiae, 1626).

M. Mersenne; Universae geometriae mixtaeque mathematicae synopsis... Sphaericorum elementorum ex traditione Maurolyci (Paris, 1644).

J.B. du Hamel; Elementa Astronomica...ubi Theodosii Tripolitae sphaericorum libri tres,...demonstrantur (London, 1654).

C.F. Milliet de Chales; Cursus seu mundus mathematicus...Theodosii Sphaerica (Lugduni, 1674 and 1690).

S. Horsley; Euclidi datorum liber...Sphaericorum liber singularis ex primo fere et secundo Sphaericorum Theodosii (Oxon., 1803).

There are two French translations:

D. Henrion; Les trois livres des élements sphaeriques de Théodose Tripolitain (Paris, 1615).

P. ver Ecke; Les Sphériques de Théodose de Tripoli (Bruges, 1927).

There is one German translation:

A. Czwalina; Theodosius von Tripolis Sphaerik (Leipzig, 1931).

1. Paulys Real-encyclopädie der Altertumswissenschaft; ed. G. Wissowa; Stuttgart, 1894 onwards.

2. British Museum Catalogue of Printed Books to 1955; London, 1965.

3. Catalogue général des livres imprimés de la Bibliothèque Nationale; Paris, 1924.

20v

بسم الله الرحمن الرحيم

المقالة الأولى من كتاب ثاوذوسيوس في الأكر

الكرة هي شكل مجسم يحيط به سطح واحد جميع الخطوط المستقيمة التي تخرج من نقطة واحدة من النقط[١] التي في داخله فتلقى ذلك السطح مساو بعضها لبعض

2.5 و مركز الكرة هي تلك النقطة

و محور الكرة هو خطّ ما مستقيم يمرّ بالمركز و ينتهي في كلتي الجهتين الى سطح الكرة اذا أثبت الخطّ و أديرت الكرة عليه

و قطبا الكرة طرفا المحور

2.10 الشيء الذى يقال له في الكرة قطب دائرة هو نقطة تكون على سطح الكرة جميع الخطوط المستقيمة التي تخرج منها الى[٢] الخطّ المحيط بالدائرة مساو بعضها لبعض

يقال في الكرة انّ بعد الدوائر من مركزها بعد مساو اذا كانت الأعمدة التي تخرج من مركز الكرة الى سطوح[٣] الدوائر مساو بعضها لبعض و الدائرة التي هي أبعد هي التي يقع عليها عمود أطول

يقال انّ السطح مائل على سطح آخر اذا[٤] أُعلّم على الفصل المشترك للسطحين نقطة ما و أخرج منها في كلّ واحد من السطحين خطّ مستقيم قائم على الفصل المشترك على زوايا قائمة فأحاط الخطّان المخرجان بزاوية حادة و الميل هو الزاوية التي يحيط بها ذانك الخطّان المستقيمان و يقال انّ ميل السطح عن السطح مثل ميل سطح آخر عن سطح آخر اذا كانت الخطوط المستقيمة التي تخرج من الفصول المشتركة للسطوح على

---

١ النقط : النقطة scr.

٢ الى : sup. ٤ اذا : obs.

٣ سطوح corr. ex سطح

2.15 زوايا قائمة في كلّ واحد من السطوح من نقط باعيانها محيطة بزوايا متساوية والتي تكون زواياها أصغر فهي أكثر ميلا

١[١]

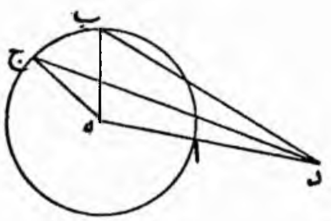
اذا قطع بسيط كرّي بسطح ما فانّ القطع الحادث خطّ محيط بدائرة

2.20 فليقطع بسيط كرّي بسطح ما وليحدث في بسيط الكرة قطع[٢] وهو خطّ آبج فأقول[٣] انّ خطّ آبج خطّ محيط بدائرة[٣]

4.1 فان كان السطح القاطع يمرّ بمركز الكرة فقد تبيّن أنّ خطّ آبج خطّ محيط بدائرة وذلك أنّ الخطوط المستقيمة التي تخرج من المركز الى خطّ آبج مساو بعضها لبعض فان كان الأمر كذلك فقد تبيّن أنّ مركز الدائرة واحدة بعينه

وان لم يكن السطح القاطع يمرّ بمركز الكرة فلنتوهّم مركز الكرة[٤] نقطة د وليخرج

4.10 منه الى السطح الذى يمرّ بخطّ آبج عمود ده وليلق السطح على نقطة ه وليخرج خطّا هب هج وليوصل خطّا دب دج



ولأنّ نقطة د مركز الكرة يكون خطّ دب مساويا لخطّ[٥] دج فالمربّع الكائن من خطّ دب مساو[٥] للمربّع الكائن من خطّ دج والمربّعان الكائنان من خطّي ده

4.15 هب[٦] مساويان للمربّع الكائن من خطّ دب وذلك أنّ الزاوية التي يحيط بها خطّا ده هب قائمة والمربّعان الكائنان من خطّي ده هج مساويان للمربّع الكائن من خطّ دج وذلك أنّ الزاوية التي يحيط بها خطّا ده هج[٧] قائمة والمربّعان الكائنان من خطّي

---

١ add. in marg.: جانبه يريد في هذا الكتاب بقوله سطح ما السطح المستوى دون المتحنى

٢ قطع : sup. ٣ فاقول ... بدائرة : in marg. a. m.

٤ الكرة : sup. ٥ لخطّ... مساو : in marg. ٦ هب : sup.

٧ هج corr. ex هب

ده هب مساويان للمربّعين الكائنين من خطّي[1] ده هج و يسقط مربّع خطّ ده المشترك فيبقى المربّع الكائن من خطّ هج مساو للمربّع الكائن من خطّ به فخطّ به اذا مساو لخطّ جه

21r وكذلك أيضا نبيّن أنّ جميع الخطوط | المستقيمة التي تخرج من نقطة ه الى خطّ ابج يساوى بعضها لبعض و ابج خطّ محيط بدائرة ونقطة ه مركز الدائرة 4.20

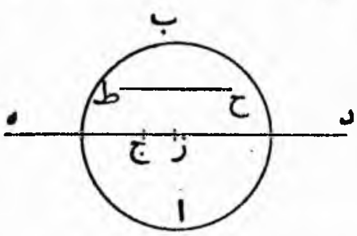
وقد تبيّن من ذلك أنّه اذا أخرج من مركز الكرة الى دائرة من الدوائر التي في الكرة عمود فهي يقع على مركز الدائرة وذلك ما أردنا أن نبيّن

ب

4.25 كيف نجد مركز كرة معلومة

فلنتوهّم كرة معلومة نريد أن نجد مركزها

6.1 فلنقطعها بسطح ما فيكون القطع الحادث دائرة ولتكن الدائرة التي تحدث دائرة اب فان كان السطح القاطع يمرّ بمركز الكرة فقد تبيّن أنّ مركز الكرة والدائرة مركزا واحدا وقد علمنا كيف نجد مركز دائرة معلومة وان لم يمرّ السطح القاطع بالمركز فليكن مركز دائرة اب نقطة ج وليخرج من نقطة ج خطّ قائم على سطح دائرة اب على زوايا قائمة وهو خطّ جد ولينفذ في كلتي الناحيتين



6.5 وليلق بسيط الكرة بنقطتي د ه وليقطع خطّ ده بنصفين على نقطة ز فأقول أنّ نقطة ز مركز الكرة

فان لم يكن المركز كذلك فأمكن أن يكون المركز نقطة غيرها فليكن نقطة ح ونخرج من نقطة ح خطّا يلقى سطح الدائرة على نقطة ط على زوايا قائمة واذا أخرج من مركز

---

1 post خطّي in ras. ده هب مساويان من خطّي

الكرة الى دائرة من الدوائر التي في الكرة خطّ مستقيم يكون عمودا عليها فانّه يمرّ بمركـز
6.10 الدائرة فنقطة ط مركـز الدائرة وقد كانت نقطة ج أيضا مركـزها وذلك ممتنع فـان
وقع العمود على نقطة ج فقد خرج من نقطة واحدة بعينها على سطح واحد بعينه فـي
جهة واحدة خطّان مستقيمان[1] على زوايا قائمة وذلك غير ممكن فليس نقطة ح مركـز
الكرة

وكذلك أيضا نبيّن أنّه لا يمكن أن يكون مركـز الكرة نقطة أخرى غير نقطة ز فنقطـة ز
مركـز الكرة

فقد تبيّن من ذلك أنّه اذا كانت دائرة في كرة وأقيم على مركـز الدائرة خطّ مستقيـم
6.15 يكون عمودا على سطح الدائرة فانّ مركـز الكرة يكون على ذلك الخطّ[2] القائم وذلك مـا
أردنا أن نبيّن

ج

اذا ماسّت كرة سطحا من غير أن يقطعها فانّها تماسّه على نقطة واحدة فقط

6.20 فان أمكن فلتماسّ كرة سطحا من غير أن تقطعه على أكثر من نقطة واحدة فلتماسّه علـى
نقطتين وهما نقطتا ا ب فليكن مركـز الكرة نقطة ج ولنوصل خطّي اج جب وليخرج
السطح الذى يمرّ بخطّي اج جب ويحدث قطعا يكون أمّا في بسيط الكرة فدائرة وأمّـا
21v في السطح فخطّا[3] مستقيما ولتكن الدائرة التي تحدث ا في بسيط الكرة دائرة دابـج
والخطّ المستقيم الذى يحدث في السطح خطّ هابز

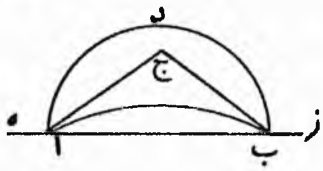
---

١ مستقيمان: litt. ن ins.

٢ post الخطّ in ras. وذلك

٣ فخطّا: litt. ف ins.

6.25 فلأنّ السطح لا [1] يقطع الكرة لا يقطع أيضا خطّ هابز دائرة داب فاذ قد تعلّم على الخطّ المحيط بالدائرة نقطتان كيف ما وقعتا وهما نقطتا [2]



آ ب فالخطّ الذى يصل بين نقطة آ ونقطة ب يقع داخل دائرة دابج وقد وقع أيضا خارجها وذلك ممتنع

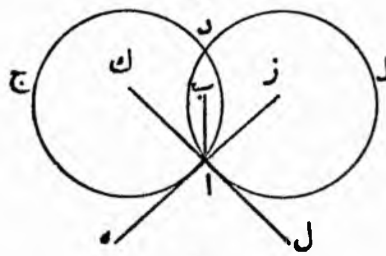
8.1 فليس تماسّ كرة سطحا [3] من غير أن يقطعها على أكثر من نقطة واحدة

د

8.5 اذا ماست كرة سطحا ما من غير أن يقطعها فانّ الخطّ المستقيم الذى يصل بين المركز وبين نقطة التماسّ عمود على السطح المماسّ

فلتماسّ كرة سطحا ما على نقطة واحدة وهي نقطة آ من غير أن يقطعها وليكن مركز الكرة نقطة ب فأقول انّ خطّ آب عمود على ذلك السطح

8.10 وذلك أنّه اذا أخرج سطح يمرّ بخطّ آب أحدث في بسيط الكرة دائرة آجد وفي السطح خطّ هاز المستقيم



وليمرّ أيضا بخطّ آب سطح آخر وليحدث في

8.15 بسيط الكرة دائرة آط وفي السطح خطّ [4] كال

ولأنّ السطح يماسّ الكرة يكون خطّ هاز أيضا مماسّا لدائرة آدج [5] فلأنّ خطّ هاز المستقيم يماسّ دائرة آدج على نقطة آ وقد أخرج

---

١ لا : sup.

٢ نقطتا : نقطتان scr. et ن in ras.

٣ سطحا : سطحان scr. et ن in ras.

٤ خطّ : sup.

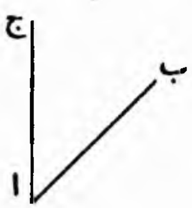
٥ post آدج add. a. m. in marg.: لأنّه أن قطعها يلزم أن قطعة لها في أكثر من موضع واحد وحينئذ يكون السطح القاطعا للكرة وقد وضعناه (؟) مماسّا لها هذا خلف

من نقطة آ الى مركز الدائرة خط آب يكون خط آب عمودا على خط هاز ومن
8.20 البين أن نقطة ب مركز دائرة آجد لأن سطح دائرة آجد يمر بخط بآ الذى يخرج
من مركز الكرة وكذلك أيضا نبين أن خط بآ عمود على خط كال فلأن خط بآ
8.25 المستقيم عمود على الفصل المشترك لتقاطع خطي هز كل يكون خط آب عمودا
على السطح الذى يمر بهما والسطح الذى يمر بخطي هز كل مماس للكرة وذلك
ما أردنا أن نبين

ه

8.30 اذا ماست كرة سطحا ما من غير أن يقطعها وأخرج من موضع المماسة من السطح خط
قائم عليه على زوايا قائمة فان مركز الكرة يكون على ذلك الخط القائم

10.1 فلتماس كرة سطحا ما على نقطة آ من غير أن يقطعها وليخرج من نقطة آ عمود
22r على السطح وهو خط آب فأقول ان مركز الكرة يكون على خط آب
فان لم يمكن ذلك فأمكن غيره فليكن مركز[1] الكرة نقطة ج وليوصل خط جا
10.5 فلأنه قد ماست كرة على نقطة آ سطحا من غير أن يقطعها وقد
أخرج من مركز الكرة الى موضع المماسة خط جآ يكون خط جآ عمودا
على السطح وقد كان خط بآ عمودا عليه أيضا فقد خرج من نقطة



واحدة بعينها على سطح واحد بعينه خطان مستقيمان على زوايا قائمة وهما خطا آب آج
10.10 في جهة واحدة بعينها وذلك ممتنع فليست نقطة ج مركز الكرة وكذلك أيضا نبين
أنه لا يمكن أن يكون المركز نقطة أخرى ليست على خط بآ وذلك ما أردنا أن نبين

و

10.15 ما كان من الدوائر التي تكون في الكرة مارا بمركز الكرة فهو أعظمها وما كان

---

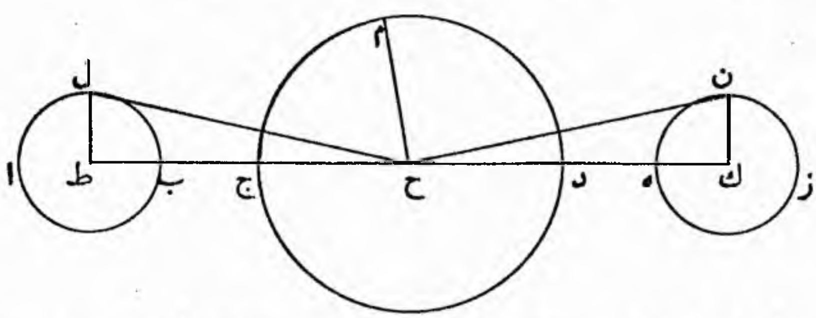
1 post مركز in ras. الدائرة

الدوائر الباقية بعده من المركز بعدا مساويا فهي متساوية وما كان بعده من المركز
أكثر فهو أصغر

فليكن في كرة دوائر[1] اب جد هز ولتكن دائرة جد مارّة بمركز الكرة وليكن بعد
دائرتي[2] اب هز أولا من المركز بعدا متساويا فأقول أنّ أعظم هذه الدوائر جد وأنّ
دائرتي اب هز متساويان

10.20 وذلك أنّا نصيّر مركز الكرة نقطة ح فهي[3] اذا مركز دائرة جد فليخرج من نقطة
ح[3] الى سطحي دائرتي اب هز عمودا حط حك وليلقيا سطحي دائرتين على
10.25 نقطتي ط ك فنقطتا ط ك[4] مركزا دائرتي[5] اب هز ولنخرج من نقط ط[6] ك ح
الى خطوط المحيطة بدوائر[7] اب جد هز خطوطا مستقيمة وهي خطوط طل كن حم
وليوصل خطّا حل حن

12.1 فلأنّ خطّ حط عمودا على سطح دائرة اب فهو يحدث مع جميع الخطوط المستقيمة
التي تخرج من طرفه في سطح دائرة اب زوايا قائمة وقد خرج من طرفه خطّ طل



الذى هو في سطح
دائرة اب فزاوية
لطح قائمة وكذلك
أيضا نبيّن أنّ
12.5 زاوية حكن أيضا قائمة وأيضا فلأنّ زاوية لطح قائمة يكون زاوية لطح أعظم من زاوية

---

١ دوائر: ft. corr. ex دائرة
٢ دائرتي: corr. ex دائرة
٣ فهي ... ح: in marg.; صح post
٤ post طك in ras. الى ح
٥ دائرتي: corr. ex دائرة
٦ ط: sup.
٧ بدوائر: corr. ex دوائر

لحط فخط لح أطول من لط وخط لح مساو لخط حم لأن نقطة ح مركز الكرة وقد خرج منها الى سطح الكرة خطا حل حم فخط حم أطول من خط لط وخط حم قد خرج من مركز دائرة جد الى الخط المحيط بها فخط طل قد خرج من مركز دائرة آب الى الخط المحيط بها فدائرة جد أعظم من دائرة[1] آب وكذلك أيضا نبين أنها أعظم من دائرة هز فدائرة جد أعظم من الدوائر التي في الكرة

وأقول أيضا أن دائرتي آب هز متساويان

وذلك أنه لما كان بعدهما من المركز متساويا صار خط حط مساويا لخط حك ولما كانت أيضا نقطة ح مركز الكرة صار خط حل مساويا لخط حن فالمربع الكائن من خط حل مساو للمربع الكائن من خط حن ولكن المربعين الكائنين من خطي لط طح مساويان للمربع الكائن | 22v من خط حل فالمربعان الكائنان من خطي نك[2] كح مساويان للمربع الكائن من خط حن فالمربعان الكائنان من خطي[2] لط طح مساويان للمربعين الكائنين من خطي حك كن والمربع الكائن من خط طح مساو للمربع الكائن من خط حك فيبقى المربع الكائن من خط طل مساو للمربع الكائن من خط كن فخط طل مساو لخط كن وخط طل قد خرج من مركز دائرة آب الى الخط المحيط بها فخط كن قد خرج من مركز دائرة هز الى الخط المحيط بها فالخط الذى خرج من مركز دائرة آب الى الخط المحيط بها مساو للخط الذى خرج من مركز دائرة هز الى الخط المحيط بها فدائرة[3] آب مساوية لدائرة هز

وأيضا فليكن بعد دائرة آب من مركز الكرة أكثر من بعد دائرة هز منه فأقول

---

١ دائرة : sup.

٢ نك... خطي : in marg.

٣ فدائرة : bis et pr. in ras.

انّ دائرة آب أصغر من دائرة هز

12.30 ونعمل الأشياء التي عملناها باعيانها فلأنّ بعد دائرة آب[1] من مركز الكرة أكبر
من بعد دائرة[1] هز منه يكون خطّ حط أطول من خطّ حك فلأنّ خطّ حل مساو[2]
لخطّ[3] حن يكون المربّع الكائن من خطّ حل مساويا[3] للمربّع الكائن من خطّ حن ولكنّ
المربّعين الكائنين من خطّي حط طل مساويان للمربّع الكائن من خطّ حل والمربّعان
الكائنان من خطّي حك كن مساويان للمربّع الكائن من خطّ حن فمربّعا لط طح
14.1 مساويان للمربّعي حك كن والمربّع الكائن من خطّ طح أعظم من المربّع الكائن من
خطّ حك فيبقى المربّع الكائن من خطّ لط أقلّ من المربّع الكائن من خطّ نك فخطّ لط
أصغر من خطّ كن وخطّ طل قد خرج من مركز دائرة آب الى الخطّ المحيط بها
14.5 وخطّ كن قد خرج من مركز دائرة هز الى الخطّ المحيط بها فدائرة آب أصغر من
دائرة هز

فقد تبيّن أنّ ما كان من الدوائر التي في الكرة مارّا بالمركز فهو أعظمها وأمّا الدوائر الباقية فما كان بعد[4] منها من المركز بعدا متساويا فهي متساوية وما كان بعده من المركز أكثر فهو أصغر وذلك ما أردنا أن نبيّن

ز

14.10 اذا كانت دائرة في كرة ووصل بين مركز الكرة ومركز الدائرة بخطّ فانّ الخطّ الذي يصل بينهما يكون عمودا على سطح الدائرة

---

١ دائرة ... آب: in marg.; صح post

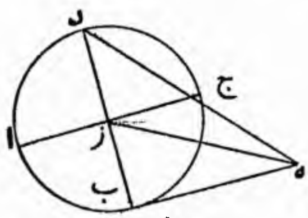
٢ مساو : corr. ex مساويا

٣ لخطّ ... مساويا: in marg.

٤ post بعد ins. ها a.m.

فلتكن الدائرة التي في الكرة دائرة ابجد وليكن مركز الكرة نقطة ه ومركز
14.15 الدائرة نقطة ز وليوصل خطّ هز فأقول أنّ خطّ هز عمود على دائرة ابجد
وليخرج من[1] مركز الدائرة خطّا ازج بزد وهما قطران[2] للدائرة وليوصل خطّا
هب هد

23r فلأنّ خطّ زب مساويا لخطّ زد وخطّ زه مشترك يكون خطّا بز زه مساويين
لخطّي دز زه كلّ واحد منهما لنظيره وقاعدة به مساوية



14.20 لقاعدة ده وذلك أنّ نقطة ه مركز الكرة ونقطتا ب د على
بسيط الكرة فتكون زاوية بزه مساوية لزاوية دزه واذا قام خطّ
مستقيم على خطّ مستقيم يصيّر الزاويتين اللّتين عن جنبيه[3] مساوية احداهما للأخرى فكلّ
واحدة من الزاويتين المتساويتين قائمة والخطّ القائم يقال له العمود على الخطّ الذى قام
عليه فكلّ واحدة من زاويتي بزه دزه قائمة فخطّ هز عمود على خطّ بد وكذلك أيضا
14.25 نبيّن أنّه عمود على خطّ اج أيضا فلأنّ خطّ هز المستقيم قد قام على الفصل المشترك
لخطّي اج بد اللّذين يقطع احدهما الآخر يكون أيضا قائما على السطح الذى يمرّ
بخطّي اج بد والسطح الذى يمرّ بخطّي اج بد هو دائرة ابجد فخطّ هز عمود
على سطح دائرة ابجد وذلك ما أردنا أن نبيّن

ح 16.1

اذا كانت دائرة في كرة وأخرج من مركز الكرة عمود عليها وأنفذ الى كلتي الناحيتين
فانّه يقع على قطبي الدائرة

---

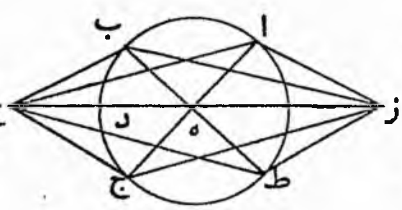
١ من : sup.

٢ قطران : قطر scr. deinde ا ins.; ن scripsi.

٣ جنبيه : حسته scr.

فلتكن الدائرة في الكرة دائرة ابج وليكن مركز الكرة نقطة د و يخرج من نقطة د الى سطح دائرة ابج عمود ده و ليلق بسيط الدائرة على نقطة ه فنقطة ه مركز دائرة ابج وليخرج خطّ ده الى كلتي الناحيتين و ليلق بسيط الكرة على نقطتي ز ح فأقول انّ نقطتي ز ح قطبا دائرة ابج

فليخطّ خطّا اهج بهط ولتوصل خطوط از زج اح حج بز زط بح حط فلأنّ خطّ زه المستقيم عمود على دائرة[1] ابج و يحدث مع جميع الخطوط المستقيمة التي تخرج من طرفه في سطح دائرة ابج زوايا قائمة يكون كلّ واحدة من زوايا زها زهج زهب زهط قائمة وأيضا فلأنّ خطّ اه مساو لخطّ هج وخطّ هز مشترك و هو على زوايا قائمة تكون قاعدة از مساوية لقاعدة زج وكذلك أيضا نبيّن أنّ الخطوط التي تخرج من نقطة ز الى قوس ابج مساو بعضها لبعض فنقطة ز قطب لدائرة ابج



فقد تبيّن أنّه اذا كانت دائرة في كرة وأخرج من مركز الكرة عمود عليها وأنفذ الى كلتي الناحيتين فانّه يقع على قطبي الدائرة

ط[2]

23v اذا كانت ا دائرة في كرة و وصل بين أحد قطبيها و بين المركز بخطّ مستقيم فانّ

---

[1] دائرة : bis et pr. in ras.

[2] add. in marg: صورة الشكل التاسع و برهانه مثل صورة الشكل الثامن وبرهانه ولذلك لم تتصوّر صورة

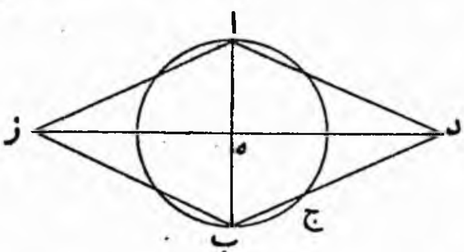
الخطّ عمود على الدائرة

برهان هذا الشكل يشبه ببرهان الشكل الذى قبله لأنّ الخطوط الخارجة من مركز الدائرة الى محيطها متساوية ولأنّ الخطوط الخارجة من القطب أيضا الى محيط الدائرة متساوية

ى 16.25

اذا كانت دائرة في كرة وأخرج من أحد قطبيها اليها خطّ يكون عمودا عليها فهو يقع على مركز الدائرة فان أخرج الى الناحية الأخرى فانّه يقع على القطب الآخر من قطبي الدائرة

فلتكن الدائرة التي في الكرة دائرة آبج وليخرج من أحد قطبيها وهو نقطة د 16.30
اليها عمود ده وليلق سطح الدائرة على نقطة ه وليخرج خطّ ده وليلق بسيط الكرة الذى في الجهة الأخرى على نقطة ز فأقول انّ نقطة ه مركز دائرة آبج ونقطة ز القطب الآخر من قطبي دائرة آبج



فليخرج من نقطة ه خطا ها هب ولتوصل خطوط آد دب آز زب 18.1

فلأنّ خطّ ده عمود على دائرة آبج فانّه يحدث مع جميع الخطوط المستقيمة التي تخرج من طرفه في سطح دائرة آبج زوايا قائمة وقد خرج من طرفه كلّ واحد من خطّي آه هب 18.5
وهما في سطح دائرة آبج فيكون كلّ واحدة من زاويتين دها دهب قائمة فلأنّ خط آد مساو لخطّ دب يكون المربّع الكائن من خطّ آد مساويا للمربّع الكائن من خطّ دب[1] والمربّع الكائن من خطّ آد مساو للمربّعين الكائنين من خطّي آه هد والمربّع الكائن من[1]

---

١ من ... دب : in marg. a. m.; صح post

خطّ[1] دب[2] مساو للمربّعين الكائنين من خطّي ده هب فالمربّعان الكائنان من خطّي اه هد مساويان للمربّعين[3] الكائنين من خطّين به هد و يسقط المربّع المشترك و هو الكائن من خطّ ده فيبقى المربّع الكائن من خطّ اه مساويا للمربّع الكائن من خطّ هب فخطّ اه مساو لخطّ هب و كذلك أيضا نبيّن أنّ جميع الخطوط التي تخرج من نقطة ه الى خطّ ابج مساو بعضها لبعض فنقطة ه مركز دائرة ابج

و أقول أيضا أنّ نقطة ز هي القطب الآخر من قطبي دائرة ابج فلأنّ خطّ اه مساو لخطّ هب و خطّ زه مشترك و هو على زوايا قائمة على هذين الخطّين تكون قاعدة از مساوية لقاعدة[4] زب و كذلك أيضا أنّ جميع الخطوط المستقيمة التي تخرج من نقطة ز الى خطّ ابج المحيط مساو بعضها لبعض فنقطة ز هي القطب الآخر من قطبي دائرة ابج و قد كان تبيّن أنّ نقطة ه[5] مركز دائرة ابج فنقطة ه اذا[6] مركز دائرة ابج و نقطة ز هي القطب الآخر من قطبي دائرة ابج و ذلك ما أردنا أن نبيّن

يا

اذا كانت دائرة في كرة فانّ الخطّ المستقيم الذى تمرّ بقطبيها هو عمود عليها و هو يمرّ بمركزها و بمركز الكرة

24r فلتكن الدائرة التي في الكرة دائرة ابجد و ليكن قطباها نقطتي ه ز و ليوصل الخطّ المستقيم الذى يمرّ بقطبيها و هو هز فأقول أنّ خطّ هز عمود على دائرة ابجد و هو يمرّ بمركزها و بمركز الكرة

---

١ خطّ: om. a. m. in marg.

٢ دب: اد scr.

٣ للمربّعين: corr. ex لمربّعين

٤ لقاعدة: لقاعد scr.

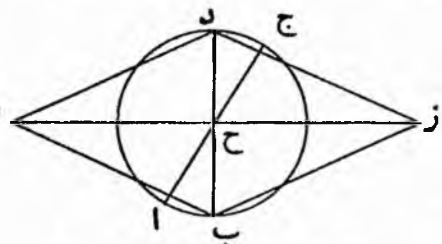
٥ ه: sup.

٦ اذا: sup.

فليمرّ[1] من سطح دائرة ابجد على[2] نقطة ح وليخرج من نقطة ح خطّا اح جح وليكن اح على استقامة حج وليخرج أيضا من نقطة ح خطّا حب حد وليكن حب على استقامة حد ولتوصل خطوط به هد بز زد

ولأنّ خطّ هب مساو لخطّ هد وخطّ هز مشترك يكون خطّا به هز مساويين

20.1 لخطّين ده هز كلّ واحد لنظيره وقاعدة بز مساوية لقاعدة زد فتكون زاوية بهز مساوية لزاوية دهز وأيضا فلأنّ خطّ به مساو لخطّ ده وخطّ هح مشترك يكون خطّا به هح مساويين لخطّين ده هح كلّ واحد لنظيره



20.5 وزاوية بهح مساوية لزاوية دهح فتكون قاعدة بح مساوية لقاعدة دح ويكون مثلث بهح مساويا لمثلث هدح ويكون سائر الزوايا مساوية لسائر الزوايا التي توتّرها الأضلاع المتساوية فزاوية دحه مساوية لزاوية بحه واذا قام خطّ مستقيم على خطّ مستقيم وصيّر الزاويتين اللّتين عن الجانبين متساويتين فكلّ واحدة من الزاويتين المتساويتين قائمة فخطّ هح قائمة على دب على زوايا قائمة وكذلك أيضا نبيّن أنّ خطّ هح أيضا عمود

20.10 قائم على خطّ اج على زوايا قائمة فهو أيضا قائم على السطح الذى يمرّ بخطّين بد اج أعني دائرة ابجد على زوايا قائمة فخطّ هحز قائم على دائرة ابجد على زوايا قائمة

فأقول أيضا انّه يمرّ بمركز الدائرة[3]

20.15 وذلك أنّ دائرة ابجد في كرة وقد أخرج من أحد قطبيها وهو نقطة ه اليها عمود هح ويلقى سطحها على نقطة ح فنقطة ح مركز دائرة ابجد وأقول انّه يمرّ

---

١ فليمرّ : obs.

٢ على : sup.

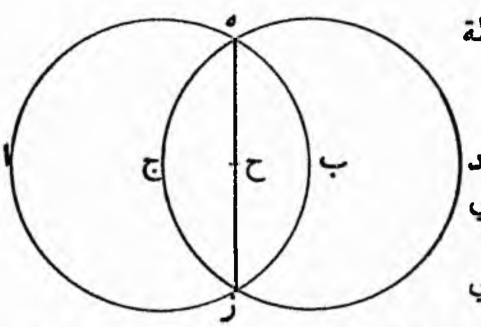
٣ post الدائرة in ras. وبمركز الكرة

بمركز الكرة أيضا وذلك أنّ دائرة آبجد في كرة وقد أخرج من مركزها على سطح
20.20 الدائرة عمود وهو خطّ هحز فمركز الكرة على خطّ هحز فخطّ هز يمرّ بمركز الكرة
فخطّ هحز عمود على دائرة آبجد وهو يمرّ بمركزها وبمركز الكرة وذلك ما أردنا أن نبيّن

يب

الدوائر[1] العظيمة التي في الكرة تقطع بعضها بعضا بنصفين

20.25 فلتكن دائرتان عظيمتان من الدوائر التي في الكرة وهما دائرتا آب جد تقطع أحدهما الأخرى على نقطتي ه ز فأقول أنّ دائرتي آب جد تقطع كلّ واحد منهما الأخرى بنصفين



فليعلّم مركزهما وليكن نقطة ح وهذه[2] النقطة هي مركز الكرة أيضا وليوصل خطّا هح حز
22.1 ولأنّ نقط ه ح ز في سطح دائرة آب وهي أيضا في سطح دائرة جد تكون نقط ا ه ح ز في 24v
سطحين دائرتي آب جد جميعا فنقط ه ح ز على الفصل المشترك بينهما والفصل
22.5 المشترك بين كلّ سطحين هو خطّ مستقيم فخطّ هحز مستقيم ولأنّ نقطة ح مركز دائرة آب يكون خطّ هحز قطرا لها وكلّ واحد من خطّين هاز هبز هو قوس نصف دائرة ولأنّ نقطة ح أيضا مركز دائرة جد يكون خطّ هحز قطرا لها فكلّ واحد من خطّي هجز هدز قوس نصف دائرة

فدائرتا آب جد تقطع كلّ واحد منهما الأخرى بنصفين وذلك ما أردنا أن نبيّن

---

١ الدوائر : الدائرة scr.

٢ هذه : هذ scr.

22.10 يح

ما كان من الدوائر التي في الكرة يقطع بعضها بعضا بنصفين فهي أعظم الدوائر فيها

فليكن في كرة دائرتا اب جد تقطع كلّ واحدة منهما الأخرى بنصفين على نقطتي ه ز

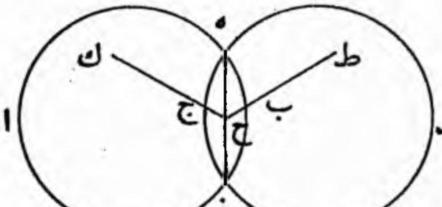
22.15 فأقول انّ دائرتي اب جد عظيمتان

فليوصل الفصل المشترك لهما وهو خطّ هز فخطّ هز قطر دائرتي اب جد وليقطع خطّ هز بنصفين على نقطة ح فنقطة ح اذا[1] مركز دائرتي اب جد

وأقول انّها مركز الكرة أيضا

فليقم على نقطة ح من سطح دائرة جد على زوايا قائمة وهو[2] خطّ حط وليقم على هذه النقطة أيضا من سطح دائرة اب خطّ حك على زوايا قائمة

22.20 ولأنّ دائرة جد في كرة وقد أخرج من مركزها على سطح الدائرة خطّ على زوايا قائمة وهو خطّ حط يكون مركز الكرة على خطّ حط



وكذلك أيضا نبيّن أنّه على خطّ حك فمركز الكرة على الفصل المشترك لخطّي حط حك والفصل المشترك لهما هو نقطة ح فنقطة ح مركز الكرة والدوائر التي تمرّ بمركز الكرة هي عظيمة فدائرتا اب جد عظيمتان وذلك ما أردنا أن نبيّن

24.1 يد

اذا قطعت دائرة عظيمة في كرة دائرة أخرى من الدوائر التي في الكرة على زوايا قائمة فهي تقطعها بنصفين وتمرّ بقطبيها

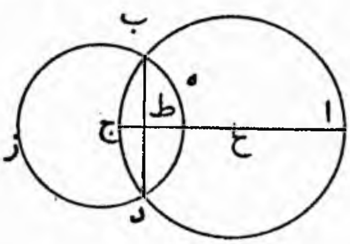
24.5 فليقطع في الكرة دائرة ابجد العظيمة دائرة أخرى من الدوائر التي في الكرة وهي دائرة هبزد على زوايا قائمة فأقول انّها تقطعها بنصفين وتمرّ بقطبيها

---

[1] اذا: sup. [2] وهو: otios.

فليوصل الفصل المشترك لهما وهو خطّ بد ولنجعل مركز دائرة ابجد نقطة ح
وهي أيضا مركز الكرة وليخرج من نقطة ح الى خطّ بد عمود حط ولينفذ في كلتي[1]
الجهتين وليلق بسيط الكرة على نقطتي ا ج 24.10 25r

فلأنّ كلّ واحد من السطحين قائم الى الآخر على زوايا قائمة أعني سطح دائرة ابجد
وسطح دائرة هبزد وقد أقيم على الفصل المشترك لهما وهو خطّ بد خطّ جطا على
زوايا قائمة وهو في أحد السطحين أعني سطح[2] دائرة ابجد يكون خطّ اج قائما على
زوايا قائمة ولأنّ دائرة هبز في كرة وقد أخرج من مركز الكرة اليها عمود حط ولقي 24.15
سطح دائرة هبزد على نقطة ط تكون نقطة ط مركز
دائرة هبزد وكلّ واحدة من قوسي بهد بزد نصف دائرة
فدائرة ابجد تقطع دائرة هبزد بنصفين 24.20



فأقول انّها تمرّ بقطبيها أيضا

وذلك أنّ دائرة هبزد في كرة وقد أخرج من مركز الكرة اليها عمود حط وأنفذ
في كلتي الجهتين ولقي بسيط الكرة على نقطتي ا ج واذا كانت دائرة في كرة ثمّ 24.25
أخرج من مركز الكرة اليها عمود وأنفذ في كلتي الجهتين فهو يقع على قطبيها
فنقطتا ا ج قطبا الدائرة فدائرة ابجد يقطع[3] دائرة هبزد بنصفين وتمرّ بقطبيها 24.30
وذلك ما أردنا أن نبيّن

يه 26.1

اذا كانت في كرة دائرة عظيمة وقطعت دائرة ما غير عظيمة من الدوائر التي في الكرة

---

١ كلتي : كلتين scr.

٢ سطح : in marg. ft. a. m.; صح post

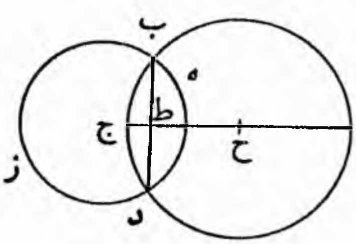
٣ يقطع : corr. in marg. ex تمرّ بقطبي in text. ft. a. m.

بنصفين فانّها تقطعها على زوايا قائمة و تمرّ بقطبيها .

26.5 فليكن الدائرة العظيمة التي في الكرة دائرة ابجد و لتقطع دائرة ما من الدوائر التي
في الكرة غير عظيمة و هي دائرة هبزد بنصفين فأقول انّها تقطعها على زوايا قائمة
و تمرّ بقطبيها

فليوصل الفصل المشترك لهما و هو خطّ بد فلأنّ دائرة ابجد تقطع دائرة هبزد
26.10 بنصفين يكون كلّ واحد من قوسي بهد بزد نصف دائرة فخطّ بد قطر لها فليقطع
خطّ بد بنصفين على نقطة ط فنقطة ط مركز دائرة هبزد و ليكن مركز دائرة ابجد
نقطة ح و هي مركز الكرة أيضا و ليوصل خطّ حط و لينفذ في كلتي الجهتين و ليلق
26.15 بسيط الكرة على نقطتي ا ج

فلأنّ دائرة هبزد في كرة و قد وصل بين مركزها و مركز الكرة بخطّ حط يكون
خطّ حط عمودا على دائرة هبزد و جميع السطوح التي
تخرج و تمرّ بخطّ حط قائمة على دائرة هبزد على زوايا
قائمة و أحد السطوح التي تمرّ بخطّ حط هي دائرة ابجد
26.21 ... [1] تقطع دائرة هبزد على زوايا قائمة



25v فأقول انّها [1] تمرّ بقطبيها .

و ذلك أنّه لما كانت دائرة هبزد في كرة و قد أخرج من مركز الكرة اليها عمود حط
26.25 و أنفذ الى كلتي الجهتين و لقي بسيط الكرة على نقطتي ا ج تكون نقطتا ا ج قطبي
دائرة هبزد فدائرة ابجد تمرّ بقطبي دائرة هبزد و قد كانت قطعتها على زوايا
قائمة فدائرة ابجد تقطع دائرة هبزد على زوايا قائمة و تمرّ بقطبيها و ذلك ما أردنا

---

1 ft. post ابجد hapl.; e Graec.: فدائرة ابجد قائمة على دائرة هبزد على زوايا قائمة فدائرة ابجد

أن نبيّن

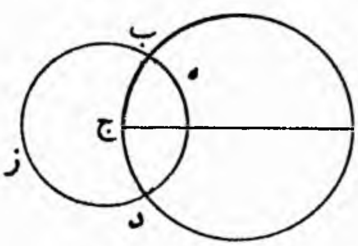
28.1 يو

اذا قطعت دائرة عظيمة في كرة دائرة ما من الدوائر التي في الكرة و مرّت بقطبيهـــا فهي تقطعها بنصفين و على زوايا قائمة

فلتقطع دائرة آبجد العظيمة التي في الكرة دائرة ما من الدوائر التي في الكرة و هي
28.5 دائرة هبزد و تمرّ بقطبيها فأقول أنّها تقطعها بنصفين و على زوايا قائمة

فليكن قطبا دائرة هبزد نقطتا آ ج و من البيّن أنّ نقطتي آ ج هما على دائرة آبجد[1] ... هي بقطبي دائرة هبزد و ليوصل خطّ آج

28.10 فدائرة هبزد في كرة و قد أخرج في الكرة خطّ مستقيم يمرّ بقطبيها و هو خـــطّ آج فاذا[2] كانت دائرة في كرة[2] فانّ الخطّ المستقيم الذى يمرّ بقطبيها عمود على الدائرة و هو يمرّ بمركـزها و بمركـز الكرة فخطّ آج عمود على دائـــرة هبزد فجميع السطوح التي تمرّ بخطّ آج قائمة على دائـــرة
28.15 هبزد على زوايا قائمة و أحد السطوح التي تمرّ بخـــطّ آج دائرة آبجد فدائرة آبجد تقطع دائرة هبزد على زوايا قائمة فهي تقطعها بنصفيـــن فدائرة آبجد تقطع دائرة هبزد بنصفين و قد كانت قطعتها أيضا على زوايا قائـــمة فدائرة آبجد تقطع دائرة هبزد بنصفين و على زوايا قائمة و ذلك ما أردنا أن نبيّن



28.20 يز

اذا كانت في كرة دائرة عظيمة فانّ الخطّ المستقيم الذى يخرج من قطبها الى الخطّ

---

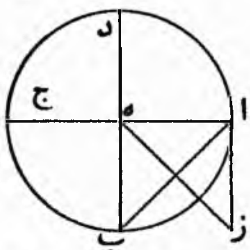
١ ft. post آبجد hapl.; sup. lin. not. sed emend. om.; e Graec.: لأنّ دائرة آبجد تمرّ

٢ فاذا...كرة: in marg. et فاذا obs.; in text. فدائرة هبزد في كرة فنقا in ras.

المحيط بها مساو لضلع المربّع الذى يرسم في الدائرة العظيمة

فلتكن الدائرة العظيمة التي في الكرة دائرة ابجد فأقول انّ الخطّ المستقيم الذى
28.25 يخرج من قطبها الى الخطّ المحيط بها مساو لضلع المربّع الذى يرسم في الدائرة العظيمة

فليخرج قطران لدائرة ابجد متقاطعان على زوايا قائمة وهما خطّا اج بد فلأنّ
دائرة ابجد عظيمة يكون مركزها ومركز الكرة واحدا بعينه وليكن نقطة ه ولنقم من
نقطة ه من سطح دائرة ابجد عمودا على الدائرة وهو خطّ هز وليلق بسيط الكرة
30.1 على نقطة ز فنقطة ز قطب دائرة ابجد وليوصل خطّا زا اب فخطّ اب هو ضلع
المربّع الذى يرسم في دائرة ابجد فخطّ زا يخرج من القطب الى الخطّ المحيط بالدائرة
فأقول انّ خطّ زا مساو لخطّ اب



وذلك أنّ ا خطّ زه عمود على دائرة ابجد فهو يحدث مع 26r
30.5 جميع الخطوط المستقيمة التي تخرج من طرفه في سطح دائرة ابجد
زوايا قائمة فيكون خطّ زه عمودا على كلّ واحد من خطوط اه هب هد هج[1] ولأنّ
نقطة ه مركز الكرة يكون هب مساويا لخطّ[2] هز وخطّ ها مشترك فخطّا ها هب
مساويان لخطّي ها هز كلّ واحد منهما لنظيره وزاوية بها القائمة مساوية لزاوية اهز
30.10 القائمة فقاعدة با مساوية لقاعدة از وزا هو الذى يخرج من قطب دائرة ابجد العظمى
والخطّ الذى يخرج من قطب دائرة ابجد الى الخطّ المحيط بها مساو لضلع المربّع
الذى يرسم في الدائرة العظيمة وذلك ما أردنا أن نبيّن

30.15

يج

اذا كانت دائرة في كرة وكان الخطّ المستقيم الذى يخرج من قطبها الى الخطّ

---

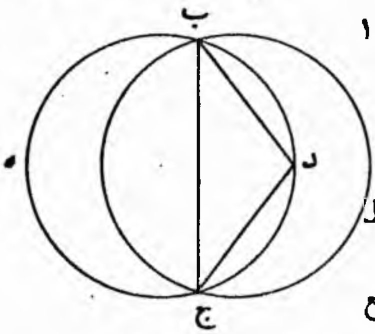
١ هج : in marg.

٢ لخطّ : bis et pr. in ras.

المحيط بها مساو لضلع المربّع الذى يرسم في الدائرة العظيمة التي تكون في الكرة فالدائرة أيضا عظيمة

30.20 فلتكن في كرة دائرة آبج وليكن خطّ دج الذى يخرج من قطبها الى الخطّ المحيط بها مساويا لضلع المربّع الذى يرسم في الدائرة العظيمة التي في الكرة فأقول انّ دائرة آبج أيضا عظيمة

فليخرج سطح يمرّ بخطّ دج وبمركز الكرة ويحدث قطعا يكون في بسيط الكرة دائرة عظيمة وهي دائرة بدجه وليكن الفصل المشترك لها[1]



30.25 ولدائرة آبج خطّ بج وليوصل خطّ دب

فخطّ دب مساو لخطّ دج ولأنّ[2] خطّ دب مساو لخطّ دج[2] وخطّ جد هو ضلع المربّع يكون خطّ بد ضلع المربّع أيضا وكلّ واحد من قوسي بد دج ربع دائرة فقوس بدج نصف قوس دائرة فخطّ بج

32.1 قطر دائرة دهبج فلأنّ دائرة دهبج العظيمة في كرة وقد قطعت دائرة ما من الدوائر التي في الكرة وهي دائرة آبج ومرّت بقطبيها فهي أيضا تقطعها بنصفين فدائرتا آبج دهبج تقطع كلّ واحد منهما الأخرى بنصفين والدوائر[3] التي تقطع بعضها بعضا في الكرة بنصفين نصفين هي عظيمة فدائرة آبج عظيمة وذلك ما أردنا أن نبيّن

32.5 يط

كيف نجد خطّا مساويا لقطر دائرة معلومة في كرة

فلتكن الدائرة المعلومة في كرة دائرة آبج ونريد أن نخطّ خطّا مساويا لقطرها

---

١ لها: in marg.; عليها in text.

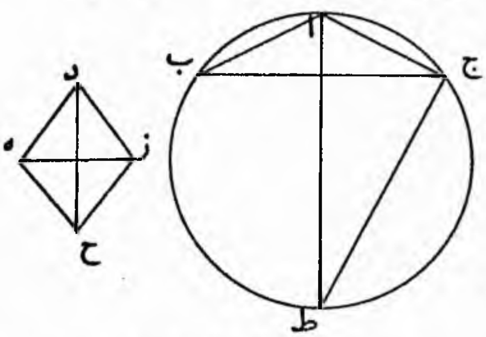
٢ ولأنّ ... دج: dittog. et pr. in ras.

٣ الدوائر: litt., sup.

32.10 فتعلّم على قوس آبج ثلاث نقط كيف ما اتّفق فهي نقط آ ب ج وليعمل من ثلاثة
خطوط مستقيمة مثلث دهز حتّى يكون خطّ ده مساويا للخطّ الذى يصل بين نقطة آ 26v
و[1] نقطة ب ويكون خطّ دز مساويا للخطّ الذى يصل بين نقطة آ[1] ونقطة ج ويكون
خطّ هز مساويا للخطّ الذى يصل بين نقطة ب ونقطة ج ولنتوهّم أنّ خطوط آج جب
بآ موصولة وليخرج من نقطتي ه ز على خطّي ده دز خطّان على زوايا قائمة وهما
خطّا هح زح وليوصل خطّ دح فأقول أنّ خطّ دح مساو لقطر دائرة آبج

32.15 فلنتوهّم قطر الدائرة آط وليوصل خطّ[2] جط

فلأنّ خطّي آب بج مساويان لخطّي ده هز كلّ واحد منهما لنظيره وقاعدة آج
مساوية لقاعدة دز تكون زاوية آبج مساوية لزاوية دهز ولكنّ زاوية آبج مساوية لزاوية
آطج وذلك أنّهما في قطعة واحدة أعني قطعة



32.20 آج من الدائرة وزاوية دهز[3] مساوية لزاوية دحز
وذلك أنّ نقط د ه ح ز تمرّ بها دائرة آبج
فزاوية آطج مساوية لزاوية دحز وزاوية دزح
القائمة مساوية لزاوية آجط القائمة ف آجط دحز مثلثان وزاويتا آطج آجط من
أحدهما مساويتان لزاويتي دحز دزح من الآخر كلّ واحدة لنظيرتها وضلع آج من
أحدهما الموتر لأخرى الزوايا المتساوية مساو[4] لضلع دز الذى هو نظيره من الآخر فيكون
سائر الاضلاع مساوية لسائر الاضلاع كلّ ضلع لنظيره فخطّ آط مساو لخطّ دح وخطّ
آط قطر دائرة آبج فخطّ دح مساو لقطر دائرة آبج وذلك ما أردنا أن نبيّن

---

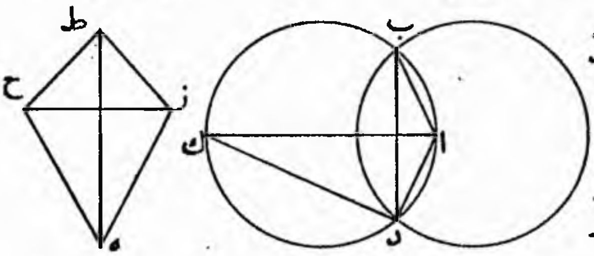
١ و...آ: in marg. a. m.
٢ post خط in ras. دح
٣ دهز: sup.
٤ مساو: litt. و sub.

ك

فلنتوهّم كيف نخطّ خطّا مثل قطر كرة معلومة

فلنتوهّم الكرة التي نريد أن نجد[1] خطّا[2] مثل قطرها ولتعلّم على بسيط الكرة نقطتان كيف ما وقعتا وهما نقطتا آ ب ونخطّ على قطب آ وببعد آب دائرة بجد فقد تمكّنا أن نخطّ خطّا مثل قطر دائرة دبج فليكن خطّ زح ويعمل من الثلاثة الخطوط المستقيمة التي اثنان منها مساويان للخطّين اللّذين خرجا من القطب الى الدائرة والواحد مساو للقطر الذى ذكرنا وهو[3] مثلث هزح فيكون كلّ واحد من خطّي زه هح مساو للخطّ الذى خرج من قطب آ الى الخطّ المحيط بدائرة دبج ويكون خطّ زح مساويا للقطر وليخرج من نقطتي ز ح من خطّي هز هح خطّان على زوايا قائمة وهما خطّا زط حط وليوصل هط فأقول انّ خطّ هط مساو لقطر الكرة

فلنتوهّم قطر الكرة خطّ آك وليمرّ بخطّ آك سطح يحدث قطعا يكون دائرة عظيمة وهي دائرة آبد وليوصل خطوط آب بد آد دك



ولأنّ خطّا آب بد مساويان لخطّي هز زح كلّ واحد منهما لنظيره وقاعدة آد مساوية لقاعدة هح تكون زاوية آبد مساوية لزاوية هزح ولكنّ زاوية آبد مساوية لزاوية آكد وزاوية | هزح مساوية لزاوية هطح 27r فزاوية آكد مساوية لزاوية هطح وزاوية آدك قائمة مساوية[4] لزاوية هحط[5] القائمة فمثلثا آكد هطح[4] زاويتا آدك دكآ من أحدهما متساويتان لزاويتين هطح طحه

---

١ نجد: in marg. a. m.

٢ خطّا: litt. ا ins. ٣ وهو: otios.

٤ مساوية ... هطح: in marg. a. m.; صح supra

٥ هحط: m. sec. in marg. sed corr. falso m. tert. sup.: هطح صح

من الآخر كلّ واحدة لنظيرتها وضلع آد من أحدهما وهو الذى يوتّر احدى الزوايا المتساوية مساو لضلع هح من الآخر الذى هو نظيره فسائر الأضلاع مساو لسائر الأضلاع

34.25 كلّ ضلع لنظيره فخطّ آك مساو لخطّ هط وخطّ آك قطر الكرة فخطّ هط مساو لقطر الكرة المعلومة وذلك ما أردنا أن نعمل

36.1 كا

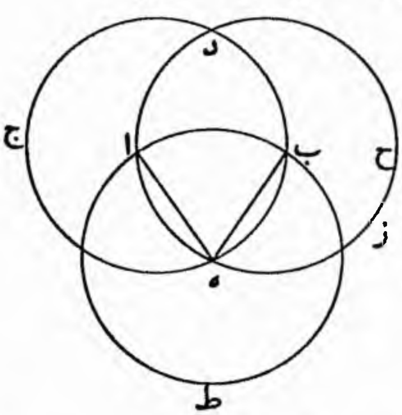
كيف نرسم دائرة عظيمة تمرّ بنقطتين معلومتين في بسيط الكرة

36.5 فلتكن النقطتان المعلومتان اللّتان في بسيط الكرة نقطتي آ ب ونريد أن نرسم دائرة عظيمة تمرّ بهما

فان كانت هاتان النقطتان على قطر الكرة فقد تبيّن أنّه سترسم على نقطتي آ ب دوائر عظيمة غير متناهية

فان لم تكن نقطتا آ ب على قطر الكرة فلنرسم على قطب آ وببعد مساو لضلع

36.10 المربّع الذى نرسم في دائرة عظيمة دائرة هجد فدائرة هجد عظيمة وذلك أنّ الخطّ المستقيم[1] الذى يخرج من قطبها الى الخطّ[1] المحيط بها مساو لضلع المربّع الذى نرسم في دائرة عظيمة وأيضا فلنرسم على قطب ب وببعد ضلع المربّع الذى يرسم في دائرة



36.15 عظيمة دائرة هزح فدائرة هزح[2] عظيمة وذلك أنّ الخطّ المستقيم الذى يخرج من قطبها الى الخطّ المحيط بها مساو لضلع المربّع الذى نرسم في دائرة عظيمة ولنوصل بين نقطة ه وبين نقطتي آ ب[3]

---

١ المستقيم ... الخطّ : in marg. a. m.

٢ فدائرة هزح : in marg. a. m.

٣ post آ ب scr. خطّا

بخطين مستقيمين و هما خطا ها هب
وكل واحد من خطين آه هب مساو لضلع المربع الذى يرسم في دائرة عظيمة فخط
36.20 ها مساو لخط هب و الدائرة التي ترسم على قطب ه وببعد هب تمر بنقطة آ أيضا
من أجل أن خط ها مساو لخط هب ولترسم ولتكن دائرة ابط فدائرة ابط عظيمة
وذلك أن الخط المستقيم الذى يخرج من قطبها الى الخط المحيط بها مساو لضلع المربع
36.25 الذى يرسم في دائرة عظيمة فقد رسمت دائرة ابط العظيمة ومرت بنقطتي آب
المعلومتين الذى على بسيط الكرة وذلك ما أردنا أن نعمل

كب

كيف نجد قطب دائرة معلومة في كرة

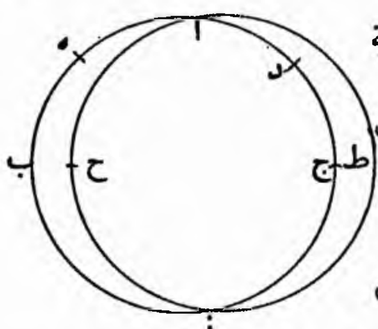
فلتكن الدائرة ا المعلومة التي في كرة دائرة ابج ونريد أن نجد قطبها 27v
38.1 فليتعلم على الخط المحيط بالدائرة نقطة كيف ما وقعت وهو نقطة[1] آ وليفصل منها
قوسين متساويين وهما قوسا آد آه ولتقسم قوس دزه الباقية بنصفين على نقطة ز
فدائرة ابج اما أن تكون عظيمة واما أن لا[2] تكون كذلك
38.5 فلتكن أولا غير[3] عظيمة ولترسم على نقطتي ز آ المعلومتين[4] اللتين على السطح
الكرى دائرة عظيمة وهي دائرة زاط
فلأن قوس دا مثل قوس آه وقوس دز مثل قوس زه[5] يكون جميع قوس آدز مساويا
38.10 لجميع قوس آهز فدائرة زاط تقطع دائرة آد بنصفين فهي تقطعها على زوايا قائمة

---

١ وهو نقطة : bis.
٢ لا : sup. a. m.
٣ غير : sup. a. m.
٤ المعلومتين : litt. ا ins. a. m.
٥ زه : litt. ه ins. a. m.

38.15 وتمرّ بقطبيها فلتقسم قوس زحا بنصفين على نقطة ح فنقطة ح قطب دائرة ابج

وأيضا فانّا نجعل دائرة ابج عظيمة وكذلك نبيّن أنّ قوس ادز مساوية لقوس اهز
ولتقسم قوس ادز بنصفين على نقطة ج وكلّ واحد من قوسي اج جز ربع دائـــرة
38.20 والدائرة التي ترسم على قطب ج وببعد جز تمرّ أيضا بنقطة ا لأنّ نقطة ا تقابـــل
نقطة ز فلترسم ولتكن مثل دائرة زاط فدائرة زاط عظيمة وذلك أنّ الخطّ الـــذى
يخرج من قطبها الى الخطّ المحيط بها مساو لضلع المربّع الذى يرسم في دائرة عظيمـــة
38.25 ونقطة ج قطب دائرة زاط فدائرة ابج تقطع دائرة زط وتمرّ بقطبيها فدائرة ابـــج
العظيمة في كرة وهي تقطع دائرة أخرى من الدوائر التي في الكرة وهي دائرة زط وتمرّ
بقطبيها فهي تقطعها بنصفين على زوايا قائمة فدائرة ابج قائمة على دائرة زاط على
زوايا قائمة فدائرة زاط أيضا قائمة على زوايا قائمة فدائـــرة



38.30 اطز العظيمة في كرة هي تقطع دائرة أخرى من الدوائر التي
في الكرة وهي دائرة ابج على زوايا قائمة فهي تقطعهـــا
40.1 بنصفين وتمرّ بقطبيها فدائرة اطز تقطع دائرة ابج بنصفين
وتمرّ بقطبيها فلتقسم قوس زحا بنصفين على نقطة ح فنقطة ح قطب دائرة ابـــج
وذلك ما أردنا أن نبيّن

تمّت المقالة الأولى من كتاب ثاوذوسيوس
في الأكر وهي اثنا عشرون شكلا

42.1 ## المقالة الثانية من كتاب ثاوذوسيوس في الأكر

يقال أنّ الدوائر تماسّ بعضها بعضا في الكرة اذا كان الفصل المشترك لسطوحها مماسّا للدائرتين جميعا

١

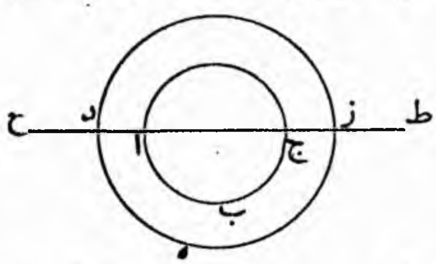
42.5 الدوائر المتوازية ا التي في الكرة اقطابها واحدة باعيانها 28r

فليكن في كرة دائرتا ابج دهز المتوازيتان [1] فأقول انّ قطبي دائرتي ابج دهز واحدة باعيانها

برهان ذلك [2] انّا نجد قطبي دائرة ابج [3] فليكن قطبا دائرة ابج نقطتي ح ط وليوصل خطّ حط

42.10 فخطّ حط يمرّ بمركز دائرة ابج وبمركز الكرة واذا كانت في كرة دائرة فانّ الخطّ المستقيم [4] الذي يمرّ [5] بقطبيها هو عمود عليها وهو [5] يمرّ بمركزها وبمركز الكرة فلأنّ خطّ حط عمود قائم على دائرة ابجد ودائرة ابج موازية لدائرة دهز يكون

42.15 خطّ حط عمودا على دائرة دهز أيضا فلأنّ دائرة دهز في كرة وقد أخرج من مركز الكرة اليها عمود حط وأنفذ الى كلتي الجهتين ولقي سطح الكرة



42.21 على نقطتي ح ط تكون نقطتا ح ط قطبي دائرة دهز وهما أيضا قطبا دائرة ابج

---

١ post المتوازيتان in ras.: فاقول أنّ قطبي دائرتي ابج دهز المتوازيتان

٢ برهان ذلك: in atrament. ruf.

٣ post ابج in ras.: فليكن نقطتا ح ط وليوصل كلّ واحدة من دائرتي ابج دهز هما قطبا الدائرة الأخرى منهما

٤ المستقيم: sup.

٥ يمرّ ... وهو: in marg., ft. a. m.

فقطبا كلّ واحدة من دائرتين آبج دهز قطبا الدائرة الأخرى منهما وذلك ما أردنا أن نبيّن

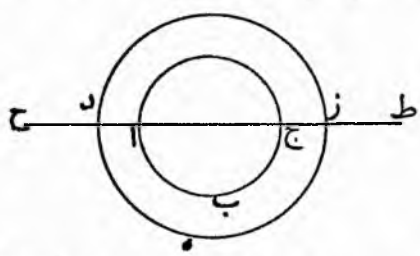
ب

42.25 الدوائر[1] التي تكون في كرة على قطبين[2] مشتركين لها هي متوازية

فلتكن في كرة على قطبي ح ط دائرتا آبج دهز فأقول انّ دائرتي آبج دهز متوازيان

فليوصل خطّ حط

44.1 فلأنّ دائرة آبج في كرة وقد أخرج خطّ يمرّ بقطبيها وهو حط يكون خطّ حط عمودا على دائرة آبج وكذلك أيضا نبيّن[3] أنّه عمود



أيضا على دائرة دهز والسطوح التي يقع عليها خطّ واحد بعينه فيكون عمودا عليها اذا أخرجت

44.5 لم تلتق فاذا أخرج سطحا دائرتي آبج دهز لم يلقيا فدائرة آبج موازية لدائرة دهز وذلك ما أردنا أن نبيّن

ج

اذا كانت دائرتان في كرة تقطعان خطّا محيطا بدائرة ما عظيمة من الدوائر التي فيها

44.10 على نقطة واحدة بعينها وكانت اقطابها على تلك الدائرة فانّ الدائرتين متماسّان[4]

فلتقطع في كرة دائرتا آبج دهز الخطّ المحيط بدائرة آجه العظيمة على نقطة

28v واحدة بعينها ا وهي نقطة ج وليكن اقطابهما على دائرة آجه فأقول انّ دائرتي آبج

---

١ الدوائر : الدائرة scr. et و ins. sup.

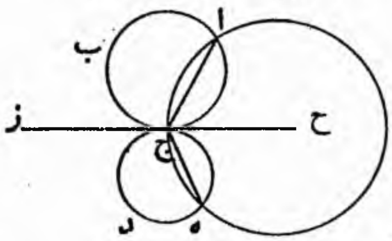
٢ قطبين : litt. بين obs.

٣ نبيّن : سس s. p. scr.

٤ متماسّان : منهاسان scr. et منها corr. ad متما sup.

ده‍ج متماستان

44.15 فليكن الفصل المشترك لدائرة اجه ودائرة جده خط جه والفصل المشترك لسطح
دائرة اجه ولدائرة اجب[1] خط اج و[2] لدائرة ابج ولدائرة جده خط حز[2]
فدائرة اجه العظيمة من الدوائر التي في الكرة تقطع أخرى من الدوائر التي فيها فهي
دائرة ابج وتمر بقطبيها فهي تقطعها بنصفين على زوايا قائمة فخط اج قطر دائـــرة
44.20 ابج وكذلك أيضا نبين أن خط جه قطر دائرة جده فلأن دائرة اجه قائمة على كـــل
واحدة من دائرتي ابج جده على زوايا قائمة يكون[3] كل واحدة من دائرتي[4] ابج جده
قائمة على دائرة اجه[3] ويكون الفصل المشترك لهما أيضا عمودا على دائرة اجه وذلك
أنه اذا قام سطحان على سطح واحد على زوايا قائمة فان الفصل المشترك لهما أيضـــا
يكون عمودا على ذلك السطح بعينه فهو أيضا عمود على



44.25 جميع الخطوط المستقيمة التي تخرج من طرفه في سطـــح
دائرة اجه على زوايا قائمة وقد خرج من طرفه[5] كـــل
واحد من خطي اج جه اللذين هما في سطح دائرة اجه فخط زح عمود على كـــل
واحد من خطي اج جه فلأن قد أخرج من طرف قطر دائرة ابج خط زح على زوايـــا
قائمة يكون خط زح[6] مماسا لدائرة ابج على نقطة ج وكذلك نبين أن خط زح يماس
46.1 دائرة جده أيضا على نقطة ج والدوائر التي يقال بعضها يماس بعضا في الكرة هـــي
التي يكون الفصل المشترك لسطوحها مماسا لها جميعا وخط زح مماس لدائرتين جميعا

---

١ ولدائرة اجب: add. in lin. sec. ex marg. sup., ft. a. m.

٢ و... حز: in marg., ft. a. m.

٣ يكون ... اجه: in marg. a. m.

٤ دائرتي: دارئرتي ? a. m. in marg.

٥ طرفه: corr. ex طرف

٦ زح: زه falso scr.

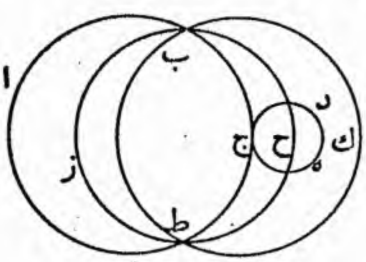
على نقطة ج فدائرتا ابج جده أيضا تماسّ احداهما الأخرى وذلك ما أردنا أن نبيّن

د

اذا ماسّت دائرتان في كرة فانّ الدائرة العظيمة التي تمرّ باقطابهما تمرّ أيضا بموضع تماسّهما

فلتماسّ في كرة دائرتا ابج جده احداهما للأخرى على نقطة ج ولتكن نقطة[1] ز قطبا لدائرة ابج[1] ونقطة ح قطبا لدائرة جده فأقول انّ الدائرة العظمى التي تمرّ بقطبي ز ح تمرّ أيضا بنقطة ج

لا يمكن غير ذلك فان أمكن فلا تمرّ بها ولتكن مثل دائرة زبح ولترسم على قطب ح وببعد حب دائرة بكط فدائرة جده موازية لدائرة بكط وذلك أنّهما جميعا على اقطاب باعيانها فلأنّ دائرتي ابج بكط في كرة وهما تقطعان[2] خطّا محيطا بدائرة ما عظيمة وهو خطّ زبح على نقطة ب واقطابهما على تلك الدائرة تكون دائرتا ابج بكط متماسّتين وقد تقاطعتا وذلك محال فليس يمكن الّا تمرّ الدائرة العظمى التي تمرّ بقطبي ز ح بنقطة ج فالدائرة العظيمة التي تمرّ باقطاب دائرتي ابج جده تمرّ أيضا بموضع مماسّتهما وذلك ما أردنا أن نبيّن



29r

ه

اذا تماسّت دائرتان في كرة فانّ الدائرة العظمى التي تمرّ بقطبي احدى الدائرتين وبموضع التماسّ تمرّ أيضا بقطبي الدائرة الأخرى

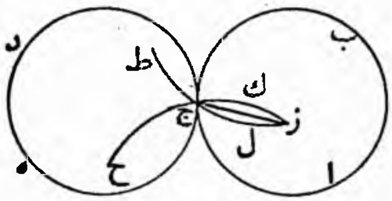
---

١ نقطة... ابج: in marg., ft. a. m.

٢ تقطعان: litt. ن sub.

فلتماسّ[1] في كرة دائرتا ابج جده احداهما الأخرى[1] على نقطة ج وليكن قطب 46.30 دائرة ابج نقطة ز وقطب دائرة جده نقطة ح فأقول انّ الدائرة العظمى التي تمرّ بنقطتي ز ج تمرّ أيضا بنقطة ح

48.1 فان لم يكن ذلك كذلك وأمكن غيره فلتخرج فلتكن مثل دائرة زجط وتخرج دائرة أخرى عظيمة تمرّ بقطبي ز ح فهي تمرّ بنقطة ج أيضا



ولأنّ كلّ واحدة من دائرتي زجح زجط عظيمة 48.5 صارت كلّ واحدة منهما تقسم الأخرى بنصفين وكلّ واحدة من قوسي زكج زلج نصف دائرة فخطّ زج قطر الكرة لأنه قطر دائرتي زجح زجط العظيمتين ولكنه أيضا خرج من قطب دائرة ابج الى محيطها وذلك غير ممكن فالدائرة العظمى التي تمرّ بنقطتي ز ج تمرّ بنقطة ح أيضا[2] وذلك ما أردنا أن نبيّن

48.10 و

اذا ماسّت دائرة عظيمة في كرة دائرة أخرى من الدوائر التي في الكرة فانّها تماسّ دائرة أخرى مساوية لتلك[3] الدائرة وموازية لها

فلتماسّ في كرة دائرة ابج العظمى دائرة أخرى من الدوائر التي في الكرة وهي دائرة جد على نقطة ج فأقول انّ دائرة ابج تماسّ دائرة أخرى مساوية وموازية 48.15 لدائرة جد

فلنتعلّم قطب دائرة جد وليكن نقطة ه ولترسم دائرة عظيمة تمرّ بنقطتي ج ه وهي دائرة جهدبزح ولتفصل منها قوس بز ونجعلها مساوية لقوس جه ولترسم على قطب

---

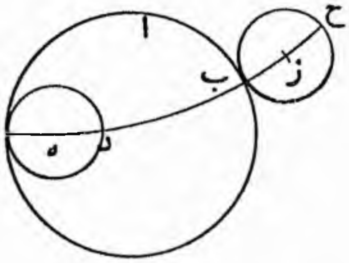
١ فلتماسّ... الأخرى: in marg. a. m.

٢ أيضا: bis.

٣ لتلك: corr. in marg. ex لذلك, ft. a. m.

48.20 ز و ببعد زب دائرة بح

فلأنّ دائرتي ابج جد تماسّ احداهما الأخرى و هما في كرة و قد رسمت في الكرة دائرة تمرّ بقطب دائرة جد و هو نقطة ه و بموضع



المماسّة و هي دائرة جهدبزح صارت دائرة جهدبزح تمرّ بقطبي دائرة ابج أيضا و لأنّ دائرتي ابج بح

48.25 في كرة تقطعان خطّا ا محيطا بدائرة أخرى عظيمة على 29v

نقطة واحدة بعينها و هي نقطة ب و قطباهما على الدائرة يكون كلّ واحدة من دائرتي ابج بح مماسّة للأخرى و لأنّ قوس جه مساوية لقوس بز و قوس به مشتركة يكون كلّ قوس جهب مساوية لكلّ قوس هز و قوس جهب نصف دائرة فقوس هز نصف دائرة فنقطة ه مقابلة ز و نقطة ز قطب دائرة بح تكون نقطة ه أيضا قطب دائرة بح

50.1 فدائرتا جد بح على اقطاب باعيانها و الدوائر التي تكون على اقطاب باعيانها هي

50.5 متوازية فدائرة جد موازية لدائرة بح و لأنّ قوس جه مساوية لقوس بز تكون دائرة جد أيضا مساوية لدائرة بح و قد كانت موازية لها فدائرة ابج تماسّ دائرة أخرى مساوية لدائرة جد و موازية لها و ذلك ما أردنا أن نبيّن

ز

50.10 اذا كانت في كرة دائرتان[1] متساويتان متوازيتان فانّ الدائرة[2] العظمى التي تماسّ احداهما تماسّ الأخرى أيضا

فليكن في كرة دائرتان متساويتان متوازيتان و هما اب جد فأقول انّ الدائرة العظمى التي تماسّ دائرة اب تماسّ أيضا دائرة جد

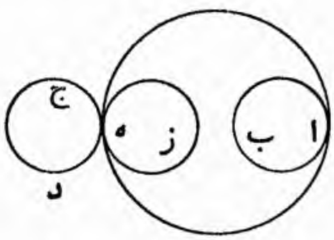
---

١ دائرتان: litt. ئرتـ obs.

٢ الدائرة: litt. ة ins. a. m.

فان أمكن أن لا يكون كذلك فلتماسّ دائرة العظمى دائرة آب على نقطة آ لا تماسّ 50.15 دائرة جد

فلأنّ دائرة آه العظمى التي في الكرة تماسّ دائرة ما من الدوائر التي في الكرة وهي دائرة آب فهي تماسّ أيضا دائرة أخرى مساوية لدائرة آب وموازية لها فلتماسّ دائرة هز



فدائرة آب مساوية وموازية لدائرة هز[1] وقد كانت دائرة آب مساوية وموازية 50.20 لدائرة[1] جد فتكون في كرة واحدة ثلاث دوائر متساوية متوازية وذلك غير ممكن فليس ممكن أن لا تماسّ الدائرة العظمى التي تماسّ دائرة آب دائرة جد فهي مماسّة لها وذلك ما أردنا أن نبيّن

ح

50.25 اذا كانت في كرة دائرة عظيمة مائلة على دائرة أخرى من الدوائر التي في الكرة فهي تماسّ دائرتين مساوية احداهما الأخرى وموازيين للدائرة الأخرى التي تقدّم ذكرها

فلتكن دائرة آبج العظمى التي في الكرة مائلة على دائرة من الدوائر التي في الكرة وهي دائرة بد أعني أن لا يكون مارّة بقطبي دائرة بد فأقول أنّ دائرة آبج تماسّ 50.30 30r دائرتين مساوية احداهما للأخرى ا موازيتين لدائرة بد

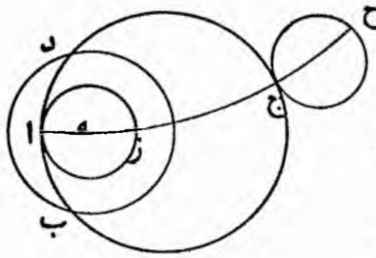
52.1 فلأنّ دائرة آبج مائلة على دائرة بد لا يكون قطب دائرة بد على دائرة ابج فلنتعلّم قطب بد وليكن نقطة ه ولترسم دائرة عظيمة تمرّ بنقطة ه وبقطبي دائرة آبج 52.5 وهي دائرة آهج ولنرسم على قطب ه وببعد ها دائرة آز

فدائرة آز موازية لدائرة بد وذلك أنهما على اقطاب باعيانها فلأنّ دائرتي ابج

---

١ لدائرة ... هز: in marg., ft. a. m.

آز اللّتين في الكرة يقطعان خطّا محيطا بدائرة عظيمة من الدوائر التي في الكرة و هي دائرة آهزح على نقطة واحدة بعينها و هي نقطـــة آ



و اقطابهما عليه تكون الدائرتان متماسّتين فدائرة آبـــج تماسّ دائرة آز و لأنّ دائرة آبج العظمى في كرة و تماسّ دائرة ما من الدوائر التي في الكرة فهي تماسّ دائرة أخرى مساوية و موازية لدائرة آز فلتماسّ دائرة حج فلأنّ دائرة آز مساوية و موازية لدائـــرة جح و دائرة آز موازية لدائرة بد تكون دائرة جح موازية لدائرة بد فدائرة آبـــج تماسّ دائرتين مساوية احداهما للأخرى موازيتين لدائرة بد و ذلك ما أردنا أن نبيّن

ط

اذا كانت في كرة دائرتان تقطع احداهما[1] الأخرى و رسمت دائرة عظيمة تمـــرّ باقطابهما فانّها تقسم القطع التي فصلت من الدوائر بنـصفين نصفين

فلتقطع في كرة دائرتا زاهب زجهد احداهما[2] الأخرى على نقطتي ه ز و لترسم دائرة عظيمة تمرّ باقطابهما و هي دائرة اجبد فأقول انّ دائرة اجبد تقسم القطـــع التي فصلت من الدوائر بنصفين نصفين أعني أنّ قوس زا تكون مساوية لقوس اه و تكـون قوس زب مساوية لقوس به و تكون قوس زج مساوية لقوس جه و قوس زد مساويـــة لقوس ده

فليكن الفصل المشترك لدائرتي اجبد زاهب خطّ اب و لدائرتين اجبد زجهـــد خطّ جد و ليوصل خطّا زح حه

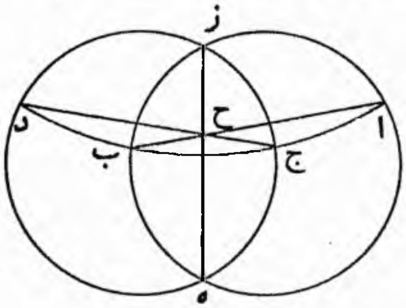
فلأنّ نقط ز ح ه في سطح دائرة زاهب[3] و هي أيضا في سطح دائرة زجهد تكون

---

١ احداهما: l sec. ins. sup. a. m.

٢ احداهما: l sec. ins. sup. a. m.

نقط ز ح ه على الفصل المشترك لسطحي الدائرتين الأوليين و الفصل المشترك



54.1 لجميع السطوح هو خطّ مستقيم فخطّ زح متّصل بخطّ
حه على استقامة و دائرة اجبد عظيمة في كرة و هي[١]
تقطع دائرة أخرى من الدوائر التي في الكرة و هو دائرة[٢]
زاهب و تمرّ بقطبيها فهي تقطعها بنصفين على زوايا
54.5 قائمة فخطّ اب قطر دائرة زاهب وكذلك أيضا نبيّن أنّ خطّ جد قطر دائرة زدهج
ولأنّ دائرة اجبد قائمة على كلّ واحدة من دائرتي زاهب زدهج على زوايا قائمة
يكون أيضا كلّ واحدة من دائرتي زاهب زدهج قائمة على دائرة اجبد على زوايا قائمة
و اذا كانت دائرتان تقطع احداهما[٣] الأخرى قائمتين على سطح ما على زوايا قائمة فانّ
الفصل المشترك لهما أيضا قائمة على ذلك سطح بعينه | على زوايا قائمة فالفصل 30v
54.10 المشترك لدائرتي زاهب زدهج عمود على سطح اجبد و الفصل المشترك لهما هو خطّ
زحه فخطّ[٤] زحه عمود على دائرة اجبد فهو يحدث مع جميع الخطوط المستقيمة التي
تخرج من نقطة منه في سطح دائرة اجبد زوايا قائمة فكلّ واحد من خطّي اب جد
اللّذين هما في سطح دائرة اجبد قد أخرج من نقطة ح من خطّ زحه[٥] فخطّ زحه
54.15 عمود على كلّ واحد من خطّي اب جد و[٦] كلّ واحد من خطّي اب جد[٦] عمود على
خطّ زحه فلأنّه قد خرج في دائرة زاهب خطّ يمرّ بالمركز و هو خطّ اب و قطع خطّا
آخر لا يمرّ بالمركز و هو خطّ زحه على زوايا قائمة فهو يقطعه بنصفين و يكون خطّ زح

---

١ هي: corr. ex هو, ft. a. m.
٢ دائرة: دائر scr.
٣ احداهما: ا sec. ins. sup. a. m.
٤ فخطّ زحه: in marg. a. m.
٥ زحه: obs.
٦ و... جد: in marg. a. m.

54.20 مساويا لخطّ حه وخطّ حا مشترك لهما وهو قائم[1] عليهما على زوايا قائمة فقوس زا مساوية لقوس اه[2] وانّ قوس زد أيضا مساوية لقوس ده

فدائرة اجبد تقسم القطع التي فصلت من الدائرتين بنصفين نصفين وذلك[3] ما أردنا أن نبيّن

54.25

ى

اذا كانت في كرة دوائر متوازية ورسمت دوائر عظيمة تمرّ باقطابها فانّ القسي من الدوائر المتوازية التي فيما بين الدوائر العظيمة متشابهة[4] والقسي من الدوائر العظيمة[4] التي فيما بين الدوائر المتوازية متساوية

54.30 فلتكن في كرة دائرتان متوازيتان وهما دائرتا ابجد هزحط ولتكن نقطة ك[5] قطبا لهما ولنرسم دائرتين عظيمتين تمرّ باقطابهما وهما دائرتا اهحج بزطد فأقول انّ القسي من الدوائر المتوازية التي بين الدوائر العظيمة متشابهة أعني أنّ قوس بج شبيهة بقوس زح وتكون قوس جد شبيهة بقوس حط وقوس دا شبيهة بقوس طه

56.5 وقوس اب شبيهة بقوس هز وأقول أيضا انّ القسي من الدوائر العظيمة التي[6] هي فيما بين الدوائر المتوازية متساوية أعني أنّ قسي زب حج طد ها الأربعة متساوية

فليكن الفصل المشترك لدائرة ابجد ولدائرة اهحج خطّ اج[7] والفصل المشترك

56.10 لدائرة بزطد ولدائرة ابجد خطّ بد والفصل المشترك لدائرة هزحط[8] ولدائرة

---

١ وهو قائم: bis et pr. in ras.

٢ اه: corr. in marg. ex جه in text.

٣ ذلك: litt. ك gloss. sup. a. m.; صح supra

٤ متشابهة ... العظيمة: in marg.; صح post

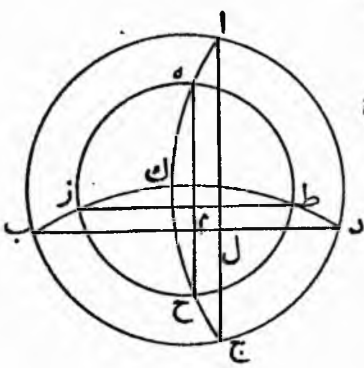
٥ ك: corr. in marg. ex ل in text.

٦ التي: in marg. a. m.

٧ اج: in marg. a. m.

٨ post هزحط ins. اج a. m.

بزكطد[١] خطّ زط والفصل المشترك لدائرة هزحط ولدائرة هج خطّ حه
ودائرة اهحج العظمى من الدوائر التي في الكرة تقطع دائرة ما من الدوائر التـي
تكون في الكرة وهي دائرة ابجد وتمرّ بقطبيها فهي تقطعها بنصفين وعلى زوايا قائمة
فخطّ اج قطر لدائرة ابجد وكذلك نبيّن أنّ خطّ بد قطر لدائرة ابجد فنقطـة ل
مركـز دائرة ابجد وأيضا فلأنّ دائرة اهحج العظمى من الدوائر التي في الكرة تقطع
دائرة ما من الدوائر التي في الكرة وهي دائرة هزحط وتمرّ بقطبيها فهي تقطعهـا
31r بنصفين على زوايا قائمة فخطّ هح قطر دائرة هزحط | وكذلك أيضا نبيّن أنّ خـطّ زط
أيضا قطر دائرة هزحط فنقطة م مركـز دائرة هزحط فـلأنّ
سطحي دائرتي ابجد هزحط المتوازيين يقطعهما سطـح
دائرة بزطد فيكون الفصلان المشتركان لهما أيضا متوازيـين
فخطّ بد موازٍ لخطّ طز وكذلك أيضا نبيّن أنّ خطّ اج أيضا
موازٍ لخطّ هح وخطّا بل لج اللّذان يماسّ أحدهما الآخر



موازيان لخطّي زم مح اللّذين يماسّ أحدهما الآخر وليست الخطوط في سطح واحـد
فهي محيط بزاويتين[٢] متساويـين فتكون زاوية زمح مساوية لزاوية بلج وهما علـى
المركزين وزاوية زمح قاعدتها قوس زح وزاوية بلج قاعدتها قوس بج فقوس بـج
شبيهة بقوس زح وكذلك أيضا نبيّن أنّ قوس جد أيضا شبيهة بقوس حط وقـوس اد
شبيهة بقوس[٣] هط وقوس اب أيضا شبيهة بقوس هز فالقسي من الدوائر المتوازيـة
فيما بين الدوائر العظيمة متشابهة .

---

١ بزكطد : in marg. a. m.

٢ بزاويتين : بزاويـين scr.

٣ بقوس : قوس scr.

و أقول أيضا انّ القسي من الدوائر التي فيما بين الدوائر المتوازية متساوية
58.5 و ذلك أنه لما كانت نقطة ك قطب دائرة ابجد صارت قسي كا كب كج كد
الأربعة مساو بعضها لبعض و أيضا فانّ نقطة ك لما كانت قطبا لدائرة هزحط صارت
قسي كه كز كح كط الأربعة مساوية بعضها لبعض فقسي ها زب حج طد الأربعة
الباقية يساوي بعضها بعضا

58.10 فالقسي من الدوائر العظيمة التي فيما بين الدوائر المتوازية مساو بعضها لبعض
و ذلك ما أردنا أن نبيّن

يا

اذا عملت[1] على اقطار دوائر متساوية قطع دوائر متساوية قائمة عليها على زوايا قائمة ثمّ
58.15 فصلت منها قسي متساوية مما يلي اطراف الأقطار و كانت تلك القسي أقلّ من نصف القطع
ثمّ أخرج من النقط التي تحدث في موضع الفصل الى الخطوط المحيطة بالدوائر الأولى
خطوط مستقيمة مساوية فانّها تفصل من الدوائر الأولى قسي متساوية مما يلي اطراف
الأقطار التي ذكرنا

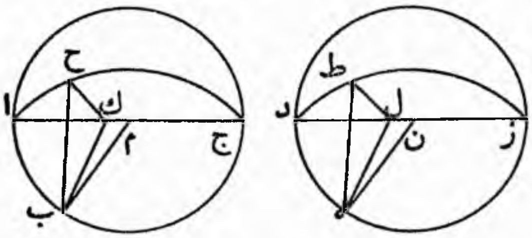
فلتعمل على قطرين من اقطار دائرتي ابج دهز المتساويين قطعتان من
58.20 دائرتين[2] متساويتين قائمتان عليهما على زوايا قائمة و هما قطعتا احج دطز و نفصل
منهما قوسين متساويين مما يلي اطراف الأقطار أعني مما يلي نقطتي ا د و لتكونا
قوسي اح دط و لتكونا أقلّ من نصفي قوسي احج دطز و ليخرج من نقطتي ح ط الى
الخطّين المحيطين بدائرتي ابج دهز الأوليين[3] خطّان مستقيمان متساويان و هما

---

١ عملت: علمت scr.; cf. infra l. ١٤
٢ دائرتين: corr. ex دائرة a. m.
٣ الأوليين: الأولين s. p. scr.

58.25 خطّا حب طه فأقول انّ قوس اب مساوية لقوس ده

31v فليخرج من نقطتي ح ط الى سطحي دائرتي ابج دهز ا عمودان فهو بيّن أنّهما يقعان على الفصلين المشتركين لهما أعني على خطّي اج دز وليكن العمودان عمودى حك طل وليكن مركزا دائرتي ابج



58.30 دهز نقطتي م ن ولتوصل خطوط كب مب له نه

فلأنّ خطّ حك عمود على سطح دائرة ابج فهو عمود على جميع الخطوط التي تماسّه وتكون في سطح دائرة ابج ويحدث معها زوايا قائمة فزاوية حكب[1] قائمة وكذلك أيضا نبيّن أنّ زاوية طله قائمة ولأنّ قطعتي احج دطز متساويتان وقوسي اح دط اللّتين فصلتا أيضا متساويين وقد أخرج عمودا حك طل يكون خطّ اك مساويا لخطّ

60.5 دل وخطّ حك مساويا لخطّ طل ولأنّ خطّ بح مساو لخطّ طه يكون أيضا المربّع الكائن من خطّ بح مساويا للمربّع الكائن من خطّ طه و[2] المربّعان الكائنان من خطّي[2] حك كب مساويان للمربّع الكائن من خطّ بح والمربّعان الكائنان من خطّين طل له مساويان[3] للمربّع الكائن من خطّ طه فالمربّعان الكائنان من خطّي حك كب مساويان

60.10 للمربّعين الكائنين من خطّي طل له[3] والمربّع الكائن من خطّ حك من هذه الخطوط مساو للمربّع الكائن من خطّ طل فيبقى المربّع الكائن من خطّ كب مساويا للمربّع الكائن من خطّ له فخطّ كب مساو لخطّ له ولأنّ خطّ ام مساو لخطّ دن وخطّ اك من أحدهما مساو لخطّ دل يكون خطّ كم الباقي مساويا لخطّ لن الباقي وخطّ بم مساو

---

١ حكب: litt. ب ins., ft. a. m.

٢ و... خطّي: in marg., ft. a. m.

٣ مساويان ... له: in marg., ft. a. m.; صح post

60.15 لخطّ هن فخطّا كم مب مساويان لخطّي لن نه كلّ واحد منهما لنظيره و قاعدة كمب مساوية لقاعدة له فتكون زاوية كمب مساوية لزاوية لنه فتكون قوس اب مساوية لقوس ده

60.21 و كذلك اذا عمل على اقطار دوائر متساوية قطع من الدوائر المتساوية قائمة عليها على زوايا قائمة ثمّ فصل منها قسي متساوية مما يلي اطراف الأقطار أقلّ من انصافها و فصل من الدائرة الأولى قسي متساوية في جهة واحدة بعينها مما يلي تلك الأطراف من الأقطار
60.25 و وصلت خطوط مستقيمة فيما بين النقط الحادثة في مواضع الانفصال فانّ تلك الخطوط تكون متساوية

فلتعمل على دائرتي ابج دهز المتساويين على قطرى اج دز من اقطارهما قطعتان متساويتان من الدوائر قائمتان عليها على زوايا قائمة و هما قطعتا احج دطز
62.1 و لتفصل منهما مما يلي اطراف الأقطار و هما نقطتا ا د قوسان متساويتان و هما قوسا اب ده في جهة واحدة مما يلي اطراف الأقطار و ليوصل خطّا حب طه فأقول انّ خطّ
62.5 حب مثل خطّ طه

فليخرج من نقطتي ح ط الى سطحي دائرتي ابج دهز عمودان فهما يقعان على خطّي اج دز اللّذين هما فصلان مشتركان للسطوح و ليكونا خطّي حك طل فليكن مركزا[1] الدائرتين نقطتي م ن و ليوصل خطوط كب بم له هن

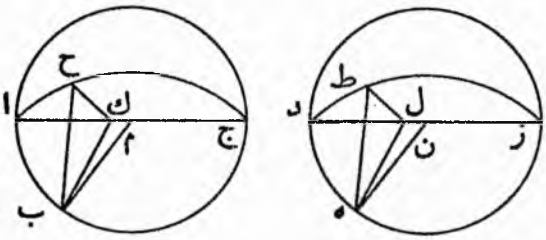
62.10 فلأنّ قوس اب مساوية لقوس ده تكون[2] زاوية امب أيضا مساوية لزاوية دنه و لأنّ قطعتي احج دطز من الدائرتين متساويين و قوسي اح دط اللّتين فصلتا متساويتان و قد أخرج عمودا حك طل يكون خطّ اك مساويا[3] لخطّ دل و يكون حك

١ مركزا : مركز scr.

٢ تكون : يكون scr.

٣ مساويا : bis et sec. in ras.

32r مساويا لخطّ طل فلأنّ خطّ ام مساو لخط دن وخطّ اك مساو لخطّ دل[1] | يبقى
62.15 خطّ كم مساويا لخطّ لن[2] وخطّ بم مساو
لخطّ هن فخطّا كم مب مساويان لخطّين
لن نه كلّ واحد لنظيره وزاوية كمب
مساوية لزاوية لنه فقاعدة كب مساوية



62.20 لقاعدة له وخطّ حك عمود على سطح دائرة ابج فهو يحدث مع جميع الخطوط التي
تماسّه ويكون في سطح دائرة ابج زوايا قائمة وخطّ كب مماسّ له فزاوية حكب قائمة
وكذلك أيضا نبيّن[3] أنّ زاوية طله أيضا قائمة فلأنّ خطّ حك مساو لخطّ طل وخطّ كب
مساو لخطّ له فخطّا حك كب مساويان[4] لخطّي طل له كلّ واحد منهما لنظيره وهي
62.25 تحيط بزوايا قائمة تكون قاعدة حب مساوية لقاعدة طه وذلك ما أردنا أن نبيّن[5]

68.25 يب

كيف نرسم على كرة دائرة عظيمة من دوائرها تماسّ دائرة معلومة وتكون مماسّتها لها
على نقطة ما[6] معلومة

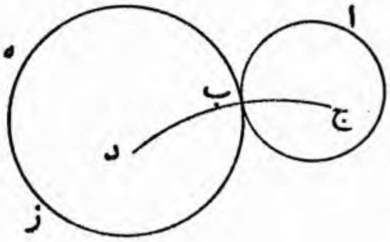
فلتكن في كرة دائرة معلومة أصغر من الدائرة العظمى وهي دائرة اب ولتكن
68.30 النقطة المعلومة التي على الخطّ المحيط بها نقطة ب ونريد أن نرسم دائرة عظيمة تماسّ
دائرة اب المعلومة وتمرّ بنقطة ب

70.1 فلتكن نقطة ج قطب دائرة اب ولترسم دائرة عظيمة تمرّ بنقطتي ج ب وهي دائرة

---

١ دل: دن scr.
٢ لن: obs., ft. لم scr.
٣ نبيّن: سس scr.
٤ مساويان: litt. يا obs.
٥ نبيّن: سس s. p. scr.
٦ ما: mut. in ممّا ft. a. m.

جبد و لنفصل منها قوسا مساوية للقوس التي يوترها ضلع المربع الذى يرسم في الدائـــرة
العظمى و هي قوس بد فبين أن[1] قوس جب ليـــس



تكون بربع الدائرة لأن الخط الذى يخرج من قطـــب
دائرة اب الى الخط المحيط بها ليس هو بمساو لضلـــع
المربع الذى يرسم في الدائرة العظمى و ذلك أن دائـرة
اب تكون حينئذ عظيمة و لم تكن كذلك فقوس بج ليس[2] هي ربع الدائرة لكنها أقل مـــن
70.5 الربع فلترسم على قطب د و ببعد دب دائرة هبز فدائرة هبز عظيمة و ذلـــك أن
الخط الذى يخرج من قطبها الى الخط المحيط بها مساو لضلع المربع الذى يرسم فـــي
الدائرة العظمى و دائرتا اب هبز في كرة و هما تقطعان خطا محيطا بدائرة أخـرى
عظيمة من الدوائر التي في الكرة و هو خط جبد على نقطة واحد و هي نقطـــة ب
70.10 و اقطابهما عليها فاحدى الدائرتين تماس الأخرى فدائرة اب تماس دائرة هبز فقد ا 32v
رسمت دائرة عظيمة و هي دائرة هبز تمر بنقطة ب المعلومة و تماس دائرة اب علـــى
نقطة ب و ذلك ما أردنا أن نبين

62.27 يـج

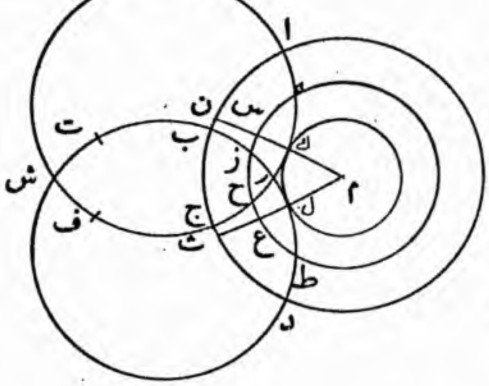
اذا كانت في كرة دوائر متوازية ثم رسمت في تلك الكرة دائرتان عظيمتان تماســـان[3]
64.1 احدى تلك الدوائر تقطعان الدوائر الباقية فان القسي من الدوائر المتوازية التي فيمـــا
بين انصاف الدائرتين العظيمين التي[4] لا تلتقى متشابهة و القسي من الدائرتيـــــن
العظيمتين[4] التي فيما بين الدوائر المتوازية متساوية

---

١ فبين أن : معسران sor.
٢ ليس : obs., ft. ins. a. m.
٣ تماسان : corr. sup. a. m. ex تماس .
٤ التي ... العظيمتين : in marg. a.m.; صح post.

فلتكن في كرة دوائر متوازية و هي دوائر ابجد هزحط كل ولترسم في تلك الكرة دائرتان عظيمتان و هما دائرتا اهكحجش[1] بزلطدش تماسان احدى الدوائر و هي دائرة لك على نقطتي ل ك وتقطعان دائرتي ابجد هزحط الباقيين فأقول انّ القسي من الدوائر المتوازية التي هي فيما بين انصاف الدوائر العظيمة التي لا تلتقي متشابهة وانّ القسي من الدائرتين العظيمتين التي هي فيما بين الدوائر المتوازية متساوية

ومكننا أن نعلم القسي التي فيما بين انصاف الدوائر التي لا تلتقي ممّا أصف وهو أنّه لما كانت الدوائر العظيمة التي في كرة تقطع بعضها بعضا بنصفين صارت قوس ركاش نصف دائرة فقوس كاش أقلّ من نصف دائرة فلنضع أنّ قوس كاشف مثلا نصف دائرة فلأنّ قوس ربش أيضا نصف دائرة تكون قوس لربش أكثر من نصف دائرة فلنضع أنّ قوس لربت نصف دائرة فنصف الدائرة الذى يخرج من نقطة ك الى ناحية ا[2] وهي قوس كاشف ليس يلقى نصف الدائرة الذى يخرج من نقطة ل الى ناحية ت وهي قوس لربت



وكذلك أيضا قوس كرف[3] التي هي نصف دائرة ليس تلقى نصف الدائرة التي[4] تخرج من نقطة ل الى ناحية د وهو قوس لطدشت فالقسي من الدوائر المتوازية التي هي فيما

---

1 ش : بن scr. ut saepe.

٢ آ: obs., ft. ins. a. m.

٣ كرف: obs. in text. et gloss. in marg.; صح supra

٤ التي: litt. تي obs. et sup. ى scr. a. m.

بين انصاف الدوائر العظيمة التي لا تلتقى هي قسي كل هز اب حط جد[1]

64.25 فأقول أيضا انّ القسي من الدوائر العظيمة التي هي فيما بين الدوائر المتوازية متساوية أعني أنّ أربعة منها وهي اه زب حج طد مساو بعضها لبعض وأنّ أربعة منها وهي كه كج زل لط مساو بعضها لبعض

فلنعلّم قطب الدوائر المتوازية وليكن نقطة م ولترسم دائرتان عظيمتان تمرّان بنقطة
64.30 م وكلّ واحدة من نقطتي ل ك وهما دائرتا مكسن ملعث

فلأنّ دائرتي آهحج كل في كرة تماسّ احداهما الأخرى على نقطة ك وقد رسمت دائرة عظيمة تمرّ بقطب دائرة واحدة منهما وهي دائرة كل و على موضع المماسّة من
66.1 الأخرى وهي دائرة مكسن صارت دائرة مكسن تمرّ أيضا بقطبي دائرة آهكحج وتكون قائمة عليها على زوايا قائمة وكذلك نبيّن أنّ دائرة ملعث أيضا تمرّ بقطبي دائرة[2] بزلطدش وتكون قائمة عليها على زوايا قائمة فقد عمل في دوائر متساوية أعني دوائر
66.5 آهكحجش بزلطدش على الأقطار التي تخرج من نقطتي[3] ك ل قطعتان متساويتان من دوائر وهما قطعتا لم مك والقطع التي تتّصل بهذه لتمام نصفي دائرتين وهما قائمتان عليها على زوايا قائمة وقد فصل منهما قوسان متساويتان وهما قوسا كم مل وهي أصغر من نصفي القطعتين المعمولتين والخطّ الذى يصل بين نقطة م وبين نقطة آ
33r مساو للخطّ الذى | يصل بين نقطة م ونقطة د وذلك أنّهما جميعا يخرجان من قطب
66.10 دائرة آبد الى الخطّ المحيط بها فهي تفصل قسيا متساوية فقوس آك مساوية لقوس لد ومن قبل ذلك أيضا تكون قوس هك مساوية لقوس لط ولأنّ دائرتي[4] آبجد آهكحجش

---

1 post جد add. a. m. in marg. ويتشبّه بعضها بعضا صح ; post صح

2 دائرة : دائر scr.

3 نقطتي : corr. ex نقطة

4 دائرتي : corr. a. m. ex دائرتين .

في كرة واحداهما تقطع الأخرى وقد رسمت دائرة عظيمة تمرّ باقطابهما وهي دائرة
مكسن صارت دائرة مكسن تقسم القطع التي فصل بنصفين نصفين فقوس آهك
66.15 مساوية[1] لقوس كحج وقوس آن مساوية لقوس نج[1] وكذلك أيضا نبيّن أنّ قوس بل
مساوية لقوس لد وأنّ قوس بث مساوية لقوس ثد[2]
ولأنّ قوس آهك مساوية لقوس[2] لطد وقوس آهكج ضعف قوس آهك وقوس
دطلب ضعف قوس لطد تكون قوس آكج مساوية لقوس دطلب والدوائر متساوية
66.20 وذلك أنّهما عظيمة فالخطّ الذى يصل بين نقطة آ ونقطة ج مساو للخطّ الذى بين
نقطة د ونقطة ب وقوس آنج أيضا مساوية لقوس بثد وذلك أنّ الخطوط
المستقيمة التي توتّرها متساوية وهي من دائرة واحدة بعينها وقوس آن نصف قوس
68.1 آنج وقوس بث نصف قوس بد فقوس آن مساوية لقوس بث ونزيد قوس بن
المشتركة وكلّ قوس آنب مساوية لكلّ قوس نبث وقوس نبث تشبّه قوس كل وذلك
68.5 أنّه اذا كانت في كرة دوائر متوازية ورسمت دوائر[3] عظيمة تمرّ باقطابها فانّ القسي من
الدوائر المتوازية التي هو فيما بين الدوائر العظيمة متشابهة والقوسان من الدوائر
المتوازية اللّتان فيما بين من مث واللّتين هما من الدوائر العظيمة التي تمرّ باقطابهما
هما قوسا كل نث فقوس آنب أيضا شبيهة بقوس كل فمن قبل ذلك أيضا يكون قوس
كل شبيهة[4] بقوس هز فقوس هز أيضا شبيهة بقوس آب[5] فقسي آب هز كل الثلاثة

---

١ مساوية... نج : in marg. a. m.; صح post

٢ لقوس... ثد : in marg. ex hapl.

٣ دوائر : دوائرا scr.

٤ post شبيهة in ras. هز أيضا شبيهة, ft. ex hapl.

٥ post آب add. in marg.: لأنّ سبيلها واحدة وذلك أنّهما فيما بين دائرتي آكج
رزه; et litt. ه ad ب corr. m. tert.

68.10 متشابهة وكذلك أيضا نبيّن أنّ قوس جثد[١] شبيهة بقوس حعط وأنّ هذه القوس
شبيهة بقوس هز وذلك أنّ قوس حعط أيضا شبيهة بقوس كل فالقسي من الدوائر
المتوازية التي فيما بين انصاف الدوائر العظيمة التي لا تلتقى متشابهة

وأقول أيضا انّ القسي من الدوائر العظيمة التي هي فيما بين الدوائر المتوازية
متساوية

68.15 وذلك أنّ القسي الأربع أعني قسي اهك كحج بزل لطد مساو بعضها لبعض 33v
وأربع منها وهي هك كج زل لط مساو بعضها لبعض وذلك أنّ دائرة مكن العظمى
تقسم قطعتي هكج هسح اللّتين فصلتا بنصفين نصفين وكذلك تتقسّم أيضا قطعتان
زلط زعط فقوس هك مساوية لقوس كج وقد كان تبيّن أنّ قوس هك مساوية لقوس لط
فقوس كج مساوية لقوس طل[٢] وقوس طل مساوية لقوس لز فقوس لز مساوية لقوس
68.20 كج فقسي هك كج زل لط الأربع متساوية[٣] وقسي اه بز جج دط الأربع[٣]
الباقية مساو[٤] بعضها لبعض فالقسي من الدوائر المتوازية التي هي من انصاف الدوائر
العظيمة التي لا تلتقى متشابهة والقسي من الدوائر العظيمة التي هي[٥] فيما[٦] بين
الدوائر المتوازية متساوية وذلك ما أردنا أن نبيّن

يد

70.15 اذا كانت في كرة دائرة معلومة أصغر من الدائرة العظمى وكانت على سطح الكرة

---

١ جثد : scripsi; جبد scr. et mut. in حطث sup. a. m.; deinde حط in ras. ft. m. tert.

٢ لقوس طل : in marg. a. m.

٣ متساوية ... الأربع : in marg. a. m.

٤ مساو : sup. ft. a. m.

٥ هي : sup. a. m.

٦ فيما : فيها scr.

نقطة معلومة فيما بين الدائرة التي ذكرنا وبين الدائرة التي تساويها وتوازيها وأردنا
أن نرسم دائرة عظيمة تمرّ بالنقطة المعلومة وتماسّ الدائرة التي ليست بعظيمة

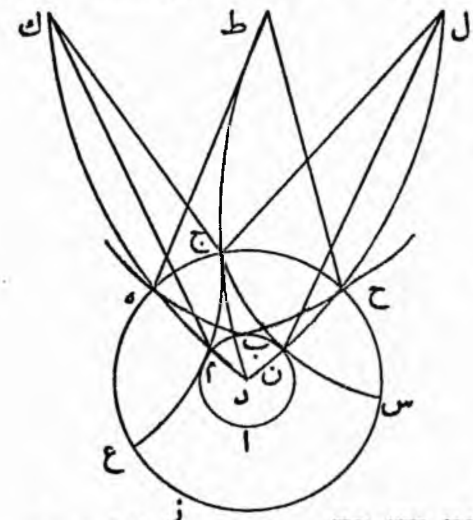
فانّا نجعل الدائرة المعلومة التي في الكرة التي هي أصغر من الدائرة العظمى التي
70.20 تقع في الكرة دائرة آب والنقطة المعلومة التي على سطح الكرة التي فيما بين دائرة آب
والدائرة التي توازيها وتساويها نقطة ج ونريد أن نرسم دائرة عظيمة تمرّ بنقطة ج
وتماسّ دائرة آب

فلنعلّم قطب دائرة آب[1] وليكن نقطة د ولترسم على نقطة د وعلى بعد دج
70.25 دائرة جهزح ولترسم دائرة عظيمة تمرّ بنقطتي د ج وهي دائرة دبجط[2]
ولنفصل منها قوسا مساوية للقوس التي يوتّرها ضلع المربّع الذى يرسم في الدائرة
70.30 العظمى وهي قوس بط ولترسم على قطب ط وببعد طب دائرة هبح فدائرة هبح
عظيمة وذلك أنّ الخطّ الذى خرج من قطبها الى الخطّ المحيط بها مساو لضلع المربّع
الذى يرسم[3] في الدائرة العظمى وبيّن أنها تماسّ دائرة آب وذلك أنّها تقطعان
الخطّ المحيط بالدائرة[4] العظمى وهو خطّ دبجط على نقطة واحدة وهي نقطة ب
72.5 واقطابهما[5] على ذلك الخطّ المحيط بهذه الدائرة ونرسم دائرتين عظيمتين تمرّان
بنقطة د وبقطبي ه ح[6] وهما دائرتا دمهك[7] دنحل[8] ولتفصل كلّ واحدة من
قوسي هك حل مساوية لقوس جط

فلأنّ دائرتي هبح زهجح في كرة واحداهما تقطع الأخرى وقد رسمت دائرة

---

1 post آب in ras. وهي د
2 دبجط: litt. دب ins. ft. a.m.
3 يرسم: supra ـ scr. ḍamma.
4 بالدائرة: بالدائر scr.
5 اقطابهما: اقطابها scr. et litt. ها obs., ft. mut. in هما.
6 بقطبي ه: litt. ه ي corr. ft. a. m.
7 دمهك: litt. هك obs. ex corr.
8 دنحل: in marg.



72.10 عظيمة تمرّ بقطبيهما[1] وهي دائرة دبجط تقسم القطع التي[2] فصلت[3] بنصفين نصفين
فقوس هج مساو لقوس جح وقوس هب مساوية
لقوس بح فلأنّ قسي ده دج دح الثلاث
يساوى بعضها بعضا وذلك لأنّها تخرج من قطب
د الذى هو قطب للدائرتين جميعا وقسي دم
دب[4] دن[5] أيضا يساوى بعضها بعضا تكون
قسي مه بج نح الباقية مساو بعضها لبعض
72.15 وقسي هك جط حل مساو بعضها لبعض فقسي مك بط نل مساوية بعضها لبعض
وقوس بط مساوية للقوس التي[6] | يوتّرها ضلع المربّع الذى يرسم في الدائرة العظمى 34r
وكلّ واحد من قوسي مك نل مساوية للقوس التي يوتّرها ضلع المربّع الذى يرسم في الدائرة
العظمى ولأنّ دائرة دبجط عظيمة وهي تقطع دائرة من الدوائر التي في الكرة وتمرّ
72.20 بقطبيها وهي دائرة زهجح فهي تقطعها بنصفين على زوايا قائمة فدائرة[7] دبجط
قائمة على دائرة زهجح على زوايا قائمة وكذلك أيضا نبيّن أنّ دائرة دنحل أيضا
قائمة على دائرة زهجح على زوايا قائمة ودائرة[8] دمهك على دائرة[9] زهجح على
زوايا قائمة

ولتوصل خطوط لن لج طه[10] فقد عمل على قطرين من اقطار دائرة زهجح

---

١ بقطبيهما: corr. ex بقطبيها, ft. a. m.
٢ التي: corr. in marg. ex الذى, ft. a.m.
٣ فصلت: فصل scr. et ل mut. in لت, ft. a.m.
٤ دب: obs. et gloss. in marg. ft. a.m.
٥ دن: ft. ن scr. a. m.
٦ التي: corr. in marg. ex الذى, ft. a. m.
٧ فدائرة: ft. litt. ة ins.
٨ دائرة: litt. ة ins.
٩ دائرة: ins., ft. a. m.
١٠ post طه sup. كج; sed obs. et gloss. in marg., ft. a. m.

72.25 اللذين يخرجا ن من نقطتي ج ح قطعتان من دائرتين[١] متساويتان[٢] قائمتان عليهما و على زوايا قائمة و هما قطعتا[٣] جط حل و تماسّهما الذى لم يعمل موهوم حتّى لو تمّ حل وجط حتّى تلقى الطرف الأخرى محيط دائرة[٤] زهجح[٥] و كانت القطعة تامّة فكلّ واحدة من جط حل أقلّ من نصف ذلك وقوس هج مساوية لقوس جح فخطّ[٦] طه مساو لخطّ لج و ضلع المربّع الذى يرسم في الدائرة العظمى مساو لخطّ طه[٦] فخطّ

74.1 لج أيضا مساو لضلع المربّع الذى يرسم في الدائرة العظمى[٧] وخطّ لن هو[٨] ضلع المربّع الذى يرسم في الدائرة العظمى فخطّ لج مساو لخطّ لن[٩] أيضا فالدائرة التي ترسم على قطب ل و ببعد لج تمرّ أيضا بنقطة ن فلتمرّ و لتكن مثل دائرة جنس

74.5 و هذه الدائرة من الدوائر العظيمة و ذلك أنّ الخطّ الذى يخرج من قطبها الى الخطّ المحيط بها مساو لضلع المربّع الذى يرسم في الدائرة العظمى و لأنّ دائرتي اب جنس في كرة و هما تقطعان خطّا محيطا بدائرة عظيمة على نقطة واحدة و هي نقطة ن

74.10 و قطباهما على الدائرة تكون دائرتان متماسّتين فدائرة جنس تماسّ دائرة اب

وكذلك أيضا نبيّن أنّ الدائرة التي ترسم على قطب ك و ببعد كج تمرّ أيضا بنقطة م

و ذلك أنّا ان وصلنا خطّي جك طج يكون أحدهما مساويا للآخر و خطّ طج ضلع

74.20 مربّع و ذلك أنّه يخرج من قطب دائرة هبح العظمى الى الخطّ المحيط بها فخطّ جك

---

١ دائرتين: corr. ex دائرة a. m.

٢ متساويتان: mut. in متساويتين a. m.

٣ قطعتا: corr. ex قطب a. m.

٤ دائرة: litt. ة ins. sub lin. ft. a. m.

٥ زهجح: litt. ز ins. sup. ft. a. m.

٦ فخطّ ... طه: in marg. a. m.

٧ post العظمى in ras. مساو لخطّ ط

٨ وخطّ لن هو: ins. a. m.

٩ لن: ins. a. m.

34v أيضا ضلع مربّع وكذلك أيضا خطّ كم فخطّ كم مساو لخطّ كج فالدائرة التي ترسم على[1]
قطب ك وببعد كج [2] تمرّ أيضا بنقطة ج وهي جمع ومن البيّن أنّها تماسّ دائرة
اب فان قال قائل انّ القوس التي تفصل أعني قوس بج مساوية لضلع المربّع الذى يرسم
في الدائرة العظمى مثاله[3] على هذه الجهة

76.1 وذلك أنّه اذا كانت كلّ واحدة من قوسي ده دح مساوية لقوس دج وكلّ واحدة
من قوسي دم دن مساوية لقوس دب تصير قوس بج الباقية مساوية لكلّ واحدة من
قوسي نح مه ووتر قوس بج ضلع مربّع فكلّ واحدة من قوسي نح مه أيضا يوتّرهما
76.5 ضلع مربّع يكون خطّ نح مساويا لخطّ جح فالدائرة التي ترسم على قطب ح وببعد حج
تمرّ أيضا بنقطة ن فكذلك أيضا نبيّن أنّ الدائرة التي ترسم على قطب ه وببعد هج
تمرّ بنقطة م أيضا فقد تبيّن أنّ الذى أردنا أن نعمل يكون على ضربين وذلك ما
أردنا أن نبيّن

يه[4]

76.20 الدوائر العظيمة التي تفصل في كرة من دوائر متوازية قسيا متشابهة فيما بينها فهي
تمرّ باقطاب الدوائر المتوازية أو تماسّ دائرة واحدة بعينها من الدوائر المتوازية

فليكن في كرة دائرتان عظيمتان وهما دائرتا اجح بطد ولتفصل من دائرتي ابجد
هزحط المتوازيتين قسيا متشابهة فيما بينهما ولتكن قوس اب شبيهة بقوس هز
ولتكن قوس بج شبيهة بقوس زح ولتكن قوس جد شبيهة بقوس حط وقوس اد
76.25 شبيهة بقوس هط فأقول انّ دائرتي اجح بطد امّا أن تمرّا باقطاب الدوائر المتوازية

---

١ على: bis.

٢ كج: corr. sup. ex كم a. m.

٣ مثاله: obs.; ft. بمثاله scr. sed mut. a. m.

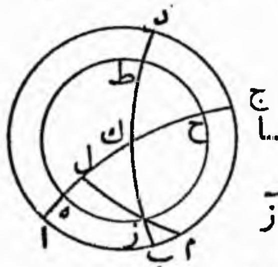
٤ يه: corr. a. m. ex يد.

و امّا أن تماسّا دائرة واحدة بعينها من الدوائر المتوازية

و[1] ذلك أنّ دائرة احج امّا أن تمرّ باقطاب الدوائر المتوازية[1] و امّا أن لا تمرّ

فلتمرّ أوّلا باقطاب الدوائر المتوازية كما في الصورة الأولى فأقول أنّ دائرة بطـــد

76.30 أيضا تمرّ باقطاب الدوائر المتوازية أعني أنّ نقطة ك تكون قطبا لدائرتي ابجد هزحط المتوازيـين

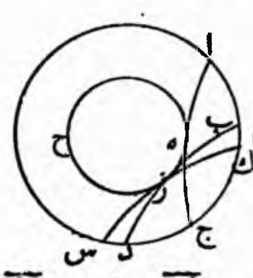


فان لم يكن ذلك كذلك و أمكن غيره فلتكن نقطة ل قطبا لهمـا بين الدائرتين المتوازيتين و لترسم دائرة عظيمة تمرّ بنقطتـي ل ز و هي دائرة لزم فقوس ابم شبيهة بقوس هز و قوس هز شبيهة بقوس اب فقوس اب

78.5 شبيهة بقوس ما و هي من دائرة واحدة بعينها و ذلك غير ممكن فليست نقطـة ل بقطب الدائرتين المتوازيتين و كذلك أيضا نبيّن أنّه لا يمكن أن يكون قطبها نقطة أخرى غير نقطة ك فنقطة ك قطب الدائرتين المتوازيتين فدائرتا احج بطد تمرّان باقطاب الدائرتين المتوازيتين

78.10 و أيضا فلا تمرّ دائرة اهج باقطاب الدائرتين المتوازيتين فهي امّا أن تماسّ دائـرة هزحط و امّا أن تكون مائلة عليها

فلتماسّها أوّلا على نقطة ه كما في الصورة الثانية فأقول أنّ دائرة دزب أيضـــا تماسّها



فان أمكن فلا تماسّها و لترسم على نقطة ز دائرة عظيمة تمـاسّ

78.15 دائرة هزح و هي دائرة زكس و ليكن نصف دائرة زك لا يلقـى نصف دائرة ها فقوس اك شبيهة بقوس هز و قوس هز شبيهة بقوس اب فقوس اك

---

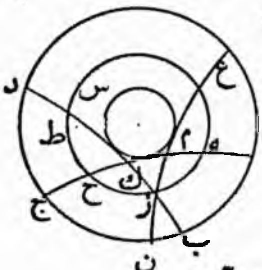
١ و... المتوازية : in marg. a. m.; صح post

شبيهة بقوس آب وهي من دائرة واحدة بعينها وذلك غير ممكن فليس يمكن أن لا

78.20 تماسّ دائرة دزب أيضا دائرة هزح فهي تماسّها

35r فليكن دائرة ا آحج مائلة على الدوائر المتوازية كما في الصورة الثالثة فهي تماسّ دائرتين متساويتين[1] احداهما[2] للأخرى موازيتين لدائرتي آبجد هزحط فأقول انّ دائرة بزطد مماسّة لهما[3]

78.25 فان أمكن فلتماسّ دائرة آهحج احدى الدائرتين المتوازيتين اللّتين ذكرنا وهي دائرة مكس على نقطة ك فلا تماسّها دائرة بزطد ان أمكن ذلك فلترسم دائرة عظيمة تمرّ بنقطة ز التي هي فيما بين دائرة كمس وبين الدائرة المتساوية المتوازية لها وتماسّ دائرة كمس فلتماسّها على نقطة م وهي دائرة نزمع[4]



80.1 وقوس آبن شبيهة بقوس هز وقوس هز شبيهة بقوس آب فتكون قوس آبن أيضا شبيهة بقوس آب وهي من دائرة واحدة بعينها

80.5 وذلك غير ممكن فليس يمكن أن لا تماسّها دائرة بزطد أيضا فهي تماسّها

فدائرتا آهحج بزطد تماسّان دائرة واحدة بعينها من الدوائر المتوازية التي تقع في الكرة وذلك ما أردنا أن نبيّن

يو

80.10 الدوائر المتوازية التي في الكرة التي تفصل من دائرة عظيمة قسيا متساوية مما يلي الدائرة العظمى من الدوائر المتوازية هي متساوية والدوائر التي تفصل قسيا أعظم فهي أصغر مرّت الدائرة العظيمة بقطبي الدوائر المتوازية أو لم تمرّ

---

١ متساويتين : corr. ex متساوية a. m.

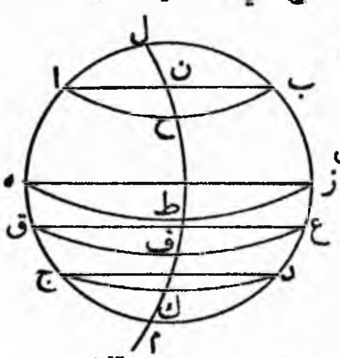
٢ احداهما : corr. ex احد هما a. m.

٣ لهما : corr. ex لها a. m. et gloss. in marg.

٤ نزمع : add. punct. a. m.

فلتكن في كرة دائرتان متوازيتان و هما دائرتا آب جد و لتفصلا من دائرة ابجد العظمى قسيا متساوية أولا و هما قوسا بز زد مما يلي الدائرة العظمى من الدوائر المتوازية و هي دائرة هز فأقول أن دائرة آب مساوية لدائرة جد 80.15

فليكن الفصل المشترك لدائرة آب و دائرة ابجد خط آب و الفصل المسترك لدائرة هز و دائرة ابجد خط هز[1] و الفصل المشترك لدائرة جد و دائرة ابجد خط جد[1] فلأن سطحي[2] هطز جكد[3] المتوازيتين قد قطعا بسطح ما و هو[4] سطح دائرة ابجد يكون الفصلان المشتركان لهما[5] متوازيين فخط هز مواز لخط جد و كذلك 80.20
أيضا نبين أن خط آب مواز لخط جد و لخط هز فلأنه قد أخرج في دائرة ابجد خطان متوازيان و هما خطا هز جد تكون قوس دز مساوية



لقوس هج و ذلك أنا ان وصلنا نقطة ه بنقطة د تكون الزوايا المتبادلتان[6] متساوية و الزوايا المتساوية في الدوائر 80.25
المتوازية تكون على قسي متساوية فتكون قوس هج مساوية لقوس زد ا و كذلك نبين أن قوس بز أيضا مساوية لقوس آه و قوس بز فرضت مساوية 35v
لقوس زد فقوس آه مساوية لقوس هج فقوسا آه بز مساويتان[7] لقوسي هج زد جميعا 82.1
فلأن جميع قوس[8] هالبز[9] مساوية[10] لجميع قوس هجمزد[11] و ذلك أن دائرتي هطز

---

١ هز...جد: in marg. a. m. et جد (alt.) in text. et in marg.; صح supra

٢ سطحي: corr. ex سطح ft. a. m. ٤ وهو: bis et pr. in ras.

٣ جكد: sic et gloss. in marg. a. m. ٥ لهما: لبما scr.

٦ المتبادلتان: corr. a. m. in marg. ex المسادات

٧ مساويتان: corr. a. m. in marg. ex مساوية ٨ جميع قوس: جميعا قوسي scr.

٩ هالبز: هابز scr. et ن sup. ب scr. sed ن ad ل emendavi.

١٠ مساوية: sic sed a. m. ad مساويتان falso corr.

١١ هجمزد: litt. م sup.

ابجد عظيمتان وقوسا اه بز مجموعتان منهما متساويتان لقوسي هج زد مجموعتين
82.5 تكون قوس الب الباقية مساوية[1] لقوس جمد الباقية[1] وهي من دائرة واحدة بعينها فخطّ اب مساو لخطّ جد

ودائرة ابجد امّا أن تقطع دائرتي احب جكد وتمرّ باقطابهما واما أن تقطعهما ولا تمرّ باقطابهما

فلتقطعهما أوّلا وتمرّ بقطبيهما فهي اذا تقطعهما بنصفين فخطّ اب قطر[2] دائرة
82.10 احب وخطّ جد[2] قطر دائرة جكد وخطّ اب مساو لخطّ جد فدائرة احب مساوية لدائرة جكد[3]

ولتقطع[4] أيضا دائرة ابجد دائرتي احب جكد ولا تمرّ بقطبيهما فلنعلّم قطب
82.15 الدائرتين المتوازيتين وليكن نقطة ن ولترسم دائرة عظيمة تمرّ بنقطة ن وبأحد قطبي[5] دائرة ابجد وهي دائرة لنطس ولتفصل قوس مس[6] مساوية لقوس لن فلأنّ قوس لن مساوية لقوس مس وقوس نكم مشتركة يكون كلّ قوس لكم مساوية لقوس نكمس وقوس لكم
82.20 نصف دائرة فقوس نكمس أيضا نصف دائرة فنقطة ن مقابلة لنقطة س ونقطة ن قطب الدوائر[7] المتوازية فنقطة س أيضا هي القطب الآخر من قطبي الدوائر المتوازية فلأنّ دائرتي ابجد جكد في كرة واحداهما تقطع الأخرى وقد رسمت على اقطابهما[8] دائرة
82.25 عظيمة وهي دائرة لطكس صارت دائرة لطكس تقسم القطع التي[9] فصلت من الدوائر

---

١ مساوية ... الباقية : in marg.

٢ قطر ... جد : in marg. et post جد in ras. قطر دائرة

٣ جكد : litt. جك corr.

٤ ولتقطع : ولتقطعهما falso scr.; cf. l.٦ sup.

٥ قطبي : corr. ex قطبين ft. a. m.

٦ مس : sup.

٧ الدوائر : corr. a. m. ex الدائرة

٨ اقطابهما : corr. a. m. ex اقطابها

٩ التي : corr. a. m. sup. ex الذى

بنصفين نصفين فقوس جم مساوية لقوس مد فقوس جمد ضعف قوس مد وكذلك نبيّن أنّ قوس الب أيضا ضعف قوس ال وقوس جمد مساوية لقوس الب فقوس مد مساوية[1] لقوس ال ولأنّه قد عمل على قطر دائرة ابجد الذى خرج من نقطة ل الى نقطة م قطعتان من دائرة قائمتان عليها على زوايا قائمة متساويتان وهما قطعتا[2] لطم مس[2] مع القطعة التي تتّصل بهذه لتمام نصف الدائرة ثمّ فصلت منهما قوسان متساويتان وهما قوسا لن[3] مس وهما أقلّ من نصفهما وفصل من الدائرة الأولى قوسان متساويان وهما قوسا ال دم يكون الخطّ المستقيم الذى يصل بين نقطة ن ونقطة ا مساويا للخطّ الذى يصل بين نقطة س ونقطة د والخطّ[4] الذى يصل بين نقطة ن ونقطة[4] ا يخرج من قطب دائرة احب[5] الى الخطّ المحيط بها و[6] الخطّ الذى يصل بين نقطة س وبين نقطة د يخرج من قطب دائرة جكد الى الخطّ المحيط بها فالخطّ الذى يخرج من قطب دائرة احب الى الخطّ المحيط بها مساو للخطّ الذى يخرج من قطب دائرة جكد الى الخطّ المحيط بها والدوائر التي تكون الخطوط المستقيمة الخارجة من اقطابها الى الخطوط المحيطة بها متساوية هي أيضا متساوية لأنّ هذه الخطوط تفصل قسيا متساوية من نصف الدائرة التي تمرّ بقطبيها فيكون الخطّ الذى يصل بين النقطتين المشتركين | لمحيط الدائرة التي تمرّ بالقطبين[7] وكلّ واحد من محيطي[8] الدائرتين 36r
موازيا لقطر الكرة فيكون العمودان الخارجان من هاتين النقطتين الى قطر الكرة متساويين

---

١ مساوية: litt. ية ins. sub a. m.

٢ قطعتا ... مس: text. corrupt.; قطعتا من دائرة قائمتان scr. من ... قائمتان in ras. et in marg. لز مس add. a. m.; لز ad لطم emendavi.

٣ لن: corr., ft. a. m.

٤ نقطة ... الخطّ: in marg. a. m.

٥ احب: corr. a. m., ft. ex هز

٦ بها و: ins. a. m.

٧ بالقطبين: corr. ex بالقطبتي a. m.

٨ محيطي: corr. ex محيط

84.16 و هما الخطّان الخارجان من مركز كلّ واحدة من الدائرتين الى محيطهما فدائرة احب مساوية لدائرة جكد

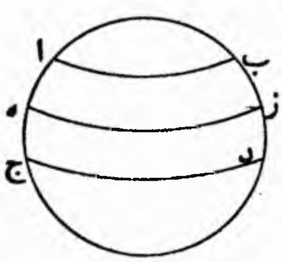
و أيضا فلتكن قوس دز أعظم من قوس زب فأقول[1] انّ دائرة جكد أصغر من دائرة احب

84.20 و ذلك أنّ قوس دز أعظم من قوس زب[1] فنفصل من قوس دز قوسا مساوية لقوس زب و هي قوس زع و لترسم دائرة موازية[2] لدائرة هطز تمرّ بنقطة ع و هي دائرة عفق فدائرة عفق مساوية لدائرة احب و ذلك أنّ قوس زع مساوية لقوس زب و دائرة قفع أعظم من دائرة جكد و ذلك أنّ دائرة قفع أقرب الى[3] مركز الكرة من دائرة جكد فدائرة
84.25 احب أعظم من دائرة جكد فدائرة جكد أصغر من دائرة احب و ذلك ما أردنا أن نبيّن

يز

الدوائر المتساوية التي في الكرة هي تفصل من دائرة عظيمة قسيا متساوية مما يلي
84.30 الدائرة العظمى من الدوائر المتوازية و الدوائر التي هي أعظم تفصل قسيا هي أصغر

فليكن في كرة دائرتا اب جد المتوازيتان المتساويتان و لتفصلا من دائرة عظيمة و هي دائرة ابجد قوسي زب زد مما يلي الدائرة العظمى من الدوائر المتوازية فأقول انّ قوس زب مساوية لقوس زد



86.5 فذلك أنّه ان لم تكن قوس زب مساوية لقوس زد لم تكن دائرة اب مساوية لدائرة جد و لكنّها مساوية لها فقوس بز مساوية لقوس زد

و أيضا فلتكن دائرة اب أعظم من دائرة جد فأقول انّ قوس[4] بز أصغر من قوس زد

---

١ فاقول... زب : in marg., ft. a. m.

٢ موازية : corr. ad متوازية falso.

٣ الى : sup.

٤ قوس : قوسي falso scr.

وذلك أنّه ان لم تكن قوس بز أصغر من قوس زد لم تكن دائرة اب أيضا أعظم مـــن دائرة جد وهي أعظم منها فقوس بز أصغر من قوس زد وذلك ما أردنا أن نبيّن

يج

36v اذا كانت في كرة دائرة عظيمة وقطعت بعض الدوائر المتوازية التي في الكرة ولم تمرّ بقطبيها فانّها تقسمها باقسام غير متساوية خلا الدائرة التي هي أعظم الدوائـــر المتوازية وأمّا القطع التي تفصل في احدى نصفي الكرة مما كان منها فيما بين أعظم الدوائر المتوازية وبين القطب الظاهر فكلّ واحدة منهما أعظم من نصف دائرة وأمّا القطع الباقيـة التي في ذلك النصف من الكرة تحت[١] الأرض فكلّ واحد منهما أصغر من نصف دائـــرة والقطع المتبادلة من الدوائر المتوازية المتساوية مساو بعضها لبعض

فلتكن في كرة دائرة عظيمة وهي دائرة ابجد تقطع بعض الدوائر المتوازية التي تكون في الكرة وهي دوائر اد هز بج ولاتمرّ بقطبيها ولتكن أعظم الدوائر المتوازية دائـرة هز فأقول انّ دائرة ابجد تقسم هذه الدوائر باقسام غير متساوية ما خلا دائرة هز التي هي أعظم الدوائر المتوازية وانّ كلّ قطعة من القطع التي تفصل في أحد نصفي الكرة مـا كان منها فيما بين دائرة هز وبين القطب[٢] الظاهر فهو أعظم من نصف دائرة وكلّ قطع من القطع الباقية أصغر من نصف دائرة وانّ القطع المتبادلة من الدوائر المتوازيـــة المتساوية مساو بعضها لبعض

فليكن القطب الظاهر من قطبي الدوائر المتوازية نقطة ح ولترسم دائرة عظيمة تمـرّ بنقطتي ه ح[٣] وهي دائرة طهح[٤] فدائرة حهط اذا تممت تمرّ بنقطة ز أيضا لأنّهـا

---

١ تحت : obs.

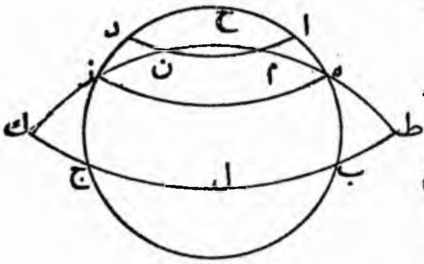
٢ القطب:corr. ex قطب a. m.

٣ ح ه: litt. ه ins.

٤ طهح: corr. ex ح ط ft. a. m.

تقطع دائرة هز[1] بنصفين و قوس هز نصف دائرة هز فلتخطّ فلتكن مثل دائرة حنزك ولتتم دائرة بج حتّى تنتهي الى نقطتي ط ك

فلأنّ دائرة طهحنزك العظمى في كرة تقطع دوائر متوازية من الدوائر التي تكون في
88.5 الكرة و هي دوائر آمند هز طبلجك و تمرّ باقطابها فهي تقطعها بنصفين نصفين و على زوايا قائمة فكلّ واحد من قطع من هز طبلجك نصف



دائرة فلأنّ قطعة من نصف دائرة تكون قطعة آمند أعظم من نصف دائرة و كذلك أيضا نبيّن أنّ جميع القطع التي فيما بين دائرة هز و بين قطب ح أعظم من نصف دائرة

88.10 وأيضا لأنّ قطعة طلجك[2] نصف دائرة تكون قطعة بج أصغر من نصف دائرة و كذلك أيضا نبيّن أنّ جميع القطع التي فيما بين دائرة هز و بين القطب المخفي[3] مما في هذا النصف من الكرة بعينه أصغر من نصف دائرة

وأيضا فلتكن دائرة[4] آد مساوية لدائرة بج و موازية لها فأقول انّ القطع
88.15 المتبادلة من دائرتي آد بج مساو بعضها لبعض

فلأنّ دائرة آد مساوية لدائرة بج و موازية لها تكون قوس آه مساوية لقوس هب
88.20 وقوس دز لقوس زج فقوسا آه دز اذا جمعتا مساويتان لقوسي هب زج اذا جمعتا وقسي ها آد دز اذا جمعت مساوية لقسي هب بج جز اذا جمعت لأنّ كلّ واحدة
37r من قوسي هادز هبجز نصف دائرة و ذلك أنّ دائرتي آبجد هز عظيمتان ا فقوس آد الباقية مساوية لقوس بج الباقية و قوسا آد بج من دائرة واحدة بعينها فالخطّ

---

١ دائرة هز : دائرة ز scr. ٤ دائرة : sup., ft. a. m.

٢ طلجك : punct. ex litt. ب ins. sub ط a. m.

٣ المخفي : obs., ft. litt. ل ins. a. m.

88.25 المستقيم الذى يصل بين نقطة آ ونقطة د مساو للخطّ المستقيم الذى يصل بين نقطة ب
ونقطة ج والخطّ المستقيم الذى يصل بين نقطة آ ونقطة د هو الذى يوتّر قوس آمند[١]
والخطّ المستقيم الذى يصل بين نقطة ب ونقطة ج هو الذى يوتّر قوس بلج والخطوط
المستقيمة[٢] المتساوية التي في الدوائر المتساوية تفصل قسيا متساوية[٣] العظمى منها
88.30 للعظمى والصغرى للصغرى فالقوس العظمى من دائرة آمد مساوية للقوس العظمى من
دائرة بلج والقوس الصغرى من دائرة آمد مساوية للقوس الصغرى من دائرة بلج
و[٤] قطعة آمند[٥] أعظم من نصف دائرة وقطعة بلج أصغر من نصف دائرة فالقطع
المتبادلة من الدوائر[٦] المتساوية المتوازية مساو بعضها لبعض وذلك ما أردنا أن نبيّن

يط

90.5 اذا كانت في كرة دائرة عظيمة تقطع بعض الدوائر المتوازية من الدوائر التي تكون في
الكرة ولا تمرّ بقطبيها فانّ القسي[٧] التي تتفصّل في أحد نصفي الكرة ما كان منها أقرب
الى القطب الظاهر فهو أعظم من قوس[٨] من تلك الدائرة شبيهة[٩] بالقوس التي تتفصّل
من الدائرة التي هي أبعد من ذلك القطب

فلتكن في كرة دائرة عظيمة وهي دائرة آهزب تقطع بعض الدوائر المتوازية من
90.10 الدوائر التي تكون في الكرة ولا تمرّ بقطبيها ولتكن الدوائر المتوازية دوائر آب جد هز
فأقول انّ القسي التي تتفصّل في أحد نصفي الكرة ما كان منها أقرب الى القطب الظاهر

---

١ آمند: litt. ن ins. ft. a. m.

٢ المستقيمة: و المستقيم scr. sed corr. ad المستقيمة a. m. et و in ras.

٣ متساوية: litt. و ins. sub lin. a. m.

٤ و: add. sub lin. a. m.

٥ آمند: litt. ن ins. a. m.

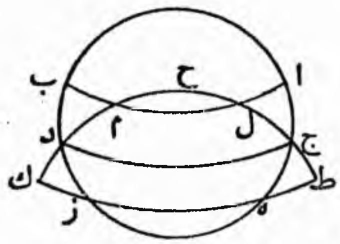
٦ الدوائر: الدائرة scr.

٨ قوس: litt. و obs.

٩ supra شبيهة not. et in mg. شبيهة بما يتفصّل ممّا هو أبعد من ذلك القطب scr. a. m.

فهو أكبر من القوس من تلك الدائرة الشبيهة بالقوس التي تتفصّل من دائرة التي هي أبعد من القطب الظاهر أعني قوس آب أعظم من القوس[1] الشبيهة بقوس ا جد من دائرتها 37v و قوس جد أعظم من القوس التي تشبه قوس هز من دائرتها

90.15 فليكن القطب الظاهر من قطبي الدوائر المتوازية نقطة ح ولترسم دائرة عظيمة تمرّ بنقطة ح وبنقطة ج وهي دائرة حلجط ولترسم دائرة عظيمة تمرّ بنقطة ح وبنقطة د وهي دائرة حمدك فدائرتا حلجط حمدك تفصلان فيما بينهما قوسين متشابهتين فقوس لم شبيهة بقوس جد وقوس المب أعظم من القوس الشبيهة بقوس جد من دائرة المب وهي قوس لم وكذلك نبيّن أنّ قوس[2] جد أعظم من القوس الشبيهة بقوس هز من دائرة جد اذا نحن رسمنا دائرتين عظيمتين تمرّان بنقطة ح وبكلّ واحدة 90.20 من نقطتي ه ز



وقد يمكن أيضا أن نبيّن ذلك من غير أن نرسم هاتين الدائرتين بأن نقتصر على أن نتمّ دائرة هز فقط كما عملنا في الشكل الذى قبل هذا

ك

اذا كانت على أكر متساوية دوائر عظيمة مائلة على دوائر أخرى عظيمة فأىّ دائرة اتّفق 90.25 أن يكون قطبها أعلى فهو أكثر ميلا على صاحبها يعني بقوله أنّ قطب الدائرة أعلى اذا كان العمود[3] الواقع من قطب الدائرة المائلة على سطح الدائرة المائلة عليها أطول واذا كان العمودان متساويين كان الميلان متساويين وأمّا الدوائر التي بعد أقطابها من سطوح الدوائر التي هي قائمة عليها بعد متساو فانّ ميلها ميلا متساويا

---

١ من القوس : add. sub lin. a. m.

٢ قوس : litt. س ins. sub lin., ft. a. m.

٣ العمود : corr. ex عمود , ft. a. m.

فلتكن في أكر متساوية دائرتان عظيمتان [١] من الدوائر التي في الكرة وهما دائرتا بكد
زلط مائلتان [٢] على [٣] دائرتي ابجد هزحط العظماوين وليكن قطب دائرة بكد نقطة
م وقطب دائرة زلط نقطة ن وليكن قطب م أعلى من قطب ن فأقول أنّ ميل دائرة
92.5 بكد على دائرة ابجد أكثر من ميل دائرة زلط على دائرة هزحط

فلترسم دائرة عظيمة تمرّ بنقطة م وبأحد قطبي دائرة ابجد وهي دائرة اكمج
ودائرة أخرى عظيمة تمرّ بنقطة ن وبأحد قطبي دائرة هزحط وهي دائرة هلنح فهي
تمرّ بأقطاب دائرة بكد ودائرة زلط وتقطعهما بنصفين نصفين وعلى زوايا قائمة
92.10 وليكن الفصل المشترك لدائرة ابجد ودائرة بكد [٤] خطّ بد والفصل المشترك لدائرة
ابجد ودائرة [٤] اكمج خطّ [٥] اج والفصل المشترك لدائرة اكمج ودائرة [٦] بكد خطّ
كس وأيضا فليكن الفصل المشترك لدائرة هزحط ودائرة زلط خطّ زعط [٧] والفصل
المشترك لدائرة هزحط ودائرة هلنح خطّ هح والفصل المشترك لدائرة هلنح
ودائرة زلط خطّ لع

92.15 ولأنّ دائرة اكمج في الكرة [٨] و [٩] دائرتا ابجد بكد وهي [١٠] تمرّ بأقطابهما فهي
38r تقطعهما بنصفين وعلى زوايا ا قائمة فدائرة اكمج قائمة على كلّ واحدة من دائرتي
ابجد بكد على زوايا قائمة فكلّ واحدة من دائرتي ابجد بكد قائمة [١١] على دائرة اكمج

---

١ post عظيمتان in ras. وأن
٢ مائلتان : corr. ex مائلة a. m.
٣ post على in ras. ان
٤ دائرة... بكد : in marg. a. m.; صح post
٥ post خطّ scr. حط
٦ دائرة : دائر scr.
٧ زعط : litt. ع obs.
٨ ft. post الكرة hapl.: وتقطع دائرتين من الدوائر التي في الكرة
٩ و : وهما mel.
١٠ هي : هو scr. sed و in ras. et ي sub lin. scr. a. m.
١١ قائمة : in marg. a. m.

92.20 على زوايا قائمة وان كان سطحان يقطع أحدهما الأخر وكانا قائمتين على سطح آخر على
زوايا قائمة فانّ الفصل المشترك لهما[1] خطّ بد فخطّ بد عمود على دائرة اكهج فهو
يحدث مع جميع الخطوط المستقيمة التي تمرّ بطرفه ويكون في سطح دائرة اكهج زوايا قائمة
92.25 وكلّ واحد من خطّي كس سا يمرّ بطرفه وهو في سطح دائرة اكهج فخطّ بد قائم على
كلّ واحد من خطّي كس[2] سا على زوايا قائمة ولأنّ سطح ابجد بكد يقطع أحدهما
الآخر وقد أخرج من خطّ بد وهو الفصل المشترك خطّا كس سا على زوايا قائمة وخطّ
كس منهما في سطح دائرة بكد وخطّ سا في سطح دائرة ابجد فانّ[3] زاوية كسا هي
92.30 ميل سطح بكد على سطح ابجد[3] وكذلك نبيّن أنّ زاوية لعه أيضا ميل سطح زلط
على سطح هزحط

وأقول أنّ زاوية كسا أصغر من زاوية لعه

94.5 فلأنّ نقطة م أعلى من نقطة ن يكون العمود الذى يخرج من نقطة م[4] الى سطح
دائرة ابجد[5] ... يقع على الفصل المشترك لدائرتي اكهج ابجد أعني على خطّ اج لأنّ
94.10 سطح اكهج ابجد أحدهما قائم على الآخر على زوايا قائمة فالعمود الذى يخرج من
نقطة ن الى سطح هزحط يقع على خطّ هح فالعمود الذى يخرج من نقطة م الى

---

١ لهما : corr. ex لها et add. in marg. a. m.: قائم على ذلك السطح فاذن وتقاطع دائرتي ابجد بكد قائم على دائرة اكهج وتقاطعهما المشترك صح ; an lect. sit: قائم على ذلك السطح فالفصل المشترك لدائرتي ابجد بكد

٢ كس : بش scr.

٣ فانّ ... ابجد : in marg. a. m.; صح post

٤ م : ن corr. ad م sup.

٥ post ابجد not. ad marg. ref. ins. sed emend. deest ; e Graec. an lect. sit: أطول من العمود الذى يخرج من نقطة ن الى سطح دائرة هزحط لكنّ العمود الذى يخرج من نقطة م الى سطح دائرة ابجد

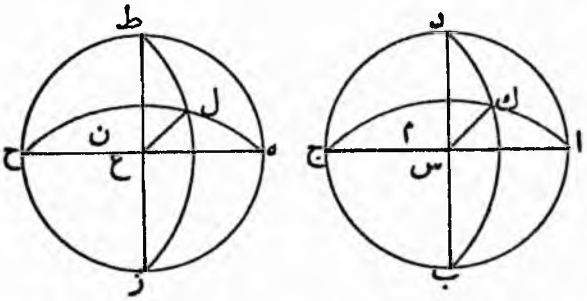
خطّ آج أطول من العمود الذى يخرج من نقطة ن الى خطّ هح[1] ولأنّ قطعتي[2] آكمج
94.15 هلنح من دوائر متساويتان وتعلّمت عليهما[3] نقطتا م ن كيف ما وقعتا والعمود الذى يخرج من نقطة م[4] الى خطّ آج[5] أعظم من العمود الذى يخرج من نقطة ن الى خطّ هح[4] تكون قوس مج أعظم من قوس نح وقوس مك مساوية لقوس نل لأنّ كلّ واحدة منهما مساوية للقوس التي يوتّرها ضلع المربّع المرسومة في الدائرة العظيمة[6] وذلك أنّ كلّ واحدة منهما خرجت من قطب الدوائر العظمى الى محيطها وذلك أنّ كلّ واحدة منهما
94.20 خرجت من قطب من اقطاب دائرتي بكد زلط الى محيطها فجميع قوس آكمج مساوية
لكلّ قوس هلنح وفصل[7] قوس كمج من أحدهما أعظم من قوس لنح فلأنّ من الأخرى 38v
تبقى قوس آك أصغر من قوس هل وزاوية كسا قاعدتها قوس آك وزاوية لعه قاعدتها قوس له وهاتان الزاويتان على مركز الدائرتين فزاوية كسا أصغر من زاوية
94.25 لعه وزاوية كسا هي ميل سطح دائرة بكد[8] على سطح دائرة آبجد وأنّ زاوية لعه هي ميل سطح دائرة زلط على سطح دائرة هزحط فميل دائرة بكد على سطح دائرة
94.30 آبجد أكثر من ميل دائرة زلط على سطح دائرة هزحط

وأيضا فليكن بعد اقطاب دائرتي بكد زلط من السطوح التي هي قائمة عليهما متساويا أعني أن يكون العمود الذى يخرج من نقطة م الى سطح دائرة آبجد مساويا للعمود الذى يخرج من نقطة ن الى سطح دائرة هزحط فأقول انّ ميل دائرتي بكد زلط
96.5 على دائرتي آبجد هزحط ميل متساوية أعني أنّ زاوية كسا تكون متساوية لزاوية لعه

---

١ هح : corr. ex هز
٢ قطعتي : corr. ex نقطتي sup.
٣ عليهما : litt. ما obs., ft. corr. ex بها
٤ م ... هح : in marg. a. m. et ن الى خطّ هح in text.
٥ آج : litt. ج obs.
٦ لأنّ ... العظيمة : in marg. a. m.
٧ فصل : ḍamma sup. ل ins. a. m.
٨ بكد : نكد scr.

فاذا علّمنا الأشياء باعيانها على هذه الجهة انّ زاوية كسا هي ميل سطح دائرة بكد على سطح دائرة ابجد وانّ زاوية لعه هي ميل سطح دائرة زلط على سطح دائرة هزحط فأقول انّ زاوية كسا مساوية لزاوية لعه



ولأنّ العمودين اللّذين يخرجان من نقطتي م ن الى سطحي دائرتي ابجد هزحط متساويان والعمودان اللّذان يخرجان من نقطتي م ن الى سطح دائرتي ابجد هزحط يقعان على خطّي اج هج[1]... متساويين ولأنّ قوسي اكمج هلنح قطعتان من دائرتين متساويين وقد تعلّمت نقطتا م ن[2] عليهما كيف ما وقعتا والعمود الذى يخرج من نقطة م الى خطّ اج مساو للعمود[3] الذى يخرج من نقطة ن الى خطّ هج[4] تكون قوس مج مساوية لقوس نح وقوس كم أيضا مساوية لقوس نل وذلك أنّ كلّ واحدة منهما مساوية للقوس التي يوتّرها ضلع المربّع الذى يرسم في الدائرة العظمى فجميع قوس كمج مساوية لجميع[5] قوس لنح وجميع قوس اكمج مساوية لجميع قوس هلنح فاذا قوس اك الباقية مساوية لقوس هل الباقية[5] وزاوية كسا قاعدتها قوس اك وزاوية لعه قاعدتها قوس هل فزاوية كسا مساوية لزاوية لعه وزاوية كسا

---

١ هج : هج scr. et mut. in هج ft. a.m.; ft. post هج hapl.: متساويان يكون العمودان اللّذان يخرجان من نقطتي م ن الى خطّي اج هج

٢ ن : obs. et gloss. sub lin. ft. a. m.

٣ للعمود : litt. لل obs.

٤ هج : هج scr.

٥ لجميع... الباقية : in marg. a. m. et verb. لقوس هل الباقية in text.; et in ras. in marg.: [obs.] س اك هي قاعدة زاوية كشا وقوس هل هي قاعدة زاوية لعه والزاويتان على [obs.] الدائرتين فزاوية كشا مساوية لزاوية لعه

96.30 هي ميل سطح دائرة بكد على سطح دائرة ابجد وزاوية لعه هي ميل سطح دائـــرة
زلط على سطح دائرة هزحط فميل دائرة بكد على دائرة ابجد مساو لدائرة زلـط
على سطح دائرة هزحط[1]

98.1 فميل دائرتي بكد زلط على دائرتي ابجد هزحط ميل مشابه وقد علمنا أنه انمــا
يقال[2] انّ ميل سطح على سطح شبيه بميل سطح آخر على سطح آخر اذا كانت الخطوط
المستقيمة التي تخرج من الفصول المشتركة للسطوح على زوايا قائمة في كلّ واحد مـــن
98.5 السطحين تحيط بزوايا متساوية وذلك ما أردنا أن نبيّن

كا

اذا ا كانت[3] في كرة دائرة عظيمة تماسّ دائرة من الدوائر التي تكون في الكرة ليست 39r
بعظيمة وتقطع دائرة أخرى موازية لتلك من الدوائر التي فيما بين مركز الكرة وبيـــن
98.10 الدائرة التي تماسّها الدائرة الأولى وكان أيضا قطب الدائرة العظمى فيما بيـــن
الدائرتين المتوازيتين ورسمت دوائر عظيمة تماسّ أعظم الدائرتين المتوازيتين فانّ هذه
الدوائر تكون مائلة على الدائرة[4] العظمى ويكون أكثر هذه الدوائر ارتفاعا[5] الدائرة التي
تكون مماسّتها[6] على وسط[7] القطعة العظمى من قطعتي تلك الدائرة وأكثرها انخفاضـــا
الدائرة التي تكون مماسّتها[8] على وسط القطعة الصغرى من قطعتي الدائرة وأمّا سائــر
98.15 الدوائر فما كان منها بعد موضع مماسّته من أحد وسطي القطعتين أنهما كان بعـــدا

---

١ هزحط : om.
٢ يقال : نقال scr.
٣ post كانت spat. 3 litt. e ras.
٤ الدائرة : corr. a. m. ex الدوائر
٥ ارتفاعا : litt. تفا obs.
٦ مماسّتها : corr. a. m. ex مماسّا
٧ وسط : corr. ex سطح ft. a. m.
٨ مماسّتها : مماسّتهما scr. et tert. in ras.

مساويا فميله ميل متشابه[١] و الدوائر التي يكون موضع مماسّتها أبعد من وسط القطعـــة
العظمى تكون أكثر ميلا من الدائرة التي موضع مماسّتها أقرب و اقطاب الدوائر العظيمـــة
أيضا[٢] أنّما تكون على دائرة واحدة موازية للدائرتين اللّتين ذكرنا و[٣] هي أصغر مـــن
الدائرة التي تماسّها الدائرة الأولى

98.20 فلتماسّ في كرة دائرة آبج العظمى دائرة من الدوائر التي تكون في الكرة غير عظيمة
و هي دائرة آد على نقطة آ و لتقطع دائرة أخرى موازية لهذه الدائرة من الدوائر التي
فيما بين مركــز الكرة و بين دائرة آد و هي دائرة هزحط و ليكن قطب دائرة آبج فيمـا
بين دائرتي آد هزحط[٤] و لترسم دوائر عظيمة تماسّ دائرة[٥] هزحط التي هي أعظـــم
98.25 الدائرتين المتوازيتين و هي دوائر منس بزج[٦] عفق تط رش ولتكن دائرة بزج مماسّـــة
لدائرة هزحط في موضع النصف من القطعة العظمى من قطعتي دائرة هزحط و هـــي[٧]
قطعة هزح[٨] على نقطة ز و لتكن دائرة تط مماسّة لها في موضع النصف من القطعـــة
الصغرى منهما و هي قطعة هطح على نقطة ط و[٩] ليكن بعد موضع مماسّة دائرتي منس
98.30 عفق لها من نقطة أحد النصفين أنّهما كان بعدا مساويا و بعد موضع مماسّة دائرة رش
لها من نقطة ز أبعد من موضع مماسّة دائرتي منس عفق لها و ليكن ذلك كيف وقـــع
فأقول انّ دوائر منس بزج عفق تط رش تكون مائلة على دائرة آبج[١٠] و انّ أكثرهـــا

---

١ متشابه : add. in marg. متساو supra quod خ (?) scr.

٢ أيضا : sup., ft. a. m.

٣ و : sub., ft. a. m.

٤ آد هزحط : آد litt. هز ins.

٥ دائرة : bis et pr. in ras.

٦ بزج : obs.

٧ هي : corr. sup. a. m. ex هو.

٨ هزح : ft. litt. ح corr. ex ج sed obs.

٩ supra و scr. ٢ a. m. et add. in marg.: نسخة وليكن بعد موضع مماسّـــة دائرتي منس عفق لها من نقط احد النصفين أنّهما كان بعدا متساويا و ليكن ذلك كيف ما وقع فاقول.

١٠ آبج : in marg., ft. a. m.

100.1 ارتفاعا دائرة بزح وأكثرها انخفاضا دائرة تط وأنّ [1] دائرتي منس عفق تكون ميلهما
متشابها وأنّ دائرة رش أميل على دائرة آبج من دائرة عفق و[2] أنّ اقطاب دوائر
منس بزح عفق [2] رش تط تكون على دائرة واحدة موازية لدائرتي آد هزحط و[3] هي
أصغر من الدائرة التي تماسّها دائرة آبج الأولى

100.5 فلنعلّم قطبا من قطبي دائرتي آد [4] هزحط المتوازيتين وليكن نقطة ل ولترسم
دائرة عظيمة تمرّ بنقطتي [5] ا ل وهي دائرة آل فلأنّ دائرتي آبج آد في كرة 39v
واحداهما مماسّة للأخرى وقد رسمت دائرة عظمى تمرّ بقطب احداهما وبموضع المماسّة
100.10 وهي دائرة آل تكون دائرة آل مارّة بقطبي دائرة آبج أيضا فتكون قائمة عليها على
زوايا قائمة فلتكن نقطة ك [6] قطبا لدائرة آبج فدائرة آل اذا تمّمت تمرّ بنقطة ك أيضا
فلتمرّ ولتكن مثل دائرة آلك ودائرتا آبج هزحط في كرة واحداهما يقطع الأخرى
وقد رسمت دائرة عظيمة تمرّ باقطابهما وهي دائرة آلك فدائرة آلك تقسم القطع التي
100.15 فصلت من الدائرتين بنصفين نصفين وموضع النصف من قطعة هزح نقطة ز [7] وموضع
النصف من قطعة هطح نقطة ط فدائرة آلك اذا تمّمت تمرّ أيضا بنقطتي ز ط فلتمر
ولتكن مثل دائرة طالكز ولأنّ نقطة ك قطب دائرة آبج ودائرة آبج من الدوائر
العظيمة يكون الخطّ الذى يوتّر قوس آك ضلع المربّع الذى يرسم في الدائرة العظمى
100.20 فقوس [8] آكز أعظم من القوس التي [9] يوتّرها ضلع المربّع الذى يرسم في الدائرة العظمى

---

١ وأنّ: litt. وا obs.
٢ و...عفق: a. m. in marg.
٣ و: sub. a. m.
٤ آد: sup.
٥ بنقطتي: corr. in marg. ex بقطبي, ft. a. m.
٦ ك: sup.
٧ ز: obs., ft. in ن mut.
٨ فقوس: corr. ex قوس, ft. a. m.
٩ التي: corr. sup. ex الذى, ft. a. m.

و[1] لأنّ دائرة هزحط أصغر من الدائرة العظمى لأنّها فيما بين مركز الكرة و بين دائرة آد و قطبها نقطة ل تكون قوس لز أصغر من القوس التي يوتّرها ضلع المربّع الذى يرسم
100.25 في الدائرة العظمى و لأنّ قوس آكز أعظم من القوس التي يوتّرها ضلع المربّع الذى في الدائرة العظمى و قوس لز أصغر من القوس التي يوتّرها ضلع المربّع الذى يرسم في الدائرة العظمى [2] فانا اذا فصلنا من قوس آكز[3] من عند نقطة ز قوسا مساوية للقوس[4] التي[5] يوتّرها ضلع المربّع الذى يرسم في الدائرة العظمى وقعت طرفها الآخر فيما بين
102.1 نقطتي آ ل فلنفصل قوسا مساوية للقوس[6] التي ذكرنا و هي قوس تز و لترسم على قطب ل و ببعد لث دائرة تخذض[7] فهي موازلدائرتي آد هزحط و لترسم دوائر عظيمة تمرّ كلّ واحد منهما بنقطة ل و بكلّ[8] واحدة[9] من نقط ن ف ش و هي دوائر نلض فلخ شلذ

102.5 و لأنّ قوس نل مساوية لقوس لز و ذلك أنّهما خرجتا[10] من قطب دائرة هزحط الى الخطّ المحيط بها و[11] قوس لث مساوية لقوس لض[12] و ذلك أنّهما أخرجتا من قطب دائرة ذضخ[13] الى الخطّ المحيط بها[11] يكون جميع قوس نلض[14] مساو لجميع قوس زلث

---

١ و : ins., ft. a. m.

٢ post العظمى in ras.: و لأنّ قوس لز تعظم من القوس الذى يوتّرها ضلع المربّع الذى يرسم في الدائرة العظمى و قوس لز أصغر من القوس التي يوتّرها ضلع المربّع الذى يرسم في الدائرة العظمى , ft. e dittog.

٣ آكز : sic, sed corr. falso ad آلز a. m. in marg.; صح supra

٤ للقوس : corr. ex لقوس, ft. a.m.

٥ التي : corr. a.m. ex الذى

٦ للقوس : sup., ft. a.m.

٧ تخذض : litt. ض mut. a.m. falso in ظ

٨ بكلّ : litt. بك obs., ft. corr. ex كلّ

٩ واحدة : ft. corr. ex واحد

١٠ خرجتا : خرجنا scr.

١١ و ... بها : in marg. a. m.

١٢ لض : litt. ض obs.

١٣ ذضخ : زخا scr. et litt. خا obs.

١٤ نلض : litt. ض mut. a. m. falso in ظ

وقوس زلث مساو لقوس الذى يوترها ضلع المربّع الذى يرسم في الدائرة العظمى فقوس
102.10 نلض[1] مساوية[2] لقوس التي يوترها ضلع المربّع الذى يرسم في الدائرة العظمى وكذلك
40r أيضا نبيّن أنّ كلّ واحدة من قسي خلف[3] ذلش مساوية لقوس التي يوترها ضلع المربّع
الذى يرسم في الدائرة العظمى[4] ولأنّ دائرتي منس هزحط في كرة واحداهما تماسّ
الأخرى وقد رسمت دائرة عظيمة تمرّ بقطبي احداهما وبموضع المماسّة وهي دائرة نلض
102.15 صارت دائرة نلض[5] تمرّ أيضا بقطبي دائرة منس وتكون قائمة عليها على زوايا قائمة ولأنّ
دائرة منس عظيمة تكون القوس التي خرجت من قطبها الى الخطّ المحيط بها مساوية
للقوس[6] التي يوترها ضلع المربّع الذى يرسم في الدائرة العظمى فالخطّ الذى يخرج من
102.20 نقطة ن[7] الى نقطة ض[8] هو مثل الخطّ[9] الذى يخرج من الخطّ المحيط بالدائرة منس
الى[10] قطبها فنقطة ض[11] قطب دائرة منس[10] وكذلك نبيّن أنّ نقطة ث أيضا قطب
دائرة بزج وأنّ نقطة خ قطب دائرة عفق وأنّ نقطة ذ قطب دائرة رش وأنّ نقطة
وقطب دائرة تط واقطاب الدوائر منس بزج عفق رش تط على[12] دائرة ثخذ[13]

---

١ نلض: litt. ض obs.

٢ مساوية: corr. ex مساويا

٣ post خلف in ras. طلط ; e Graec. et diag. Ar. ولط mel.

٤ post العظمى in ras.: ظلط خلف وكذلك أيضا نبيّن أنّ كلّ واحدة من قسي
ذلش مساوية لقوس التي يوترها ضلع المربّع الذى يرسم في الدائرة, e dittog.

٥ نلض: mut. a. m. falso in نلظ

٦ للقوس: corr. ex لقوس, ft. a. m.

٧ ن: sic sed duo punct. scr.

٨ ض: obs., ft. mut. in ظ

٩ الخطّ: litt. ا ins., ft. a.m.

١٠ الى ... منس: in marg. a. m.

١١ ض: mut. a.m. falso in ظ

١٢ على: in marg., ft. a. m.

١٣ ثخذ: obs. et gloss. in marg., ft. a. m.

102.25 المتوازية لدائرتي [1] آد هزحط التي هي أصغر من دائرة آد
وأقول انّ دوائر منس بزج عفق رش تط مائلة على دائرة آبج وانّ أكثرها [2] ارتفاعا دائرة بزج وأكثرها انخفاضا دائرة طت وانّ دائرتي منس عفق متشابهتا [3] الميل وانّ دائرة رش أكثر ميلا على دائرة آبج من ميل دائرة عفق عليها

102.30 ولأنّ قوس نز مساوية لقوس فز وهما من دائرة واحدة بعينها تكون قوس نز شبيهة [4] بقوس فز ولتكن قوس نز شبيهة بقوس وص [5] وقوس زف شبيهة بقوس وغ [6] فقوس وص [7] شبيهة بقوس وغ [8] وهما [9] من دائرة واحدة بعينها فقوس وص [10] مساوية لقوس غو [11] ولكنّ قوس صو [12] مساوية لقوس تض [13] وذلك أنّهما مقابلة لها [14] فيما بين قوسين من دائرتين عظيمتين تمرّان بقطبهما [15] وقوس وغ [16] مساوية [17] لقوس تخ وقوس تض [18] مساوية لقوس تخ وقد عمل في [19] دائرة تخذض [20] على قطر ثو [21] قطعة من دائرة [19] قائمة عليها 104.5

---

١ لدائرتي : لدائرقتي scr. ٢ أكثرها : ها sup., ft. a. m.

٣ متشابهتا : corr. ex متشابها, ft. a.m. ٤ شبيهة : corr. a.m. ex شبيهتا

٥ وص : litt. و ins., ft. a.m. ٦ وغ : litt. و ins. et litt. غ obs.

٧ وص : litt. و ins. et punct sup. et sub. ص.

٨ وغ : litt. و ins. et غ obs., ft. ex ح mut.

١٠ وص : litt. و ins. et punct. sup. et sub. ص.

١١ غو : litt. و ins.; غ mut. in غ et ن (?) supra scr.

١٢ صو : litt. و ins. et ص mut. in ص ١٣ تض : ض mut. a.m. falso in ظ

١٤ لها : sup. a. m. ١٥ بقطبهما : corr. ex بقطبها

١٦ وغ : litt. و ins. et litt. غ obs., ft. mut. ex ح.

١٧ مساوية : litt. ية obs., ft. corr. ex يا.

١٨ تض : ض mut. a.m. falso in ظ ٢٠ تخذض : ض mut. a.m. falso in ظ

١٩ في ... دائرة : in marg.; من دائرة in text. et in marg. من دائر.

٢١ ثو : litt. و ins.

على زوايا قائمة و هي قطعة وكز[1] وما يتّصل بهذه القطعة و فصل منها قوس أصغر من نصف جميع القطعة و هي قوس وك[2] و فصل من الدائرة[3] الأولى قوسان متساويان و هما

104.10 قوسا ثخ ثض[4] فالخطّ المستقيم الذى يصل بين نقطة ك و نقطة خ مساو للخطّ[5] المستقيم الذى يصل بين نقطة ك و نقطة ض[6] فالدائرة التي ترسم على قطب ك و ببعد كخ[7] تمرّ بنقطة ض[8] أيضا فلتمرّ و لتكن مثل دائرة خض[9] فدائرة خض[10] موازية لدائرة آبج و ذلك أنّهما على اقطاب باعيانها و ذلك أنّ نقطة ك قطب دائرة آبج و[11] لأنّ

104.15 دائرة خض[12] موازية لدائرة آبج يكون العمود الذى يخرج من نقطة خ الى سطح دائرة آبج مساويا للعمود[13] الذى يخرج من نقطة ض[14] الى سطح دائرة آبج وكذلك أيضا يكون مساويا للعمود الذى يخرج من نقطة ى الى سطح دائرة آبج و العمود الذى يخرج من نقطة خ[15] الى[16] سطح دائرة آبج أطول من العمود الذى يخرج

104.20 من نقطة ث الى سطح دائرة آبج فالعمود الذى يخرج من نقطة ض[17] الى سطح | 40v

دائرة آبج أطول[18] من العمود الذى يخرج من نقطة ث الى سطح دائرة آبج[18] وكذلك أيضا العمود الخارج من نقطة خ و ذلك أنّ كلّ واحد منهما مساو للعمود الذى يخرج

---

١ وكز : و ins. a. m. ٢ وك : و ins. a.m. ٣ الدائرة : corr. am. ex دائرة

٤ ثض : litt. ض obs., ft. mut. in ظ ٥ للخطّ : litt. ل pr. obs.

٦ ض : obs., ft. mut. in ظ ٧ كخ : obs. ٨ ض : obs., ft. mut. in ظ

٩ خض : mut. a.m. falso in خظ.

١٠ خض : mut. a.m. falso in خظ.

١١ آبج و : litt. ج و obs., ft. ex آبجد (و om.) corr.

١٢ خض : mut. a.m. falso in خظ.

١٣ للعمود : corr. ex لعمود et ـه gloss. ع sub a. m.

١٤ ض : obs., ft. mut. a.m. in ظ ١٥ خ : ى scr.

١٦ الى : obs., ft. ins. ١٧ ض : obs., ft mut. a.m. in ظ

١٨ أطول ... آبج : in marg. a.m.

من نقطة ى فنقطة ض[1] أعلى من نقطة ث ونقطة ض[2] هي قطب دائرة منس ونقطة 104.25
ث[3] قطب دائرة بزج وقطب دائرة منس أعلى من قطب دائرة بزج والدوائر التي
تكون اقطابها أعلى هي أكثر ميلا على السطوح التي هي عليها فدائرة منس أكثر ميلا
على دائرة آبج من دائرة بزج فدائرة بزج أكثر ارتفاعا من دائرة منس وكذلك نبيّن
أيضا أنّ دائرة بزج أكثر ارتفاعا من الجميع الدوائر التي تماسّ دائرة هزحط فدائرة بزج 104.30
أكثر ارتفاعا من جميع هذه الدوائر

و[4] أقول أنّ دائرة تط أكثر[5] انخفاضا من جميعها 106.1

وذلك أنّ العمود الذى يخرج من نقطة و[6] الى سطح الدائرة آبج أطول من
العمود الذى يخرج من نقطة د الى سطح دائرة آبج فنقطة و أرفع[7] من نقطة د[8]
ونقطة و[9] قطب دائرة تط[10] ونقطة[11] د قطب دائرة رش فقطب دائرة تط[12] أرفع 106.5
من قطب دائرة رش والدوائر التي تكون اقطابها أعلى هي أكثر ميلا على السطوح التي
هي عليها فدائرة[13] تط أكثر ميلا على دائرة آبج من دائرة رش فدائرة تط أخفض
من دائرة رش وكذلك نبيّن أنّها أخفض أيضا من جميع الدوائر التي تماسّ دائرة هزحط 106.10
فدائرة تط أخفض من جميع هذه الدوائر

---

١ ض: obs., mut. a.m. falso in ظ

٢ ض: obs., mut. a.m. falso in ظ

٣ ث: sup., ft. a. m.

٤ و: ins.

٥ أكثر: obs.

٦ و: obs.

٧ و أرفع: obs.

٨ نقطة د: نقطة obs. et د a.m. scr.

٩ و: ins. a. m.

١٠ تط: رط scr.

١١ نقطة: obs.

١٢ تط: رط scr.

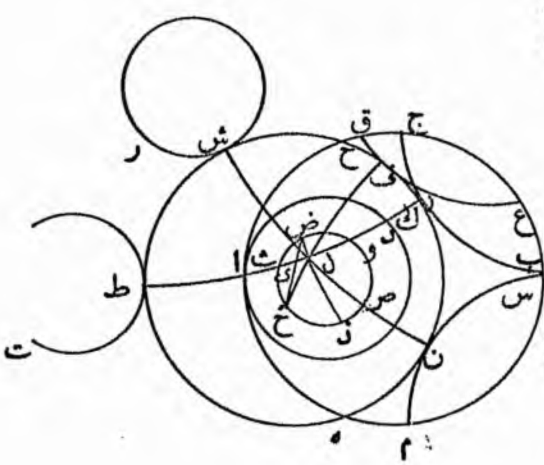
١٣ فدائرة: فدائر scr.

ولأنّ العمود[1] الذى يخرج من نقطة ض[2] الى سطح آبج مساو[3] للعمود[4] الذى
يخرج من نقطة خ الى سطح دائرة آبج فانّ بعد[4] نقطتي ض خ[5] من سطح دائرة آبج
يكون[6] بعدا متساويا ونقطة ض[7] قطب دائرة منس ونقطة خ قطب دائرة عفق فبعد
106.15 اقطاب دائرتي منس عفق من سطح دائرة آبج بعدا متساو والدوائر التي بعد
اقطابها من السطوح التي هي قائمة عليها بعد[8] متساو فميلها ميل متساو فميل دائرتا[8]
منس عفق منهما على دائرة آبج متساو[9]

وأيضا فانّ العمود الذى يخرج من نقطة د[10] الى سطح دائرة آبج لما[11] كان
106.20 أعظم من العمود الذى يخرج من نقطة خ الى سطح دائرة آبج[11] صارت نقطة د[12] أعلى
من نقطة خ و[13] نقطة د قطب دائرة رش[13] ونقطة[14] خ قطب دائرة عفق فقطب[15]
دائرة رش أعلى من قطب دائرة عفق[15] | والدوائر التي اقطابها أعلى فهي[16] أكثر 41r

---

١ العمود: corr. ex عمود, ft. a. m.
٢ ض: mut. a.m. falso in ط
٣ مساو: corr. ex مساويا, ft. a. m.
٤ بعد ... للعمود: in marg. a. m. et صح sup.
٥ ضخ: scripsi; om. in text. sed ثخ sup. a. m. ins.
٦ يكون: sup. a. m.
٧ ض: mut. a.m. falso in ط
٨ بعد ... دائرتا: text. corrumpt.; بعدا متساويا فدائرتا scr. et بعدا in بعد mut., متساويا in متساو mut., فدائرتا in دائرتا mut., فميلها ميل متساو in marg. (صح sup.) et فميل inter متساويا et فدائرتا ins. a.m.
٩ متساو: corr. ex متساوية, ft. a. m.
١٠ د: corr. sup. خ in text., ft. a. m.
١١ لما ... آبج: a.m. in marg.
١٢ د: ft. ins.
١٣ و ... رش: in marg. a.m.
١٤ ونقطة: ins. a. m. sup.
١٥ فقطب ... عفق: in marg. a. m.
١٦ فهي: corr. sup. ex من, ft. a.m.



ميلا على السطوح التي هي[١] عليها فدائرة رش

106.25 أكثر ميلا على دائرة آبج من دائرة عفق

فدوائر منس بزج عفق رش تط مائلة على

دائرة آبج وأكثرها ارتفاعا دائرة بزج

وأخفضها دائرة تط ودائرة منس عفق

متساوية الميل ودائرة[٢] رش أكثر ميلا على

دائرة آبج من دائرة عفق وأيضا فانّ

106.30 أقطابها على دائرة واحدة من الدوائر[٣] المتوازية التي[٤] هي أصغر من دائرة آد وذلك ما أردنا أن نبيّن

108.1 كب

واذا كانت هذه الأشياء باعيانها على ما وصفنا وكانت القسي التي تخرج فيما بين مواضع العقدة أعني فيما بين مواضع مماسّة الدوائر وبين قطعها لدائرة الأولى متساوية فانّ الدوائر العظيمة التي يقدّم[٥] ذكرها متشابهة الميل

108.5 فليكن القوسان التي تخرجان من عقدين ن ف أعني من موضعي التماسّ الى موضعي تقاطعي دائرة آبج ودائرتي منس عفق وهما قوسا من فق متساويين فأقول أنّ ميل دائرتي منس عفق على دائرة آبج ميلا متشابها

---

١ هي : sup., ft. a. m.

٢ دائرة : litt. د obs.

٣ الدوائر : corr. ex الدائرة , ft. a. m.

٤ التي : sup. ft. a. m.

٥ يقدّم : litt. ي obs.

فلنتعلّم قطب دائرتي آد هزحط المتوازيين [1] وليكن نقطة ل و [2] لترسم دائرة عظيمة تمرّ بنقطتي آ ل [2] وهي دائرة [3] طالزت فتبيّن أنّها ستمرّ بنقطة ك التي هي قطب دائرة آبج ولترسم دائرتان عظيمتان [4] تمرّ كلّ واحدة منهما بنقطة ل وكلّ واحدة من نقطة ن ف وهما دائرتا لنب [5] لفج

ولأنّ دائرتي هزحط منس في كرة واحداهما [6] تماسّ الأخرى وقد رسمت دائرة عظيمة تمرّ بقطب احداهما وبموضع المماسّة وهي دائرة لنب فانّ دائرة لنب تمرّ بقطبي منس وتكون قائمة عليها على زوايا قائمة وكذلك نبيّن أنّ دائرة لفج أيضا تمرّ بقطبي دائرة عفق وتكون قائمة عليها على زوايا قائمة فلأنّه قد عمل في دوائر متساوية على اقطارهما [7] التي تخرج من نقطتي ن ف قطعتان من دائرتين متساويتان قائمان عليها على زوايا قائمة وهما قطعتا نل فل [8] مع [9] القطع المتّصلة بهما وفصل منهما قوسان متساويتان وهما قوسا نل فل [10] وكانتا أصغر من نصف [11] كلّ واحدة من القوسين وفصل من الدوائر الأولى قوسان متساويتان وهما قوسا من فق فيكون [12] الخطّ المستقيم الذى يصل بين نقطة ل [13] ونقطة م مساو للخطّ المستقيم الذى يصل بين نقطة ل [13]

---

١ المتوازيين : litt. الم obs., ft. litt. ال ins.

٢ و...ل : a. m. in marg.

٣ دائرة : دائر scr.

٤ عظيمتان : عظتمان scr.

٥ لنب : marg., ft. a. m.

٦ احداهما : احديهما scr. et litt. ا sup. ي ins., ft. a. m.

٧ اقطارهما : corr. a. m. in marg. ex اقطابهما in text., sed litt. رهما obs.; add. sup. in marg. صح , ft. m. tert.

٨ فل : in marg., ft. a. m.

٩ مع : litt. ـه obs.

١٠ فل : obs., ft. فنل scr.

١١ نصف : sup. كل

١٢ فيكون : obs., ft. ex فل corr. a.m.

١٣ ل ... ل : in marg. a. m.

108.25 ونقطة ق فالدائرة[1] التي ترسم على قطب ل وببعد لم تمر بنقطة ق أيضا فلتمر
ولتكن مثل دائرة مسعق وهي موازية لدائرتي آد هزحط وذلك أنها على اقطاب[2]
باعيانها ولأن دائرتي آبج مسعق في كرة واحداهما تقطع الأخرى وقد رسمت دائرة
110.1 عظيمة تمر[3] باقطابهما وهي دائرة طدكزت صارت دائرة طدكزت[4] تقسم القطع التي
فصلت من الدوائر بنصفين نصفين فقوس[5] مت مساويا لقوس تق وأيضا لأن دائرتي منس
مس تقطع احداهما الأخرى وقد رسمت دائرة عظيمة تمر باقطابهما وهي دائرة لنب
110.5 صارت دائرة لنب تقسم القطع التي فصلت من الدوائر[6] بنصفين نصفين ا فقوس من 41v
مساوية لقوس نس وقوس مسر مساوية لقوس رس وكذلك نبين أن قوس عف أيضا
مساوية لقوس[7] فق وقوس عش مساوية[7] لقوس شق[8] فلأن قوس من مساوية في الوضع
لقوس فق وقوس منس ضعف قوس من وقوس عفق ضعف قوس فق تكون قوس منس
110.10 أيضا مساوية لقوس عفق والدائرتان متساويتان فالخط الذى يوتر قوس منس مساو للخط
الذى يوتر قوس عفق[9] ولكن الخط الذى توتر قوس[9] منس يوتر أيضا قوس مرس والخط
الذى يوتر قوس عفق يوتر أيضا قوس عشق وقوسا مرس[10] عشق من دائرة واحدة

---

١ فالدائرة : litt. ة ins., ft. corr. ex فالدائرتي a. m.

٢ اقطاب : litt. ا sup. ى ante ins. et post ا spat. 1 litt.

٣ تمر : sup., ft. a. m.

٤ طدكزت : طزدكزت scr. et د obs.

٥ فقوس : litt. ف ins., ft. a. m.

٦ من الدوائر : bis et sec. in ras.

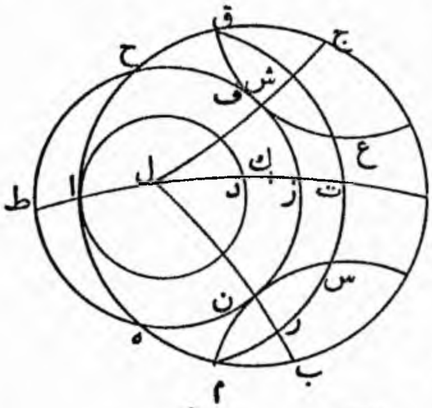
٧ مساوية ... لقوس : in marg., ft. a. m.

٨ شق : litt. ق obs., ft. e corr.

٩ قوس ... عفق : in marg., ft. a. m.

١٠ مرس : obs., ft. ins. a. m.

110.15 بعينها و قوس مرس مساوية لقوس عشق و قوس مر نصف قوس مرس[1] و قوس قــــش



نصف قوس[2] عشق فقوس مر مساوية لقوس قـــش و كلّ قوس مرست مساوية لكلّ[3] قوس[4] تعشق فقوس رست[5] الباقية مساوية لقوس تعش[6] الباقية و هـي من دائرة واحدة بعينها فقوس رست[7] شبيهـــة

110.20 بقوس تعش[8] و لكنّ قوس رست شبيهة بقوس نـز و قوس تعش شبيهة بقوس زف فقوس نز شبيهة بقوس زف و هي من[9] دائرة واحـــدة بعينها فقوس نز مساوية لقوس زف فبعد دائرتي منس عفق من نقطة النصف مــــن

110.25 احدى القوسين اللّتين قسمت بهما دائرة هزحط[10] بعد متساو والدوائر التي يكون بعدها من نقطة النصف من احدى هاتين القوسين أنّهما[11] كان بعدا متساويا متشابهـة الميل[12] فميل دائرتي منس عفق على دائرة ابج متشابه[13] و ذلك ما أردنا أن نبيّن

تمّت المقالة الثانية من كتاب ثاودوسيوس في الأكر و هي اثنان و عشرون شكلا

والحمد لله ربّ العالمين

---

١ مرس : post مر spat. 1 litt.
٢ post نصف scr. دائرة
٣ لكلّ : in fin. lin. ins., ft. a. m.
٤ قوس : corr. ex لقوس
٥ رست : obs., ft. ins.
٦ تعش : litt. ت obs., ft. ث scr.
٧ رست : litt. ت obs., ft. ث scr.
٨ تعش : litt. ت et ش obs., ft. e corr.
٩ من : sup., ft. a. m.
١٠ هزحط : litt. هز sup., ft. a. m.
١١ أنّهما : obs.
١٢ post الميل ins. على دائرة in fin. lin. a.m.
١٣ متشابه : litt. تش obs.

بسم الله الرحمن الرحيم

المقالة الثالثة من كتاب ثاودوسيوس في الأكر

١

اذا خطّ في دائرة خطّ ما مستقيم يقسم الدائرة بقسمين غير متساويين وعمل عليه قطعة من دائرة ليست بأعظم من نصفها وكانت قائمة على الدائرة على زوايا قائمة وقسمت 42r قوس القطعة التي عملت على الخطّ بقسمين غير متساويين فانّ الخطّ الذى يوتّر القوس 112.5 الصغرى يكون أقصر جميع الخطوط المستقيمة التي تخرج من تلك النقطة التي انقسمت القوس عليها الى القوس العظمى من الدائرة الأولى وكذلك أيضا ان كان الخطّ المخرج قطر الدائرة وكانت سائر الأشياء التي كانت للقطعة التي ليست هي أعظم من نصف دائرة المعمولة على الخطّ على حالها فانّ الخطّ المخرج الذى تقدّم ذكره أقصر جميع الخطوط 112.10 المستقيمة التي تخرج من تلك النقطة بعينها وتلقى الخطّ المحيط بالدائرة الأولى ويكون أعظمها الخطّ الذى يوتّر القوس العظمى

فليخرج في دائرة ابجد خطّ ما مستقيم وهو خطّ بد يقسم الدائرة بقسمين غير متساويين ولتكن قوس بجد أعظم من قوس باد ولنعمل على خطّ بد[1] قطعة من 112.15 دائرة ليست[2] بأعظم من نصف دائرة قائمة على دائرة[2] ابجد على زوايا قائمة وهي قطعة بهد ولتقسم قوس بهد بقسمين غير متساويين على نقطة ه ولتكن قوس ده أعظم من قوس هب وليوصل خطّ هب فأقول انّ خطّ به أقصر جميع الخطوط المستقيمة التي تخرج من نقطة ه الى قوس بجد

فليخرج من نقطة ه الى سطح دائرة ابجد عمود هز[3] فهو يقع على الفصل 112.20

---

١ بد: sup. ٢ ليست... دائرة: in marg. a. m. et دائرة sec. دائر scr.

٣ ante هز in ras. ا , ut vid.

المشترك لسطحي ابجد بهد الذى هو خط بد لأن قطعة[1] بهد قائمة على[2] دائرة
ابجد على زوايا قائمة ولنتعلم مركز دائرة ابجد وليكن نقطة ح وليوصل خط زح[3]
112.25 وليخرج من الجنبتين[4] الى نقطتي ط ك وليخرج من نقطة ه الى قوس بلجد خط
هل وليوصل خط زل

فخط هز عمود على سطح دائرة ابجد فهو يحدث مع جميع الخطوط التي تخرج من
نقطة ز وتكون في سطح دائرة ابجد زوايا قائمة وكل واحد من خطي زب زل اللذين
112.30 هما في سطح دائرة ابجد يخرج من طرف خط هز فكل واحدة من زاويتين بزه لزه
قائمة ولأن خط زب أقصر من خط زل يصير المربع الكائن من خط زب[5] أقل من مربع
الكائن من خط[5] زل ونجعل[6] المربع الكائن من خط هز[7] مشتركا فالمربعان الكائنان
من خطي هز زب أقل[8] من المربعين الكائنين من خطي هز زل ولكن المربع الكائن من
114.5 خط به مساو للمربع الكائن من خطي هز زل[8] والمربع الكائن من خط له مساو
للمربعين الكائنين من خطي لز زه فالمربع الكائن من خط به أيضا أقل من[9] المربع
الكائن من خط له فخط هب أقصر من خط هل وكذلك نبين أنه أقصر من جميع
الخطوط المستقيمة التي تخرج من نقطة ه وتلقى قوس بجد[10] فخط به أقصر من جميع

---

١ قطعة : obs.

٢ post على spat. 2(?) litt.

٣ زح : دح scr.

٤ الجنبتين : الحسن scr. et duo punct. sup. et sub. verb.

٥ خط ... زب : in marg. a. m.

٦ نجعل : litt. نج obs. et gloss. sup. obs.

٧ هز : litt. ز obs.

٨ أقل ... زل : in marg. a. m.

٩ من : om.

١٠ post بجد in ras. خط به .

114.10 الخطوط المستقيمة التي تخرج من نقطة ه وتلقى[1] قوس بجك

وأقول أنّ الخطّ الذى يقرب منه من الخطوط[2] المستقيمة التي تخرج من نقطة ه[3] فيما بين نقطتي ك ب أبدا[4] أقصر من الذى هو أبعد منه[4]

فليخرج أيضا خطّ[5] جه وليوصل خطّ زج[6]

فلأنّ خطّ لز أقصر من خطّ زج يكون أيضا المربّع الكائن من خطّ لز أقلّ من المربّع
114.15 الكائن من خطّ زج ونجعل المربّع الكائن من[7] خطّ زه مشتركا فالمربّعان الكائنان من
خطّي زل[8] زه أقلّ من[9] المربّعين الكائنين[10] من خطّي هز زج ولكنّ المربّعين
42v الكائنين من خطّي لز زه مساويان للمربّع الكائن من خطّ اله والمربّعان الكائنان من
خطّي هز زج[11] مساويان للمربّع الكائن من خطّ هج فالمربّع الكائن من خطّ له أقلّ من
المربّع الكائن من خطّ هج فخطّ له أقصر من خطّ هج

114.20 وكذلك نبيّن أيضا أنّ ما قرب من خطّ هب من الخطوط[12] المستقيمة التي تخرج من
نقطة ه فيما بين نقطتي ب ك أقصر ممّا بعد

وأيضا فانّا نصل خطّي هك هد فأقول أنّ خطّ هك أطول من جميع الخطوط

---

١ تلقى : تلقا scr.　　٢ الخطوط : الخطوه scr.

٣ ه : om.　　٤ أبدا... منه : in marg. a. m.

٥ post خطّ scr. آخر مستقيم وهو خطّ هم وليوصل خطّ من فلأنّ خطّ دز أقصر
آخر... من خطّ in ras.; ft. verb. من خطّ أبدا أقصر من الذى هو أبعد منه فليخرج
hapl. (cf. infra p. ٨١ , l. ١٢).

٦ زج : litt. ز obs.　　٧ من : obs., ft. ins.

٨ زل : obs., ft. نك scr.

٩ أقلّ من : ins. ft. a. m.; أقلّ fin. lin. et من init. lin. alt.

١٠ المربّعين الكائنين : corr. e المربّع الكائن.

١١ هز زج : litt. ز obs.

١٢ الخطوط : obs.

المستقيمة التي تخرج من نقطة ه[1] وتلقى قوس ب ك وأن خط ه د أقصر من جميع
114.25 الخطوط المستقيمة التي تخرج من نقطة ه فيما بين نقطتي د ك

فلأن خط ك ز أطول من خط ز ح يكون المربع الكائن من خط ك ز[2] أعظم من المربع
الكائن من خط ز ح ونجعل المربع الكائن من خط ز ه مشترك فالمربعان الكائنان من
خطي ك ز ز ه وهو المربع الكائن من خط ه ك أعظم من المربعين الكائنين من خطين ه ز
ز ح[3] وهو المربع الكائن من خط ه ح[4] فخط ه ك[5] أطول من خط ه ح[6] وكذلك نبين
114.30 أن خط ه ك[7] أيضا أطول من جميع الخطوط المستقيمة التي تخرج من نقطة ه وتلقى
قوس ب ك فخط ه ك أطول من جميع الخطوط المستقيمة التي تخرج من نقطة ه وتلقى
قوس ب ك

116.1 وأقول أيضا أن خط ه د[8] أقصر من جميع الخطوط المستقيمة التي تخرج من نقطة
ه فيما بين نقطتي ك د

فليخرج أيضا خط آخر مستقيم وهو خط ه م وليوصل خط م ز
116.5 فلأن خط د ز أقصر من خط ز م يكون المربع الكائن من خط د ز[9] أقل من المربع

---

1 post ه in ras. فيما بين نقطتي ب ك أقصر مما بعد وأيضا فأنا نصل خطي ه ك ه د فاقول أن خط ه ك أطول من جميع الخطوط المستقيمة التي تخرج من نقطة ه dittog.; et in marg. وتلقى قوس بك scr. a. m.

2 ك ز: litt. ز obs.

3 ز ح: litt. ح obs., ft. corr.

4 ه ح: corr. a. m.

5 ه ك: litt. ك corr.

6 ه ح: corr. a. m.

7 ه ك: litt. ك corr.

8 ه د: litt. ه corr. sed obs. 9 د ز: د م scr. et د obs.

الكائن من خطّ[1] زم ونجعل[1] خطّ زه مشترك فالمربّعان[2] الكائنان من خطّي هز زد
اللّذان هما مثل المربّع الكائن من خطّ هد أقلّ من المربّعين الكائنين من خطّين هز زم[3]
اللّذين هما مثل المربّع الكائن من خطّ هم فخطّ ده أقصر من خطّ مه وكذلك نبيّن أنّ
خطّ هد أقصر من جميع الخطوط المستقيمة التي تخرج من نقطة ه وتلقى قوس كد فيما
116.10 بين نقطتي ك د فخطّ هد أقصر من جميع الخطوط المستقيمة التي تخرج من نقطة ه
وتلقى قوس كد فيما بين نقطتي ك د والخطّ الذى يقرب منه من الخطوط التي تخرج
فيما بين نقطتي ك د أقصر من الذى أبعد منه[4] ولأنّ خطّ هد أطول من خطّ هب
اذا كانت قوس ده أيضا أعظم من قوس هب وخطّ هد أقصر من جميع الخطوط
المستقيمة التي تخرج من نقطة ه الى قوس كد يكون خطّ هب أقصر كثيرا من جميع
الخطوط المستقيمة التي تخرج من نقطة ه الى قوس كد وقد تبيّن أنّه أقصر من الخطوط
المستقيمة التي تخرج الى قوس كب أيضا فخطّ به أقصر من جميع الخطوط المستقيمة التي
تخرج من نقطة ه الى قوس بكد

116.15 وليكن خطّ بد المخرج قطر الدائرة وليكن سائر الأشياء الباقية على حالها فأقول 43r
انّ خطّ هب أقصر من جميع الخطوط التي تخرج من نقطة ه وتلقى الخطّ[5] المحيط
بدائرة[6] ابجد وأنّ خطّ هد أطولها

فاذا[7] عملت الأشياء التي وصفنا باعيانها فانّ قوس ده[8] كانت أعظم من قوس هب

---

١ خطّ...نجعل: in marg. a. m.

٢ فالمربّعان: litt. نا obs., ft. ex وا corr.

٣ هز زم: litt. ز obs.

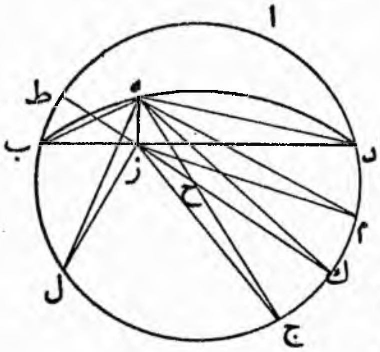
٤ منه: فيه scr.

٥ الخطّ: sup. ft. a. m.

٦ بدائرة: corr. ex بالدائرة

٧ فاذا: obs.

٨ post ده ins. ك aut ان.



116.20 وقد أخرج عمود هز يكون خطّ دز أطول من خطّ زب وخطّ بد قطر دائرة ابجد فمركز دائرة على خطّ زد فخطّ زد أطول من خطّ زج وخطّ زج أطول من خطّ زب فالمربّع الكائن من خطّ زد أعظم من المربّع الكائن من خطّ جز والمربّع الكائن من خطّ زج أعظم من المربّع الكائن من خطّ زب ونجعل المربّع الكائن من خطّ زه[1] مشترك فالمربّعان الكائنان من خطّي دز زه

116.25 اللّذان هما مثل المربّع الكائن من خطّ ده أعظم من المربّعين الكائنين من خطّي جز زه[2] اللّذان[3] هما مثل المربّع الكائن من خطّ جه[4]... أعظم[5] من المربّعين الكائنين من خطّي بز زه اللّذين هما مثل مربّع الكائن من خطّ به[5] فخطّ ده أطول من خطّ هج وأطول من خطّ هب وذلك[6] نبيّن أنّ خطّ هد أطول جميع الخطوط التي تخرج من نقطة ه

116.30 و[7] تلقى الخطّ المحيط بدائرة[8] ابجد وخطّ هب أقصرها

فخطّ هد أطول من جميع الخطوط التي تخرج من نقطة ه الى الخطّ المحيط بدائرة ابجد وخطّ هب أقصرها وذلك ما أردنا أن نبيّن

---

١ زه: obs.

٢ جز زه: زه جز زه scr. et زه pr. in ras.

٣ اللّذان: litt. الل obs.

٤ ft. post جه hapl.: والمربّعان الكائنان من خطّي جز زه اللّذان هما مثل المربّع الكائن من خطّ جه

٥ أعظم...به: in ras. falso, ft. e hapl. ante.

٦ ذلك: كذلك mel.

٧ و: obs., ft. ins. a. m.

٨ ante بدائرة spat. 1(?) litt., ft. ex بالدائرة corr.

118.15 أقصر من جميع الخطوط المستقيمة التي تخرج من نقطة ة الى قوس آبج

فليخرج من نقطة ة الى سطح دائرة آبجد عمود فهو يقع فيما بين خطّ آج[1] وقوس 43v

118.20 آدج[2] لأنّ قطعة آهج[4] مائلة[6] على قطعة آدج فليخرج وليكن خطّ هز وليلق سطح

الدائرة على نقطة ز ولنتعلّم مركز دائرة آبجد فانّ مركزها امّا أن يكون على خطّ آج

وامّا فيما بين خطّ آج[3] وقوس بج لأنّا كنّا وضعنا أنّ قطعة آبج ليست بأصغر من نصف دائرة

118.25 وليكن أوّلا فيما بين خطّ آج وبين[7] قوس آبج وليكن نقطة[8] ح وليوصل خطّ زح

---

١ الصغرى : in marg., ft. a. m. ٤ آهج : ft. ins.

٢ آبج : آدج scr. sed ا obs. et د in ras. et gloss. (ابج) in marg. a.m.

٣ خطّ آج : قطعة آدج scr. sed قطعة et د in ras. et خطّ sup., ft. a. m.

٥ متساويين : litt. يين obs., ft. يتين scr. ٧ post بين in ras. خطّ

٦ مائلة : litt. ة obs. ٨ نقطة : نقط scr.

ب

118.1 اذا خطّ في دائرة خطّ ما مستقيم يفصل منها قطعة ليست بأصغر من نصف دائرة ثمّ عمل عليه قطعة دائرة ليست بأعظم من نصف دائرة مائلة على القطعة التي ليست بأعظم من
118.5 نصف دائرة و قسمت قوس القطعة التي عملت بقسمين غير متساويين فانّ الخطّ الذى يوتّر القوس الصغرى [١] أصغر من جميع الخطوط المستقيمة التي تخرج من تلك النقطة التي انقسمت عليها الى القطعة التي ليست بأصغر من نصف دائرة

فليخطّ في دائرة ابجد خطّ ما و هو خطّ اج يفصل من الدائرة قطعة ليست بأصغر
118.10 من نصف دائرة و هي قطعة ابج [٢] و نعمل على خطّ اج [٣] قطعة اهج مائلة على قطعة ادج التي ليست بأعظم من نصف دائرة و لتقسم قوس اهج بقسمين غير متساويين [٥] على نقطة ه و ليكن قوس جه أعظم من قوس ها و ليوصل خطّ ها فأقول انّ خطّ ها

وليخرج في الجهتين الى [1] نقطتي د ب وليخرج من نقطة ه الى قوس ابج خط
مستقيم يلقاها وهو خطّ هط وليوصل خطّا از زط

118.30 ولأنّ خطّ هز عمود على سطح دائرة ابجد فهو يحدث مع جميع الخطوط التي يلقاها
وفي [2] سطح دائرة ابجد زوايا قائمة وكلّ واحد من خطّي از زط اللّذين هما في سطح
دائرة ابجد يلقى خطّ هز فكلّ واحد من زاويتي ازه طزه [3] قائمة فلأنّ خطّ از أقصر
120.1 من خطّ زط يكون المربّع الكائن من از أقلّ من المربّع الكائن من خطّ زط ونجعل المربّع
الكائن من خطّ زه مشتركا فالمربّعان الكائنان من خطّي از زه اللّذان هما مثل المربّع
الكائن من خطّ اه أقلّ من المربّعين الكائنين من خطّي طز زه اللّذين هما مثل المربّع
120.5 الكائن من خطّ طه فخطّ اه أقصر من خطّ طه [4] وكذلك نبيّن أنّه أقصر أيضا من الجميع
الخطوط المستقيمة التي تخرج من نقطة ه الى قوس اطب فيما بين نقطتي ا ب

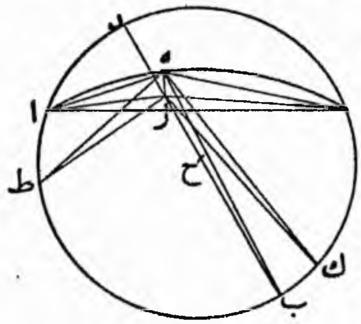
وكذلك أيضا نبيّن أنّ ما قرب منه من الخطوط المستقيمة التي تخرج من نقطة ه الى
120.10 قوس اطب التي فيما بين نقطتي ا ب أقصر ممّا بعد

وليوصل خطّ به فأقول انّ خطّ به أطول جميع الخطوط التي تخرج من نقطة ه الى
قوس [5] ابج

فلأنّ خطّ بز أعظم من خطّ زط فالمربّع الكائن من خطّ بز [6] أعظم من المربّع الكائن
120.15 من خطّ زط ونجعل المربّع الكائن من خطّ زه مشتركا فالمربّعان الكائنان من خطّي هز
زب [7] اللّذان هما مثل المربّع الكائن من خطّ هب أعظم من المربّعين الكائنين من خطي هز

---

١ الى : التي scr. ٢ وفي : هو scr.
٣ طزه: litt., obs. ft. ins. a. m.
٤ طه: sup. هد in lin., ft. a. m.
٥ قوس: in marg., ft. a. m.
٦ بز: ز scr. ٧ زب: زا scr. et ز obs.

زط اللذين هما مثل المربع الكائن من خط هط فخط به أطول من خط هط وكذلك


نبين أنه أطول أيضا من جميع الخطوط المستقيمة التي يخرج من
120.19 نقطة ه الى قوس ابج [1] فيما بين نقطتي ب ج
فليخرج أيضا خط آخر مستقيم و هو خط هك و ليوصل خطا
120.25 زك زج
فلأن خط زج أقصر من خط ا زك يكون المربع الكائن من خط زج أقل من المربع 44r
الكائن من خط زك و ليكن المربع الكائن من خط زه مشتركا فالمربعان الكائنان من خطي
زج [2] زه اللذان هما مثل المربع الكائن من خط جه أصغر من المربع الكائنين من خطي
كز زه اللذين هما مثل المربع الكائن من خط هك[2] فخط جه أقصر من خط هك
120.30 وكذلك نبين أنه أقصر أيضا من جميع الخطوط التي تخرج من نقطة ه الى قوس بكج فيما
بين نقطتي ب ج فخط هج أقصر جميع الخطوط التي تخرج من نقطة ه الى قوس بكج
فيما بين نقطتي ب ج فكذلك أيضا [3] نبين أن ما قرب منه [4] خط هج أقصر الخطوط
المستقيمة التي تخرج من نقطة ه الى قوس بكج [5]
122.1 وكذلك نبين أنه ان كانت قطعة ابج نصف دائرة فان خط اه أقصر جميع الخطوط

---

١ ابج : د scr.

٢ زج ... هك : in marg. a. m. et verb. هك كز in text.

٣ أيضا : obs.

٤ post منه in ras.: جميع الخطوط المستقيمة التي تخرج من نقطة ه الى قوس اطب ft. e hapl. (cf. p.٨٥, l.٩-١٠ aut ١١-١٢); an ante خط هج add. من sit.

٥ post بكج scr. و خط اه أصغر من القوس يكون خط اه أقصر كثير(obs.) مـــن الخطوط التي تخرج من نقطة ه الى قوس بج فخط ها أقصر جميع الخطوط المستقيمة التي تخرج من نقطة ه الى قوس ابج falso; ft. verb. فخط ها ...ابج hapl. (cf. infra p. ٨٦.١٤ - ٨٧.١).

المستقيمة التي تخرج من نقطة ه الى قوس ابج و ذلك ما أردنا أن نبيّن

ج

122.5 اذا كانت في كرة دائرتان عظيمتان قطعت احداهما الأخرى و فصل من كلّ واحدة
منهما قوسان متساويان متّصلتان[1] احداهما بالأخرى عن جنبتي احدى النقطتين اللّتين
تتقاطعان عليهما فانّ الخطوط المستقيمة التي تصل فيما بين اطراف القسي التي تفصل في
جهة واحدة[2] بعينها مساو بعضها لبعض

فليكن في كرة دائرتان عظيمتان و هما دائرتا اب جد تقطع احداهما الأخرى على
122.10 نقطة ه و لنفصل من كلّ واحدة بعينها منهما قوسين متساويين متّصلين احداهما بالأخرى
عن جنبتي نقطة ه و هي قسي اه هب جه هد و لتكن قوس اه مساوية لقوس هب
و قوس جه لقوس هد و ليوصل خطّا جا بد فأقول انّ خطّ جا مساو لخطّ بد

و ذلك أنّ دائرة التي ترسم على قطب ه و ببعد ها تمرّ أيضا بنقطة ب و امّا أن
122.15 بنقطة ج فامّا أن تمرّ أيضا[3] بها و امّا أن لا تمرّ

فلتمرّ أوّلا بنقطة ج كما في الصورة الأولى فهي تمرّ بنقطة د[4] أيضا و ذلك أنّ قوس
جه مساويا لقوس هد فلتعمل هذه الدائرة و هي دائرة اجبد و ليكن الفصل المشترك
لدائرتي اجبد اهب خطّ[5] ...جد

---

١ متّصلتان : متّصلتا scr.

٢ واحدة : litt. ة obs.

٣ post أيضا text. corrumpt.; verb. بنقطة ب scr. e dittog.; deinde ft. verb. وامّا بنقطةج dittog.; deinde تمرّ كما dittog. (cf. infra بنقطة ج كما p. ٨٧ . ١٣); بها post أيضا addidi.

٤ د : om.

٥ ft. post خطّ hapl.; اب والفصل المشترك لدائرتي اجبد جهد خطّ

122.20 فلأن دائرة اهب العظمى التي في الكرة[١] ... وتمرّ بقطبيها وهي دائرة اجبد
فهي تقطعها بنصفين وعلى زوايا قائمة فخطّ اب قطر دائرة اجبد وكذلك نبيّن أنّ خطّ
جد أيضا قطر دائرة اجبد فنقطة ز مركز دائرة اجبد فخطوط زا زب زج زد
122.25 الأربعة مساو بعضها لبعض فلأنّ خطّي زا زج مساويان لخطّي زب زد كلّ واحد منهما
لنظيره وزاوية ازج مساوية لزاوية دزب وذلك أنّهما متقابلتان تكون قاعدة اج مساوية
لقاعدة دب

44v وأيضا فلا تمرّ[٢] الدائرة التي ترسم على قطب ه وببعد ها ا بنقطة ج لكن تقع
122.30 احدهما[٣] كما في الصورة الثانية فهي تمرّ بنقطة ب وتقع أبعد من نقطة د فلتعمل
وليكن مثل دائرة احبط[٤] ... على نقطتي ح ط وليكن الفصل المشترك لدائرتي احبط
اهب خطّ اب والفصل المشترك لدائرتي احبط حهط خطّ حط.

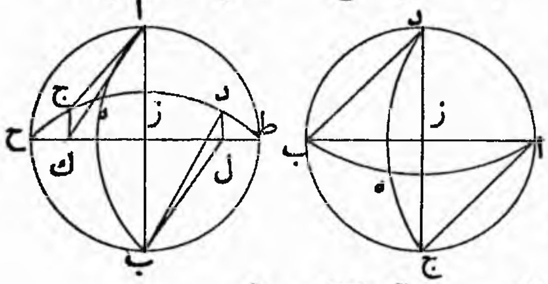
124.5 ونبيّن كما بيّنا أيضا أنّ نقطة ز[٥] مركز دائرة احبط وأنّ كلّ واحدة من دائرتي
اهب حهط قائمة على دائرة احبط على زوايا قائمة فليخرج من نقطتي ج د الى سطح
دائرة احبط عمودا جك[٦] دل وليوصل خطّا اك لب

فلأنّ قوس هج[٧] مساوية لقوس هط وذلك أنّ قطب دائرة احبط هو نقطة ه وقوس
جه من احدهما فرضت مساوية لقوس هد من الأخرى تصير قوس جح الباقية مساوية
124.10 لقوس دط الباقية فلأنّ قوس حهط قطعة من دائرة وقد فصل منها قوسان متساويان

---

١ ft. post الكرة hapl.; تقطع دائرة من الدوائر التي في الكرة
٢ post تمرّ in ras. ان
٣ احدهما : أبعد منهما mel.
٤ ft. post احبط hapl.: ولتمّ دائرة جهد
٥ ز : ب falso.
٦ جك : هك falso.
٧ هج : هج falso.

وهما قوسا حج دط وقد أخرج عمودا لد جك[1] يكون عمود كج[2] مساويا لعمود دل ويصير خطّ حك مساويا لخطّ طل وكلّ خطّ



حز[3] مساو لخطّ زط فخطّ زل[4] الباقي مساو لخطّ كز الباقي وخطّ آز مساو لخطّ زب
124.15 فخطّا آك لب متساويان[5] متوازيان فلأنّ خطّ آك مساو لخطّ لب وخطّ كج مساو لخطّ دل يكون خطّ آك كج جميعا مساويين لخطّين بل لد جميعا كلّ واحد منهما لنظيره وزاوية جكا مساوية لزاوية دلب وذلك أنّ كلّ واحدة منهما قائمة وقاعدة آج مساوية لقاعدة دب وذلك ما أردنا أن نبيّن

د

124.20 اذا كانت في كرة دائرتان عظيمتان تقطع احداهما الأخرى وفصل من احداهما قوسان متساويتان[6] متّصلتان احداهما بالأخرى في كلّ واحدة من[7] جهتين احدى النقطتين اللّتين تتقاطعان عليهما ثمّ أخرج سطحان متوازيان يمرّان بالنقطتين الحادثتين وأحدهما يلقى الفصل المشترك لسطحي الزاويتين خارج بسيط الكرة من جهة النقطة التي
124.25 ذكرنا وكانت كلّ[8] واحدة من القوسين المتساريين أعظم من كلّ واحدة من القوسين اللّتين فصلتا من الدائرة الأخرى العظيمة بالسطحين المخرجين ممّا يلي تلك النقطة بعينها فانّ القوس التي بين النقطة التي تقاطع عليها الدائرتان العظيمتان وبين

---

١ لد جك : لذلك aut كذلك scr.
٢ كج : كجم falso
٣ حز : حب falso
٤ زل : زط falso
٥ متساويان : litt. متس obs.
٦ متساويتان : litt. يتا obs.
٧ post من scr. ط
٨ an كلّ del. sit.

السطح الذى لا يلقى الفصل المشترك أعظم من القوس التي بين تلك النقطة وبين
45r السطح الدائرة الذى يلقى الفصل ا المشترك

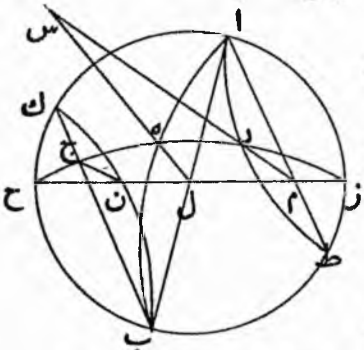
فلتكن في كرة دائرتان عظيمتان وهما دائرتا اهب جهد يقطع احداهما الأخرى
124.30 على نقطة ه وليفصل من دائرة اهب منهما قوسان متساويان وهما قوسا اه هب
المتّصلتان احداهما بالأخرى في كلّ واحدة من ناحيتي نقطة ه وليخرج سطحان متوازيان
يمرّان بنقطتي ا ب وهما سطحا اد جب وليكن سطح اد منهما ملاقيا للفصل
126.1 المشترك لسطحي اهب جهد خارج بسيط الكرة من جهة نقطة ه وليكن كلّ[1] واحدة من
قوسي اه هب المتساويين أعظم من كلّ واحدة من قوسي جه هد فأقول انّ قوس جه
أعظم من قوس هد

126.5 وذلك أنّ الدائرة التي ترسم على قطب ه وببعد ها تمرّ بنقطة ب وتقع أبعد من
نقطتي ج د لأنّ كلّ واحدة من قوسي اه هب أعظم من كلّ واحدة من قوسي جه هد
فلتخرج ولتكن مثل دائرة احبز ولتتمّ الدائرة ولتلق دائرة جهد دائرة احبز على
نقطتي ح ز ولتلق[2] دائرة احبز على نقطة ط ودائرة بج دائرة احب على نقطة ك
126.10 وليكن الفصل المشترك لدائرتي اهب احبز خطّ اب والفصل المشترك لدائرتي ادط
احبط خطّ اط[3] والفصل المشترك لدائرتي جهد اهب خطّ هل[4] والفصل المشترك
لدائرتي حهز[5] ادط خطّ مد والفصل المشترك لدائرتي كجب حهز خطّ جن[6]
فسطح اد يلقى الفصل المشترك لسطحي حهز اهب الذى هو خطّ هل خارج[7]
126.15 بسيط الكرة من جهة نقطة ه فتلقاه على نقطة س فنقطة س في سطح ادط ولكنّها

---

١ an كلّ del. sit.
٢ ft. post لتلق hapl.: دائرة اد
٣ اط: litt. ا sup.
٤ هل: obs. ft. ده scr.
٥ جهز: litt. ز scr. د ut saepe in fine.
٦ جن: جز scr.
٧ post خارج scr. العمود.

في سطح حهز أيضا ونقطتا د م في كلّ سطحين ادط حهز فخطّ مد يلقى خط
له خارج بسيط الكرة من جهة نقطة ه وهما على نقطة س فيلتقيان[1] عليهما



126.20 ودائرة اهب العظمى في كرة تقطع دائرة احبز من الدوائر التي تكون في الكرة وتمرّ بقطبيها فهي تقطعها بنصفين وعلى زوايا قائمة فخطّ اب قطر دائرة احب وكذلك نبيّن أنّ خطّ حز أيضا قطر دائرة احبز فنقطة ل مركز

126.25 الدائرة فلأنّ سطحي كجب ادط المتوازيين قد قطعا بسطح احبز يكون الفصلان المشتركان لهما متوازيين فخطّ كب مواز لخطّ اط وأيضا فلأنّ سطحي كجب ادط المتوازيين قد قطعا بسطح حهز فيكون الفصلان المشتركان لهما متوازيين فخطّ جن

126.30 مواز لخطّ دم ولأنّ كلّ واحد من سطحين اب حهز قائم على سطح اب على زوايا قائمة يكون الفصل المشترك لهما أيضا عمودا على سطح احب والفصل المشترك لهما هو خطّ هل فخطّ هل عمود على سطح احبز فهو يحدث مع جميع الخطوط التي تلقاه

128.5 في سطح احبز زوايا قائمة وكلّ واحد من خطّي اب حز[2] اللذين هما في سطح احبز يلقى خطّ هل فخطّ هل عمود على كلّ واحدة من خطّي اب حز فلأنّ زاوية سلن خارجة من مثلث سلم تكون أعظم من زاوية سمل الداخلة المقابلة لها وزاوية سلن قائمة فزاوية سمل حادّة فزاوية سمز[3] منفرجة ولأنّ خطّ جن[4] مواز لخطّ دم وقد

128.10 وقع عليهما خطّ حز تكون زاوية جنح مساوية لزاوية سمل وزاوية | سمل حادّة فزاوية 45v
جنح حادّة ولأنّ خطّ اط مواز لخطّ كب وقد أخرج فيما بينهما خطّا اب من[5] وخطّ آل مساو لخطّ لب فيكون خطّ نل[6] مساويا لخطّ لم وكلّ خطّ حل مساو لكلّ خطّ لز

---

١ فيلتقيان : litt. ن om.
٢ حز : حب scr.
٣ سمز : سمل scr.
٤ جن : جز scr.
٥ من : م scr.
٦ نل : زل scr.

128.15 فخطّ حن الباقي مساو لخطّ مز[١] الباقي[٢] ولأنّ حهز قطعة من دائرة وقد فصل من
وترها خطّان متساويان وهما خطّا حن مز[٣] وقد أخرج خطّا جن دم متوازيين
وزاوية دمز[٤] منفرجة وزاوية جنح حادّة تكون قوس حج أصغر من قوس دز ولأنّ كلّ
128.20 قوس حه مساوية لكلّ قوس هز وقوس جح أصغر من قوس دز يصير قوس جه الباقي
أعظم من قوس هد الباقي وذلك ما أردنا أن نبيّن

•

اذا كان[٥] قطب الدوائر المتوازية التي في كرة على الخطّ المحيط بدائرة عظمى من
دوائرها وقطعت هذه الدائرة دائرتان عظيمتان على زوايا قائمة احداهما من الدوائر
128.25 المتوازية والأخرى مائلة على الدوائر المتوازية وفصل من الدائرة المائلة قوسان متساويتان
متّصلتان احداهما بالأخرى في جهة واحدة بعينها في الدائرة العظمى من الدوائر
المتوازية ثمّ رسمت دوائر من الدوائر المتوازية تمرّ بالنقط الحادثة فانّها تفصل من الدائرة
الأولى العظمى قسيا غير متساوية فيما بينهما وما كان من هذه القسي أقرب الى الدائرة
128.30 العظمى من الدوائر المتوازية فهو أعظم من القوس التي هي أبعد منها

فليكن على الخطّ المحيط بالدائرة العظمى وهي دائرة آبج قطب الدوائر المتوازية
وهو نقطة آ فلتقطع هذه الدائرة دائرتان عظيمتان هما دائرتا بزج دزه على زوايا
قائمة احداهما من الدائرة المتوازية وهي دائرة بزج والأخرى مائلة على الدوائر
130.5 المتوازية وهي دائرة دزه ولتفصل من الدائرة المائلة قوسان متساويان وهما قوسا كط

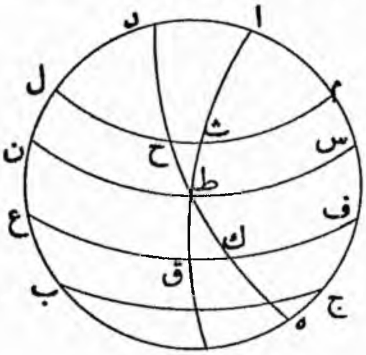
---

١ مز : من scr.
٢ post الباقي scr. مساو لخطّ من الباقي e dittog.
٣ مز : من scr.
٤ دمز : دمن scr.
٥ كان : ft. ins.

طح على الولاء في جهة واحدة بعينها عن دائرة بنج العظمى من الدوائر المتوازية
ولترسم دوائر من الدوائر المتوازية وتمرّ بنقط آك ط ح وهي دوائر عكف نطس لحم
فأقول انّها تفصل من دائرة ابج الأولى العظمى قسيا غير متساوية وتكون القوس التي
أقرب من [1] الدائرة العظمى [1] من الدوائر [2] المتوازية أبدا أعظم من القوس التي هي أبعد
منها فأقول انّ قوس عن أعظم من قوس نل [3] 130.10
فلترسم دائرة عظيمة تمرّ بنقطتي آ ط وهي دائرة آطق [4]
46r ... وأيضا ! فلأنّ نقطة آ قطب دائرة نطس تكون قوس آلن مساوية لقوس آثط 130.15
فقوس نع الباقية مساوية لقوس طق الباقية وكذلك نبيّن أنّ قوس نل أيضا مساوية لقوس
ثط فقوس نع مساوية لقوس طق وقوس لن مساوية لقوس ثط ودائرة آطق العظمى
في كرة تقطع دائرة من الدوائر التي تكون في الكرة وهي دائرة عقف وتمرّ [5] بقطبيها فهي
تقطعها بنصفين وعلى زوايا قائمة فدائرة آطق قائمة على دائرة عقف على زوايا قائمة 130.20
فقد عمل على قطر دائرة عقف الذى يخرج من نقطة ق قطعة من دائرة عقف على زوايا
قائمة وهي قطعة قط معما يتّصل بها وقد فصل منها قوس هي أصغر من نصف القطعة
التي عملت وهي قوس طق فالخطّ المستقيم الذى يصل بين نقطة ق ونقطة ط أقصر
جميع الخطوط المستقيمة التي تخرج من نقطة ط الى دائرة عقف فالخطّ المستقيم الذى 130.25

---

١ من ... العظمى: in marg. a. m.
٢ الدوائر : الدائرة scr.
٣ نل: corr. a. m., ft. ex عك .
٤ ft. post آطق hapl.: فلأنّ نقطة آ قطب دائرة عكف تكون قوس آنع مساوية لقوس آطق
٥ وتمرّ : ولتمرّ scr. sed obs., ft. ل ins.



يصل بين نقطة ق ونقطة ط[1] ... ونقطة ك ودائرتا ده اق[2] متساويتان وذلك
أنهما عظيمتان فقوس طق أصغر من قوس طك وكذلك
130.30 نبيّن أنّ قوس طث[3] أصغر من قوس طح لأنّه قد عمل على
قطر دائرة لحم قطعة من دائرة قائمة عليها على زوايا قائمة
معما يتّصل[4] بها وفصل قوس ثط أصغر من نصف القطعة
132.1 التي عملت وأيضا فانّ قوس كط مساوية لقوس طح فكلّ
واحدة من قوسي قط طث أصغر من كلّ واحدة من قوسي كط طح فلأنّ دائرة بزج
متوازية لدائرة لحم ودائرة بزج تلقى الفصل المشترك لدائرتي حطك اطق[5] داخلا
132.5 أعني على مركز الكرة صارت دائرة لحم تلقى الفصل المشترك لدائرتي حطك اطق خارج
بسيط الكرة من جهة نقطة ط ولأنّ دائرتي حطك طق العظيمتين تقطع احداهما الأخرى
وقد فصل من دائرة حطك منهما قوسان متساويتان وهما قوسا كط طح على التوالي
132.10 في كلّ واحدة من ناحيتي نقطة ط وقد عمل سطحان متوازيان يمرّان بنقطتي ح ك وهما
سطحا لحم عقف وسطح لحم منهما يلقى الفصل المشترك لسطحين حطك ثطق خارج
بسيط الكرة من جهة نقطة ط وكلّ واحدة من قوسي كط طح المتساويين أعظم من كلّ
واحدة من قوسي قط طث تكون قوس قط أعظم من قوس طث ولكنّ قوس ا قط مساوية 46v
132.15 لقوس عن وقوس طث مساوية لقوس نل فقوس عن أعظم من قوس نل[6] وذلك ما أردنا
أن نبيّن

---

١ ft. post ط hapl.: أقصر من الخطّ الذى يصل بين نقطة ط
٢ اق: litt. ق obs., ft. ف scr.
٣ طث: طر scr. ut semper.
٤ يتّصل: يصل scr.
٥ اطق: ارف scr.
٦ نل: ند scr.

و

اذا كان قطب الدوائر[1] المتوازية التي في كرة على الخطّ المحيط بدائرة من الدوائر
الكبار فقطعت هذه الدائرة دائرتان عظيمتان على زوايا قائمة وكانت احدى الدائرتين
132.20 من الدوائر المتوازية وكانت الأخرى من الدوائر المائلة على الدوائر المتوازية وفصل من
الدائرة المائلة قسي متساوية متّصلة على التوالي في ناحية واحدة عن الدائرة التي هي
أعظم الدوائر المتوازية ورسمت دوائر عظيمة تمرّ بالنقط الحادثة وبالقطب فهي تفصل من
الدائرة العظيمة من المتوازية فيما بينها قسيا غير متساوية والقوس التي تقرب من الدائرة
132.25 الأولى العظمى أبدا أعظم من القوس التي هي أبعد منها

فليكن على خطّ ابج المحيط بالدائرة العظمى قطب الدوائر المتوازية وهو نقطة ا
ولتقطع[2] دائرة ابج دائرتا بزج دزه العظيمتان على زوايا قائمة وليكن دائرة بزج
أعظم الدوائر المتوازية ودائرة دزه مائلة على الدوائر المتوازية وليفصل من دائرة دزه
132.30 قوسان متساويان وهما قوسا كط طح على الولاء في ناحية واحدة عن دائرة بزج التي
هي أعظم الدوائر المتوازية ولنرسم دوائر عظيمة تمرّ كلّ واحدة منها بنقطة ا وبواحدة
واحدة من نقط ح ط ك وهي دوائر احل اطم اكن فأقول أنّ قوس لم أعظم من قوس
من

134.1 فلترسم دوائر من الدوائر المتوازية وتمرّ بنقط ح ط ك وهي دوائر سحع فطق
ركش فقوس رف أعظم من قوس فس كما بيّنا فيما تقدّم ولكنّ قوس[3] رف مساوية لقوس تط
وقوس فس مساوية لقوس طث فقوس تط[4] أعظم من قوس طث فليوضع قوس طخ مساوية

---

١ الدوائر : الدائرة scr.
٢ ولتقطع : وكيف قطع scr.
٣ قوس : قوسين scr.
٤ تط : sup.

134.5 لقوس تط و قوس حط مساوية لقوس طك فالخطّ المستقيم الذى يصل بين نقطة ح ونقطة ث مساو للخطّ المستقيم الذى يصل بين خ ونقطة ك

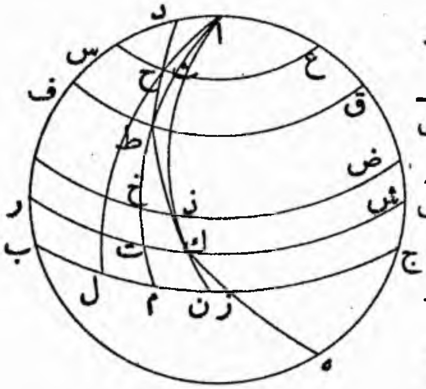
فلترسم دائرة متوازية للدوائر الأولى[1] تمرّ بنقطة خ وهي دائرة خذض

134.10 فلأنّ دائرة آذكن العظيمة التي في كرة تقطع دائرة من الدوائر التي تكون في الكرة وهي دائرة خذض وتمرّ بقطبيها فهي تقطعها بنصفين على زوايا قائمة فدائرة آذكن قائمة على دائرة خذض على زوايا قائمة فلأنّ سطحي بنج خذض المتوازيتين قد قطعا
134.15 بسطح آذكن صارت الفصول المشتركة لهما متوازية فالفصل المشترك لسطحي آذكن بنج مواز للفصل المشترك لسطحي آذكن خذض والفصل المشترك لسطحي بنج آذكن[3] هو قطر دائرة الذى خرج من نقطة ن فالفصل المشترك لسطحي آذكن خذض مواز لقطر دائرة آذكن الذى يخرج من نقطة ن فقد أخرج في دائرة آذكن خطّا ما وهو
134.20 الفصل المشترك لدائرتي بنج[4] آذكن الذى يخرج من نقطة ن وقد عملت عليه قطعة من دائرة قائمة على دائرة آذكن على زوايا قائمة وهي قطعة خذ مع القطعة المتّصلة بهذه
وقسمت قوس القطعة ا القائمة باقسام غير متساوية على نقطة خ وقوس خذ أصغر من 47r
134.25 نصف القطعة المعمولة فالخطّ المستقيم الذى يصل بين نقطة خ ونقطة ذ أقصر جميع الخطوط المسقيمة التي تخرج من نقطة خ الى قوس ذكن فالخطّ المستقيم الذى يصل بين نقطة خ ونقطة ذ[5] أقصر من[6] الخطّ[7] الذى يصل بين نقطة خ ونقطة ك[8]

---

١ الأولى : الأوّل scr.
٢ خذض : litt. ض scr. ص ut semper.
٣ آذكن : sup. et post بنج in ras. و .
٤ بنج : sup.
٥ ذ : obs. e corr.
٦ أقصر من : in marg.
٧ الخطّ : بالخطّ scr.
٨ ك : obs. e corr.

والخطّ الذى بين نقطة خ ونقطة ك مساو للخطّ الذى يصل بين نقطة ح ونقطة ث فالخطّ الذى يصل بين نقطة ح ونقطة ث أطول من الخطّ الذى يصل بين نقطة خ ونقطة د فلأنّ دائرة خذض أقرب الى مركز الكرة من دائرة سحع تكون دائرة خذض أعظم من دائرة سحع فلأنّ دائرتي سحع خذض غير متساويتين ودائرة سحع أصغرهما وقد خرج في دائرة



خذض الخطّ الذى يصل بين نقطة خ ونقطة د وكان الخطّ الذى يصل بين نقطة ح ونقطة ث أطول من الخطّ الذى يصل بين نقطة خ ونقطة د يكون قوس حث أعظم من القوس الشبيهة بقوس خذ من دائرتها ولكنّ قوس حث شبيهة بقوس لم وقوس خذ شبيهة بقوس من فقوس لم أعظم من القوس الشبيهة بقوس من من دائرتها وهما من دائرة واحدة فقوس لم أعظم من قوس من وذلك ما أردنا أن نبيّن

ز

اذا كانت في كرة دائرة عظيمة تماسّ دائرة من الدوائر المتوازية وكانت دائرة أخرى عظيمة مائلة على الدوائر المتوازية تماسّ دائرتين أعظم من الدائرتين اللّتين كانت الدائرة الأولى تماسّها وكانت مواضع المماسّة أيضا على الدائرة الأولى العظمى وفصلت من الدائرة المائلة قسي متساوية متّصلة على الولاء في جهة واحدة بعينها من الدائرة العظمى من المتوازية ورسمت دوائر متوازية تمرّ بالنقط[1] الحادثة فانّها تفصل فيما بينها من الدائرة الأولى العظمى قسيا غير متساوية والقوس القريبة من أعظم الدوائر المتوازية أعظم من القوس التي هي أبعد منها

---

1 بالنقط : بالنقطة scr.

فلتماسّ في كرة دائرة آبج العظمى دائرة ما من الدوائر المتوازية التي تكون في الكرة
وهي دائرة آد[١] على نقطة آ ولتماسّ دائرة أخرى[٢] عظيمة مائلة على الدوائر المتوازية
136.25 وهي دائرة هزح دائرتين ا أعظم من الدائرتين اللّتين كانت تماسّهما دائرة آبج 47v
وليكن مواضع المماسّة أيضا على دائرة آبج على نقطتي ه ح وليكن أعظم من الدوائر
المتوازية دائرة بزح وليفصل من الدوائر المائلة على الدوائر المتوازية وهي دائرة هزح[٣]
قوسان متساويان وهما قوسا لك كط على الولاء[٤] في جهة واحدة من الدائرة العظمى
136.30 من الدوائر المتوازية ولترسم دوائر متوازية تمرّ بنقط ط ك ل وهي دوائر مطن سكع
فلق فأقول انّ قوس غس أعظم من قوس مس

فلترسم دائرة عظيمة تمرّ بنقطة ك وتكون مماسّة[٥] لدائرة آد وهي دائرة ركد
138.1 فليس يلقى نصف دائرة التي تخرج من نقطة آ الى ناحية آ ب لنصف دائرة الذى يخرج
من نقطة د الى ناحية د ر ولنتعلّم قطب الدوائر المتوازية وليكن نقطة ت ولترسم
دائرة عظيمة تمرّ بنقطتي ت ك وهي دائرة تكث

138.5 فدائرة تكث العظمى التي في الكرة تقطع[٦] ... وهي دائرة فلق وتمرّ بقطبيها فهي
تقطعها بنصفين وعلى زوايا قائمة فدائرة تكث قائمة على دائرة فلق وقد عمل على قطر
دائرة فلق الذى يخرج من نقطة ث قطعة من دائرة قائمة عليها على زوايا قائمة وهي
قطعة تث مع قطعة التي تتّصل بها وقسمت بقسمين مختلفين على نقطة ك وقوس كث
138.10 هي الصغرى من القسمين فيكون الخطّ المستقيم الذى يصل بين نقطة ك ونقطة ث

---

١ آد: آب scr.

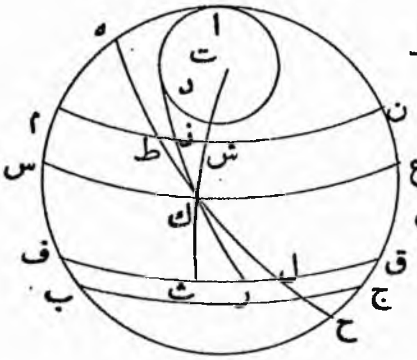
٢ أخرى: post litt. ر spat. 1 litt. e ras.

٣ هزح: litt. ز scr. د .

٤ الولاء: الولآ scr. ٥ مماسّة: هاسة scr.

٦ ft. post تقطع hapl. aut lacun. in exemp.: دائرة من الدوائر التي فى الكرة

أقصر جميع الخطوط المستقيمة التي تخرج من نقطة ك الى الخطّ المحيط بدائرة فلق و الخطّ القريب منها أبدا أصغر من الذى هو أبعد فالخط الذى يصل بين نقطة ك و نقطة ر أقصر من الخطّ الذى



138.14 يصل بين نقطة ك ونقطة ل و دائرتا در هلح متساويتان و ذلك أنّهما عظيمتان فقوس كل أعظم من قوس كر و كذلك نبيّن أنّ قوس طك أيضا أعظم من قوس كذ[1] وبه مساو

138.20 لقوس كل وكلّ واحدة من قوسي طك كل أعظم من كلّ واحد من قوسي كر كذ[2] ولأنّ دائرة بنج موازية لدائرة مطن و دائرة بنج تلقى الفصل المشترك لدائرتي طكل ذكر خارج[3] بسيط الكرة صارت دائرة مطن تلقى الفصل المشترك لدائرتي طكل ذكر خارج

138.25 بسيط الكرة من جهة نقطة ك ولكنّ دائرة طكل ذكر العظيمتين في كرة تقطع[4] على نقطة

48r ك و فصل من احدهما قوسان ا متساويتان[5] وهما قوسا طك كل متّصلتان على الولاء في كلّ واحدة من ناحيتي النقطة التي[6] تتقاطعان عليها وقد مرّ بنقطة ط[7] ل سطحان[8]

140.1 متوازيان وهما سطحا فلق مطن وسطح مطن منهما يلقى الفصل المشترك لسطحي طكل ذكر خارج بسيط الكرة من جهة نقطة ك وكان كلّ واحدة من قوسي طك كل أعظم من كلّ واحدة من قوسي رك كذ يكون قوس رك أعظم من قوس كذ ولكنّ قوس رك مساوية

140.5 لقوس[9] ... مس فقوس قس أعظم من قوس مس و ذلك ما أردنا أن نبيّن

---

١ كذ: obs. ft. طل aut طك scr.

٢ كذ: obs. ft. كب scr.

٣ خارج: داخل mel.

٤ تقطع: تقاطع mel.

٥ متساويتان: corr. ex متساويان ft. a. m.

٦ التي: الى scr.

٧ ط: آ scr.

٨ post سطحان scr. طل.

٩ ft. post لقوس hapl.: مساوية لقوس كذ و قوس قس

ح

اذا كانت في كرة دائرة عظيمة تماسّ دائرة من الدوائر المتوزاية وكانت فيها دائرة
أخرى عظيمة مائلة على الدوائر المتوازية تماسّ دائرتين أعظم من التي كانت تماسّهما
140.10 الدائرة الأولى وكانت موضع المماسّة أيضا على الدائرة الأولى العظمى وفصل من الدائرة
المائلة قسي متساوية متّصلة على الولاء[1] في جهة واحدة بعينها من الدائرة التي هي أعظم
الدوائر المتوازية ورسمت دوائر عظام تمرّ بالنقط الحادثة وتفصل من الدوائر المتوازية
فيما بينها قسيا متشابهة فهي تفصل من الدائرة التي هي أعظم الدوائر الموازية فيما
بينها قسيا غير متساوية والقوس التي تقرب منها من الدائرة الأولى العظمى أعظم من التي
140.20 تبعد منها

فلتكن في كرة دائرة ابج العظمى وتماسّ دائرة من الدوائر المتوازية التي تكون في
الكرة وهي دائرة اد على نقطة ا فلتكن دائرة أخرى عظيمة مائلة على الدوائر المتوازية
وهي دائرة هزج تماسّ دائرتين أعظم من الدائرتين المتوازيتين اللّتين كانت تماسّهما
دائرة ابج الأولى العظمى ولتكن أيضا مواضع المماسّة على دائرة ابج على نقطتي ه ج
140.25 وليكن أعظم الدوائر المتوازية بز ولتفصل من دائرة هزج المائلة قوسان متساويتان وهما
قوسا حط طك المتّصلتان على الولاء في جهة واحدة من دائرة بزج العظمى من الدوائر
المتوازية ولنرسم دوائر عظيمة بنقط[2] ح ط ك وهي دوائر دحل مطن سكع وتلقى
140.30 دائرة اد على نقط[3] د م س وتفصل من الدوائر المتوازية فيما بينها قسيا متشابهة
فأقول انّ قوس لن[4] أعظم من قوس نع

فلترسم دوائر متوازية تمرّ بنقط ح ط ك وهي دوائر فحق رط[5] شتك وقوس رش

---

١ الولاء : الولآ scr.   ٢ بنقط : بنقطة scr.   ٣ نقط : نقطة scr.

٤ لن : رنه scr.   ٥ رط : litt. ر obs., ft. ت scr.

142.1 أعظم من قوس رف و لكن قوس رش مساوية لقوس طث و قوس رف مساوية لقوس طق و[1] قوس تط أعظم من قوس طق[1] و لتكن قوس طث مساوية لقوس طق و[2] حط مساوية[3] لقوس طك فالخط المستقيم الذى يصل بين نقطة[4] ... ث و نقطة ك فلترسم دائرة موازية

142.5 لأى دائرة كانت من دوائر فحق رط شتك بز تمر ا بنقطة ث و هي دائرة خشد 48v ولنتعلّم قطب الدوائر المتوازية و ليكن نقطة ض و لترسم دائرة عظيمة تمر بنقطتي ض ع و هي دائرة ضع

فدائرة ضع العظمى[5] في كرة تقطع دائرة من الدوائر التي تكون في الكرة و هي دائرة

142.10 بز و تمر بقطبيها فهي[6] تقطعها بنصفين وعلى زوايا قائمة فدائرة سع مائلة على دائرة بز الى ناحية آ ه ب فدائرة بز مائلة على دائرة سع الى ناحية ش و دائرة بز موازية لدائرة خشد فدائرة خشد مائلة على دائرة سع الى ناحية س و لأن سطح

142.15 بز خشد المتوازيتين قد قطعا[7] ... فالفصل المشترك لسطح سع خشد مواز للفصل المشترك لسطح بز سع و الفصل المشترك لسطحي بز سع هو قطر دائرة

142.20 سع الذى خرج من نقطة ع فالفصل المشترك لسطحي سع خشد يقسم الدائرة قسمين غير متساويين و ذلك أنّه مواز لقطر دائرة سع و قد عمل عليه قطعة دائرة و هي خشد[8]

---

١ طق ... و: litt. و scripsi et طق ... قوس تط bis.

٢ post و scr. هو

٣ post مساوية scr. لخطّ

٤ ft. post نقطة hapl.: ح و نقطة ق مساو للخطّ المستقيم الذى يصل بين نقطة

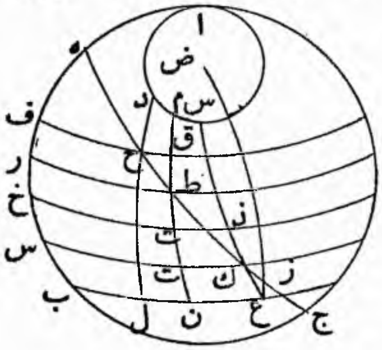
٥ العظمى : العطمى scr.

٦ فهي : فيحـ (?) scr.

٧ an post قطعا lect. sit: لان الفصل يكون سع و هو سطح ما مائل بسطح المشتركان لهما متوازيين

٨ خشد : سد scr.

معا يتّصل بها مائلة على القطعة[1] التي ليست بأعظم من نصف دائرة وقد قسم قوس
142.25 القطعة القائمة بقسمين مختلفين على نقطة ث وقوس ثد أصغر من النصف القطعة التي عملت والخطّ المستقيم الذى يصل بين نقطة ث ونقطة د أقصر جميع الخطوط المستقيمة التي تخرج من ث الى قوس التي ليست بأصغر من نصف دائرة فالخطّ الذى يصل بين نقطة ث ونقطة



144.1 د أقصر من الخطّ الذى يصل بين نقطة ث ونقطة ك فالخطّ الذى يصل بين نقطة ث ونقطة ك قد بيّنّا أنّه مساو للخطّ الذى يصل بين نقطة ح وبين نقطة ق والخطّ الذى يصل بين نقطة ث ونقطة د أقصر من الخطّ الذى يصل بين نقطة ح ونقطة ق فالخطّ الذى يصل بين نقطة ح ونقطة ق أعظم من الخطّ الذى يصل بين نقطة ث ونقطة د ولأنّ دائرة خثد أقرب[2] الى مركز الكرة من دائرة فحق تكون دائرة
144.5 خثد أعظم من دائرة فحق ولأنّ دائرتي خثد فحق[٥] غير متساويين ودائرة فحق أصغرهما وقد أخرج في دائرة فحق منهما الخطّ الذى يصل بين نقطة[3]... ث ونقطة د وكان الخطّ الذى أخرج في الدائرة الصغرى أطول من الخطّ الذى خرج في الدائرة
144.10 العظمى لأنّ الخطّ الذى بين نقطة ح ونقطة ق أطول من الخطّ الذى بين نقطة ث ونقطة د تكون قوس حق أعظم من القوس الشبيهة بقوس ثد من دائرتها

---

١ القطعة: النقطة falso.

٢ أقرب... فحق: text. corrupt. e hapl. et transp.: أعظم من دائرة فحق ولأنّ دائرتي خثد أقرب الى مركز الكرة من دائرة فحق scr.

٣ ft. post نقطة hapl.: ح ونقطة ق وفي دائرة خثد الأخرى الخطّ الذى يصل بين نقطة

49r و لكنّ قوس حق شبيهة بقوس لن و قوس ثد شبيهة بقوس نح ا فقوس لن أعظم من قوس الشبيهة بقوس نح من دائرتها و هما[١] من دائرة واحدة بعينها فقوس لن أعظم من قوس نح و ذلك ما أردنا أن نبيّن

144.15 ط

اذا كان قطب الدوائر المتوازية على الخطّ المحيط بالدائرة العظمى و قد قطعت هذه الدائرة دائرتان عظيمتان على زوايا قائمة احداهما من الدوائر المتوازية و الأخرى مائلة على الدوائر المتوازية و فصلت من الدائرة المائلة قوسان متساويتان غير متّصلتين على
144.20 الولاء في جهة واحدة بعينها من الدائرة التي هي أعظم الدوائر المتوازية ثمّ رسمت دوائر عظيمة تمرّ بالنقط الحادثة و بالقطب فانّها تفصل من أعظم الدوائر المتوازية فيما بينها قسيا غير متساوية و القوس القريبة من الدائرة الأولى العظمى أبدا أعظم من التي هي أبعد منها

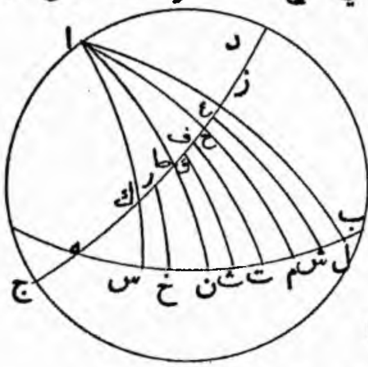
144.25 فليكن في كرة على الخطّ المحيط بدائرة ابج قطب الدوائر المتوازية و هي نقطة ا ولتقطع دائرة ابج دائرتان عظيمتان و[٢] هما دهج به[٢] على زوايا قائمة و لتكن دائرة به من الدوائر المتوازية و دائرة دهج مائلة على الدوائر المتوازية و لتفصل من دائرة دهج قوسان متساويتان و هما قوسا زح طك غير متّصلتين على الولاء في جهة
144.30 واحدة بعينها من الدائرة التي هي أعظم الدوائر المتوازية و لترسم دوائر عظيمة تمرّ بنقط ز ح ط ك و بقطب ا و هي دوائر ازل احم اطن اكس فأقول ان قوس لم أعظم من قوس نس

---

١ post هما scr. دائرتا

٢ و...به: scripsi; هما به scr.

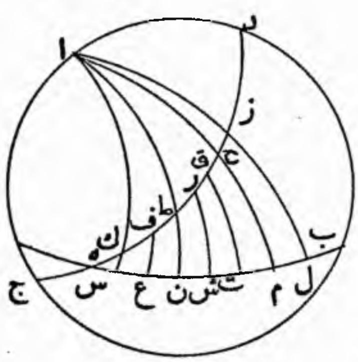
وذلك أنّ قوس حط امّا أن تكون مشاركة في المقدار لقوسي زح طك وامّا أن لا تكون مشاركة لها



146.1 فليكن أوّلا في الصورة الأولى قوس حط مشاركة في المقدار لقوسي زح طك ولتقسم قسي زح طك بذلك المقدار الذى يشترك فيه على نقط ع ف ق ر[1] ولترسم دوائر عظيمة تمرّ بنقط[2] ع ف ق ر وبقطب آ وهي دوائر عش فت قث رخ

146.5 فلأنّ قسي زع عح حف فق قط طر رك متّصلة متوالية مساوية بعضها لبعض تكون قسي لش شم مت تث ثن نخ خس متّصلة متوالية غير مساو بعضها لبعض وأعظمها قوس لش وما بعد ذلك منها على الولاء فلأنّ قوس لش أعظم من قوس نخ وقوس شم أعظم من قوس خس يكون كلّ قوس لم أعظم من كلّ قوس نس

146.10 الّا تكون قوس حط مشاركة في المقدار لقوسي زح طك فأقول انّ قوس لم أعظم من قوس نس[3]



... فانّها امّا أن تكون أصغر منها أو مساوية لها

فلتكن أوّلا ان أمكن قوس لم[4] أصغر من قوس نس
146.15 كما في الصورة الثانية

وليكن قوس لم مساوية لقوس نخ ولترسم دائرة عظيمة تمرّ بقطب آ وبنقطة ع وهي دائرة عف فلمّا كانت قسي كط طف حط ثلاث[5] تعلّمنا قوسا ما وهي قوس طق أعظم من قوس طف وأصغر من[6] ‖ قوس طك مشاركة 49v

---

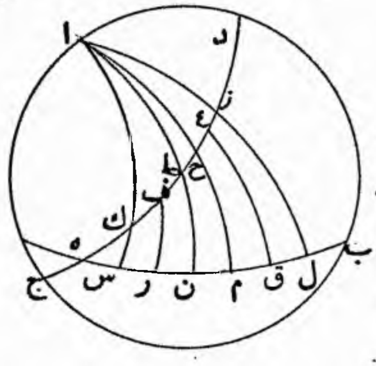
١ ر : ب scr.　　٢ بنقط : بنقطة scr.

٣ ft. post نس hapl.: وان لم تكن قوس لم أعظم من قوس نس

٤ post. لم scr. مساوية　　٥ ثلاث : ثلث scr.

٦ من : bis, in fin. 49r et in init. 49v.

146.20 في المقدار لقوس حط ولتكن قوس حر مساوية لقوس طق ولترسم دائرتان عظيمتان تمرّان[١] بنقطتي ر ق وبقطب آ وهما دائرتا رش قت



فلأنّ قوس رح مساوية لقوس طق وقوس حط مشاركا في المقدار لكلّ واحدة من قوسي رح طق تكون قوس مش أعظم من قوس[٢] ... نت كثير وقد كانت مساوية لها أيضا

146.25 هذا غير ممكن فليس قوس لم أصغر من قوس نس

فأقول انّها ليست مساوية لها أيضا

148.1 فان أمكن[٣] فلتكن مساوية لها كما في الصورة الثالثة وليقسم قوسا رح طك بنصفين نصفين على نقطتي ع ف[٤] ... وبقطب آ وهما دائرتا عق فر[٥]

فلأنّ قوس زع مساوية لقوس عح تكون قوس لق أعظم من قوس قم فقوس لم أكثر من ضعف قوس مق وأيضا فلأنّ قوس[٦] ... نر أعظم من قوس رس فقوس[٧] سن أصغر من

148.10 ضعف قوس نر[٧] ... وقوس لم منهما أعظم من ضعف قوس مق[٨] وقوس نس أصغر من ضعف قوس نر[٩] تكون قوس لم أصغر من قوس نر وقد كنّا وضعنا[١٠] أنّ قوس حع طف متساويتان وذلك غير ممكن للذى يبيّن في الصورة الثانية من هذا الشكل[١١] فليس قوس لم مساوية[١٢] لقوس سن وقد كان تبيّن أنّها ليست بأصغر منها فقوس لم[١٢] أعظم من

---

١ تمرّان: تمـ litt. obs. ٣ post أمكن spat. 2-3 litt. ٥ فر: قد scr.

٢ ft. post قوس hapl.: نت وقوس لم أعظم من قوس شم فتكون قوس مل أعظم من قوس

٤ ft. post ع ف hapl.: ولترسم دائرتان عظيمتان تمرّان بنقطتي ع ف

٦ ft. post قوس hapl.: طف مساوية لقوس فك تكون قوس

٧ فقوس...نر: bis et in pr. سر scr. et ضعف om.; ft. post نر hapl.: فلأنّ قوس لم مساوية لقوس نس ٨ مق: مفق scr. ٩ قوس نر: om.

١٠ وضعنا: رضعنا scr. ١١ الشكل: للشركل scr.

١٢ مساوية...لم: in marg.; صح post

قوس نس[1] وذلك ما أردنا أن نبيّن

ى[2] 148.15

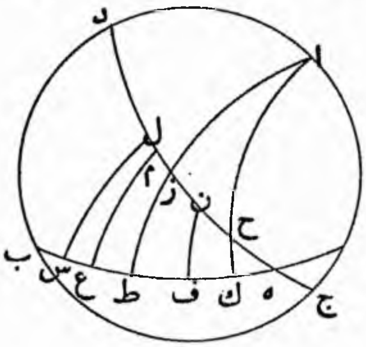
اذا كان قطب الدوائر المتوازية على الخطّ المحيط بدائرة عظيمة وقطعت هذه
الدائرة دائرتان عظيمتان على زوايا قائمة واحدهما من الدوائر المتوازية وكانت الأخرى
مائلة على الدوائر المتوازية وتعلّمت على الدائرة المائلة نقطتان كيف ما وقعتا في جهة
واحدة بعينها عن الدائرة العظمى من الدوائر المتوازية ورسمت دوائر[3] عظيمة تمرّ 148.20
بالنقط الحادثة وبالقطب فانّ نسبة القوس من الدائرة العظمى من الدوائر المتوازية التي
تقع فيما بين الدائرة الأولى[4] العظمى وبين الدائرة[5] ... العظمى المائلة التي وقع فيما
هاتين الدائرتين بأعيانهما كنسبة القوس من الدائرة العظمى من الدوائر المتوازية التي
تقع فيما بين الدوائر العظيمة التي تمرّ بقطب الدوائر المتوازية وبالنقط التي تعلّمت الى 148.25
قوس ما هي أصغر من قوس من الدوائر المائلة في ما بين النقط التي تعلّمت

فليكن على ا الخطّ المحيط بدائرة ابج العظمى قطب الدوائر المتوازية وهو قطب 50r
ا ولتقطع دائرة ابج دائرتان عظيمتان على زوايا قائمة وهما دائرتا دهج به ودائرة 150.1
به من الدوائر المتوازية ودائرة دهج مائلة على الدوائر المتوازية ولتتعلّم على دائرة
دهج نقطتان كيف ما وقعتا وهما نقطتا زح في جهة واحدة بعينها من دائرة به
العظمى من الدوائر المتوازية ولترسم على نقطتي زح وعلى قطب ا دائرتان عظيمتان 150.5
وهما دائرتا ازط احك فأقول انّ نسبة[6] قوس بط الى قوس دز كنسبة قوس طك
الى قوس ما هي أصغر من قوس زح

---

١ قوس نس : فوليف scr. ٢ ى : om. ٣ دوائر : دائرة scr.
٤ post الأولى scr. و ٥ ft. post الدائرة hapl.: التي رسمت بالقطب الى القوس من الدائرة
٦ نسبة : نسب scr.

و ذلك أنّ قوس زح اما أن تكون مشاركة في المقدار لقوس زد واما أن لا تكون
كذلك



فليكن أولا في الصورة الأولى مشاركة لها و لتقسم قوسا
150.10 زد زح بذلك المقدار على نقط ل م ن ولترسم دوائر
عظيمة تمرّ بنقط ل م ن[١] و[٢] بنقطة آ وهي دوائر لس
مع نف

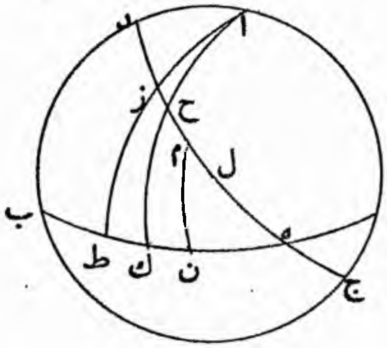
فلأنّ قسي دل لم[٣] مز زن نح متّصلة على الولاء مساو بعضها لبعض تكون قسي
بس سع عط طف فك بعضها أعظم من بعض على الولاء اذا ابتدأنا[٤] من قوس بس
العظمى فلأنّ قسي بس سع عط طف فك متوالية بعضها أعظم من بعض وقسي دل لم
150.15 مز زن نح متوالية مساو بعضها لبعض[٥] ... وعدد قوسي طف فك مساو لعدد قوسي
زن[٦] نح تكون[٧] نسبة قوس بط الى قوس دز أعظم من نسبة قوس طك الى قوس زح
و ذلك أنّه لما كانت قوس بس أعظم من قوس طف و قوس دل مساوية لقوس زل . و اذا
كانت اقدار غير متساوية فنسبة القدر الأعظم منها الى قدر واحد بعينه أعظم من نسبة
القدر الأصغر اليه نسبة قدر جميع المقدّمات الى جميع التوالي أعظم من جميع المقدّمات الى
150.20 جميع الباقية فان نحن صيّرنا نسبة قوس بط الى قوس دز كنسبة قوس طك الى قوس ما
صارت تلك القوس أصغر من قوس زح

ثمّ لا تكون قوس حز مشاركة في المقدار لقوس دز فأقول انّ نسبة قوس بط الى
150.25 قوس دز كنسبة طك الى قوس ما أصغر من قوس زح

---

١ ن: om. ٢ و: obs., ft. ف scr. ٣ لم: om.
٤ ابتدأنا: ابتدنى scr. ٦ زن: دل scr.
٥ an post لبعض lect. sit: وعدد قسي بس سع عط مساو لعدد قسي دل لم مز
٧ post تكون scr. قوس

فان لم يكن ذلك كذلك فانّه امّا أن تكون نسبتها اليها كنسبة طك الى قوس هي
أعظم من قوس زح وامّا أن تكون كنسبتها الى قوس زح



152.1 فلتكن أوّلا ان أمكن كنسبة طك الى قوس هي أعظم من قوس
زح وهي قوس زل كما في الصورة الثانية ولما كانت تسي
لز زح زد ثلاث[1] ... فصلنا قوسا أخرى أصغر من قوس
لز[2] وأعظم من قوس زح مشاركة في المقدار لقوس زد وهي
152.5 قوس زم ولنرسم دائرة عظيمة تمرّ بنقطة م وبقطب آ وهي دائرة من
فلأنّ قوس زم مشاركة في المقدار لقوس دز تكون نسبة قوس بط الى قوس دز كنسبة
قوس طن الى قوس ما أصغر من قوس زم ونسبة قوس بط الى قوس دز كنسبة قوس طك
الى قوس زل فنسبة قوس طك الى قوس لز كنسبة قوس طن الى قوس ما هي أصغر من ا 50v
152.10 قوس زم وقوس نط أعظم من قوس طك فالقوس التي هي أصغر من قوس زم هي أعظم من
قوس طك فالقوس التي أصغر من قوس زم هي أصغر[3] منها وذلك غير ممكن فليس نسبة
قوس بط الى قوس زد كنسبة قوس طك الى قوس هي أعظم من قوس زل ولكنّها أصغر
منها وذلك غير ممكن فليس نسبة قوس بط الى قوس زد كنسبة قوس طك الى قوس هي
أعظم من قوس زح

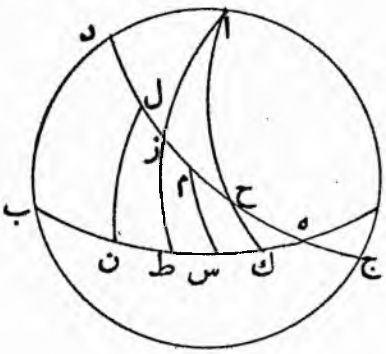
فأقول انّه ليس نسبتها اليها كنسبة طك الى زح

152.15 فان أمكن فلتكن نسبة قوس بط الى قوس زد كنسبة قوس طك الى قوس زح كما في
الصورة الثالثة ولتقسم كلّ واحدة من قوسي دز زح بنصفين نصفين على نقطتي ل م
ولترسم دائرتان عظيمتان تمرّ بكلّ واحدة من نقطتي ل م وهما دائرتا لن[4] مس

---

١ ثلاث: نلنا scr.; an post lect. sit: ليست بمساوية
٢ لز: آز scr. ٣ أصغر: أعظم mel.
٤ لن: لر scr.

152.20 فلأنّ قوس دل مساوية لقوس لز تكون قوس بن أعظم من قوس نط و تكون بط أعظم



من مثلي قوس طن و كذلك نبيّن أيضا أنّ قوس كط أصغر
من مثلي قوس طس[١] و قوس كط أصغر من مثلي قوس طس
فنسبة قوس نط الى قوس طس أصغر من نسبة قوس بط الى
152.26 قوس طك و[٢] نسبة قوس بط الى قوس طك[٢] كنسبة قوس
دز الى قوس زح فنسبة قوس نط الى طس أصغر من
نسبة قوس دز الى قوس زح و نسبة قوس دز الى قوس زح كنسبة قوس لز الى قوس زم
فنسبة قوس نط الى قوس طس أصغر من نسبة قوس لز الى قوس زم[٣] اذا بدلنا تكون
152.30 نسبة قوس نط الى قوس لز أصغر من نسبة قوس طس الى قوس زم فان صيّرنا نسبة قوس
نط الى قوس لز كنسبة قوس طس الى قوس ما صارت تلك القوس أعظم من قوس زم و قد
كان تبيّن في الصورة الثالثة أنّ ذلك غير ممكن فليس نسبة قوس بط الى قوس دز كنسبة
قوس طك الى قوس زح و قد كان تبيّن أنّه ليس ! نسبتها اليها كنسبة طك الى قوس 51r
هي أعظم من قوس زح فهي اذا كسبتها الى قوس هي أصغر منها فنسبة قوس بط الى
154.5 قوس دز كنسبة قوس طك الى قوس ما هي أصغر من قوس زح و ذلك ما أردنا أن نبيّن

يا[٤]

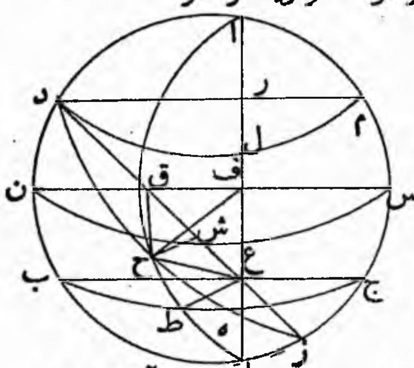
اذا كان قطب الدوائر المتوازية على الخطّ المحيطة بدائرة عظيمة و قطعت هذه

---

١ طس : طن scr. post quod ft. hapl.: فلأنّ قوس بط أعظم من مثلي قوس طن
٢ و... طك : dittog. et in pr. scr.: و نسبة زط الى قوس طك
٣ post زم text. corrumpt. ex dittog. et in pr. scr.: فنسبة قوس نط الى قوس زط الى قوس طس أصغر من نسبة قوس لز الى قوس زم
٤ يا : om.

الدائرة دائرتان عظيمتان على زوايا قائمة وكانت احداهما من الدوائر المتوازية وكانت
154.10 الأخرى مائلة على الدوائر المتوازية وفرضت دائرة أخرى عظيمة تمرّ بقطب الدوائر المتوازية وتقطع الدائرة المائلة فيما بين الدائرة العظمى من الدوائر المتوازية وبين الدائرة التي تماسّها الدائرة المائلة من الدوائر المتوازية فانّ نسبة قطر الكرة الى قطر الدائرة التي تماسّها الدائرة المائلة أعظم من قوس الدائرة العظمى من الدوائر المتوازية التي تقع فيما
154.15 بين الدائرة الأولى العظمى وبين الدائرة التي تتلوها وتمرّ بقطبي الدوائر المتوازية الى قوس من الدائرة المائلة التي تقع فيما بين تلك الدوائر بأعيانها

فليكن على الخطّ المحيط بدائرة آبج العظمى قطب الدوائر المتوازية وهو نقطة آ ولتقطع دائرة آبج دائرتان عظيمتان على زوايا قائمة وهما
154.20 دائرتا بهج دهز ولتكن دائرة بهج العظمى من الدوائر المتوازية ولتكن دائرة أخرى عظيمة وهي دائرة تقطع دائرة دهز وتمرّ بقطبي الدوائر المتوازية فيما بين دائرة بهج والدائرة[١] التي تماسّها دائرة دهز وهي دائرة دلم فأقول انّ نسبة قطر[٢] الكرة
154.25 الى قطر دائرة لم أعظم من نسبة قوس بط الى قوس دح



فلترسم دائرة من الدوائر المتوازية تمرّ بنقطة ح وهي دائرة نحس ولتكن الفصول المشتركة لهذه السطوح خطوط آك دز[٣] بج نس دم طع حف حق[٤] ... فالخطّ قش[٥]
158.6 ... وزاوية قشح مساوية لزاوية طعب[٦] ... خطّ عق الى خطّ قف أعظم من[٧] نسبة

---

١ الدائرة : الدائر scr.   ٢ قطر : bis.   ٣ دز : دل scr.

٤ ft. post حق om. 1 pg. ex exemp.; cf. ll. 154.28-156.22 text. Graec.

٥ post قش om. ll. 156.22-158.1 ex text. Graec.

٦ post طعب om. ll. 158.1-158.6 ex text Graec.

٧ من : om.

زاوية بعط الى زاوية قعح [1] ولكن نسبة خط قع الى خط قف كنسبة خط عد [2] الى خط در وهي نسبة خط دز الى خط دم ونسبة زاوية بعط [3] الى زاوية قعح [4]
158.10 كنسبة قوس بط الى قوس دح فنسبة خط زد [5] أيضا الى خط دم أعظم من نسبة قوس
بط الى قوس دح وخط دز قطر الكرة وخط دم قطر دائرة ا دلم فنسبة قطر الكرة 51v
الى قطر دائرة دل أعظم من نسبة قوس بط الى قوس دح وذلك ما أردنا أن نبين

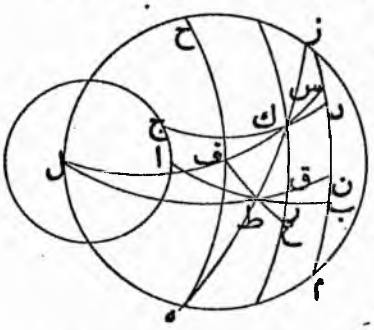
158.15 يب [6]

اذا كانت في كرة دائرتان [7] عظيمتان تماسان [7] دائرة واحدة بعينها من الدوائر المتوازية وتفصلان فيما بينهما من الدوائر المتوازية قسيا متشابهة وكانت دائرة أخرى عظيمة مائلة على الدوائر المتوازية تماس دائرتين [8] أعظم من الدائرتين اللتين كانت تماسها
الدائرتان الأوليان وتقطع الدائرتين اللتين تماسان دائرة واحدة من الدوائر المتوازية
158.20 فيما بين الدائرة العظمى من الدوائر المتوازية وبين الدائرة التي ماستها الدائرتان الأوليان فان نسبة ضعف قطر الكرة الى قطر الدائرة التي تماسها الدائرة المائلة أعظم من نسبة القوس من الدائرة العظمى من المتوازية التي تقع فيما بين الدائرتين اللتين تماس
158.25 دائرة واحدة بعينها الى قوس من الدائرة المائلة التي تقع فيما بين تلك الدوائر بأعيانها

---

١ قعح: قع scr.
٢ عد: عل scr.
٣ بعط: بع scr.
٤ قعح: obs., ft. قفح scr.
٥ زد: om.
٦ يب: om.
٧ دائرتان... تماسان: in marg.; صح post
٨ دائرتين: corr. ex دائرة.

فلتماسّ في كرة دائرتا آب جد العظيمتان دائرة واحدة بعينها من الدوائر المتوازية[1] وهي دائرة آج على نقطتي آ ج ولتفصلا من الدوائر المتوازية فيما بينهما قسيا متشابهة ولتماسّ دائرة أخرى عظيمة وهي دائرة هز مائلة على الدوائر المتوازية دائرتين[2] اللّتين تماسّهما



158.30 دائرتا آب[3] جد ولتقطع دائرة هز دائرتي[4] آب جد فيما بين الدائرة العظمى من الدوائر المتوازية وبين[5] دائرة آج التي تماسّها دائرتا آب جد ولتكن دائرة العظمى من الدوائر المتوازية دائرة مبز ولتكن الدائرة التي تماسّها دائرة هز من الدوائر المتوازية دائرة هح فأقول انّ نسبة ضعف قطر الكرة الى قطر دائرة هح أعظم من نسبة قوس بد الى قوس طك

158.35 فليكن قطب الدوائر المتوازية نقطة ل ولترسم الدوائر عظاما تمرّ بنقطة ل وبواحدة واحدة نقط ه ط[6] ك وهي دوائر همحل لطن لكس ولترسم دائرة من الدوائر المتوازية تمرّ بنقطة ك وهي دائرة عك ولترسم دائرة عطف العظمى مارّة بنقطة ط ومماسّة لدائرة هح على نقطة ق 160.5

فلأنّ دائرتي عك هفح متوازيتان وقد رسمت دائرتان عظيمتان وهما دائرتا هطكز عطف مماسّتان لدائرة هفح على نقطتي ه ق ورسمت دائرة عظمى تمرّ بقطب ط وهي دائرة لطق العظمى تكون قوس عق مساوية لقوس قك و[7] قوس رق أصغر

---

١ المتوازية: litt. ية obs.   ٢ ft. post دائرتين hapl.: أعظم من الدائرتين

٣ آب: اب scr.

٤ دائرتي: دالى scr.

٥ بين: تمر falso

٦ ط: om.   ٧ و: om.

52r 160.10 من قوس ا قك و[1] قوس رك أقلّ من ضعف قوس كق و لكنّ قوس رك[2] شبيهة بقوس بد
و قوس كق شبيهة بقوس نس فقوس بد أقلّ من ضعف قوس نس و لأنّ نسبة قطر الكرة الى
قطر دائرة هح أعظم من نسبة قوس من الى قوس هط و نسبة قوس من أيضا الى قوس
160.15 هط أعظم من نسبة قوس نس الى قوس طك و نسبة قطر الكرة أيضا الى قطر دائرة هفح
أعظم من نسبة قوس نس الى قوس طك و اذا حدث أضعاف المقدّمات كانت نسبة ضعف
160.20 قطر[3] الكرة الى قطر دائرة هفح أعظم من نسبة القوس التي هو ضعف قوس نس الى
قوس طك و نسبة ضعف قوس نس الى قوس طك أعظم من نسبة قوس بد الى قوس طك
و ذلك أنّ القوس التي هي ضعف قوس نس[4] هي أعظم من[5] قوس بد فنسبة قطر الكرة
160.25 الى ضعف قطر دائرة هفح أعظم كثيرا من نسبة قوس بد[6] الى قوس طك و ذلك ما أردنا
أن نبيّن

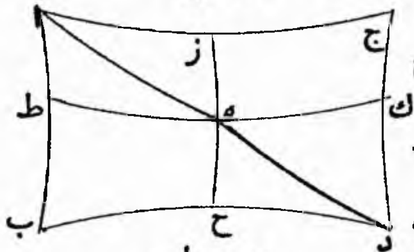
يج[7]

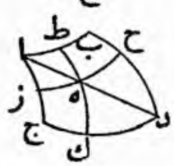
اذا كانت في كرة دوائر[8] متوازية تفصل من دائرة ما عظيمة قسيا متساوية تلي الدائرة العظمى من الدوائر المتوازية و رسمت دوائر عظيمة تمرّ[9] بالنقط الحادثة و تكون اما مارّة
162.1 بأقطاب الدوائر المتوازية و اما مماسّة لدائرة واحدة بعينها من الدوائر المتوازية فانّها تفصل من الدوائر[10] المتوازية فيما بينها قسيا متساوية

---

١ و : om.
٢ رك : رق scr.
٣ قطر : om.
٤ نس : نسبة falso
٥ من : om.
٦ post بد scr. فنسبته
٧ يج : om.
٨ دوائر : دائرة falso
٩ تمرّ : ثم با scr.
١٠ من الدوائر : bis.

فلتكن في كرة دائرة آب جد المتوازية و لتفصلا من دائرة آهد العظمى قوسين





162.5 متساويين و هما قوسا آه هد مما يلي دائرة زهح العظمى من الدوائر المتوازية و لترسم دوائر عظيمة تمرّ بنقط آ ه د و هي دوائر آزح طهك بحد تكون امّا مارّة بقطب الدوائر[١] المتوازية و امّا مماسّة لدائرة واحدة بعينها من الدوائر المتوازية فأقول انّ قوس زه مساوية لقوس هح

و ذلك أنّه لما كانت في كرة دائرتان متوازيتان و هما دائرتا آب جد تفصلان من 162.10 دائرة عظيمة و هي دائرة آهد قوس متساويين و هما قوسا آه هد مما يلي دائرة زح العظمى من الدوائر المتوازية تكون دائرة آب مساوية لدائرة جد ولأنّ دائرتي آب جد المتوازيتين المتساويتين تفصلان من دائرة كط العظمى قوس طه هك مما يلي دائرة زح العظمى من الدوائر المتوازية تكون قوس طه مساوية لقوس هك و قوس آه 162.15 مساوية لقوس هد و[٢] الخطّ المستقيم الذى يصل بين نقطة آ و نقطة ا ط مساو للخطّ المستقيم الذى يصل بين نقطة ك و نقطة د فوتر قوس آط مساو لوتر قوس كد[٣] و الدوائر متساوية فقوس آط شبيهة بقوس كد و ذلك أنهما فيما بين دائرتين امّا مماسّتان لدائرة من الدوائر المتوازية أو تمرّان بأقطابهما و لكنّ قوس آط شبيهة بقوس زه و قوس كد 162.20 شبيهة بقوس هح فقوس زه شبيهة بقوس[٤] هح و هي من دائرة واحدة فقوس زه مساوية لقوس هح و ذلك ما أردنا أن نبيّن 52v

---

١ الدوائر: litt. و sup.

٢ و: om.

٣ كد: بعد scr.

٤ بقوس: فقوس scr.

يد [1]

اذا ماسّت في كرة دائرة عظيمة دائرة ما من الدوائر المتوازية التي في الكرة وكانت
162.25 دائرة أخرى عظيمة مائلة على الدوائر المتوازية تماسّ [2] دائرة أعظم من الدوائر التي تماسّها
الدوائر الأولى فانّ الدائرتين العظيمتين تفصلان من الدوائر المتوازية فيما بينهما قسيا
غير متشابهة وما قرب من هذه القسي الى [3] أحد القطبين من القطبين انّهما كان يكون
أعظم من القوس دائرتا [4] الشبيهة بما بعد منها

فلتكن في كرة دائرة عظيمة وهي دائرة آبج تماسّ دائرة ما من الدوائر المتوازية التي
162.30 في الكرة وهي دائرة آدس على نقطة آ ولتماسّ دائرة أخرى عظيمة وهي دائرة بهج
المائلة على الدائرة المتوازية دوائر هي أعظم من الدوائر التي ماسّتها دائرة آبج الأولى
فأقول انّ دائرتي آبج [5] بهج تفصلان من الدوائر المتوازية فيما بينهما قسيا غير
164.1 متشابهة وما قرب منها من أحد القطبين انّهما كان يكون أعظم من القوس من دائرتها
الشبيهة بما بعد

فلتتعلّم على دائرة بج المائلة نقطتا ه ك كيف ما وقعتا ولترسم على نقطتي ه ك
164.5 دائرتان متوازيتان لدائرة آدس وهما دائرتا زهح طكل فأقول انّ قوس هح أعظم من
القوس من دائرتها الشبيهة بقوس كل وانّ قوس طك أعظم من القوس من دائرتها
الشبيهة بقوس زه

فلترسم دائرتان عظيمتان تمرّان بنقطتي ه ك وهما دائرتا دهم سنك ماسّتان
لدائرة آدس فنصف الدائرة الذى يخرج من نقطة د الى ناحية م لا يلقى نصف [6]

---

١ يد : om.

٢ تماسّ : om.

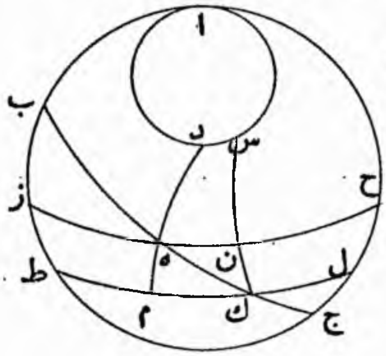
٣ الى : om.

٤ دائرتا : من دائرتها mel.

٥ آبج : om.

٦ نصف : نصف scr.

162.10 الدائرة الذى يخرج من نقطة آ الى ناحية زَ طَ و نصف الدائرة الذى يخرج من نقطة



سَ[1] الى ناحية كَ لا يلقى نصف الدائرة الذى يخرج من نقطة آ الى ناحية لَ

فلأن نصفي دائرتي آل سك لا يلقيان و فيما بينهما

162.15 من الدوائر المتوازية قوسا نح كل[2] تكون قوس نح شبيهة بقوس كل ولهذه الأسباب أيضا تكون قوس زه شبيهة

53r بقوس طم[3] و[4] قوس حنهز ا قريبة[5] من أحد القطبين و قوس لكمط قريبة من القطب الآخر ولأن قوس نح شبيهة بقوس كل تكون قوس هح أعظم من قوس دائرتها الشبيهة بقوس كل وقبل ذلك أيضا تكون قوس طلك أعظم من قوس من دائرتها الشبيهة بقوس زه وذلك ما أردنا أن نبيّن

تمّت المقالة الثالثة من كتاب ثاودوسوس في الأكر
وهي أربعة عشر شكلا وبانقضائها كمل الكتاب

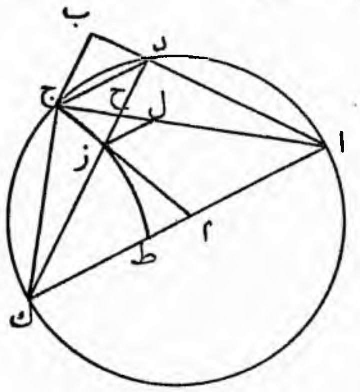
والله أعلم

---

١ سَ : من (?) scr.
٢ كل : دل scr.
٣ طم : طح scr.
٤ و : om.
٥ قريبة : قربه scr.

و هذا هو الشكل الذى ذكرناه في آخر الكتاب

مثلث ابج زاوية ب منه قائمة و قد أخرج خطّ جد كيف ما وقع فاقول انّ نسبة اب الى بد أعظم من نسبة زاوية بدج الى زاوية باج



برهان[1] ذلك فتكون نسبة اد الى دب على الفصل المشترك أعظم من نسبة زاوية دجا[2] الى زاوية باج وندير على مثلث ادج دائرة[3] اج ونخرج دح الى ح[4] يوازى بج[5] ونخرجه على استقامة الى ك ونصل جك كا[6] فاقول انّ نسبة اح الى[7] حج أعظم من نسبة قوس اد الى دج فندير على نقطة ك و ببعد جك قوس جزط فيجب مما[8] ان تكون نسبة[9] اح الى حج[10] أعظم من نسبة قطاع طزك الى قطاع زجك و هكذا هوكما نذكره و هو ان نصل جز و نخرجه على استقامة الى م فنسبة قطاع طزك الى قطاع جزك كنسبة زاوية زكط الى زاوية جكز و هي كنسبة زاوية دجا الى[11] زاوية داج و نسبة مثلث كزم الى مثلث كجز أعظم من نسبة القطاع الى القطاع فنسبة مز الى زج أعظم من نسبة القطاع الى القطاع و نخرج[21] زل توازى اك فنسبة ال أعظم من نسبة القطاع و نسبة احج الى حج[13] أعظم من نسبة ال الى بج فنسبة اح الى حج أعظم من[14] القطاع الى القطاع ونركّب البرهان ان نعمل ما عملنا

---

١ برهان: scripsi; ولفضرك (?) scr. et corr. a. m. ad ولفصل in marg.; cf. infra, p.١٣ :٨١١ et p. ١٣ :٩١١
٢ دجا: litt. ا om.
٣ دائرة: دائر scr.
٤ ح: خ scr.
٥ دج: ج scr.
٦ post كا scr. ك
٧ الى: ا scr.
٨ post مما lect. dub.: انراناه
٩ نسبة: نسبته scr.
١٠ حج: دحج scr.
١١ post الى scr. دج
١٢ نخرج: نخر scr.
١٣ حج: محج scr.
١٤ من: om.

فنجعل أنّ نسبة القطاع الى القطاع أصغر من نسبة آح الى آحج ونسبة آح الى حج كنسبة آد الى دب[1] ونسبة القطاع الى القطاع كنسبة زاوية زكط الى زاوية جكز وهي زاوية باج فتكون نسبة آد الى دب أعظم من نسبة زاوية جا[2] الى زاوية داج فأدركنا كانت نسبة آب الى بد أعظم من نسبة زاوية بدج الى زاوية باج وذلك ما اردنا ان نبيّن

وهما استبان أنّه اذا فصل من محيط دائرة قوس أصغر من نصف وأخرج دج وترها وأخرج من أحد طرفي الوتر قطر الدائرة وأخرج من الطرف الآخر من طرفي القطر خط آج يقطع الوتر كيف ما اتّفق وينتهي الى قوس دجك المذكورة فأنّ نسبة القسم الذى يلي القطر من الوتر الى القسم آدب الآخر أعظم[3] من نسبة[4] التي تلي القطر من القسمي القوس المفروضة الى القوس الأخرى وبالله التوفيق

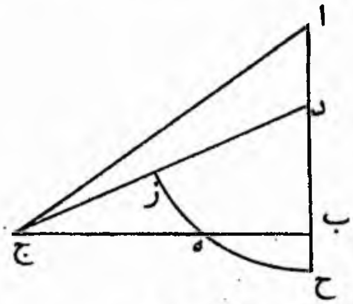
مثلث آبج زاوية ب منه قائمة وأخرج خطّ جد كيف ما اتّفق فاقول انّ نسبة خطّ آب الى بد أعظم من نسبة زاوية بدج[5] الى باج[6]

برهان ذلك[7] انا اخرج من نقطة د خطّ ده موازيا لخطّ آج فتبيّن أنّ خطّ ده أعظم من خطّ دب وأصغر من خطّ دج فاذا أجعلنا نقطة د مركزا وأدارنا[8] ببعد ده دائرة كان تقطع داخل مثلث وندير[9] حا عنه فليكن مثل زهح[10]

---

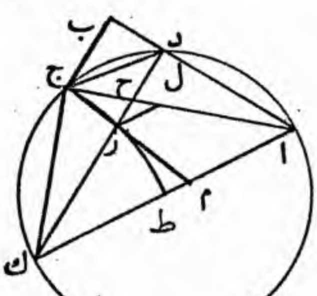
١ دب : ب scr.
٢ جا : an leg. جاك sit.
٣ أعظم : أعظ scr.
٤ ft. post نسبة om. القوس
٥ بدج : بد scr.
٦ باج : بج scr.
٧ برهان ذلك : in atrament. ruf.
٨ أدارنا : أردنا scr.
٩ ندير : scripsi; ندر scr.
١٠ زهج : زهز scr.

فلأنّ هد موازٍ لـجا تكون نسبة آد الى دب كنسبة جه الى هب ‖ ونسبة جـه 53v
الى هب كنسبة مثلث دهج[1] الى مثلث بده فنسبة خط آد الى دب كنسبة مثلث دهج الى مثلث دبه ونسبة مثلث دجه الى مثلث دبه أعظم من نسبة مثلث دجه بعينه الى قطاع دزه لأنّه أعظم من مثلث بده فنسبة خطّ آب الى دب[2]



أعظم من نسبة مثلث دهج الى[3] قطاع[4] دهح فنسبة آد الى دب أعظم[5] كثيرا من نسبة قطاع دهح الى قطاع دزه[6] فاذا ركّبنا كانت نسبة آب الى بد أعظم من نسبة قطاع زدح الى قطاع دزه ونسبة قطاع دزح الى قطاع دزه كنسبة زاوية بدج الى زاوية بده فزاوية بده مساوية لزاوية باج فنسبة آب الى بد أعظم من نسبة زاوية بدج الى زاوية بـاج[7]
وذلك ما أردنا أن نبيّن

مثلث آبج زاوية ب منه قائمة وأخرج خطّ جد كيف ما اتّفق فاقول انّ نسبة خطّ آب الى بد أعظم من نسبة زاوية بدج الى زاوية باج وبالتفصيل نسبة آد الى دب أعظم من نسبة زاوية دجا[8] الى زاوية[8] داج



برهان ذلك[9] ابا بدير على مثلث آدج دائرة ونخرج دحـك موازيا لـبج ونصل آك كج ونديرببعد كج قوس جزط ونصل جز ونخرج جز[10] الى م[11] ونخرج لز[12] موازيا لـام فلأنّ قطاع كطز أصغر من نثلث جزك ومثلث كزج أصغر من قطاع كزج تكون نسبة مثلث كزج أعنـي

---

١ دهج : بهج scr.
٢ دب : دا scr.
٣ الى : om.
٤ post قطاع scr. دهز
٥ أعظم : أعظ scr.
٦ دزه : دبه scr.
٧ باج : با scr.
٨ دجا الى زاوية : in marg.
٩ برهان ذلك : in atrament. ruf.
١٠ جز : جه scr.
١١ post م scr. د
١٢ لز : ان scr.

نسبة مز الى زج أعني نسبة آل الى جل أعظم من نسبة قطاع طزك الى قطاع كزج لكن نسبة آج الى حج أعظم من نسبة خط[1] آل الى آج فنسبة آج الى حج أعني نسبة آد الى دب أعظم كثيرا من نسبة قطاع طزك الى قطاع كزج أعني نسبة زاوية طكز الى زاوية زكج أعني نسبة آد الى قوس دج أعني نسبة زاوية آجد الى زاوية دجا وبالتركيب نسبة آد الى دب أعظم من نسبة زاوية طكج الى زاوية كزج أعني نسبة زاوية بدج الى زاوية داج وذلك ما أردنا أن نبين

وان أخرج ده موازيا لـجا وعمل مركز د وببعد آه دائرة قطع بج وقطع بد اذا أخرج على استقامة[2] الى ز ولتكن زهح وأكثر ما على ذلك

---

١ خطّ : قط scr.

٢ على استقامة : lect. dub.: انه فامه (?) scr.

[1]/In the name of God, the Compassionate, the Merciful ١ : ١

The first chapter from the book of Theodosius on the spheres/[1]

A sphere is a solid figure contained by one surface~~;~~ such that all straight lines which are drawn from a particular point within it so as to meet that surface are equal to one another.

The centre of a sphere is that point. ٥ : ١

~~An~~ The axis[2] of a sphere is some straight line passing through the centre and terminating in both directions at the surface of the sphere~~,~~ when the line remains stationary~~,~~ and the sphere rotates on it.

The poles of the sphere are the ends of the axis.

On a sphere, that which is called[3] a pole of a circle is a point on the surface of the sphere, from which all[4] straight lines ١٠ : ١
which are drawn to the circumference of the circle are equal to one another.

/It is said of a sphere that the distance of the circles from its centre is an equal distance when the perpendiculars drawn from the centre of the sphere to the planes of the circles are equal to one another; and the circle which is further is that on which falls a longer perpendicular.

It is said that a plane is inclined to another plane if we mark on the common section of the two planes some point, and there is ١٥ : ١
drawn from it to each one of the two planes a straight line at right

---

1. cf. Greek-Arabic apparatus, 2:1.

2. "axis": two Greek mss. use "axis", but Heiberg preferred "diameter" cf. Eucl. xi deff. 15 & 16, and Greek-Arabic apparatus I 2.6.

3. The Arabic agrees with two Greek readings rejected by Heiberg, cf. Greek-Arabic Apparatus I, 2.10.

4. The Arabic agrees with two Greek readings rejected by Heiberg, cf. Greek-Arabic Apparatus I, 2.11.

angles to the common section, and so the two drawn lines contain an
acute angle, and the inclination is the angle which those two
straight lines contain./ It is said that the inclination of a
plane to a plane is similar to the inclination of another plane
to another plane, when the straight lines drawn from the common
sections of the planes at right angles in each one of the planes ٢:١
from the same points contain equal angles; /those the angles of
which are smaller are more greatly inclined./

i

If a spherical surface is cut by some plane, [1]the section so made[1] is the circumference of a circle.

Let a spherical surface be cut by some plane. Let it make ٢:٥
on the surface of the sphere a section, line ABG. I say that line
ABG is the circumference of a circle.

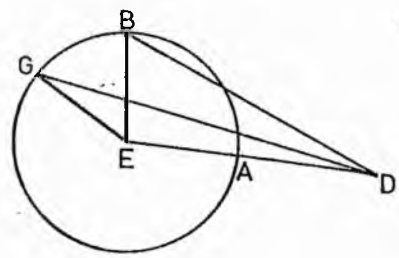
If the secant plane passes through the centre of the sphere, it is clear that line ABG is the circumference of a circle, [2]for the straight lines which are drawn from the centre to line ABG are equal to one another. If the matter is thus, it is clear that the centre of the circle is the same (as that of the sphere).[2]

---

1. "the line on the surface of the sphere".

2. An abridgement of: "for the lines falling from the centre of the sphere to the surface are equal to each other. The line ABG is on the surface; so that the lines falling from the centre of the sphere to line ABG are equal to one another. Plane ABG was assumed to be through the centre of the sphere, so that line ABG is the circumference of a circle of which the centre is the same as of the sphere."

If the secant plane does not pass through the centre of the ٢: ١٠
sphere, then let us conceive the centre of the sphere as point D.
Let there be drawn from it to the [1]plane which passes through line
ABG[1] perpendicular DE. Let it meet the plane at point E. Let the
two lines EB EG be drawn.[2] Let the two lines DB DG be joined.
Since /point D is the centre of the sphere/, line DB is equal to
line DG. Therefore the square on line DB is equal to the square on ٢: ١٥
line DG, and the squares on the two lines DE
EB are equal to the square on line DB /for the
angle which the two lines DE EB contain is
right/, and the squares on the two lines DE EG
are equal to the square on line DG /for the



angle which the two lines DE EG contain is right./ The squares on
the two lines DE EB are equal to the squares on the two lines DE EG. ٣: ١
The common square of line DE is subtracted. Therefore the square on
line EG remains equal to the square on line BE. Therefore line BE is
equal to line GE.
We might also similarly prove that all the straight lines which
are drawn from point E to line ABG equal one another; and ABG is the ٣: ٥
circumference of a circle, and point E is the centre of the circle.
From that it is clear that if there is drawn a perpendicular from
the centre of a sphere to any circle on the sphere, it will fall
on the centre of the circle. /That is what we wanted to prove/.

ii

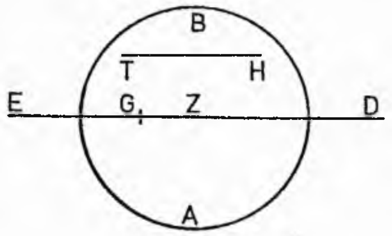
How do we find[3] the centre of a given sphere?

---

1. "secant plane".
2. add: "from point E to line ABG".
3. "To find".

Let a given sphere be conceived[1]; we wish to find its centre. ٣:١٠
Let us cut it with any plane; the section so made is[2] a circle.
Let the circle which is made be circle AB. /Then, if the secant
plane passes through the centre of the sphere, it is clear that the
centre of both the sphere and the circle is one, and we have learned
how to find the centre of a given circle. If the secant plane does
not pass through the centre/, let the centre of the circle AB be
point G. Let there be drawn from point G a line, GD, set up on the
plane of circle AB at right angles. Let it be produced in both ٣:١٥
directions and meet the surface of the sphere at the two points D E.
Let line DE be bisected at point Z. I say
that point Z is the centre of the sphere.

If the centre is not thus, then it is
possible that the centre is another point. Let



it be point H. We draw from point H a line meeting the plane of the
circle at point T at right angles. /If there is drawn from the
centre of a sphere to any circle on the sphere a straight line ٤:١
perpendicular to it, it will pass through the centre of the circle/.[3]
Therefore point T is the centre of the circle; but point G was also
its centre. That is impossible. [4]/If the perpendicular falls on
point G, then there have been drawn from the same point on the same
plane on the same side two straight lines at right angles. That is
impossible/.[4] Therefore point H is not the centre of the sphere. ٤:٥

---

1. "Let there be...".
2. "it will make".
3. The bracketed passage is the corollary to prop. i.
4. For this passage, cf. scholion 10 in Greek ms. D "For we would

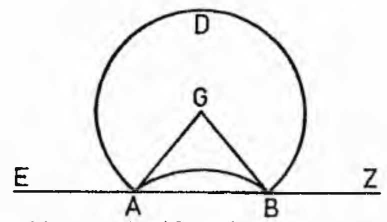
We might also similarly prove that it is not possible that the centre of the sphere is a point other than point Z. Therefore point Z is the centre of the sphere.[1]

From that it is clear that if a circle is on a sphere, and there is set up on the centre of the circle a straight line perpendicular to the plane of the circle, the centre of the sphere is on that set up line. [2]That is what we wanted to prove.[2] ٤: ١٠

iii

[3]If a sphere touches a non-secant plane, then it touches it at one point only.[3]

If possible, let a sphere touch a plane at [4]more than one point[4] without cutting it. Let it touch it at two points, points A B. Let the centre of the sphere be point G. Let us join the two lines AG GB. Let the plane be produced which passes through the two lines AG GB; it makes a section which on the surface of the sphere is a circle and on the plane is a straight line. Let the circle which is made on the surface of the sphere be circle DAB[G] and the straight line which is made on the plane be line EABZ. ٤: ١٥



---

not say that the perpendicular drawn from point T to the plane of circle ABC will fall on point D; there would be two straight lines set up at right angles from the same point in the same plane, which is a paradox," cf. Heiberg, p. 167.18-21.

1. add: "which is what was required to prove".

2. That...prove: misplaced; this is a corollary.

3. "A sphere does not touch a non-secant plane at more than one point."

4. "several points".

Since the plane does not cut the sphere, [1]line EABZ also does not ١ :٥
cut the circle DAB.[1] Since there have been marked on the circumference of the circle two points at random, the two points A B, the line which joins point A and point B falls inside circle DAB[G]; but it also fell outside it. That is impossible.

Therefore a sphere does not touch a non-secant plane at more than ٥ :٥
one point.

iv

If a sphere touches some non-secant plane, the straight line which joins the centre and the point of contact is a perpendicular on the tangential plane.

Let a sphere touch some non-secant plane at /one point,/ point A.
Let the centre of the sphere be point B.[2] I say that line AB is a ١٠ :٥
perpendicular on that plane.

For, if[3] a plane is produced passing through line AB, [4]it makes on the surface of the sphere circle AGD and on the plane straight line EAZ.[4]

Let there also pass through line AB another plane. Let it make[5] on the surface of the sphere circle AT and on the plane line KAL.

---

1. The Arabic transposes the subject and object.

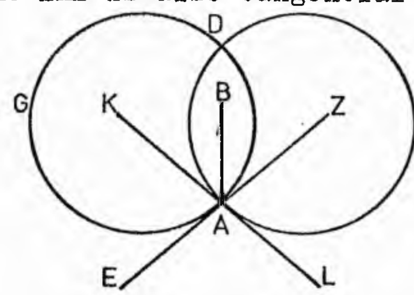
2. add: "let line BA be joined".

3. "let".

4. "Indeed, it will make a section which on the surface of the sphere is a circle and on the plane is a straight line. Let it make on the surface of the sphere circle AGD and on the plane line EAZ."

5. add: "a section which is".

Since the plane touches the sphere, line EAZ is also tangential to ١٥ :٥
to circle ADG. Since straight line EAZ



touches circle ADG at point A, and there
was drawn from point A to the centre of ١ :٦
the circle line AB, line AB is a perpendicular on line EAZ. [1]It is clear that point B is the centre of circle AGD, because thd plane of circle AGD passes through line BA which is drawn from the centre of the sphere.[1] We might also similarly prove that line BA is a perpendicular on line KAL. Since straight line BA is a perpendicular [2]to the common section of the point of intersection of the two lines EZ KL,[2] line
AB is a perpendicular on the plane which passes through them, and ٥ :٦
the plane which passes through the two lines EZ KL is tangential to the sphere.[3] /That is what we wanted to prove./

v

If a sphere touches some non-secant plane, and there is drawn from the point of contact with the plane a line set up on it at right angles, the centre of the sphere is on that set up line.

Let a sphere touch some non-secant plane at point A. [4]Let there ١٠ :٦
be drawn from point A a perpendicular on the plane, line AB.[4] I say that the centre of the sphere is on line AB.

---

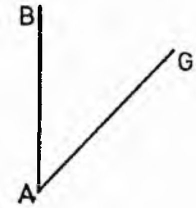
1. Heiberg would delete as otiose and confusing.

2. The Arabic is confused. The Greek reads: "to the two straight lines EZ KL, which intersect each other, at the point of sectioning."

3. add: "then line AB is perpendicular to the plane which is tangent to the sphere."

4. "let line AB be set up from point A perpendicular to the plane."

[1]If that is not possible, then it is possible to be otherwise.[1] Let the centre of the sphere be point G. Let line GA be joined.



Since a sphere has touched a non-secant plane at point A, and there was drawn from the centre of the sphere to the point of contact line GA, line GA is a perpendicular on the plane. Line BA was a perpendicular ٦: ١٥
on it[2] also. Therefore there are drawn at right angles from the same point on the same plane[3] two straight lines, lines AB AG, /on the same side;/ that is impossible. Therefore point G is not the centre of the sphere. We might similarly also prove that it is not possible that the centre is any other point which is not on line BA.[4] /That is what we wanted to prove./

vi

Of the circles which are on the sphere, those passing through the ٦: ٢٠
centre of the sphere are the greatest, and of the remaining[5] circles those equidistant from the centre are equal, and those further from the centre are smaller.

Let there be on a sphere the circles AB GD EZ. Let circle GD pass through the centre of the sphere. Let the distance of the two circles AB EZ from the centre be firstly equidistant. I say that the greatest
of these circles is GD and that the two circles AB EZ are equal. ٧: ٥

For, we make the centre of the sphere point H. Therefore it is the centre of circle GD. Let there be drawn from point H to the planes

---

1. "For, let it not be, but, if possible."
2. "the assumed plane".
3. add: "which has been assumed".
4. add: "Therefore the centre of the sphere is on line BA."
5. "other".

of the two circles AB EZ the two perpendiculars HT HK. Let them
meet the planes of the two circles at the two points T K. Therefore
the two points T K are the centres of the two circles AB EZ. Let us
draw from the points T K H to the /circumference of the/ circles AB
GD EZ straight lines, the lines TL KN HM. Let the two lines HL HN ٧: ١٠
be joined.

Since line HT is a perpendicular on the plane of circle AB, it
will make right angles with all straight lines which are drawn from
its end in the plane of circle AB. Line TL was drawn from its end,
being in the plane of circle AB. Therefore angle LTH is right. We ٧: ١٥
might also similarly prove that angle HKN is also right. Again,
since angle LTH is right,[1] angle LTH is greater than angle LHT.
Therefore line[2] LH is longer than LT. Line LH is equal to line HM ٨: ١
because point H is the centre of the sphere, and the two lines HL
HM have been drawn from it to the surface of the sphere. Therefore
line HM is longer than line LT. Line HM was drawn from the centre
of circle AB to its circumference. Therefore circle GD is greater
than circle AB. We might also similarly prove that [3]it is greater
than circle EZ. Therefore circle GD is greater than[4] the circles ٨: ٥
which are on the sphere.[3]

I say also that the two circles AB EZ are equal.

For, since their distance from the centre is equal, line HT is

---

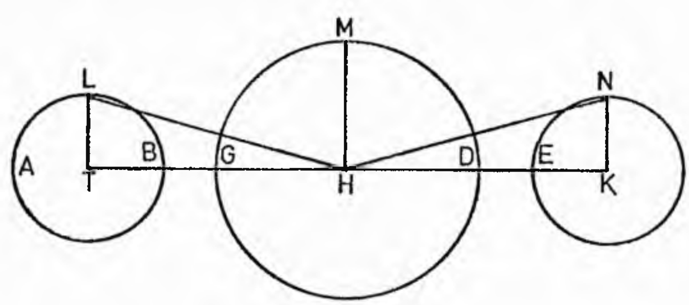
1. add: "angle LHT is less than right".

2. "side".

3. "It is greater also than all the circles on the sphere which are not through the centre of the sphere."

4. Possibly a scribal error for "greatest of".

equal to line HK. Again, since point H is the centre of the sphere, line HL is equal to line HN. Therefore the square on line HL is equal to the square on line HN. But the squares on the two lines LT TH are equal to the square on line HL, and the squares on the two ٨: ١٠
lines NK KH are equal to the square on line HN. Therefore the squares on the two lines LT TH are equal to the squares on the two lines HK KN. The square on line TH is equal to the square on line HK, and so the square on line TL remains equal to the square on line KN. Therefore line TL is equal to line KN. Line TL was drawn from the
centre of the circle AB to its circumference, and line KN was drawn ٨: ١٥
from the centre of circle EZ to its circumference. Therefore the line which was drawn from the centre of circle AB to its circumference is equal to the line which was drawn from the centre of circle EZ to its circumference. /Therefore circle AB is equal to circle EZ./



Again, let the distance of circle AB from the centre of the sphere be greater than
the distance of circle EZ from it. I say that circle AB is smaller ٩: ١
than circle EZ.

We construct the things which we have (previously) constructed the same. Then, since the distance of circle AB from the centre of the sphere is greater than the distance of circle EZ from it, line HT is longer than line HK. Since line HL is equal to line HN,[1] the

---

1. add: "for point H is the centre of the sphere and L N are at the surface."

square on line HL is equal to the square on line HN. [I]But the
squares on the two lines HT TL are equal to the square on line HL, ٩:٥
and the squares on the two lines HK KN are equal to the square on
line HN. Therefore the two squares LT TH are equal to the two
squares HK KN.[1] The square on line TH is greater than the square on
line HK. Therefore the square on line LT remains smaller than the square
on line NK. Therefore line LT is smaller than line KN. Line TL was
drawn from the centre of circle AB to its circumference, and line KN
was drawn from the centre of circle EZ to its circumference. There- ٩:١٠
fore circle AB is smaller than circle EZ.

/Therefore it is clear that/ of the circles which are on the sphere, those passing through the centre[2] are the greatest, and of the [3]remaining circles,[3] those equidistant from the centre are equal and those further from the centre are smaller. /That is what we wanted to prove./

vii ٩:١٥

If a circle is on a sphere, and there is joined between the centre of the sphere and the centre of the circle a line[4], the line which is joined between them is a perpendicular on /the plane of/ the circle.

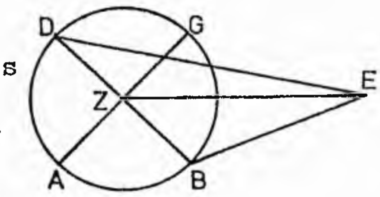
Let the circle which is on a sphere be circle ABGD. Let the ١٠:١
centre of the sphere be point E and the centre of the circle point Z.
Let line EZ be joined. I say that line EZ is a perpendicular on
circle ABGD.

Let there be drawn from[5] the centre of the circle the two lines

---

1. "i.e., the squares LT TH are equal to the squares NK KH."
2. "of the sphere".
3. "the others".
4. "some/line".
5. "through".

[1]AZG BZD[1]; /they are two diameters of the circle/. Let the two lines
EB ED be joined. Then, since line ZB is equal ٥ :١٠
to line ZD, and line ZE is common, the two lines
BZ ZE are equal to the two lines DZ ZE respect-
ively, and base BE is equal to base DE, for



point E is the centre of the sphere, and the two points B D are on
the surface of the sphere. Therefore angle BZE is equal to angle
DZE. When a straight line is set up on a straight line making the two
angles [2]which are on its two sides[2] equal, one of them to the
other, each one of the two equal angles is right. /The set up line ١٠ :١٠
is called the perpendicular on the line upon which it is set up./
Therefore, each one of the two angles BZE DZE is right. Therefore
line EZ is a perpendicular on line BD. We might also similarly
prove that it is a perpendicular on line AG also. Then, since
straight line EZ is set up[3] on the [4]common section[4] of the two lines
AG BD, of which one cuts the other, it is also set up on the plane
which passes through the two lines AG BD. The plane which passes
through the two lines AG BD is circle ABGD. Therefore, line EZ is
a perpendicular on the plane of circle ABGD. /That is what we ١٥ :١٠
wanted to prove/.

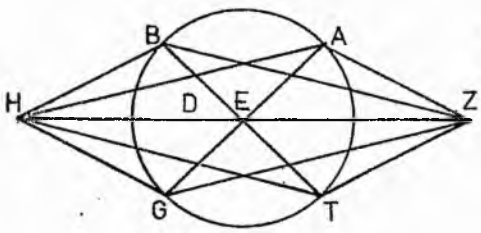
---

1. "AZ ZG BZ ZD".
2. "adjacent".
3. "set up at right angles", which may be an integral idea of قام.
4. "point of section".

viii

If a circle is on a sphere, and there is drawn from the centre of the sphere a perpendicular on it, and it is produced in both directions, it will fall on the two poles of the circle.

Let the circle on a sphere be circle ABG. Let the centre of ١ : ١١ the sphere be point D. Perpendicular DE is drawn[1] from point D to the plane of circle ABG. Let it meet the plane of the circle at point E. Therefore point E is the centre of circle ABG.



Let line DE be produced in both directions. Let it meet the surface of the sphere at the two points Z H. I say that the two points Z H are the two poles of circle ABG.

Let the two lines AEG BET be drawn. Let the lines AZ ZG AH HG ٥ : ١١ [1′]/BZ ZT BH HT/[1′] be joined.

Then, since straight line ZE is a perpendicular on circle ABG, and it makes right angles with all the straight lines which are drawn from its end in the plane of circle ABG, each one of the angles ZEA ZEG ZEB ZET is right. Again, since line AZ is equal to line EG, and line EZ is common and at right angles, base AZ is equal to base ZG. ١٠ : ١١ We might also similarly prove that the lines which are drawn from point Z to arc[2] ABG are equal to one another. Therefore point Z is the pole of circle ABG.[3]

---

1. "let...be drawn".

2. "line".

1′. Cf. appendix[four] for a discussion of these lines, FIGURE I-viii.

3. add: "Indeed, we might similarly prove that point H is also a pole. Therefore the points ZH are poles of circle ABG."

/Therefore it is clear that/ if a circle is on a sphere, [1]and there is drawn from the centre of the sphere a perpendicular on it, and it is produced in both directions, it falls on the two poles of the circle.[1]

ix[2] ١١ : ١٥

If a circle is on a sphere, and there is joined between one of its two poles and the centre a straight line, the line is a perpendicular on the circle.

The proof of this proposition resembles the proof of the proposition which preceeds it, because the lines drawn from the centre of the circle to its circumference are equal, and also because the lines drawn from the pole to the circumference of the circle are equal.

x[3] ١٢ : ٥

If a circle is on a sphere, and there is drawn [4]from one of its two poles[4] to it a line which is a perpendicular on it, it falls on the centre of the circle; and if it is produced in the other direction, it falls on the other pole /of the two poles/ of the circle.

Let the circle which is on a sphere be circle ABG. Let there be drawn to it [5]from one of its two poles[5], point D, perpendicular DE.

---

1. "and from the centre of the sphere and so forth".

2. This proposition is wanting in the Greek text. It is merely a corollary based on the two previous propositions.

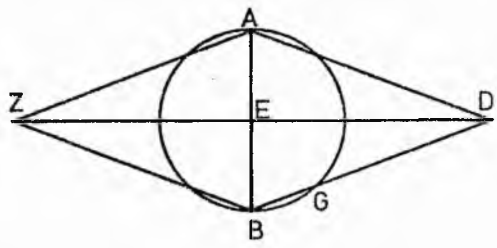
3."θʹ" or ix.

4. "from either of its poles".

5. "from either of its poles".

Let it meet the plane of the circle at point E. Let line DE be ١٢ : ١٠
produced and meet the surface of the sphere /which is on the other side/ at point Z. I say that point E is the centre of circle ABG, and point Z is the other pole [1]of the two poles of circle ABG.[1]

Let the two lines EA EB be drawn from point E. Let the lines AD DB AZ ZB be joined.



Then, since line DE is a perpendicular on circle ABG, it makes right ١٢ : ١٥
angles with all the straight lines which are drawn from its end in the plane of circle ABG. Each one of the two lines AE EB is drawn from its end, and they are in the plane of circle ABG. Therefore each one of the two angles DEA DEB is right. Since line AD is equal to line DB, the square on line AD is equal to the square on line DB; but the square on line AD is equal to the squares on the two lines AE ED, and the square on line DB is equal to the squares on the two lines DE EB. Therefore the ١٣ : ١
squares on the two lines AE ED are equal to the squares on the two lines BE ED. The common square, the square on line DE, is subtracted. Therefore the square on line AE remains equal to the square on line EB. Therefore line AE is equal to line EB. We might also similarly prove that all the lines drawn from point E to line ABG are equal /to one another/. Therefore point E is the centre of ١٣ : ٥
circle ABG.

I say also that point Z is the other pole /of the two poles/ of circle ABG.

Since line AE is equal to line EB, and line ZE is common and at right angles /to these two lines/, base AZ is equal to base ZB.

---

1. "of the circle".

Similarly also[1], all the straight lines which are drawn from point Z to /circumferential/ line ABG are equal /to one another/. Therefore point Z is [2]the other pole of the two poles[2] of circle ABG. It is clear that point E is the centre of circle ABG. Therefore point E ١٠ :١٣ is the centre of circle ABG and point Z is the other pole /of the two poles of circle ABG. That is what we wanted to prove./

xi[3]

If a circle is on a sphere, the straight line which passes through its two poles is a perpendicular on it, and it passes through its centre and the centre of the sphere.

Let the circle which is on a sphere be circle ABGD. Let its two poles be the two points E Z. [4]Let the straight line, EZ, which passes through its two poles, be joined.[4] I say that line EZ is a perpendicular on circle ABGD, and it passes through its centre and the centre of the sphere. ١٥ :١٣

[5]Let it pass through the plane of circle ABGD at point H[5]. [6]Let there be drawn from point H the two lines AH GH. Let AH be in a straight line with HG. Let there also be drawn from point H the two lines HB HD. Let HB be in a straight line with HD.[6] Let the lines ١ :١٤

---

1. "We might likewise prove"; possibly a srcibal error for this idiomatic phrase.

2. "a pole".

3. "ى" or x.

4. "and let the line drawn through its poles be joined. Let it be line EZ."

5. "Let line EZ meet the plane of circle ABGD at point H."

6. "Let the lines AHG BHD be drawn from point H."

BE ED BZ ZD be joined.

Since line EB is equal to line ED, and line EZ is common, the two lines BE EZ are equal to the two lines DE EZ respectively, and base ١٤: ٥
BZ is equal to base ZD. Therefore angle BEZ is equal to angle DEZ. Again, since line BE is equal to line DE, and line EH is common, the two lines BE EH are equal to the two lines DE EH respectively, and angle BEH is equal to angle DEH. Therefore base BH is equal to base DH, and triangle BEH is equal to triangle EDH, and the remaining ١٤: ١٠
angles are equal to the remaining angles which the equal sides subtend. Therefore angle [1]DHE is equal to angle BHE.[1] [2]If a straight line is set up on a straight line, and it makes the two angles which are on the two sides equal, each one of the two equal angles is right.[2] Therefore line EH is set up on DB at right angles. We might also similarly prove that line EH is also a perpendicular set up on line AG at right angles. Therefore it also is set up at right angles on the plane which passes through the two lines BD AG, i.e., circle ABGD. Therefore line EHZ is set up on circle ABGD at right angles. ١٤: ١٥

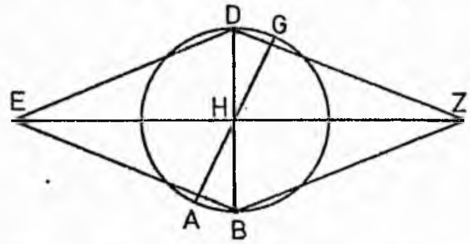
I say [3]also that it[3] passes through the centre of the circle [4](and through the centre of the sphere)[4].

For, circle ABGD is on a sphere, and from [5]one of its two poles, point E,[5] there has been drawn to it perpendicular EH, and it meets its plane at point H. Therefore point H is the centre of circle ABGD.

---

1. The Arabic transposes DHE and BHE.
2. "Then each of the angles BHE DHE is right."
3. "That it also".
4. Deleted falsely in the Arabic ms.
5. "either of its poles".

I say that it passes through the centre of the sphere also. For, circle ABGD is on a sphere, and there has been drawn from its centre[1] a perpendicular on the plane of the circle, line EHZ. Therefore the centre of the sphere is on line EHZ. Therefore line EZ passes through the centre of the sphere. ١ :١٥

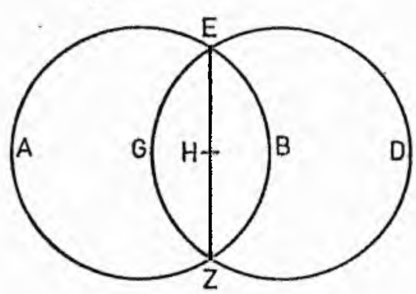


Therefore line EHZ is a perpendicular on circle ABGD, and it passes through its centre and the centre of the sphere. /That is what we wanted to prove/.

xii[2] ٥ :١٥

The great circles which are on a sphere bisect one another. Let any two great circles on a sphere, the two circles AB GD, cut one another at the two points E Z. I say that the two circles AB GD bisect each other.

Let their centre be marked. Let it be point H. This point is the centre of the sphere also. Let the two lines EH HZ be joined. ١٠ :١٥



Since the points E H Z are on the plane /of circle/ AB, and they also are on /the plane of circle/ GD, the

---

1. add: "point H".

2. "ια´" or xi.

points E H Z are on the planes of the two circles AB GD together. Therefore the points E H Z are on the common section between the two. The common section between every two planes is a straight line. ١٥ :١٥ Therefore line EHZ is straight. Since point H is the centre of circle AB, line EHZ is a diameter of it, and each one of the two lines EAZ EBZ is the arc of a semi-circle. Since[1] point H is /also/ the centre of circle GD, line EHZ is a diameter of it. Therefore each one of the two lines EGZ EDZ is the arc of a semi-circle.

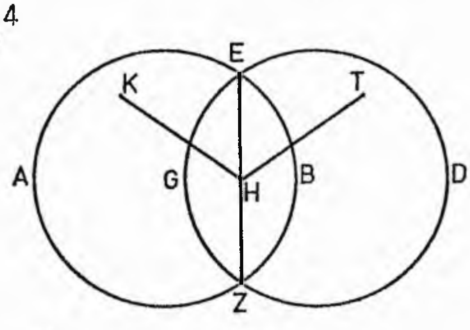
Therefore the two circles AB GD bisect each other. /That is what we wanted to prove/.

xiii[2] ١ :١٦

Those circles on a sphere which bisect one another are the greatest of the circles on it.

Let there be on a sphere the two circles AB GD which bisect each other at the two points E Z. I say that the two circles AB GD are great.

[3]Let their common section be joined, line EZ.[3] Therefore line EZ ٥ :١٦ is the diameter of the two circles AB GD.[4]



Let line EZ be bisected at point H. Therefore point H is the centre of the two circles /AB GD/. /I say that it is the centre of the sphere also./

---

1. "Again, since".
2. "ιβ´" or xii.
3. "Let EZ be joined."
4. add: "I say that it is also a diameter of the sphere."

Let (a line)[1] be set up at right angles on point H from the plane
of circle GD, [and it is] line HT. Let line HK also be set up at
right angles on this point from the plane of circle AB.

Since circle GD[2] is on a sphere, and there has been drawn from its ١٦: ١٠
centre on the plane of the circle a line at right angles, line HT,
the centre of the sphere is on line HT. We might /again/ also
similarly prove that it is[3] on line HK. Therefore the centre of the
sphere is on the common section of the two lines HT HK, and their
common section is point H. Therefore point H is the centre of the
sphere,[4] and circles which[4'] pass through the centre of the sphere[4']
are great.[5] /Therefore the two circles AB GD are great. That is ١٦: ١٥
what we wanted to prove/.

xiv[6]

If a great circle on a sphere cuts some other circle on the sphere
at right angles, then it bisects it and passes through its two poles.

Let great circle ABGD on a sphere cut some other circle on the
sphere, circle EBZD, at right angles. I say that it bisects it and ١٦: ٢٠

---

1. "Let line HT be set up" is the reading if the phrase "and it is" is deleted as otiose.

2. "AB" E and H; "GD" ABCDFP.

3. add: "also".

4. add: "Point H is also the centre of the circles.".

4' "are around the same centre as that of the sphere".

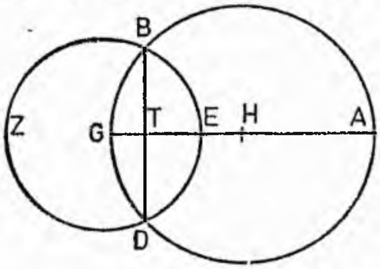
5. add: "Therefore, on a sphere, the circles bisecting each other are great."

6. "ιγ" or xiii.

and passes through its poles.

Let the common section of the two be joined, line BD. [1]Let us ١ :١٧
make[1] the centre of circle ABGD point H; it is also the centre of
the sphere. Let there be drawn from point H to line BD perpendicular
HT. Let it be produced in both directions. Let it meet the surface
of the sphere at the two points A G.

Then, since each one of the two planes is set up on the other at
right angles, i.e., the plane of circle ABGD and the plane of circle ٥ :١٧
EBZD, and on the common section of the two, line BD, line GTA has been
set up at right angles, being in one of the two planes, i.e., the
plane of circle ABGD, line AG is set up at right angles.[2] And, since
circle EBZ is on a sphere, and there has been drawn from the centre
of the sphere to it perpendicular HT, and it meets the plane of circle
EBZD at point T, point T is the centre of circle EBZD, and each one of
the two arcs BED BZD is a semi-circle. Therefore circle ABGD bisects ١٠ :١٧
circle EBZD.



I say that it passes through its two poles
also.

For, circle EBZD is on a sphere, and from
the centre of the sphere to it has been drawn perpendicular HT, and
it is produced in both directions and meets the surface of the sphere
at the two points A G. When a circle is on a sphere, then from the
centre of the sphere to it is drawn a perpendicular, and it is
produced in both directions, it falls on its two poles. Therefore
the two points A G are the two poles of the circle.[3] ١٥ :١٧

---

1. "let...be assumed".

2. add: "on plane EBZD".

3. "circle EBZD" and add: "Therefore circle ABGD cuts circle EBZD through the poles; it also bisected it."

Therefore circle ABGD bisects circle EBZD and passes through its two poles. /That is what we wanted to prove/.

xv[1]

If there is a great circle on a sphere, and it bisects some circle on the sphere which is not great, it cuts it at right angles and ١٨: ١ passes through its two poles.

[2]Let the great circle which is on a sphere be circle ABGD. Let it bisect some circle on the sphere which is not great, circle EBZD.[2] I say that it cuts it at right angles and passes through its two poles.

Let the common section of the two be joined, line BD. Then, ١٨: ٥ since circle ABGD bisects circle EBZD, each one of the two arcs BED BZD is a semi-circle. Therefore line BD is a diameter of it[3]. Let line BD be bisected at point T. Therefore point T is the centre of circle EBZD. Let the centre of circle ABGD be[4] point H; it is the centre of the sphere also. Let line HT be joined. Let it be produced in both directions. Let it meet the surface of the sphere at the two points A G.

Then, since circle EBZD is on a sphere, and there is joined ١٨: ١٠ between its centre and the centre of the sphere line HT, line HT is a perpendicular on circle EBZD. All the planes which are drawn

---

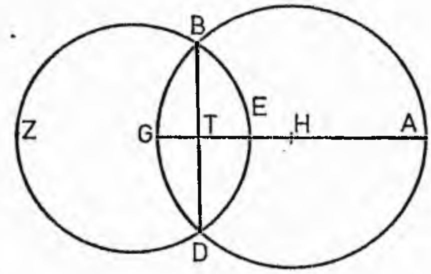
1. "ιδ'" or xiv.

2. "On a sphere, let a great circle, circle ABGD, bisect some circle on the sphere which is not great, circle EBZD."

3. "circle BZDE".

4. "be assumed".

and pass through line HT are set up on circle EBZD at right angles. One of the planes which passes through line HT is circle ABGD. (Therefore circle ABGD is perpendicular to circle EBZD. Therefore circle ABGD) intersects circle EBZD at right angles.



I say that it[1] passes through its two poles. ١٨:١٠

For, since circle EBZD is on a sphere, and there has been drawn from the centre of the sphere to it perpendicular HT, and it is produced in both directions and meets the surface of the sphere at the two points A G, the two points A G are the two poles of circle EBZD. Therefore circle ABGD passes through the two poles of circle EBZD, and it has[2] cut it at right angles. Therefore circle ABGD cuts circle EBZD at right angles and passes through its two poles. /That is what we wanted to prove./ ١٩:١

xvi[3]

If a great circle on a sphere cuts some circle on the sphere and passes through its two poles, it bisects it and at right angles.

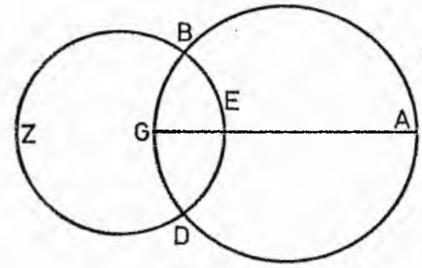
Let [4]great circle ABGD[4] which is on a sphere cut some circle on ١٩:٥ the sphere, circle EBZD, and pass through its two poles. I say that it bisects it and at right angles.

---

1. add: "also".
2. add: "also".
3. "ιε'" or xv.
4. "a great circle, circle ABGD".

Let the two poles of circle EBZD be the two points A G. It is clear that the two points A G are on circle ABGD(for circle ABGD cuts circle EBZD and) it is through the two poles of circle EBZD. Let line AG be joined.

Circle EBZD is on a sphere, and there has been drawn /in the sphere/ a straight line passing through its two poles, line AG. If a circle is on a ١٠ :١٩ sphere, the straight line which passes through its two poles is a perpendicular on the circle, and it passes through its centre and the centre of the sphere. Therefore line AG is a perpendicular on circle EBZD, and all the planes which pass through line AG are set up at right angles to circle EBZD. One of the planes which passes through line AG is circle ABGD. [1]Therefore circle ABGD cuts circle EBZD at right angles, and it bisects it. Therefore circle ABGD bisects circle EBZD; and it has also cut it at right angles. ١٥ :١٩
Therefore circle ABGD bisects circle EBZD and at right angles.[1] /That is what we wanted to prove/.



xvii[2]

If a great circle is on a sphere, the straight line which is

---

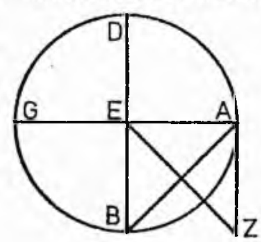
1. "Therefore circle ABGD is at right angles to circle EBZD. Therefore circle ABGD cuts circle EBZD at right angles; it has also bisected it. Therefore circle ABGD bisects circle EBZD and at right angles." The confusion in the Arabic text appears to result from a confused Greek source, possibly by improper collation. Cf. Greek-Arabic apparatus I28:16-17.

2. "يو" or xvi.

drawn from its pole /to its circumference/ is equal to the side of the square which is inscribed in the great circle. ١ :٢٠

Let the great circle which is on a sphere be circle ABGD. I say that the straight line which is drawn from its pole /to its circumference/ is equal to the side of the square which is inscribed in the great circle.

Let there be drawn two diameters of circle ABGD /cutting each other/ at right angles, lines AG BD. /Then, since circle ABGD is ٥ :٢٠
great, its centre and the centre of the sphere are the same. Let it be point E./ Let us set up from point E in the plane of circle ABGD a perpendicular on the circle, line EZ. Let it meet the surface of the sphere at point Z. Therefore point Z is a pole of circle ABGD. Let the two lines ZA AB be joined. Therefore line AB is the side of the square which is inscribed in circle ABGD. Therefore line ZA is drawn from the pole /to the circumference of the circle/. I say that line ZA is equal to line AB.



For, line ZE is a perpendicular on circle ABGD, ١٠ :٢٠
and it will make right angles with all straight lines which are drawn from its end in the plane of circle ABGD. Therefore line ZE is a perpendicular on each one of the lines AE EB ED EG. Since point E is the centre of the sphere, EB is equal to line EZ, and line EA is common. Therefore the two lines EA EB are equal to the two lines EA EZ respectively, and right angle BEA is equal to right angle AEZ, and base BA is equal to base AZ. ZA is that which is drawn from the ١٥ :٢٠
pole of /great/ circle ABGD[1], and the line which is drawn from the

---

1. add: "and BA is a side of the square inscribed in the great circle".

pole of circle ABGD /to its circumference/ is equal to the side of the square which is inscribed in the great circle. /That is what we wanted to prove./

xviii[1]

If a circle is on a sphere, and the straight line which is drawn from its pole to its circumference is equal to the side of the square ٢١: ١ which is inscribed in the great circle /which is on the sphere/, the circle also is great.

Let there be on a sphere circle ABG[2]. Let line DG which is drawn from its pole to its circumference be equal to the side of the square which is inscribed in the great circle /which falls on the sphere/. I say that circle ABG /also/ is great. ٢١: ٥

Let there be drawn a plane which passes through line DG and through the centre of the sphere. It makes a section which on the surface of the sphere is a great circle, [3]circle BDGE[3]. Let the common section of it /and circle ABG/ be line BG. Let line DB be joined.

[4]Therefore line DB is equal to line DG.[4] /Since line DB is equal

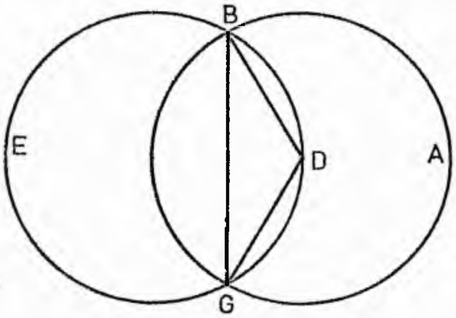
---

1. "ιζ" or xvii.

2. add: "and its pole point D."

3. "let it make circle BDGE."

4. Transpose DB and DG.



to line DG, and line GD is a side of the square, line BD is a side of the square also, and each one of the two arcs BD DG is a quarter-circle/.[1] Therefore arc BDG is [2]half of the arc of a circle[2]. Therefore line BG is the diameter of circle DEBG.[3] Since great circle DEBG is on a sphere, and it has cut some circle on the sphere, circle ABG, and passed through its two poles, it also bisects it[4]. /Therefore the two circles ABG DEBG bisect each other, and circles which bisect one another on a sphere are great./[5] Therefore circle ABG is great. /That is what we wanted to prove/. ١٠ :٢١ ١٥ :٢١

xix[6]

[7]How do we find a line equal to[7] the diameter of a given circle on a sphere?

Let the given circle on a sphere be circle ABG. [8]We wish to draw a line equal to its diameter.[8]

---

1. add: "Therefore each of the arcs DG DB is also equal to the side of the square inscribed in the great circle."

2. "the arc of a semi-circle".

3. add: "Since point D is a pole of circle ABG, circle DBEG cuts circle ABG through the poles."

4. add: "and at right angles".

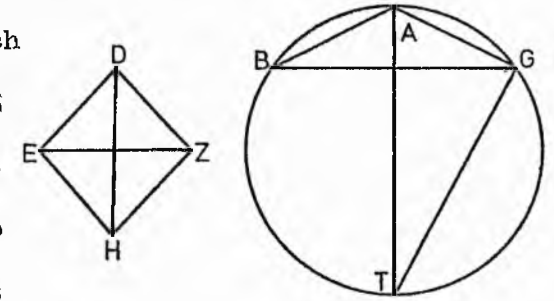
5. add: "The common section of them is line BG. Therefore line BG is the diameter of circle ABG, and it is also the diameter of the sphere."

6."ιη´" or xviii.

7. "To posit".

8. "It is required to posit the diameter of circle ABG."

Let three points be marked on arc ABG at random, points A B G; ٢٢: ١
let there be constructed from three straight lines triangle DEZ such
that line DE is equal to the line which
joins point A and point B, and line DZ
is equal to the line which joins point
A and point G, and line EZ is equal to
the line which joins point B and point



G. /Let us conceive that the lines AG GB BA are joined./ [1]Let ٢٢: ٥
there be drawn two lines at right angles from the two points E Z on
the two lines DE DZ, lines EH ZH.[1] Let line DH be joined. /I say
that line DH is equal to the diameter of circle ABG./

[2]Let us conceive[2] the diameter of the circle as AT. Let line
GT[3] be joined.

Then, since the two lines AB BG are equal to the two lines DE EZ
respectively, and base AG is equal to base DZ, angle ABG is equal
to angle DEZ; but angle ABG is equal to angle ATG. /For the two are ٢٢: ١٠
on one segment, i.e. segment AG, of the circle./ Angle DEZ is equal
to angle DHZ, /for through the points D E H Z passes circle ABG./
Therefore angle ATG is equal to angle DHZ, [4]and right angle DZH is
equal to right angle AGT[4]. [5]AGT DHZ are two triangles, and the two
angles ATG AGT from one of them are equal to the two angles DHZ DZH ٢٢: ١٥
from the other respectively, and side AG from one of them, the base

---

1. "let EH be drawn from point E perpendicular to ED, and let ZH be drawn from point Z perpendicular to DZ".

2. "Let...be drawn".

3. "AB BG GA GT"; but see above, line eight.

4. The Arabic transposes DZH and AGT.

5. "line AG is equal to line DZ", but cf. Greek-Arabic apparatus I32.22.

of the other of the equal angles, is equal to side DZ which is respective to it from the other. Therefore the remaining sides are equal to the remaining sides respectively.[5] Therefore line AT is equal to line DH. Line AT is the diameter of circle ABG. Therefore line DH is equal to the diameter of [1]circle ABG.[1] /That is what we wanted to prove./

xx[2] ٢٣: ١

[3]Let us conceive how to draw a line equal to[3] the diameter of a given sphere.

Let us conceive a sphere. We want to [4]find a line equal to its diameter.[4] Let there be marked on the surface of the sphere two random points, the two points A B. [5]We draw[5] with pole A and
distance AB circle BGD. We are able to [6]draw a line equal to[6] the ٢٣: ٥
diameter of circle DBG. /Let it be line ZH./ Let there be constructed from three straight lines, of which two are equal to the two lines which are drawn from the pole [7]to the circle[7] and one is equal to the diameter /which we mentioned/, [8](a triangle),

---

1. "the circle".

2. "ιθ΄" or xix.

3. "To posit".

4. "posit the diameter."

5. "Let...be described".

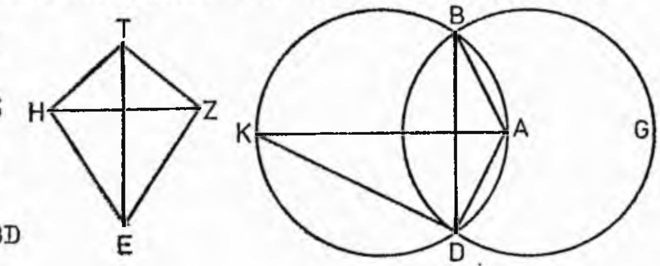
6. "posit".

7. "of circle BGD".

8. The Arabic either omits a subject or falsely adds an otiose phrase disqualifying "triangle EZH" as subject.

triangle EZH.[8] Therefore[1] each one of the two lines ZE EH is equal to the line which is drawn from pole A /to the circumference of circle DBG/, and line ZH is equal to the diameter. Let there be drawn from[2] the two points Z H [3]of the two lines EZ EH[3] two lines at right angles, the two lines ZT HT. Let ET be joined. I say that ٢٣: ١٠ line ET is equal to the diameter of the sphere.

Let us conceive the diameter of the sphere as line AK. Let there pass through line AK a plane [4]which makes[4] a section which is a great circle, [5]circle ABD[5]. Let the lines AB BD AD DK be joined.



Since the two lines AB BD are equal to the two lines EZ ZH respectively, and base AD ٢٣: ١٥ is equal to base EH, angle ABD is equal to angle EZH. But angle ABD is equal to angle AKD, and angle EZH is equal to angle ETH. /Therefore angle AKD is equal to angle ETH,/ and right angle ADK is equal to right angle EHT. Therefore of the two triangles AKD ETH, the two angles ADK DKA from one of them are equal to the two angles ETH THE from the other respectively, and [6]side AD from one of them[6], and it is that which subtends ٢٤: ١ one of the equal angles, is equal to [7]side EH from the other which is respective to it[7]. Therefore the remaining sides are equal to the

---

1. "So that".
2. "through".
3. "(at right angles) to the lines ZE EH".
4. "⌊full stop⌋ It will make".
5. "Let it produce circle ADB".
6. "one side, side AD".
7. "one side, side EH".

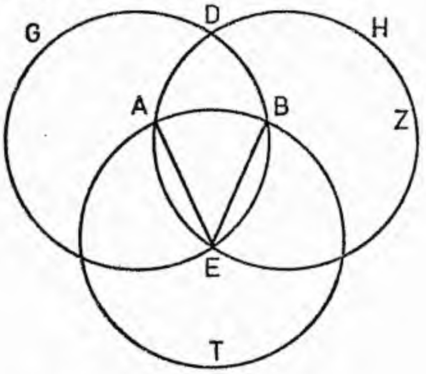
remaining sides, each side respectively. Therefore line AK is equal to line ET. Line AK is the diameter of the sphere. Therefore line ET is equal to the diameter of the /given/ sphere. /That is what we wanted to construct./

xxi[1] ٢٤: ٥

[2]How do we describe[2] a great circle passing through two given points on [3]the surface of the sphere[3]?

Let the two given points which are on [4]the surface of a sphere[4] be the two points A B. We want to describe a great circle passing through them.

If [5]these two points[5] are on the diameter of the sphere, it is clear that great circles without limit will be described on the two ٢٤: ١٠
points A B.



If[6] the two points A B are not on the diameter of the sphere, let us describe circle EGD with pole A and a distance equal to the side of the square which we inscribe in a great circle. Therefore circle EGD is great, for the straight line which is drawn from its pole /to its circumference/ is equal to the side of the square which we inscribe in a great circle. Again, let us describe circle EZH[7]

---

1. "x̂" or xx.
2. "To describe".
3. " a spherical surface".
4. " a spherical surface".
5. " the points A B".
6. Let...not be".
7. "a circle, circle EZH".

with pole B and the distance of the side of the square which is ٢٤: ١٥
inscribed in a great circle. Therefore circle EZH is great, for the straight line which is drawn from its pole /to its circumference/ is equal to the side of the square which we inscribe in a great circle.
Let us join between point E and the two points A B two straight lines, ٢٥: ١
lines EA EB.

Each one of the two lines AE EB is equal to the side of the square which is inscribed in a great circle. Therefore line EA is equal to line EB, and the circle which is described with pole E and distance EB will pass through point A also, for line EA is equal to line EB. Let it be described. Let it be circle ABT. Therefore circle ABT is
great, for the straight line which is drawn from its pole /to its ٢٥: ٥
circumference/ is equal to the side of the square which is inscribed in a great circle. Therefore [1]great circle ABT[1] has been described, and it passes through the two given points A B which are on [2]the surface of the sphere[2]. /That is what we wanted to construct./

xxii[3]

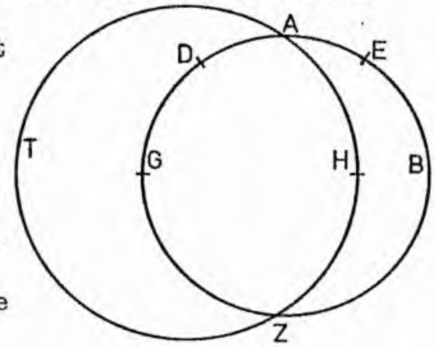
How do we find[4] the pole of a given circle on a sphere?

Let the given circle which is on a sphere be circle ABG. We want ٢٥: ١٠
to find its pole.

---

1. "a great circle, circle ABT".
2. "a spherical surface".
3. "κα'" or xxi.
4. "To find".

Let there be marked on the circumference of the circle a point at random, point A. Let there be cut off from it two equal arcs, the two arcs AD AE. Let the remaining arc DZE be bisected at point Z.



Circle ABG is either great or it is not so.

Firstly, let it be not great. Let there be described a great circle, circle ZAT, on the two given points Z A which are on the spherical surface. ١٠ :٢٥

Then, since arc DA is equal to arc AE, and arc DZ is equal to arc ZE, the entire arc ADZ is equal to the entire arc AEZ. Therefore circle ZAT bisects circle AD[1], and it cuts it at right angles and passes through its two poles.[2] Let arc ZHA be bisected at point H. ١ :٢٦
Therefore point H is the pole of circle ABG.

Again, [3]we make[3] circle ABG great. We might similarly prove that arc ADZ is equal to arc AEZ. Let arc ADZ be bisected at point G. Each one of the two arcs AG GZ is a quarter of a circle. The circle which is described with pole G and distance GZ passes also through point A, because point A is opposite point Z. Let it be described. ٥ :٢٦
Let it be as circle ZAT. Therefore circle ZAT is great, for the line which is drawn from its pole /to its circumference/ is equal to the side of the square which is inscribed in a great circle. [4]Point G is the pole of circle ZAT. Therefore circle ABG cuts circle ZT and

---

1. "ABG" and add: "Since great circle on a sphere, circle AZT, bisects some circle on the sphere which is not great".

2. add: "Therefore circle ZTA cuts circle ABG at right angles and through its poles.

3. "let...be".

4. "Since point".

passes through its two poles. Therefore[1] great circle ABG is on a sphere, and it cuts some other circle on the sphere, circle ZT, and passes through its two poles. Therefore it bisects it at right angles. Therefore circle ABG is set up at right angles on circle ZAT. Therefore circle ZAT also is set up at right angles[2]. Therefore[3] great ٢٦: ١٠ circle ATZ is on a sphere and cuts some other circle on the sphere, circle ABG, at right angles. Therefore it bisects it and passes through its two poles. Therefore circle ATZ bisects circle ABG and passes through its two poles. Let arc ZHA be bisected at point H. Therefore point H is the pole of circle ABG. /That is what we wanted to prove.

The first chapter from the book of Theodosius on the spheres ends.

It is twenty-two propositions./

---

1. "Then, since".

2. add: "on circle ABG".

3. "Then, since".

[1]The second chapter from the book of Theodosius on the spheres.[1] ١ :٢٧

It is said that circles touch one another on a sphere when the common section of their planes touches the two circles together.

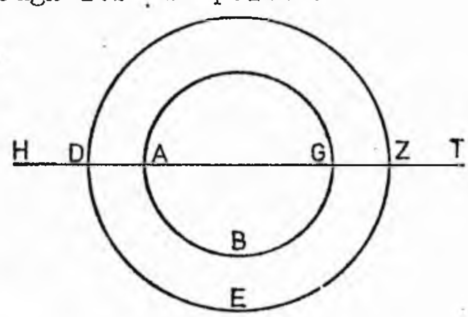
i

Parallel circles which are on a sphere [2]have the same poles.[2] ٥ :٢٧

Let there be on a sphere the two parallel circles ABG DEZ. I say that [3]the poles of the two circles ABG DEZ are the same.[3]

/The proof of that is that/ we find[4] the poles of circle ABG. Let[5] the poles of circle ABG[5] be the two points H T. Let line HT be joined.

/Therefore line HT passes through the centre of circle ABG and ١٠ :٢٧
through the centre of the sphere;/ (for)[6] if on a sphere there is a circle, the straight line which passes through its two poles is a perpendicular on it, and it passes through its centre and the centre of the sphere. Then, since line HT is a perpendicular set up on circle ABGD[7], and circle ABG is parallel to circle DEZ, line HT is a



1. cf. Greek-Arabic ApparatusI42.1.

2. "are around the same poles".

3. "the circles ABG DEZ are around the same poles".

4. "let...be taken".

5. "them".

6. "Since".

7. "ABG".

perpendicular on circle DEZ also. Since circle DEZ is on a sphere, and perpendicular HT has been drawn from the centre of the sphere to it and produced in both directions meeting the surface of the sphere ١٥ :٢٧ at the two points H T,[1] the two points H T are the two poles of circle DEZ, and they are also the two poles of circle ABG. [2]Therefore the poles of each one of the two circles ABG DEZ are the poles of the other circle.[2] /That is what we wanted to prove./

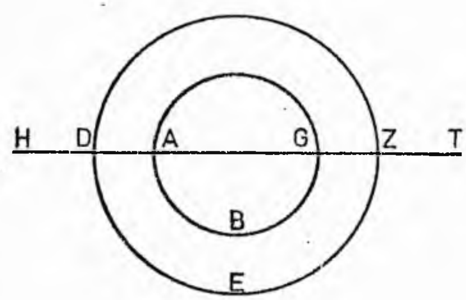
ii

The circles which are on a sphere [3]on two poles common to them[3] are parallel.

Let there be on a sphere, on [4]the two poles H T[4], the two circles ٥ :٢٨ ABG DEZ. I say that the two circles ABG DEZ are parallel.

Let line HT be joined.

Then, since circle ABG is on a sphere, and a line, HT, has been drawn passing through its two poles, line HT is a perpendicular on circle ABG. We might similarly prove that it is a perpendicular also on circle DEZ. The planes ١٠ :٢٨ on which fall the same line, such that it



---

1. add: "and if a circle is on a sphere, and a perpendicular is drawn from the centre of the sphere to it and extended in both directions, it will fall on the poles of the circle."

2. "Therefore the circles ABG DEZ are around the same poles."

3. "around the same poles".

4. "the same poles, poles H T".

is a perpendicular on them, if produced[1], will not meet. Therefore, if the planes of[2] the two circles ABG DEZ are produced[3], they will not meet. Therefore circle ABG is parallel to circle DEZ. /That is what we wanted to prove./

iii

If two circles on a sphere cut the circumference of some great ٢٨: ١٥
circle /on it/ at the same point, and their poles are on that circle, the two circles touch each other.

Let, on a sphere, the two circles ABG DEG cut the circumference of [4]great circle AGE[4] at the same point, point G. [5]Let their poles
be[5] on circle AGE. I say that the two circles ABG DEG touch each ٢٩: ١
other.

[6]Let the common section of circle AGE and circle GDE be line GE, and the common section of the plane of circle AGE and circle AGB be line AG, and of circle ABG and circle GDE line HZ[6].

Then[7] circle AGE[8] the greatest of the circles on the sphere cuts
another of the circles which are on it, circle ABG, and passes through ٢٩: ٥

---

1. "produced"; the Arabic word used here is more commonly used to render "to draw (أخرج)", but "produced" is the sense of the passage.

2. "through".

3. "produced"; cf. above, note one.

4. "some great circle, circumference AGE".

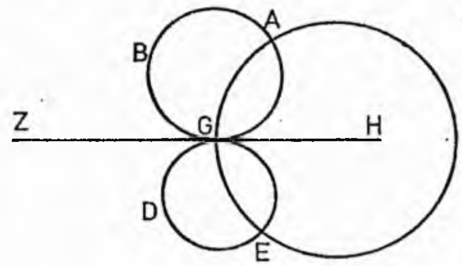
5. "having their poles".

7. "Then, since".

6. "Let line AG be the common section of circle AGE ABG, and HGZ be the common section of circle AGE GDE".

8. "a great circle, circle AGE".

its two poles. Therefore it bisects it at right angles. Therefore line AG is a diameter of circle ABG. We might also similarly prove that line GE is a diameter of circle GDE. Then, since circle AGE is set up on each one of the two circles ABG GDE at right angles, each one of



the two circles ABG GDE is set up on circle AGE (at right angles), and their common section is also a perpendicular on circle AGE[1], /for when two planes are set up on one plane at right angles, their common section is also a perpendicular on that same plane./ There- ١٠ :٢٩
for it is also a perpendicular on all the straight lines which are drawn from its end at right angles in the plane of circle AGE. Each one of the two lines AG GE, which are in the plane of circle AGE, have been drawn from its end. Therefore line ZH is a perpendicular on each one of the two lines AG GE.

Then, since line ZH has been drawn at right angles from the end
of the diameter of circle ABG[2], line ZH touches circle ABG at point ١٥ :٢٩
G. We might similarly prove that line ZH touches circle GDE also at point G. [3]Circles of which it is said that some of them touch others on a sphere are those of which[3] the common section of both

---

1. add: "Their common section is line ZGH. Therefore line ZGH is also perpendicular to circle AGE".

2. add: "line AG".

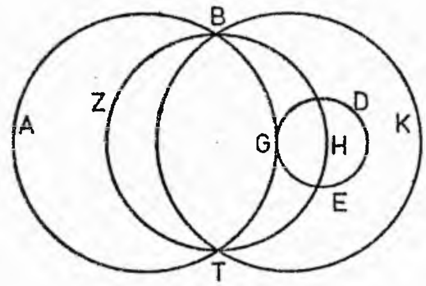
3. "Circles are said to touch each other on a sphere whenever...".

their planes touch. Line ZH touches the two circles together at point G. Therefore the two circles ABG GDE also touch one another. ١ :٣٠ /That is what we wanted to prove/.

iv

If two circles touch on a sphere, the great circle which passes through their poles passes also through the point of their tangency.

On a sphere let the two circles ABG GDE touch one another at ٥ :٣٠ point G. Let point Z be a pole of circle ABG and point H a pole of circle GDE. I say that the great circle which passes through the two poles Z H passes also through point G.



[1]It is not possible for it to be otherwise. If it is possible, then let it not pass through it.[1] Let it be like circle ZBH. Let there be described[2] with pole H and distance HB circle BKT. Therefore circle GDE is parallel to circle BKT, for they ١٠ :٣٠ are both on[3] the same poles. Then, since the two circles ABG BKT are on a sphere, and they cut the circumference of some great circle, line ZBH, at point B[4], and their poles are on that circle, the two circles ABG BKT are tangential; but they[5] cut each other. That is absurd.[6] Therefore it is not possible to be otherwise than that the

---

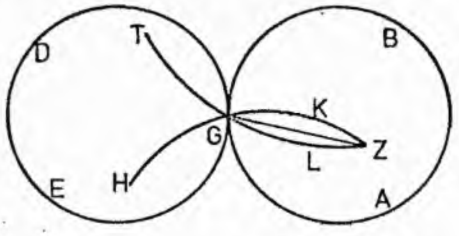
1. "Let it not be, but, if possible, let it be drawn".
2. add: "a circle".
3. "around".
4. "the same point, point B".
5. add: "also".
6. "impossible".

great circle which passes through the two poles Z H passes through point G. Therefore the great circle which passes through the poles of the two circles ABG GDE passes also through the point of their ١٥ :٣٠ tangency. /That is what we wanted to prove./

v

If two circles touch on a sphere, the great circle which passes through the poles of one /of the two circles/ and through the point of tangency will pass also through the poles of the other /circle/.

Let the two circles ABG GDE touch one another on a sphere at ١ :٣١ point G. Let the pole of circle ABG be point Z and the pole of circle GDE be point H. I say that the great circle which passes through the two points Z G passes also through point H.



[1]If this is not so, it is possible for it to be otherwise.[1] Let it be drawn. Let it be like circle ZGT. Let another[2] great circle be drawn passing through the two poles Z H. Therefore it will pass ٥ :٣١ through point G also.[3]

Since each one of the two circles ZGH ZGT is great, each one of them bisects the other, and each one of the two arcs ZKG ZLG is a semi-circle. Therefore line ZG is a diameter of the sphere, for it is a diameter of the two great circles ZGH ZGT. Yet it was also drawn from the pole of circle ABG /to its circumference/. That

---

1. "For, let it not be, but, if possible".

2. "a".

3. add: "Let line ZG be joined".

is impossible. Therefore the great circle which passes through the ١٠ :٣١
two points Z G passes through point H also. /That is what we wanted to prove./

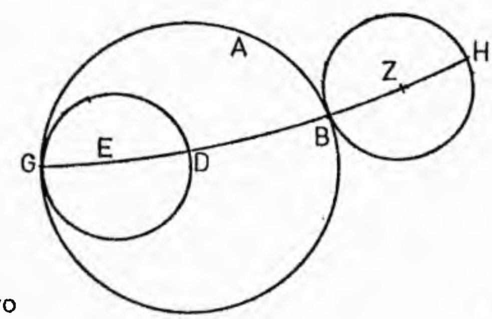
vi

If a great circle on a sphere touches another[1] circle on the sphere, it touches another circle equal to that circle and parallel to it.

Let great circle ABG on a sphere touch another[2] circle on the
sphere, circle GD, at point G. I say that circle ABG touches another ١٥ :٣١
circle equal and parallel to circle GD.

Let us mark the pole of circle GD. Let it be point E. Let a great circle be described passing through the two points G E, circle
GEDBZH. [3]Let arc BZ be cut off from it and we make it equal to arc ١ :٣٢
GE.[3] Let there be described[4] with pole Z and distance ZB circle BH.

Then, since the two circles ABG GD touch one another, and they are on a sphere, and there has been described /on the sphere/ a circle[5], circle GEDBZH, passing through [6]the pole of circle GD[6], point E, and the point of tangency, circle GEDBZH will pass through the two poles of
circle ABG also. Since on a sphere the two ٥ :٣٢



1. "some".
2. "some".
3. "Let arc BZ be cut off equal to arc GE".
4. "Let a circle be described".
5. "a great circle".
6. "the poles of one".

circles ABG BH cut the circumference of another great circle[1] at the same point, point B, and their two poles are on the circle[2], each one of the two circles ABG BH is tangential to the other. Since arc GE is equal to arc BZ, [3]and arc BE is common[3], whole arc GEB[4] is equal to whole arc EZ, and arc GEB[5] is a semi-circle. Therefore arc EZ is a semi-circle. Therefore point E is opposite Z,[6] and point Z ١٠ :٣٢
is a pole of circle BH. Point E is [7]also the[7] pole of circle BH. Therefore the two circles GD BH [8]are on the same poles[8], /and circles which are on the same poles are parallel./ [9]Therefore circle GD is parallel to circle BH.[9] Since arc GE is equal to arc BZ, circle GD is also equal to circle BH; and it was parallel to it. Therefore circle ABG touches another circle equal to circle GD and parallel to it. /That is what we wanted to prove./

vii ١٥ :٣٢

If on a sphere there are two equal, parallel circles, the great

---

1. add: "arc GH".

2. "it".

3. "let common arc BE be added".

4. "GB".

5. "GB".

6. add: "Point E is a pole of circle GD. Therefore point Z is the other pole of circle GD. Again, since EZ is a semi-circle."

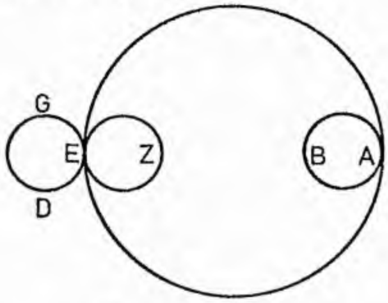
7. "the other".

8. "as they are around the same poles, are parallel."

9. Heiberg would delete this passage.

circle which touches one of them touches the other also.

Let there be on a sphere two equal, parallel circles, AB GD. I
say that the great circle which touches circle
AB also touches circle GD.



[1]If it is possible that it is not so,[1] then ١ :٣٣
let the great circle[2] touch circle AB at
point A while not touching circle GD.

Then, since [3]great circle AE which is on a sphere[3] touches some
circle on the sphere, circle AB, it also touches another circle equal ٥ :٣٣
to circle AB and parallel to it. Let it touch circle EZ.

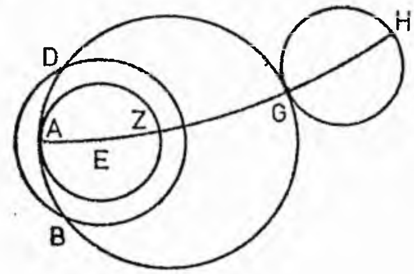
Then[4] circle AB is equal and parallel to circle EZ, and circle AB
was equal and parallel to circle GD.[5] Therefore on one sphere there are
three equal, parallel circles. That is impossible. Therefore it is
not possible that the great circle which touches circle AB will not
touch circle GD. Therefore it touches it. /That is what we wanted ١٠ :٣٣
to prove./

viii

If on a sphere there is a great circle inclined to another[6] of the circles on the sphere, it will touch two circles equal to one another and parallel to the other circle which was previously mentioned.

---

1. "For, if possible".
2. add: "circle AE".
3. "on a sphere a great circle, circle AE".
4. "Then, since".
5. add: "Therefore circle GD is equal and parallel to circle EZ."
6. "some".



Let great circle ABG which is on a sphere be inclined to some circle on the sphere, circle BD, i.e., it ٢٣: ١٥ does not pass through the two poles of circle BD. I say that circle ABG touches two circles equal to one another and parallel to circle BD.

Since circle ABG is inclined to circle BD, the pole of circle BD is not on circle ABG. Let us mark the pole of BD. Let it be point E. Let a great circle be described passing through point E and through the two poles of circle ABG, circle AEH.[1] Let us describe with pole E and distance EA circle AZ.[2]

Therefore circle AZ is parallel to circle BD, for they are on[3] ٢٣: ٢٠ the same poles. Since the two circles ABG AZ which are on a sphere cut the circumference of some great circle /on the sphere, circle AEZH,/ at the same point, point A, and their poles are on it, the two circles are tangential. Therefore circle ABG touches circle AZ. [4]Since great circle ABG is on a sphere and[4] touches some circle on the ٢٤: ٥ sphere,[5] it touches another circle equal and parallel to circle AZ. Let it touch circle HG. Then, since circle AZ is equal and parallel to circle GH, and circle AZ is parallel to circle BD, circle GH is parallel to circle BD. Therefore circle ABG touches two circles[6]

---

1. "AEGH".
2. "a circle, circle AZ".
3. "around".
4. "Then, since on a sphere a great circle, circle ABG".
5. add: "circle AZ".
6. add: "the circles AZ GH".

equal to one another and parallel to circle BD. /That is what we wanted to prove./

ix

If there are two circles on a sphere which cut one another, and a ٣٤:١٠
great circle is described passing through their poles, it bisects the segments which are cut off from the circles.

On a sphere, let the two circles ZAEB ZGED cut one another at the two points E Z. Let a great circle be described passing through their poles, circle AGBD. I say that circle AGBD bisects the segments which are cut off from the circles, i.e. that arc ZA is equal to arc
AE, and arc ZB is equal to arc BE, and arc ZG is equal to arc GE, ٣٤:١٥
and arc ZD is equal to arc DE.

Let the common section of the two circles AGBD ZAEB be line AB, and of the two circles AGBD ZGED line GD. Let the two lines ZH HE be joined.

Since the points Z H E are on the plane of circle ZAEB, and they
are also on the plane of circle ZGED, the points Z H E are on the ٣٥:١
common section of the planes[1] /of the first two circles/. [2]The common section of all planes is a straight line.[2] Therefore line ZH is joined to line HE in a straight line. Circle[3] AGBD is a great (circle) on a sphere, and it cuts another[4] of the circles on the

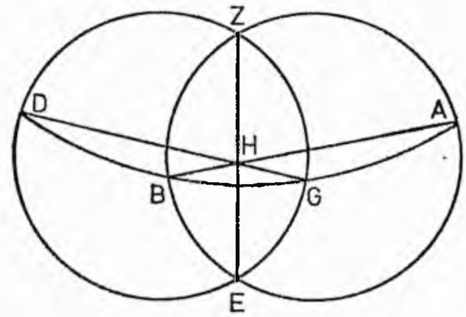
1. "of the two planes".

2. "Indeed, the common section of two planes is a straight line"; the Arabic appears to agree with C in reading the adv. "indeed" as the adj. "all"; cf. Greek-Arabic ApparatusI, 52.32.

3. "Since circle".

4. "some".

sphere, circle ZAEB, and passes through its two poles. Therefore it ٢٥: ٥
bisects it at right angles. Therefore line AB is a diameter of circle ZAEB. We might also similarly prove that line GD is a diameter of circle ZDEG. Since circle AGBD is set up each one of the two circles ZAEB ZDEG



at right angles, each one of the two circles ZAEB ZDEG is also set up on circle AGBD at right angles. When two circles /cutting one another/ are
set up on some plane at right angles, their common section is also set up ٢٥: ١٠
on [1] that same[1] plane at right angles. Therefore the common section of the two circles ZAEB ZDEG is a perpendicular on the plane AGBD. The common section of them is line ZHE. Therefore, line ZHE is a perpendicular on circle AGBD, so that it makes right angles with all the straight lines drawn from a point on it in the plane of circle AGBD. Each one of the two lines AB GD, which are on the plane of circle AGBD, have been drawn from /point H of/ line ZHE. Therefore line ZHE is a perpendicular on each
one of the two lines AB GD, and each one of the two lines AB GD is a per- ٢٥: ١٥
pendicular on line ZHE. Since there has been drawn in circle ZAEB a[2] line passing through the centre, line AB, and cutting at right angles another line not passing through the centre, line ZHE, it bisects it. Line ZH is
equal to line HE, and line HA is common to them and is set up on them at ٢٦: ١
right angles. Therefore arc ZA is equal to arc AE.[3] Arc ZA is also equal to arc DE.

Therefore circle AGBD bisects the segments which are cut off from the two circles. /That is what we wanted to prove./

---

1. "the".

2. "some".

3. add: "We might similarly prove that arc ZB is equal to arc BE, and arc ZG to arc GE".

x ٥ :٣٦

If there are parallel circles on a sphere, and great circles are described passing through their poles, the arcs of the parallel circles which are between the great circles are similar, and the arcs of the great circles which are between the parallel circles are equal.

Let there be two parallel circles on a sphere, the two circles ABGD EZHT. /Let point K be a pole of them./ Let us describe two ١٠ :٣٦
great circles passing through their poles, circles AEHG BZTD. I say that the arcs of the parallel circles which are between the great circles are similar, i.e., that arc BG is similar to arc ZH, and arc GD is similar to arc HT, and arc DA is similar to arc TE, and arc AB is similar to arc EZ. /I also say/[1] that the arcs of the great circles which are between the parallel circles are equal, i.e.,that the four arcs BZ HG TD EA are equal[2].

Let the common section of circle [3]ABGD and of circle AEHG be line ١٥ :٣٦
AG, and the common section of circle BZTD and of circle ABGD line
BD[3], and the common section of circle EZHT and of circle BZKTD[4] line ١ :٣٧
ZT, and the common section of circle EZHT and of circle EH line HE.

[5]Circle AEHG, the greatest of the circles on the sphere,[5] cuts some circle on the sphere, circle ABGD, and passes through its two poles. Therefore it bisects it and at right angles. Therefore line

---

1. The Greek uses the periodic "men-de" construction after the first "I say that".

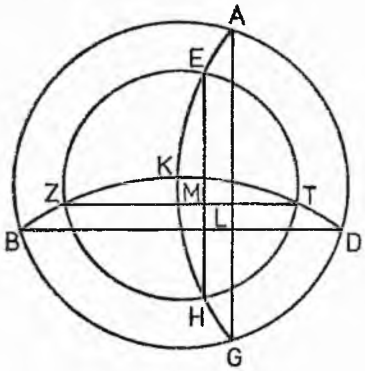
2. add: "to each other".

3. Transposed: Of ABGD and BZTD, BD; of ABGD and AEHG, AG.

4. "ZKT"; the Arabic has added the two end points of the curve.

5. "Since on a sphere a great circle, circle AEHG".

AG is a diameter of circle ABGD. We might similarly prove that line BD is a diameter of circle ABGD. Therefore point L is the centre of circle ABGD. Also, since [1]circle AEHG, the greatest of the circles ٣٧: ٥
on the sphere,[1] cuts some circle on the sphere, circle EZHT, and passes through its two poles, it bisects it at right angles. Therefore line EH is a diameter of circle EZHT. We might similarly prove that line ZT is also a diameter of circle EZHT. Therefore point M is the centre of circle EZHT. [2]Then, since the plane of circle BZTD cuts the planes of the two ٣٧: ١٠
parallel circles ABGD EZHT,[2] their common sections are also parallel. Therefore line BD is parallel to line TZ. We might also similarly prove that line AG is also parallel to line EH. The[3] two lines BL LG which touch one another are parallel to the two lines ZM MH which touch one another. The lines are not in one[4] plane, and they contain two equal angles. Therefore angle ZMH is equal to angle BLG, and they are on ٣٧: ١٥
the two centres, [5]and the base of angle ZMH is arc ZH,[5] and the base



---

1. "on a sphere a great circle, circle AEHG".

2. The Greek uses a passive making the two planes the subject. The Arabic employs a construction which emphasises the two planes by placing them first, although they are the object of an active verb.

3. "Then, since".

4. "the same".

5. "The angle ZMH is set up on arc ZH"; here as in the next phrase the translator has rendered the sense, although it is not clear why he expressed the idea in this form.

of angle BLG is arc BG. Therefore arc BG is similar to arc ZH. We might also similarly prove that arc GD is also similar to arc HT, and arc AD is similar to arc ET, and arc AB is also similar to arc EZ. Therefore the arcs of the parallel circles between the great circles are similar.

I say also that the arcs of the circles[1] which are between the ٣٨: ١
parallel circles are equal.

For, since point K is a pole of circle ABGD, the four arcs KA KB KG KD are equal to one another. Also, since point K is a pole of circle EZHT, the four arcs KE KZ KH KT are equal to one another.
Therefore the four remaining arcs EA ZB HG TD are equal to one another. ٣٨: ٥

Therefore, the arcs of the great circles which are between the parallel circles are equal /to one another. That is what we wanted to prove./

xi

If, on diameters of equal circles, [2]there are constructed at right angles segments of equal circles[2] and then there are cut off
from them equal arcs near the ends of the diameters, and these arcs ٣٨: ١٠
are smaller than half of the segments, and then there are drawn from the points which are made /at point of section/ to the circumferences of the first circles straight, equal lines, they will cut off from the first circles equal arcs near the ends of the diameters /which we mentioned./

---

1. "the great circles".

2. "equal and perpendicular segments of circles are set up".

Let there be constructed on two of the diameters of the two equal circles ABG DEZ [1]segments of two equal circles at right angles[1], ٣٨: ١٥ segments AHG DTZ. We cut off from them two equal arcs near the ends /of the diameters/, i.e., near the two points A D. Let them be the two arcs AH DT. Let them be smaller than half of the two arcs AHG DTZ. Let there be drawn from the two points H T to the circumferences of the first two circles ABG DEZ two straight, equal lines, the two lines HB TE. I say that arc AB is equal to arc DE. ٣٩: ١

Let there be drawn from the two points H T to the planes of the circles ABG DEZ two perpendiculars. /It is clear that/ they will fall on their two common sections, i.e., on the two lines AG DZ.[2] Let the two perpendiculars be perpendiculars HK TL. [3]Let the centres of the two circles ABG DEZ be the two points M N.[3] Let the lines KB ٣٩: ٥ MB LE NE be joined.

Then, since line HK is a perpendicular on the plane of circle ABG, [4]it is a perpendicular on all the lines which touch it and are in the plane of circle ABG, and it will make right angles with them.[4] [5]Therefore angle HKB is right. We might also similarly prove that

---

1. "equal and perpendicular segments of circles".

2. add: "Let them fall".

3. "Let the centres of the circles ABG DEZ be assumed, and let them be points M N."

4. "then also it will make right angles with all the lines touching it which are in the plane of circle ABG"; the Arabic adds "it is a perpendicular on" and treats this phrase in a new way. This may be evidence of the second, unidentified translator mentioned by Hajji Kalifah; cf. Intro. p. ii.

5. add: "Line KB was tangent to it, being in the plane of circle ABG".

angle TLE is right. Since the two segments AHG DTZ are equal, and the two arcs AH DT which are cut off are also equal, and the two ١٠ :٣٩ perpendiculars HK TL have been drawn, line AK is equal to line DL, and line HK is equal to line TL. Since line BH is equal to line TE, the square on line BH is also equal to the square on line TE, and the two squares on the two lines HK KB are equal to the square on line BH, and the two squares on the two lines TL LE are equal to the square on line TE. Therefore the two squares on the two lines HK KB are equal to the two squares on the two lines TL LE, and from these lines the ١٥ :٣٩ square on line HK is equal to the square on line TL. Therefore the square on line KB remains equal to the square on line LE. Therefore line KB is equal to line LE. Since line AM is equal to line DN, and line AK from one of them is equal to line DL, the remaining line KM is equal to the remaining line LN, and line BM is equal to line EN. Therefore the two lines KM MB are equal to the two lines LN NE ١ :٤٠ respectively, and base KB is equal to base LE. Therefore angle KMB is equal to angle LNE[1]. Therefore arc AB is equal to arc DE.

[2]/Similarly,/ if, on the diameters of equal circles, there are constructed [3]segments of equal circles at right angles[3], and then there are cut off from them equal arcs near the ends of the diameters smaller than halves of them, and there are cut from [4]the first circle[4] ٥ :٤٠

---

1. add: "In equal circles equal angles are set up on equal arcs, whether they are set up at the centres or at the circumferences"; cf. Eucl. iii 26.

2. The following is a new proposition in the Greek text, and it is unclear why it is not so in the Arabic.

3. "equal and perpendicular segments of circles".

4. "the circles".

equal arcs on the same side near those ends of the diameters, [1]and straight lines are joined between the points made at the points of section, these lines will be equal.[1]

Let there be constructed on [2]the two equal circles ABG DEZ[2] on the [3]two diameters AG DZ[3] /of their diameters/ [4]two equal segments of circles at right angles[4], the two segments AHG DTZ. Let there be cut off from them[5] near the ends of the diameters/, the two points A D,/ ١٠ :٤٠
two equal arcs, the arcs AB DE, on the same side near the ends of the diameters. Let the two lines HB TE be joined. I say that line HB is equal to line TE.

Let there be drawn from the two points H T to the planes of the two circles ABG DEZ two perpendiculars[6]. They will fall on [7]the two lines AG DZ which are two common sections of the planes[7]. /Let them be the two lines HK TL./ [8]Let the centres of the two circles be the ١٥ :٤٠
points M N.[8] Let the lines KB BM LE EN be joined.

Then, since arc AB is equal to arc DE, angle AMB is also equal to

---

1. "The straight lines joining the produced points will be equal to each other".

2. "equal circles, the circles ABG DEZ".

3. "diameters, the diameters AG DZ."

4. "equal and perpendicular segments of circles".

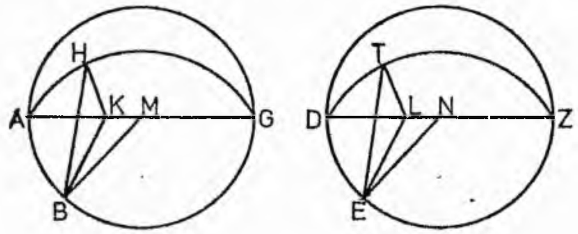
5. add: "on the same side near the ends of the arcs, the arcs AH DT, less than half of the whole segments. Let equal arcs be cut off from the circles ABG DEZ".

6. add: "The perpendiculars HK TL"; cf. infra l. 13-14.

7. "the common sections, i.e., on the lines AG DZ".

8. "Let the centres of the circles be assumed. Let them be the points M N."

angle DNE. Since the segments AHG DTZ of the two circles are equal, and the two arcs AH DT which were cut off are equal, and the two perpendiculars HK TL have been drawn, line AK is equal to line DL,
and HK is equal to line TL. Then, since line AM is equal to line DN, ١ :٤١
and line AK is equal to line DL, line KM remains equal to line LN, and line BM is equal to line EN, and the two lines KM MB are equal to the two lines LN NE respectively, and



angle KMB is equal to angle LNE. ٥ :٤١
Therefore base KB is equal to base LE. Line HK is a perpendicular on the plane of circle ABG. Therefore it produces with all the lines which touch it and are in the plane of circle ABG right angles. Line KB touches it. Therefore angle HKB is right. We might also similarly prove that angle TLE is also right. Then, since line HK is equal to line TL, line KB is equal to line LE, so that the two lines HK KB are equal to the two lines TL LE respectively, and they contain
right angles, base HB is equal to base TE. /That is what we wanted ١٠ :٤١
to prove./

xii[1]

[2]How do we describe on a sphere some great circle which touches a given circle and touches it at some given point.[2]

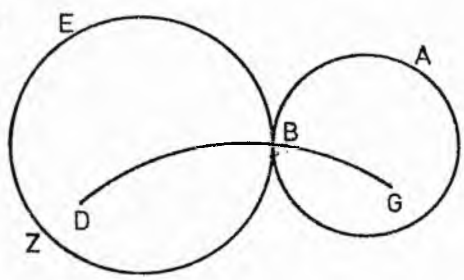
---

1. This proposition is out of the order in the Greek text in which it follows the next proposition of the Arabic and is labelled "ιδ'" or xiv.

2. "Of a given circle on a sphere which is less than the great circle and of some point of the circumference of it to describe a great circle through the point and touching the given circle," the sense of the Arabic is the same, but the translation is more freely made than one might expect from the text thus far.

Let there be on a sphere a given circle, circle AB, smaller than
the great circle. Let the given point on its circumference be point ٤١:١٥
B. [1]We want to describe[1] a great circle touching given circle AB and
passing through point B.

Let point G be the pole of circle AB. Let a great circle be
described passing through the two points G B, circle GBD. Let us cut ٤٢:١
off from it an arc equal to the arc which the side of the square
described in the great circle subtends, arc BD. [2]It is clear that arc
GB is not a quarter of the circle, for the line which is drawn from
the pole of circle AB to its circumference is not equal to the side
of the square described in the great circle, for circle AB would then ٤٢:٥
be great, but it is not so. Therefore arc BG is not a quarter of the
circle, but it is less than a quarter.[2] Let there be described
with pole D and distance DB [3]circle EBZ[3]. Therefore circle EBZ is
great, for the line which is drawn from its
pole to its circumference is equal to the
side of the square described in the great
circle. The[4] two circles AB EBZ are on a
sphere, and they cut the circumference of



another great circle /on the sphere/, line GBD, at one[5] point, point ٤٢:١٠

---

1. "It is required to describe".

2. "For, it is not possible for arc BG to be a quarter of a circle, for circle AB would be great, which was not assumed. Therefore arc GB is not a quarter of a circle"; cf. Greek-Arabic Apparatus I,70. 2-3.

3. "a circle, circle EBZ".

4. "Since the".

5. "the same".

B, and their poles are on it. Therefore one of the two circles touches the other. Therefore circle AB touches circle EBZ. Therefore there has been described a great circle, circle EBZ, passing through given point B and touching circle AB at point B. /That is what we wanted to prove./

xiii[1]

If on a sphere there are parallel circles, and then there are ٤٢: ١٥
described /on that sphere two/ great circles which touch one of those
circles and which cut the remaining circles, the arcs of the parallel
circles which are between the halves of the two great circles which do
not meet are similar, and the arcs of the two great circles which are
between the parallel circles are equal.

Let there be parallel circles on a sphere, circles ABGD EZHT KL. ٤٣: ١
Let there be described on that sphere two great circles, the two
circles AEKHGX BZLTDX, which touch one of the circles, circle LK, at
the two points L K and which cut the two remaining circles /ABGD EZHT/.
I say that the arcs of the parallel circles which are between the
halves of the great circles which do not meet are similar/, and that
the arcs of the two great circles which are between the parallel ٤٣: ٥
circles are equal./

We are able to distinguish the arcs which are between the halves of the circles which do not meet from the manner I shall describe:

/That is:/ since the great circles which are on a sphere bisect one
another, arc RKAX is a semi-circle. Therefore arc KAX is smaller than ٤٣: ١٠

---

1. This proposition is out of the order in the Greek text where it precedes the proposition preceding it in the Arabic; cf. supra p. 53, note 1.

a semi-circle.[1] Let us posit that[2] arc KAXF/, for example,/ is a semi-circle. Then, since arc RBX is /also/ a semi-circle, arc LRBX is greater than a semi-circle. Let us posit that arc LRBU is a semi-circle. Therefore the semi-circle which is drawn from point K[3] /in the direction of A,/ arc KAXF, does not meet the semi-circle which is drawn from point L /in the direction of U,/ arc LRBU. ٤٣: ١٥ Likewise also, arc KRF which is a semi-circle does not meet the semi-circle /which is drawn from point L in the direction of D, arc/ LTDXU. Therefore, the arcs of the parallel circles which are between the halves of the great circles which do not meet are arcs KL EZ AB ٤٤: ١ HT GD[5].

I say also that[6] the arcs of the great circles which are between the parallel circles are equal, i.e., that four of them, [7]AE ZB HG TD[7], are equal to one another, and that four of them, [7]KE KH ZL LT[7], are equal to one another.

Let us mark the pole of the parallel circles. Let it be point M. ٤٤: ٥ Let two great circles be described passing through point M each each one of the two points L K. They are the two circles MKSN MLOV.

---

1. add: "Again, since arc TVGR is a semi-circle, are KRHGVX is greater than a semi-circle. Yet arc KAX is less than a semi-circle"; this omission from the Arabic may be a haplographical error.

2. "let...be".

3. add: "i.e.".

4. add: "i.e.".

5. The Greek names three signs for each, e.g., KQL ESZ etc.

6. add: "the arcs KQL ESZ ANB are similar, and further that the arcs KQL HOT GVD are similar to each other."

7. Transposed.

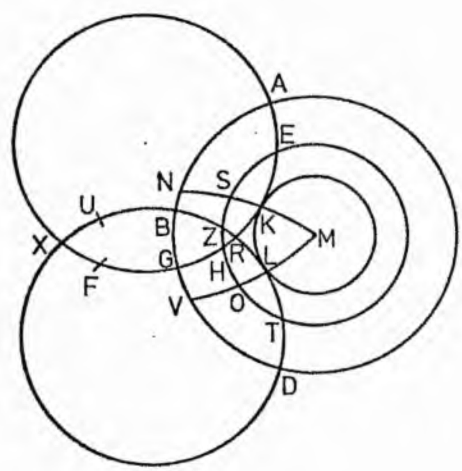
Then, since the two circles AEHG KL touch one another on a sphere
at point K, and a great circle, circle MKSN, has been described
passing through the pole of one of them, circle KL, and the point of
tangency /of the other/, circle MKSN passes also through the two poles
of circle AEKHG and is set up on it at right angles. We might ١٠ :٤٤
similarly prove that circle MLOV also passes through the two poles of
circle BZLTDX and is set up on it at right angles. Then[1] there has
been constructed on equal circles, /i.e.,/ circles AEKHGX BZLTDX, on
the diameters which are drawn from the two points K L two equal seg-
ments of circles, segments LM MK, and the segments which are joined
to them /to complete the two semi-circles/; and they are set up on
them at right angles. There have been cut off from them two equal
arcs, the two arcs KM ML, and they are less than half of the two ١٥ :٤٤
constructed segments, and the line which joins point M and point A is
equal to the line which joins point M and point D/, for they are both
drawn from the pole of circle ABD to its circumference/. Therefore
they cut off equal arcs. Therefore arc AK is equal to arc LD. [2]Also
from before this[2], arc EK is equal to arc LT. Since the two circles
ABGD AEKHGX are on a sphere, and one of them cuts the other, and a ١ :٤٥
great circle has been described passing through their poles, circle
MKSN, circle MKSN bisects the segments which are cut off. (Therefore)
arc AEK is equal to arc KHG, and arc AN is equal to arc NG. We might
also similarly prove that arc BL is equal to arc LD, and that arc BV
is equal to arc VD.

---

1. "Then since".

2. "In the same way".

Since arc AEK is equal to arc LTD, and arc AEKG is double arc AEK, ٥ :٤٥ and arc DTLB is double arc LTD, arc AKHG is equal to arc DTLB, and the circles are equal, for they are great. Therefore the line which joins point A and point G is equal to the line which joins point D and point B, and[1] arc ANBG is /also/ equal to arc BVD/, for the straight lines which subtend them are equal, and they are from the same circle/, and arc AN is half arc ANBG, and arc BV is half arc BD. ١٠ :٤٥
Therefore arc AN is equal to arc BV. We add common arc BN, and whole arc ANB is equal to whole arc NBV[2]. Arc NBV is similar to arc KL; for, if on a sphere there are parallel circles, and great circles are described passing through their poles, the arcs of the parallel circles which are between the great circles are similar. The two arcs of the parallel circles which are between MN MV and which are from the great circles which pass through their poles are the two arcs KL NV. Therefore arc ANB is also ١٥ :٤٥
similar to arc KL. [3]Also, prior to that[3] arc KL was similar to arc EZ. Therefore arc EZ also is similar to arc AB. /Therefore the three arcs AB EZ KL are similar./ We might also similarly prove that ١ :٤٦
arc GVD is similar to arc HOT, /and that this arc is similar to arc EZ, for arc HOT is also similar to arc KL./ Therefore the arcs of



---

1. add: "because of this".

2. add: "And they are from the same circle; then arc ANB is similar to arc NBV."

3. "We might likewise prove that".

the parallel circles which are between the halves of the great circles which do not meet are similar.

I say also that the arcs of the great circles which are between the parallel circles are equal. ٤٦: ٥

For the four arcs/, i.e., arcs/ AEK KHG BZL LTD, are equal to one another, and four of them, arcs EK KH ZL LT, are equal to one another, for great circle MKN bisects the two segments EKH ESH which are cut off, and the two segments ZLT ZOT will also be similarly cut. Therefor arc EK is equal to arc KH. It has been proven that arc EK is equal to arc LT. Therefore arc KH is equal to arc TL, and arc TL is ٤٦: ١٠
equal to arc LZ. Therefore arc LZ is equal to arc KH, and so the four arcs EK KH ZL LT are equal, and the remaining four arcs AE BZ GH DT are equal to one another. Therefore /the arcs of the parallel circles which are from the halves of great circles which do not meet are similar, and/ the arcs of the great circles which are between the parallel circles are equal. /That is what we wanted to prove./

xiv[1] ٤٦: ١٥

If there is on a sphere a given circle smaller than the great circle, and there is on the surface of the sphere a[2] given point between [3]the circle which we mentioned[3] and the circle which is ٤٧: ١
equal and parallel to it, we wish to describe a great circle passing through the given point and touching [4]the circle which is not great[4].

---

1. "ιε′" or xv.

2. "some".

3. "it".

4. "the given circle".

We make[1] the given circle, which is on the sphere and which is less than the great circle /which falls on the sphere/, circle AB, and the given point, which is on the surface of the sphere and which is between circle AB and the circle which is parallel and equal to ٤٧: ٥ it, point G. We wish to describe a great circle passing through point G and touching circle AB.

Let us mark the pole of circle AB, let it be point D. Let there be described with point[2] D and distance DG circle GEZH. Let a great circle be described passing through the two points D G, circle DBGT.[3]

Let us cut from it an arc equal to the arc which the side of a square described in the great circle subtends, arc BT. Let there be ٤٧: ١٠ described with pole T and distance TB circle[4] EBH. Therefore circle EBH is great, for the line which is drawn from its pole /to its circumference/ is equal to the side of the square described in the great circle. /It is clear that/ it touches circle AB, for they[5] cut the circumference of the great circle, line DBGT, at the same point, point B, having their poles on [6]that circumference of this circle[6]. We describe two great circles passing through point D and[7] ٤٧: ١٥

---

1. "let...be".

2. "pole".

3. Heiberg adds here, on the testimony of E only: "Arc BG is either less than, equal to or greater than the arc which the side of a square described in the great circle subtends. Firstly, let it be less," cf. Greek-Arabic Apparatus I, 70.26-28.

4. "a circle, circle".

5. "two circles, the circles EBH AB".

6. "it".

7. add: "each of".

the two poles E H, the two circles DMEK DNHL. Let each one of the two arcs EK HL be cut off equal to arc GT.

[1]Since the two circles EBH ZEGH are on a sphere, and one of them cuts the other[1], and a great circle has been described passing ٨٣: ١
through their two poles, circle DBGT, it bisects the segments[2] which are cut off. Therefore arc EG is equal to arc GH, and arc EB is equal to arc BH. Then, since the three arcs DE DG DH[3] equal one
another, for they are drawn from [4]pole D which is the pole of the two ٨٣: ٥
circles together[4], and the arcs DM DB DN also equal one another, the remaining arcs ME BG NH are equal /to one another/, and arcs EK GT HL are equal to one another. Therefore arcs[5] MK BT NL are equal to one another. Arc BT is equal to the arc which the side of the square
described the great circle subtends, and /each one of/ the two arcs ٨٣: ١٠
MK NL is equal to the arc which the side of the square described in the great circle subtends. Since[6] circle DBGT is great and it cuts some circle on the sphere, circle ZEGH, and passes through its two poles, it bisects it at right angles. Therefore circle DBGT is set up on circle ZEGH at right angles. We might also similarly prove that circle DNHL is also set up on circle ZEGH at right angles, and circle
DMEK on circle ZEGH at right angles. ٨٣: ١٥

---

1. "Since on a sphere two circles, the circles EBH ZEGH, cut each other".
2. add: "of the circles".
3. "DME DBG DNH".
4. "the pole of circle ZEH".
5. "whole arcs".
6. add: "on a sphere".

Let the lines LN LG TE be joined. Then[1] there have been con-
structed on two of the diameters of circle ZEGH which are drawn ٤٩: ١
from the two points G H two equal segments of two circles set up on
them at right angles, the two segments GT HL. /Their point of tan-
gency which is not constructed is imagined, even if HL and GT are
not completed such that they meet the other end of the circumference
of circle ZEGH, and the segment is complete./[2] [3]Therefore each one
of GT HL is smaller than half of that,[3] and arc EG is equal to arc
GH. Therefore line TE is equal to line LG, and the side of the ٤٩: ٥
square described in the great circle is /equal to/ line TE. Therefore
line LG is also equal to the side of the square described in the
great circle. Line LN is the side of the square described in the
great circle. Therefore LG is equal to line LN also. Therefore the
circle which is described with pole L and distance LG also passes
through point N. Let it pass and let it be like circle GNS. [4]This
circle is one of the great circles,[4] for the line which is drawn from
its pole /to its circumference/ is equal to the side of the square ٤٩: ١٠
described in the great circle. Since [5]the two circles AB GNS are on
a sphere, and they cut[5] the circumference of a great

---

1. "Since".

2. The relevance of the foregoing is unclear. The Greek has here the expression commonly found in this text "and the things connected to them", while the Arabic itself is obscure.

3. "and from them equal arcs, the arcs GT HL, are cut off less than half of the whole."

4. "Therefore circle GNS is great".

5. "Since on a sphere two circles cut".

circle[1] at the same point, point N, their two poles being on the circle, the two circles are tangential. Therefore circle GNS touches circle AB.

We might also similarly prove that the circle which is described with pole K and distance KG passes also through point M.

For, if we join the two lines GK TH, one of them is equal to the ١٥ :٤٩
other.[2] Line TH is the side of a square, for it is drawn from the pole of great circle EBH /to its circumference/. Therefore line GK is also the side of a square. /Similarly/ also[3] is line KM. ١ :٥٠
Therefore line KM is equal to line KG. Therefore the circle which is described with pole K and distance KG passes also through point G[4]; [5]it is GMO.[5] /Plainly then/ it touches circle AB.[6] Then, if

---

1. add: "circle DNHL".

2. Heiberg, again on the testimony of E only adds: "For similarly, on circle ZEGH on the diameters from points T G there have been set up equal and perpendicular segments of circles, segments EK GT, and the things connected to them, and from the set up segments equal arcs having been cut off, arcs EK GT, which are less than half of the whole, and from the original circle equal arcs EG GH having been cut off, then line GK is equal to line TH;" cf. supra, p. 60 , n.3, and Greek-Arabic Apparatus I, 74.13-19.

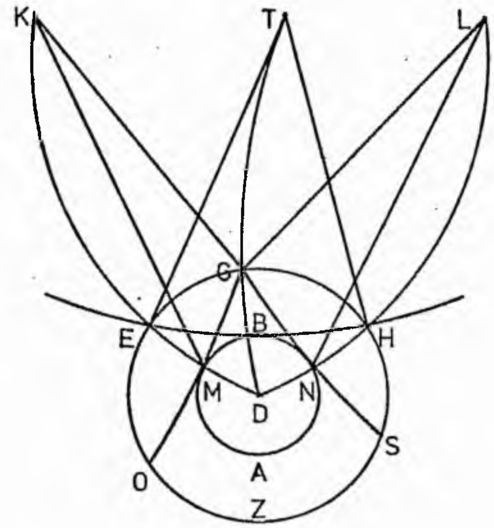
3. "But".

4. "M".

5. "and it will be as GMO".

6. add: "and the problem has been solved in two ways. Therefore through the given point, point G, which is between circle AB and a circle equal and parallel to it, a great circle has been described, circle GNS and GMO".

[1]the speaker says that the arc which is cut off, i.e., arc BG, is equal to the side of the square described in the great circle,[1] its proof if in this manner.



[2]For, if[2] [3]each one of the two arcs DE DH is equal to arc DG, and each one of the two arcs DM DN is equal to arc DB,[3] remaining arc BG is equal to each one of the two arcs NH ME. [4]The side of a square subtends arc BG. Therefore the side of a square also subtends each of the two arcs NH ME.[4] [5]Line NH is equal to line GH. Therefore the circle which is described with pole H and distance HG passes also through point N. We might also similarly prove that the circle which is described with pole E and distance EG passes through point M also. Therefore, that which we

٥ :٥٠

١٠ :٥٠

---

1. Heiberg omits this reading, found in five of the mss., and substitutes: "arc BG is equal to the arc which the side of the square described in the great circle subtends, assuming the matters to be as before", which he finds only in E, cf. supra, p. 60 n. 3, p. 63 n. 2, and Greek-Arabic Apparatus I, 74.28–30.

2. "since".

3. Subject and object transposed in each clause.

4. "line BG is the side of a square. Therefore each of the lines NH EM is the side of a square"; this confusion is perhaps the result of the Greek using only articles with the points and further abbreviating the phrase.

5. add: "Then since line NH is the side of a square, and line HG is also, for line HG is from the pole of circle EBH".

wanted to do has been proven in two ways.[1] /That is what we wanted to prove./

xv[2]

Great circles which cut off from parallel circles[3] on a sphere similar arcs /between them/ will pass through the poles of the parallel circles or will be tangent to the same circle of the parallel circles.

[4]Let there be on a sphere two great circles, the two circles AHG ١٥ :٥٠
BTD. Let them cut off from the two parallel circles ABGD EZHT similar arcs between them. Let arc AB be similar to arc EZ,[4] /and let arc BG be similar to arc ZH, and let arc GD be similar to arc HT, and arc AD similar to arc ET./ I say that the two circles AHG BTD either pass through the poles of the parallel circles or touch the ١ :٥١

---

1. Heiberg adds here on the testimony of E only: "If BG is greater than one quarter, we shall complete circle DBGT as far as the other pole. The arc from point G as far as the pole of the circle parallel to AB, pole V, is less than one quarter, for the arc from the pole of circle AB, pole D, as far as the other pole, pole V, is a semicircle, and BG is greater than one quarter. We shall cut off an arc equal to that which the side of a square subtends; and, joining the lines and assuming the previous things, we shall prove the circle described through point G touches the given circle [circle AB clearly (which Heiberg would delete)]"; cf. supra, p.60, n. 3, p.63, n.2, and p.64, n. 1, and Greek-Arabic Apparatus I, 76.10-17.

2. "يو" or xvi.

3. "any parallel".

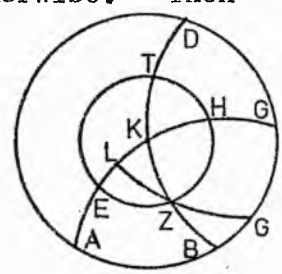
4. "For, on a sphere let great circles, the circles AEHG BZTD, cut off from any parallel circles, circles ABGD EZHT, similar arcs between them, i.e., arc AB is similar to arc EZ".

same circle of the parallel circles.

For circle AHG either passes through the poles of the parallel circles or it does not pass (through them).

Firstly, let it pass through the poles of the parallel circles, /as in the first diagram./ I say that circle BTD also passes through the poles of the parallel circles, i.e., that point K is a pole of the two parallel circles ABGD EZHT. ٥ :٥١

[1]If that is not so, then is is possible to be otherwise.[1] Then let point L be a pole of them /between the two parallel circles/. Let a great circle be described passing through the two points L Z, circle LZM. Therefore arc ABM is similar to arc EZ, and arc EZ is similar to arc AB. Therefore arc AB is similar to arc MA, and they are from the same circle.[2] That is impossible. Therefore point L is not the pole of the two parallel circles. We might also similarly prove that it is not possible that their pole be another point except point K. Therefore point K is a pole of the two parallel circles.[3] Therefore the two circles AHG BTD pass through the poles of the two parallel circles. ١٠ :٥١



Again, let circle AHG not pass through the poles of the two parallel circles. Therefore it either touches circle EZHT, or it is inclined to it.

---

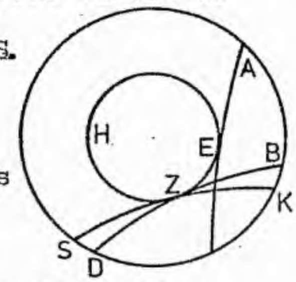
1. "For, let it not be, but, if possible".

2. add: "Then arc MA is equal to arc AB".

3. add: "We might similarly prove that neither is it any point other than point K. Therefore point K is a pole of the parallel circles"; E, relied on by Heiberg in the previous theorem, omits this also.

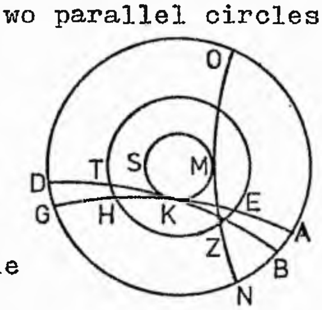
Firstly, let it touch it at point E, as in the second diagram. I ١٥ :٥١
say that circle DZB also touches it.

Then, if possible, let it not touch it. Let a great circle be described on point Z touching circle EZH, circle ZKS. [1]Let semi-circle ZK not meet semi-circle EA.[1] Therefore arc AK is similar to arc EZ, and arc EZ is similar to arc AB. Therefore arc AK is similar to arc AB, and they are from the same circle.[2] That is impossible. ١ :٥٢
Therefore it is not possible that circle DZB does not also touch circle EZH. Therefore it touches it..



Let circle AHG be inclined to the parallel circles, as in the third diagram. Therefore it touches two circles equal to each other
and parallel to the two circles ABGD EZHT. I say that circle BZTD ٥ :٥٢
[3]touches them.[3]

If possible, let circle AEHG touch one of the two parallel circles which we mentioned, circle MKS, at point K, and circle BZTD not touch it/, if that is possible/. [4]Let a great circle be described passing through point Z, which is between circle KMS and the circle equal and parallel to it. It touches circle KMS. Let it touch it at



---

1. The Greek here uses a participle as an attributive adjective.

2. add: "Then arc GA(KA) is equal to arc AB".

3. "Is inclined to the parallel circles and touching the same one".

4. "and through point Z, which is between circle LM (KMS) and a circle equal and parallel to it, let a great circle be described touching circle LM (KMS) at point M, circle NZM"; and adding "which makes the semi-circle from LA an asymptote with the semi-circle from MN".

point M. It is circle NZMO.[4] Arc ABN is similar to arc EZ, and arc ٥٢: ١٠
EZ is similar to arc AB. Therefore arc ABN is also similar to arc AB, and they are from the same circle.[1] That is impossible. Therefore it is not possible that circle BZTD does not also touch it. Therefore it touches it.

Therefore the two circles AEHG BZTD touch the same circle of the parallel circles /which fall on the sphere. That is what we wanted to prove./

xvi[2] ٥٢: ١٥

Parallel circles, which are on the sphere, and which cut off from a[3] great circle equal arcs near the greatest circle of the parallel circles, are equal; and circles which cut off greater arcs are smaller/, whether the great circle passes through the two poles of the parallel circles or not/.

Let there be on a sphere two parallel circles, the two circles AB ٥٣: ١
GD. Firstly, let them cut off from great circle ABGD equal arcs, the two arcs BZ ZD, near the greatest of the parallel circles, circle EZ. I say that circle AB is equal to circle GD.

Let the common section of circle AB and circle ABGD be line AB,
and the common section of circle EZ and circle ABGD line EZ, and the ٥٣: ٥
common section of circle GD and circle ABGD line GD.

---

1. add: "Therefore arc NA is equal to arc AB".
2. "يز" or xvii.
3. "some".

Then, since [1]the two parallel planes ETZ GKD[1] are cut by
some plane, the plane of circle ABGD, their common sections are
parallel. Therefore line EZ is parallel to line GD. We might also
similarly prove that line AB is parallel /to line GD and/ to line EZ.
Then, since there have been drawn in circle ABGD two parallel lines,
the two lines EZ GD, arc DZ is equal to arc EG, for if we join point ١٠ :٥٣
E and point D, the two alternate angles are equal, and equal angles
in equal circles are on[2] equal arcs. Therefore arc EG is equal to
arc ZD. We might similarly prove that arc BZ is also equal to arc AE.
Arc BZ [3]was postulated[3] equal to arc ZD. Therefore arc AE is equal
to arc EG, and so the two[4] arcs AE BZ are equal to the two arcs EG
ZD together. Then, since entire arc EALBZ is equal to entire arc ١٥ :٥٣
EGMZD, for the two circles ETZ ABGD are great, and of them, the two
arcs AE BZ together are equal to the two arcs EG ZD together, the
remaining arc ALB is equal to the remaining arc GMD, and they are
from the same circle. Therefore line AB is equal to line GD.

Circle ABGD either cuts the two circles AHB GKD and passes through
their poles, or it cuts them and does not pass through their poles. ٥ :٥٤

Firstly, let it cut them and pass through their two poles. Therefore it will bisect them. Therefore line AB is the diameter of circle AHB, and line GD is the diameter of circle GKD, and line AB is equal to line GD. Therefore circle AHB is equal to circle GKD.

Again, let circle ABGD cut the two circles AHB GKD and not pass

---

1. "Two parallel planes, the two planes ETZ GKD".

2. "cut off".

3. "is".

4. "the two...together".

through their two poles. Let us mark the pole of the two parallel
circles. Let it be point N. Let a great circle be described passing ٥٤: ١٠
through point N and through one of the two poles of circle ABGD,
circle LNTS. Let arc MS be cut off equal to arc LN. Then, since arc
LN is equal to arc MS, [1]and arc NKM is common,[1] whole arc LKM is equal
to arc NKMS. Arc LKM is a semi-circle. Therefore arc NKMS is also a
semi-circle, and so point N is opposite point S. Point N is the pole
of the parallel circles. Therefore point S is, also, [2]the other of
the two poles[2] of the parallel circles. Then, since the two circles
ABGD GKD are on a sphere and one of them cuts the other, and there ٥٤: ١٥
has been described on their poles a great circle, circle LTKS, circle
LTKS bisects the segments which are cut off from the circles. There-
fore arc GM is equal to arc MD, and arc GMD is double arc MD. We ٥٥: ١
might similarly prove that arc ALB is also double arc AL, and arc GMD
is equal to arc ALB. Then arc MD is equal to arc AL. /Since/ there
has been constructed on the diameter of circle ABGD which is drawn
from point L to point M /two equal/ segments of a circle set up on it
at right angles, the two segments LTM MS, [3]with the segment which is ٥٥: ٥
joined to this to complete half of the circle,[3] then there are cut off
from them two equal arcs, the two arcs LN MS, and they are smaller
than half of them[4], and from the first circle there are cut off two
equal arcs, the two arcs AL DM, the straight line which joins point
N and point A is equal to the line which joins point S and point D.

---

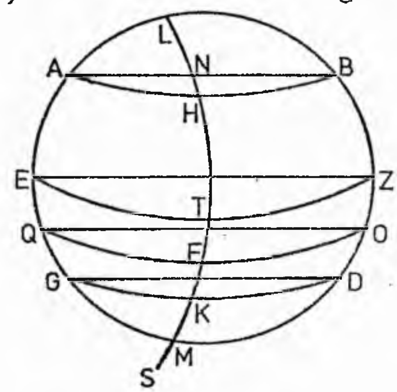
1. "let common arc NKM be added".

2. "the other pole".

3. "and that which is connected to this".

4. "the whole".

The line which joins point N and point A is drawn from the pole of circle AHB /to its circumference/, and the line which joins point S and point D is drawn from the pole of circle GKD /to its circumference/. ١٠ :٥٥
Therefore the line which is drawn from the pole of circle AHB /to its circumference/ is equal to the line which is drawn from the pole of circle GKD /to its circumference/, and circles, of which the straight lines drawn from their poles /to their circumferences/ are equal, are also equal, /because those lines cut off equal arcs from the semi-circle which passes through their two poles. Therefore the line which joins the two points common to the circumference of ١٥ :٥٥
the circle which passes through the two poles and each one of the circumferences of the two circles is parallel to the diameter of the sphere. Therefore the two perpendiculars drawn from these two points to the diameter of the sphere are equal, and they are the two lines ١ :٥٦
drawn from the centre of each one of the two circles to the circumferences./ Therefore circle AHB is equal to circle GKD.



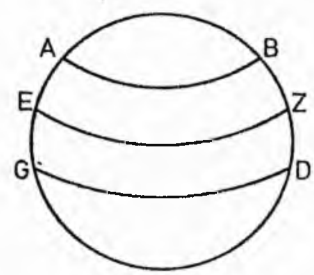
Again, let arc DZ be greater than arc ZB. I say that circle GKD is smaller than circle AHB.

For arc DZ is greater than arc ZB; and we cut off from arc DZ an ٥ :٥٦
arc equal to arc ZB, arc ZO. Let a circle parallel to circle ETZ be described passing through point O, circle OFQ. Therefore circle OFQ is equal to circle AHB, for arc ZO is equal to arc ZB, and circle QFO is greater than circle GKD, for circle QFO is nearer to the centre of the sphere than circle GKD. Therefore circle AHB is greater than circle GKD. Therefore circle GKD is smaller than circle AHB. /That is what we wanted to prove./

xvii[1] ١٠ :٥٦

The parallel[2] circles which are on the sphere cut off from a great circle equal arcs near the greatest of the parallel circles; circles which are greater cut off arcs which are smaller.

[3]Let there be on a sphere the two equal, parallel circles AB GD. Let them cut off from a great circles, circle ABGD, the two arcs ZB ZD, near the greatest of the parallel circles.[3] I say that arc ZB is ١٥ :٥٦
equal to arc ZD.



For if arc ZB is not equal to arc ZD, circle AB is not equal to circle GD; but it is equal to it. Therefore arc BZ is equal to arc ZD.

Again, let circle AB be greater than circle GD.
I say that arc BZ is smaller than arc ZD. For if arc BZ is not ١ :٥٧
smaller than arc ZD, circle AB is also not greater than circle GD. It is greater than it. Therefore arc BZ is smaller than arc ZD. /That is what we wanted to prove./

xviii[4]

If there is a great circle on a sphere, and it cuts some of the parallel circles which are on the sphere and does not pass through

---

1. "ιη΄" or xviii.

2. add: "and equal".

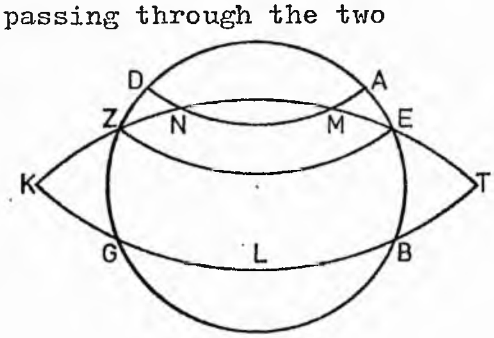
3. "For, on a sphere let equal and parallel circles, circles AB GD, cut off from some great circles arcs, arcs BZ ZD, near the greatest of the parallel circles, circle EZ".

4. "ιθ΄" or xix.

their two poles, it will cut them into unequal parts except the ٥٧: ٥
circle which is the greatest of the parallel circles. As for the segments which are cut off in one of the two hemispheres between the greatest of the parallel circles and the visible pole, each one of them is greater than a semi-circle; as for the remaining segments which [1]are in that half of the sphere below the horizon,[1] each one of them is smaller than a semi-circle, and the alternate segments of the parallel, equal circles are equal to one another.

Let there be on a sphere a great circle, circle ABGD, which cuts ٥٧: ١٠
some of the parallel circles which are on the sphere, circles AD EZ BG, and does not pass through their poles. Let the greatest of the parallel circles be circle EZ. I say that circle ABGD cuts these circles into unequal parts, except circle EZ which is the greatest of the parallel circles; and that of /every segment of/ the segments cut off in one of the two hemispheres, those between circle EZ and the visible pole are greater than a semi-circle, and all of the remaining segments ٥٧: ١٥
are smaller than a semi-circle; and that the alternate segments of the parallel, equal circles are equal to one another.

Let the visible pole /of the two poles/ of the parallel circles be point H. Let a great circle be described passing through the two points E H, circle TEH. Therefore circle HET, if completed, will pass through point Z also, [2]for it bisects circle EZ; ٥٨: ١
and arc EZ is half of circle EZ.[2] Let it be drawn, and let it be like circle



---

1. "are between the greatest of the parallel circles and the invisible pole".

2. "For point E is opposite point Z because each of the circles EZ ABGD is great".

HNZK. Let circle BG be completed so that it sends at the two points T K.

Then, since great circle on a sphere TEHNZK cuts some parallel circles on the sphere, circles AMND EZ TBLGK, and passes through their poles, it bisects them and at right angles. Therefore each one ٥٨: ٥ of the segments MN EZ TBLGK is a semi-circle. Then, since segment MN is a semi-circle, segment AMND is greater than a semi-circle. We might also similarly prove that all of the segments which are between circle EZ and pole H are greater than a semi-circle.

Again, since segment TLGK is a semi-circle, segment BG is smaller ٥٨: ١٠ than a semi-circle. We might also similarly prove that all of the segments which are between circle EZ and the hidden pole, from whatever is on this same half of the sphere, is smaller than a semi-circle.

Again, let circle AD be equal to circle BG and parallel to it. I say that the alternate segments of the two circles AD BG are equal to one another.

Since circle AD is equal to circle BG and parallel to it, arc AE ٥٨: ١٥ is equal to arc EB, and arc DZ to arc ZG.[1] Therefore the two arcs AE DZ, if combined, are equal to the two arcs EB ZG, if combined; and [2]the arcs EA AD DZ, if combined,[2] are equal to [3]the arcs EB BG GZ, if combined,[3] /for each one of the two arcs EADZ EBGZ is a semi-circle,

---

1. add: "But AE is equal to DZ, and EB is equal to ZG"; Heiberg brackets this and notes that Nizze wished to delete it.

2. "whole arc EADZ".

3. "whole arc EBGZ".

because the two circles ABGD EZ are great/.[1] Therefore the remaining arc AD is equal to the remaining arc BG, and the two arcs AD BG are from the same circle. Therefore the straight line which joins point ١ :٥٩ A and point D is equal to the straight line which joins point B and point G. [2]The straight line which joins point A and point D is the one which subtends arc AMND, and the straight line which joins point B and point G is the one which subtends arc BLG.[2] Straight equal lines which are in equal circles cut off equal arcs; the greatest of them, the greatest, and the smallest, the smallest. Therefore the ٥ :٥٩ greatest arc of circle AMD is equal to the greatest arc of circle BLG, and the smallest arc of circle AMD is equal to the smallest arc of circle BLG, and segment AMND is greater than a semi-circle, and segment BLG is smaller than a semi-circle. Therefore alternate segments of [3]equal, parallel circles[3] are equal to one another. /That is what we wanted to prove./

xix[4]

If there is a great circle on a sphere which cuts some of the paral- ١٠ :٥٩ lel circles on the sphere and does not pass through their two poles, then of the arcs which are cut off in one of the two hemispheres, [5]whichever is nearer the visible pole is greater than an arc of that

---

1. The preceeding follows, in the Greek, the next clause in the Arabic, and Heiberg would delete them.

2. Heiberg would delete this.

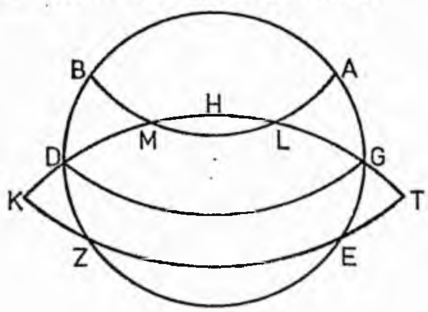
3. "circles AB BG".

4. "ﻙ" or xx. For a discussion of the difference in letters and diagram cf. Appendix Four, FIGURE II-xix.

5. "The arcs nearer the visible pole will always be greater than similar to the arcs more distant".

circle similar to the arc which is cut off from the circle which is further from that pole.[5]

Let there be on a sphere a great circle, circle AEZB, which cuts some of the parallel circles on the sphere and does not pass through ١٥ :٥٩ their two poles. Let the parallel circles be circles AB GD EZ.[1] I say that of the arcs which are cut off in one of the hemispheres [2]whichever is nearer the visible pole is greater than the arc of that ١ :٦٠ circle similar to the arc which is cut off from the circle which is further from the visible pole, i.e., arc AB is greater than the arc of its circle similar to arc GD, and arc GD is greater than the arc of its circle which is similar to arc EZ.[2]



/Let the visible pole of the two poles of the parallel circles be point H./ [3]Let a great circle be described passing through point H and point G, circle HLGT. Let a great circle be described passing ٥ :٦٠ through point H and point D, circle HMDK.[3] Therefore the two circles HLGT HMDK cut off between them two similar arcs. Therefore arc LM is is similar to arc GD, [4]and arc ALMB is greater than the arc similar to arc GD of circle ALMB.[4] /It is arc LM./ We might similarly prove

---

1. add: "let the visible pole of the parallel circles be point H"; cf. infra, ll. 14-15.

2. "Greater than similar always will be those nearer the visible pole than those more distant, i.e., AB is greater than similar to GD, and GD than EZ".

3. "For, through H and each of G D let great circles be described, circles HTG HKD".

4. "Then ATKB is greater than similar to GD".

that [1]arc GD is greater than the arc similar to arc EZ of circle GD,[1] if we describe two great circles passing through point H and through ٦٠: ١٠ each one of the two points E Z.

It might also be possible for us to prove that without drawing these two circles by /being satisfied with/ completing circle EZ only, as we have done in the theorem before this.

xx[2]

If on equal spheres there are great circles inclined to /other/ ٦٠: ١٥ great circles, whichever circle the pole of which happens to be higher, it is more greatly inclined /to its neighbor. He means by his statement that the pole of the circle is higher if the perpendicular falling from the pole of the inclined circle to the plane of the circle to which it is inclined is longer; if the two perpendiculars are equal, the two inclinations are equal./ As for the circles of which the distance of their poles from the planes of the circles set up on them is an equal distance, their inclination is equal.

Let there be on equal spheres two great circles /of the circles on ٦١: ١ the sphere/, the two circles BKD ZLT, inclined to[3]the two great circles ABGD EZHT.[3] Let a pole of circle BKD be point M and a pole of circle ZLT point N, and let pole M be higher than pole N. I say that the inclination of circle BKD to circle ABGD is greater than

---

1. "GD is greater than similar to EZ".

2. "κά" or xxi.

3. "two great circles, circle ABGD EZHT".

the inclination of circle ZLT to circle EZHT.

Let a great circle be described passing through point M and through ٦١: ٥ one of the two poles of circle ABGD, circle AKMG, and another great circle passing through point N and through one of the two poles of circle EZHT, circle ELNH. /Therefore they will pass through the poles of circle BKD and circle ZLT, and they will bisect both of them and at right angles./ Let the common section of circle ABGD and circle BKD be line BD, and the common section of circle ABGD and circle AKMG be line AG, and the common section of circle AKMG and circle BKD be line KS. Also, let the common section of circle EZHT and circle ZLT ٦١: ١٠ be line ZOT, and the common section of circle EZHT and circle ELNH be line EH, and the common section of circle ELNH and circle ZLT be line LO.

[1]Since circle AKMG is on the sphere (, and it cuts two circles on the sphere,) the two circles ABGD BKD, and it passes through their two poles,[1] it bisects them and at right angles. Therefore circle AKMG is set up on each one of the two circles ABGD BKD at right angles, ٦١: ١٥ and each one of the two circles ABGD BKD is set up on circle AKMG at right angles. If two planes cut each other and are constructed on another plane at right angles, their common section (is set up on that plane at right angles. [2]The common section of the two circles ABGD BKD) is line BD. Therefore line BD is a perpendicular on circle AKMG,[2] and it will produce right angles with all the straight lines

---

1. "Since on a sphere a great circle, circle AKMG, cuts some of the circles on the sphere, circles ABGD BKD, through the poles".

2. "Then the common section of ABGD BKD, line BSD, is at right angles to circle AKMG"; the Arabic here is obscure, cf. p. ٦٢, n. ١.

which pass through its end and are in the plane[1] of circle AKMG. Each one of the two lines KS SA passes through its end and is in the plane of circle AKMG. Therefore line BD is set up on each one of the two lines KS SA at right angles. Since the two planes ABGD BKD cut ٥ :٦٢ each other, and there have been drawn at right angles from line BD, the common section, the two lines KS SA, and of them, line KS is in the plane of circle BKD, and line SA is in the plane of circle ABGD, angle KSA is the inclination of plane BKD to plane ABGD. We might similarly prove that angle LOE is also the inclination of plane ZLT to plane EZHT.

I say that angle KSA is smaller than angle LOE. ١٠:٦٢

Since point M is higher than point N, the perpendicular which is drawn from point M to the plane of circle ABGD[2]...falls on the common section of the two circles AKMG ABGD, i.e., on line AG. Since the two planes AKMG ABGD are constructed on each other at right angles, and the perpendicular which is drawn from point N to plane EZHT falls on line EH, the perpendicular which is drawn from point M to line AG is longer than the perpendicular which is drawn from point ١ :٦٣ N to line EH. Since the two segments of circles, AKMG ELNH, are equal, and [3]the two random points M N[3] have been marked on them, and the perpendicular which is drawn from point M to line AG is greater than the perpendicular which is drawn from point N to line EH, arc MG is greater than arc NH, and arc MK is equal to arc NL, because each one of them is equal to the arc which the side of the square ٥ :٦٣

---

1. "the same plane".

2. A probable haplography in the Arabic, cf. p. ٦٢, n. ٥.

3. "random points, points M N".

drawn in the great circle subtends.[1] /For each oneof them is drawn from the pole of the great circles to their circumferences; for each one of them is drawn from a pole of the poles of the two circles BKD ZLT to their circumferences./ Therefore[2] entire arc AKMG is equal to whole arc ELNH, and arc KMG is cut off from one of them greater than arc LNH. Then since, from the other, arc AK remains smaller than arc EL, [3]and the base of angle KSA is arc AK, and the base of angle LOE is arc LE,[3] /and these two angles are on the centre of the ٦٣: ١٠
two circles,/ then angle KSA is smaller than angle LOE. Angle KSA is the inclination of the plane /of circle/ BKD to the plane of circle ABGD, and angle LOE is the inclination of the plane /of circle/ ZLT to the plane /of circle/ EZHT. Therefore the inclination of circle BKD to /the plane/ of circle ABGD is greater than the inclination of circle ZLT to the plane /of circle/ EZHT.

Again, let the distance of the poles of the two circles BKD ZLT
from the planes on which they are set up be equal, i.e. the perpen- ٦٣: ١٥
dicular which is drawn from point M to the plane of circle ABGD is[4] equal to the perpendicular which is drawn from point N to the plane of circle EZHT. I say that the inclination of the two circles BKD ZLT to the two circles ABGD EZHT is equal[5], i.e., that angle KSA is

---

1. add: "Then whole arc KMG is greater than whole arc LNH".

2. "then since".

3. "Angle KSA has been set up on arc AK, and angle LOE has been set up on arc LE".

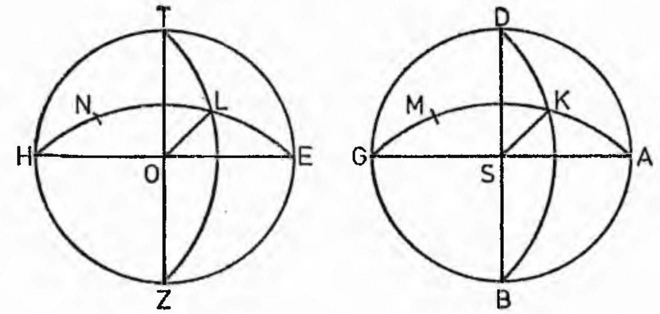
4. "let...be".

5. "similar".

equal to angle LOE.

[1]Then, if we disgnate the same things in this manner,[1] that angle KSA is the inclination of the plane of circle BKD to the plane of circle ABGD, and that angle LOE is the inclination of the plane of circle ZLT to the plane of circle EZHT, I say that angle KSA is equal to angle LOE. ١ :٦٤

Since the two perpendiculars which are drawn from the two points M N to the planes of the two circles ABGD EZHT are equal, and the two perpendiculars which are drawn from the points M N to the planes of the two circles ABGD EZHT fall on the two (equal) lines AG EH, (the two perpendiculars which are drawn from the two points M N to the two lines AG EH are) equal. [2]Since the two arcs AKMG ELNH are two segments of two equal circles,[2] and the two points M N have been marked on them at random, and the perpendicular which is drawn from point M to line AG is equal to the perpendicular which is drawn from point N to line EH, arc MG is equal to arc NH. Arc KM is also equal to arc NL, for each one of them is equal to the arc which the side of the square described in the great circle subtends. Therefore entire arc KMG is equal to entire arc LNH, and entire arc AKMG is equal to entire arc ELNH. Therefore, remaining arc AK is equal to remaining arc EL. [3]The base ٥ :٦٤ ١٠ :٦٤



1. "For, if the same conditions have been provided, we might likewise prove".

2. "since two segments of circles are equal, segments AKMG ELNH".

3. "Angle KSA is set up upon arc AK, and angle LOE is set up upon arc LE".

of angle KSA is arc AK, and the base of angle LOE is arc EL.[3] ١٥ :١٤
Therefore angle KSA is equal to angle LOE. Angle KSA is the inclination of the plane of circle BKD to the plane of circle ABGD, and angle LOE is the inclination of the plane of circle ZLT to the plane of circle EZHT. Therefore the inclination of circle BKD to circle ABGD is equal to circle ZLT to /the plane of/ circle EZHT.

Therefore the inclination of the two circles BKD ZLT to the two circles ABGD EZHT is a similar inclination. [1]We have learned that it
is said the inclination of a plane to a plane is similar to the ٥ :١٥
inclination of another plane to another plane, when the straight lines which are drawn from the common sections to the planes at right angles in each one of the two planes contain equal angles.[1] /That is what we wanted to prove./

xxi[2]

If on a sphere there is a great circle touching some circle on the
sphere /which is not great/, and it cuts another circle parallel to ١٠ :١٥
that /from among the circles which are/ between the centre of the sphere and the circle which the first circle touches, and the pole of the great circle is also between the two parallel circles, and great circles are described touching the great~~est~~er of the parallel circles, these circles are inclined to the great circle, and the most greatly elevated of these circles is the circle which touches it at the middle of the greater segment /of the two segments of that circle/, and the

---

1. Cf. supra pp. 1.20-2.7, and Eucl. xi, deff. 6-7.
2. "χβ´" or xxii.

most greatly declined of them is the circle which touches it at the middle of the smaller segment /of the two segments of the circle/. [1]Of the remaining circles,[1] those of which the distance of their point of tangency from one of the middles of the two segments is equi-distant are of similar inclination, and the circles of which the point of tangency is further from the middle of the greatest segment are[2] more greatly inclined than the circle of which the point of tangency is nearer. The poles of the great circles are also on the same[3] circle [4]parallel to the two circles which we mentioned, and it is smaller than the circle which the first circle touches.[4] ١٥ :٦٥

On a sphere, let [5]great circle ABG[5] touch some circle on the sphere /which is not great/, circle AD, at point A. Let it cut another circle parallel to this circle /from among the circles which are/ between the centre of the sphere and circle AD, circle EZHT. Let the pole of circle ABG be between the two circles AD EZHT.[6] Let great circles be described touching circle EZHT, which is the greater of the two parallel circles, circles MNS BZG OFQ UT RX. [7]Let circle BZG touch circle EZHT on the medial point of the greater segment of the ٥ :٦٦ ١٠ :٦٦

---

1. "of the others".

2. "always are".

3. "on one circle".

4. "parallel to and smaller than the circle which the first great circle touched".

5. "a great circle, circle AB".

6. add: "let it be point K".

7. "let circle BZG touch at the point of bisection of the greater segment of EZHT, at point Z; and let UT touch at the point of bisection of the smaller segment of EZHT, at point T".

two segments of circle EZHT, segment EZH, at point Z. Let circle UT touch it on the medial point of the smaller segment of the two, segment ETH, at point T.[7] [1]Let the distance of the point of tangency with it of the two circles MNS OFQ from the point of one of the two halves be equi-distant,[1] [2]and the distance of the point of tangency with it of circle RX from point R be further than the point of tangency with it of the two circles MNS OFQ. Let that be as it may.[2] I say that circles MNS BZG OFQ UT RX are inclined to circle ABG, and ١٠ :٦١ that the most greatly elevated of them is circle BZG, and the most greatly declined of them is circle UT, and that the two circles MNS OFQ are similarly inclined, and that circle RX is more greatly inclined to circle ABG than circle OFQ, and that the poles of circles MNS BZG OFQ RX UT are on one circle [3]parallel to the two circles AD EZHT, and it is smaller than the circle which the first circle ABG touches.[3]

Let us mark a[4] pole /of the two poles/ of the two parallel circles ٥ :٦٧ AD EZHT. Let it be point L. Let a great circle be described passing through the two points A L, circle AL. [5]Then, since the two circles ABG AD are on a sphere, and one of them touches the other,[5] and a

---

1. "let the circles MNS OFQ be equi-distant from either of the points of bisection".

2. "and let RX, having its tangential point at X, be more distant from the point of bisection of the greater segment than OFQ" is the reading of E and preferred by Heiberg; "let RX be as it chances" is the reading of ABCDF.

3. "parallel to and less than circle AD".

4. "the".

5. "Then, since on a sphere two circles, circles ABG AD, touch each other".

great circle has been described passing through the pole[1] of one of
them and through the point of tangency, circle AL, circle AL passes
through the two poles of circle ABG also. Therefore it is set up on
it at right angles. [2]Let point K be a pole of circle AGB.[2] There-
fore circle AL, if completed, will pass through point K also. Let
it so pass, and let it be like circle ALK. [3]The two circles ABG EZHT ١٧: ١٠
are on a sphere, and one of them cuts the other,[3] and there has been
described a great circle passing through their poles, circle ALK.
Therefore circle ALK will bisect the segments which are cut off from
the two circles. The medial point of segment EZH is point Z, and the
medial point of segment ETH is point T. Therefore circle ALK, if
completed, will pass also through the two points Z T. Let it so pass,
and let it be like circle TALKZ. Since point K is a pole of circle
ABG, and circle ABG is one of the great circles, the line which subtends
arc AK is the side of the square described in the great circle. ١٧: ١٥
Therefore arc AKZ is greater than the arc which the side of the square
described in the great circle subtends. Since circle EZHT is smaller ١٨: ١
than the great circle, for[4] it is between the centre of the sphere and
circle AD, and its pole[5] is point L, arc LZ is smaller than the arc
which the side of the square described in the great circle subtends.
Since arc AKZ is greater than the arc which the side of the square in

---

1. "the poles".

2. "point K is a pole of circle ABG"; cf. supra, p. 83, n. 6.

3. "Then, since on a sphere two circles, circles ABG EZHT, cut each other".

4. "and".

5. "a pole of it".

the great circle subtends, and arc LZ is smaller than the arc which the side of the square described in the great circle subtends; then, if we cut off /from arc AKZ/ at point Z an arc equal to the arc ٥ :٦٨
which the side of the square described in the great circle subtends, [1]its other end[1] falls between the two points A L. Let us cut off an arc equal to [2]the arc which we mentioned,[2] arc VZ[3]. Let there be described with pole L and distance LV circle VCPW[4]. Therefore it is parallel to the two circles AD EZHT. Let there be described great circles passing/, each of them,/ through point L and through each one of the points N F X, circles NLW FLC XLP. ١٠ :٦٨

Since arc NL is equal to arc LZ, for they are both drawn from the pole of circle EZHT /to its circumference/, and arc LV is equal to arc LW, for they are drawn from the pole of circle PWC /to its circumference/, entire arc NLW is equal to entire arc ZLV. Arc ZLV
is equal to the arc which the side of the square described in the ١ :٦٩
great circle subtends. Therefore arc NLW is equal to the arc which the side of the square described in the great circle subtends. We might also similarly prove that each one of the two arcs CLF PLX[5] is equal to the arc which the side of the square described in the great circle subtends. [6]Since the two circles MNS EZHT are on a

---

1. "it".

2. "it".

3. "let it be VZ".

4. "a circle, circle VCPW".

5. add: "WLT".

6. "Since on a sphere two circles, circles MNS EZHT, cut each other".

sphere, and one of them touches the other,[6] and a great circle has ٥ :٦٩
been described passing through the two poles of one of them and
through the point of tangency, circle NLW, circle NLW will also pass
through the two poles of circle MNS and is set up on it at right
angles. Since circle MNS is great, the arc which is drawn from its
pole /to its circumference/ is equal to the arc which the side of the
sqaure described in the great circle subtends.[1] Therefore the line
which is drawn from point N to point W is /as/ the line which is
drawn from /the circumference of/ circle MNS to its pole. Therefore ١٠ :٦٩
point W is a pole of circle MNS. We might similarly prove that
point V is also a pole of circle BZG, and that point C is a
pole of circle OFQ, and that point P is a pole of circle RX, and
that point Ƶ is a pole of circle UT. [2]The poles of circles MNS
BZG OFQ RX UT are on circle VCP which is parallel to the two circles ١ :٧٠
AD EZHT and which is less than circle AD.[2]

I say that circles MNS BZG OFQ RX UT are inclined to circle ABG,
and that the most greatly elevated of them is circle BZG, and that
the most greatly declined of them is circle TU, and that the two
circles MNS OFQ are similar in inclination, and that circle RX is
greater in inclination to circle ABG that the inclination of circle
OFQ to it.

Since arc NZ is equal to arc FZ, and they are from the same circle, ٥ :٧٠
arc NZ is similar to arc FZ. [8]Let arc NZ be similar to arc ƵJ and arc

---

1. add: "Then arc NLW is equal to the arc which the side of a square drawn in the great circle subtends".

2. "Then the circles MNS BZG OFQ RX UT have their poles on one circle parallel to and less than circle AD".

ZF be similar to arc āI.[8] /Therefore arc āJ is similar to arc āT,/ and they are from the same circle. Therefore āJ is equal to arc Iā. But arc Jā is equal to arc VW, [1]for it is opposite it between two arcs of two great circles which pass their pole,[1] and arc āI is equal to arc VC. Therefore arc VW is equal to arc VC. There has ٧٠: ١٠
been constructed in circle VCPW[2], [3]on diameter Vā,[3] a segment of circle set up at right angles to it, segment āKZ, and whatever is connected to this segment, and from it there has been cut off an arc less than half of the entire segment, arc āK, and from the first circle two equal arcs have been cut off, arcs VC VW. Therefore the straight line which joins point K and point C is equal to the straight line which joins point K and point W. Therefore the circle which is described with pole K and distance KC will pass through point W also. ٧١: ٥
Let it so pass, and let it be like circle CW. Therefore circle CW is parallel to circle ABG, for they are on[4] the same poles, for point K is a pole of circle ABG. Since circle CW is parallel to circle ABG, the perpendicular which is drawn from point C to the plane of circle ABG is equal to the perpendicular which is drawn from point W to the plane of circle ABG. [5]Similarly also, it is equal to the perpendicular which is drawn from point Y to the plane of circle ABG.[5]

---

8. "But NZ is similar to Jā, and arc ZF is similar to arc Iā".

1. "for it is at the vertex".

2. "some circle, circle VCPW".

3. "On a diameter, the diameter from point V to point ā".

4. "around".

5. Heiberg would delete this.

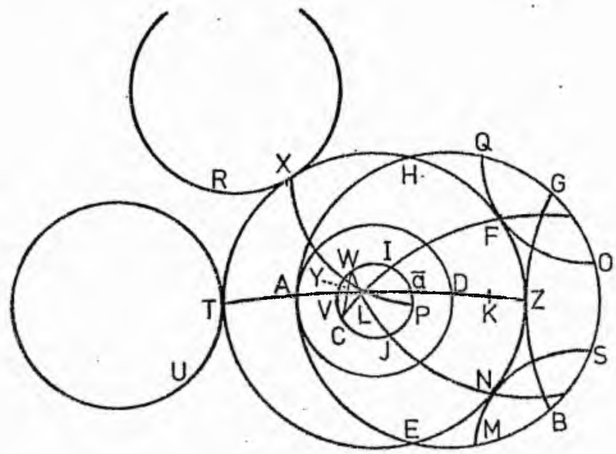
The perpendicular which is drawn from point C to the plane of circle ١٠ :٧١
ABG is longer than the perpendicular which is drawn from point V to
the plane of circle ABG. Therefore the perpendicular which is drawn
from point W to the plane of circle ABG is longer than the perpend-
icular which is drawn from point V to the plane of circle ABG.
/Similar also is the perpendicular drawn from point C,/ [1]for each one
of them is equal to the perpendicular which is drawn from point Y.[1] ١ :٧٢
Therefore point W is higher than point V, and point W is a
pole of circle MNS, and point V is a pole of circle BZG. The pole
of circle MNS is higher than the pole of circle BZG, and circles
whose poles are higher are more greatly inclined /to the planes to
which they are (inclined). Therefore circle MNS is more greatly
inclined to circle ABG than circle BZG. Therefore circle BZG is more
greatly elevated than circle MNS. We might similarly prove also that
circle BZG is more greatly elevated than all of the circles which ٥ :٧٢
touch circle EZHT. Therefore circle BZG is more[2] greatly elevated
than all of these circles.

I say that circle UT is more[3] greatly declined than all of them.
For the perpendicular which is drawn from point ā to the plane of
circle ABG is longer than the perpendicular which is drawn from point
P to the plane of circle ABG. Therefore point ā is higher than point
P. Point ā is a pole of circle UT, and point P is a pole of ١٥ :٧٢

---

1. Heiberg would delete this.
2. "the most".
3. "the most...of".

circle RX. Therefore the pole of circle UT is higher than the pole of circle RX. Circles whose poles are higher are more greatly inclined /to the planes to which they are (inclined)./ Therefore circle UT is more greatly inclined to circle ABG than circle RX. Therefore circle UT is declined more than circle RX. We might similarly prove that it is also more declined than all the circles which touch circle EZHT. Therefore circle UT is more[1] declined than all of these circles.



Since the perpendicular which is drawn from point W /to plane ABG/ ٧٢: ١
is equal to the perpendicular which is drawn from point C to the plane of circle ABG, the distance of the two points W C from the plane /of circle ABG/ is an equal distance. Point W is a pole of circle MNS, and point C is a pole of circle OFQ. Therefore the distance of the poles of the two circles MNS OFQ from /the plane of circle ABG/ is an equal distance. Circles of which the distance of their poles from the planes /on which they are set up (at right ٧٢: ٥
angles)/ is an equal distance, their inclination is an equal inclination. Therefore the inclination of the two circles MNS OFQ on circle ABG is equal.[2]

Again the perpendicular which is drawn from point P to the plane

---

1. "the most...of".

2. "similar".

of circle ABG, since it is greater than the perpendicular which is drawn from point C to the plane of circle ABG, point P is higher than point C. Point P is the pole of circle RX, and point C is the pole of circle OFQ. Therefore the pole of circle RX is higher than the ٧٣: ١٠ pole of circle OFQ. Circles whose poles are higher are more greatly inclined /to the planes to which they are (inclined)/. Therefore circle RX is more greatly inclined to circle ABG than circle OFQ.

Therefore the circles MNS BZG OFQ RX UT are inclined on circle ABG. The most greatly elevated of them is circle BZG. The most declinated ٧٤: ٥ of them is circle UT. The two circles MNS OFQ are equally inclined. Circle RX is more greatly inclined on circle ABG than circle OFQ. Also, their poles are on [1]one circle of the parallel circles which is less than circle AD.[1] /That is what we wanted to prove./

xxii[2] ٧٤: ١٠

[3]If these matters are the same as we described,[3] and[4] the arcs which are drawn between the points of junction/, i.e., between the points of tangency of the circles and their cutting the first circle/, are equal, the great circles previously mentioned are similarly inclined.

Let the two arcs which are drawn from the two junctions N F/, i.e., from the two points of tangency, to the two points of their

---

1. "one circle both parallel to and less than circle AD".

2. "κγ'" or xxiii.

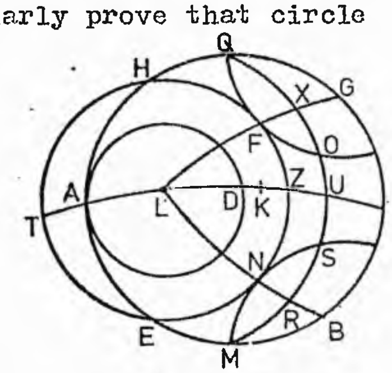
3. "Assuming the same things".

4. "if".

cutting circle ABG and the two circles MNS OFQ/, arcs MN FQ, be equal. ٧٤: ١٥
I say that the inclination of the two circles MNS OFQ to circle ABG
is a similar inclination.

Let us mark the pole of the two parallel circles AD EZHT. Let it ٧٥: ١
be point L. Let a great circle be described passing through the two
points A L, circle TALZU. It is clear that it will pass through point
K which is the pole of circle ABG. Let two great circles be described
passing/, each one of them,/ through point L and each one of the two
points N F, the two circles LNB LFG.

[1]Since the two circles EZHT MNS are on a sphere, and one of them ٧٥: ٥
touches the other,[1] and a great circle has been described passing
through the pole[2] of one of them and through the point of tangency,
circle LNB, circle LNB will pass through the two poles of MNS and will
be set up on it at right angles. We might similarly prove that circle
LFG also passes through the two poles of
circle OFQ and is set up on it at right
angles. Then, since there have been
constructed on equal circles, on their
diameters which are drawn from the two



points N F, two equal segments of circles set up on them at right
angles, the two segments NL FL, with the segments joined to them, and ٧٥: ١٠
there have been cut off from them two equal arcs, the two arcs NL FL,
and they are both less than half of [3]each one of the two arcs[3], and
there have been cut off from the first circles two equal arcs, the

1. "Since on a sphere two circles, circles EZHT MNS, touch each other".
2. "the poles".
3. "the whole arcs".

two arcs MN FQ, the straight line which joins point L and point M is
equal to the straight line which joins point L and point Q. Therefore
the circle which is described with pole L and distance LM will pass ٧٦: ١
through point Q also. Let it so pass, and let it be like circle MSOQ.
It is parallel to the two circles AD EZHT, for they are on[1] the same
poles. [2]Since the two circles ABG MSOQ are on a sphere, and one of
them cuts the other[2], and a great circle has been described passing
through their poles, circle TDKZU, circle TDKZU will bisect the seg- ٧٦: ٥
ments which are cut off from the circles. Therefore arc MU is equal
to arc UQ. Again, [3]since the two circles MNS MS cut each other[3], and
a great circle has been described passing through their poles, circle
LNB, circle LNB will bisect the segments which are cut off from the
circles. Therefore arc MN is equal to arc NS, and arc M[S]R is equal
to arc RS. We might similarly prove that arc OF also is equal to arc
FQ. Arc OX is equal to arc XQ. Then, since arc MN is equal/, in the
proposition,/ to arc FQ, and arc MNS is double arc MN, and arc OFQ is ٧٦: ١٠
double arc FQ, arc MNS is also equal to arc OFQ, and the two circles
are equal. Therefore the line which subtends arc MNS is equal to the
line which subtends arc OFQ. But the line which subtends arc MNS
also subtends arc MRS, and the line which subtends arc OFQ also sub-
tends arc OXQ.[4] The two arcs MRS OXQ are from the same circle, and
arc MRS is equal to arc OXQ, and arc MR is half of arc MRS, and arc ٧٧: ١
OX is half of arc OXQ. Therefore arc MR is equal to arc QX, and whole

---

1. "around".

2. "Since on a sphere two circles, ABG MSOQ, cut each other".

3. "Since on a sphere two circles, MNS MSUQ, cut each other".

4. add: "Therefore the line which subtends arc MRS is equal to the line which subtends arc OXQ."

arc MRSU is equal to whole arc TOXQ. Therefore remaining arc RSU is equal to remaining arc UOX, and they are from the same circle. There- ٧٧: ٥
fore arc RSU is similar to arc UOX. But arc RSU is similar to arc NZ, and arc UOX is similar to arc ZF. Therefore arc NZ is similar to arc ZF, and they are from the same circle. Therefore arc NZ is equal to arc ZF. Therefore the distance of the two circles MNS OFQ from the medial point of one of the two arcs /which circle EZHT cuts off from them/ is an equal distance. Circles whose distance from the ٧٧: ١٠
medial point of one of these two arcs is an equal distance are similarly inclined. Therefore the inclination of the two circles MNS OFQ to circle ABG is similar. /That is what we wanted to prove./

-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-

[1]The second chapter from the book of Theodosius on the spheres ends.[1] /It is twenty-two propositions. Praise be to God, Lord of the worlds./

---

1. Cf. Greek-Arabic Apparatus I, 110.27.

/In the name of God, the Compassionate, the Merciful
The third chapter from the book of Theodosius on the spheres/[1] ٧٨: ١

i

If on a circle some straight line is drawn cutting the circle into
two unequal parts, and there is constructed on it a segment of a ٧٨: ٥
circle not greater than [2]half of it[2], and it is set up on it at
right angles, and the arc of the segment is constructed /on the line/
is cut into two unequal parts, the line which subtends the smallest
arc is the shortest of all the straight lines which are drawn from
that point /at which the arc is cut/ to the greatest arc of the first
circle. /Similarly also,/ if the drawn line is a diameter of the
circle, and the remaining matters/, which obtained for the segment
which was not greater than half of the circle constructed on the line,/ ٧٨: ١٠
are the same, the drawn line previously mentioned is the shortest of
all the straight lines drawn from /that/ same point reaching the
circumference of the first circle, and the greatest of them is the
line which the greatest arc subtends.

Let some straight line be drawn in circle ABGD, line BD, which
cuts the circle into two unequal parts. Let arc BGD be greater than
arc BAD. Let us construct on line BD a segment of a circle not ٧٨: ١٥
greater than a semi-circle set up at right angles /to circle ABGD/,
segment BED. Let arc BED be cut into two unequal parts at point E.
[3]Let arc DE be greater than arc EB.[3] Let line EB be joined. I say

1. Cf. Greek-Arabic apparatus I, 112:1.

2. "a semi-circle".

3. "and let arc BE be less than arc ED".

4. "and let arc BE be less than arc ED".

that line BE is the shortest of all the straight lines which are
drawn from point E to arc BGD.

Let there be drawn from point E to the plane of circle ABGD per-
pendicular EZ. It will fall on the common section of the two planes ١ :٧٩
ABGD BED, which is line BD, for segment BED is set up on circle ABGD
at right angles. Let us mark[1] the centre of circle ABGD. Let it be
point H. Let line ZH be joined, and let it be produced in[2] two
directions to the two points T K. Let there be drawn from point E
to arc BLGD line EL. Let line ZL be joined.

Line[3] EZ is a perpendicular on the plane of circle ABGD. Therefore ٥ :٧٩
it makes right angles with all the lines [4]drawn from point Z[4] in the
plane of circle ABGD. Each one of the two lines ZB ZL which are in
the plane of circle ABGD is drawn from the end of line EZ. Therefore
each one of the two angles BZE LZE is right. Since line ZB is shorter
than line ZL, the square on line ZB is less than the square on line
ZL. We make[5] the square on line EZ common. Therefore the two squares
on the two lines EZ ZB are less than the two squares on the two lines ١٠ :٧٩
EZ ZL. But the square on line BE is equal to the (two) square(s) on
the two lines EZ ZL, and the square on line LE is equal to the two
squares on the two lines LZ ZE. Therefore the square on line BE is
also less than the square on line LE. Therefore line EB is shorter

---

1. "Let...be assumed".

2. The Arabic literally says: "Let it be drawn from...".

3. "Since line".

4. "tangent to it".

5. "Let...be added"; this expression is translated in this way idiomatically.

than line EL. We might similarly prove that it is shorter than all the straight lines drawn from point E and reaching arc BGD. Therefore line BE is shorter than all the straight lines drawn from point E and ١ :٨٠ reaching arc BGK[1].

[2]I say that the line nearer it of the straight lines drawn from point E between the two points K B is always shorter than that which is further from it.

Again, let line GE[3] be drawn. Let line ZG be joined.

Since line LZ is shorter than line ZG, the square on line LZ is ٥ :٨٠ also smaller than the square on line ZG. We make the square on line ZE common. Therefore the two squares on the two lines ZL ZE are smaller than the two squares on the two lines EZ ZG. But the two squares on the two lines LZ ZE are equal to the square on line LE, and the two squares on the two lines EZ ZG are equal to the square on line EG. Therefore the square on line LE is smaller than the square on line EG. Therefore line LE is shorter than line EG. ١٠ :٨٠

We might also similarly prove that whichever is near line EB of the straight lines drawn from point E between the two points B K is[4] shorter than whichever is distant.

Again[5], we join the two lines EK ED. I say that line EK is

---

1. "BGD"; the "K" of the Arabic probably represents a mis-reading, as D and K are often similar when written in a final position.

2. Heiberg notes that the following, as far as p.99, l. 15 , has not been proposed in the ennunciation of the proposition, cf. Heiberg, p. 115, n. 2.

3. "some other line, line GE".

4. add: "always".

5. In the Greek, this adverb follows the conjunction "that" after the following "I say".

longer[1] than all the straight lines which are drawn from point E and reach arc BKD, and that line ED is shorter than all the straight lines which are drawn from point E between the two points D K. ٨١: ١

Since line KZ is longer than line ZG, the square on line KZ is greater than the square on line ZG. We make the square on line ZE common. Therefore the two squares on the two lines KZ ZE, [2]the ٨١: ٥
square on line EK, is greater than the two squares on the two lines EZ ZG, [3]the square on line EG. Therefore line EK is longer than line EG. We might similarly prove that line EK is /also/ longer than all the straight lines which are drawn from point E and reach arc BKD. Therefore line EK is longer[4] than all the straight lines which are drawn from point E and reach arc BKD.

I say also that line ED is shorter than all the straight lines ٨١: ١٠
which are drawn from point E between the two points K D.

Again, let another straight line be drawn, line EM. Let line MZ be joined.

Since line DZ is shorter than line ZM, the square on line DZ is[5] smaller than the square on line ZM. We make line ZE common. There- ٨٢: ١٠
fore the two squares on the two lines EZ ZD, [6]which are equal to[6] the

---

1. "the longest of".

2. In Greek, this phrase in introduced with "i.e.", which phrase has normally been translated thus far in the text as "I mean" – the Arabic idiomatic phrase for "i.e."; here the expression used is that used thus far for introducing an appositive, "and it is".

3. idem.

4. "the longest of".

5. add: "also".

6. "i.e."; cf. supra , n. 2.

square on line ED, are smaller than the two squares on the two lines EZ ZM, [1]which are equal to[1] the square on line EM. Therefore line DE is shorter than line ME. We might similarly prove that line ED is shorter than all the straight lines which are drawn from point E and reach arc KD between the two points K D. Therefore line ED is shorter ٨٢: ٥ than all the straight lines which are drawn from point E and reach arc KD between the two points K D. The line which is nearer it of the lines drawn between the two points K D is[2] shorter than that which is further. /Since line ED is longer than line EB, if arc DE is also greater than arc EB, and line ED is shorter than all the straight lines drawn from point E to arc KD, line EB is much shorter than all the straight lines drawn from point E to arc KD. It is clear that it ٨٢: ١٠ is shorter than the straight lines drawn to arc KB also. Therefore line BE is shorter than all the straight lines drawn from point E to to arc BKD./[3]

Let drawn line BD be a diameter of the circle[4], and let all the remaining matters be unchanged. I say that line EB is shorter than

---

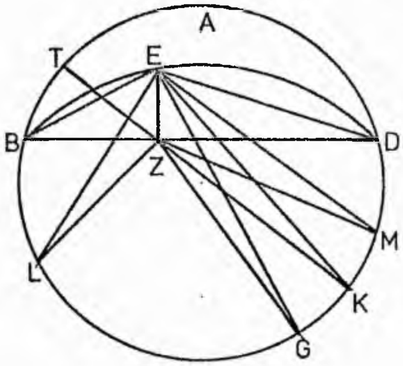
1. "i.e."; cf. p. 98, n. 2.

2. add: "always".

3. The foregoing is not found in the Greek text. It is similar to the scholion described by Heiberg as: "in textu ABDF post εὐθειῶν p. 114. 33, post εὐθεῶν p. 116.13 E; mg. σχ BD et postea add. A: 'Since EB has been proven the shortest of all the straight lines falling from point E to arc BGKD, and ED the shortest of the lines falling from point E to arc DMK, and EB is less than ED, then EB is the shortest of all the lines falling from point E to arc BLGKMD'", cf. Heiberg p. 186, schol. 12.

4. "circle ABGD".

all the lines drawn from point E reaching the circumference of circle ABGD, and that line ED is the longest of them. ٨٢: ١٥



[1]If the matters which we described are made the same[1], (since) arc DE is greater than arc EB, and perpendicular EZ has been drawn, line DZ is longer than line ZB, and line BD is a diameter of circle ABGD. Therefore the centre of (the) circle is on line ZD. Therefore line ZD is longer than line ZG. Line ZG is longer than line ZB. Therefore the square on line ZD is greater than the square on line GZ, and the square on line ZG is greater than the square on line ZB. We make ٨٣: ٥
the square on line ZE common. Therefore the two squares on the two lines DZ ZE, [2]which are equal to[2] the square on line DE, are greater than the two squares on the two lines GZ ZE, [2]which are equal to[2] the square on line GE (and the two squares on the two lines GZ ZE, which are equal to the square on line GE) are greater than the two squares on the two lines BZ ZE, [2]which are equal to[2] the square on line BE. Therefore line DE is longer than line EG, and it[3] is longer than line EB. Similarly[4] we might prove that line ED is the longest of all the ٨٣: ١٠
lines drawn from point E and reaching the circumference of circle ABGD. Line EB is the shortest of them.

---

1. The Greek has this in a Gen. Abs.; its conditional mood in the Arabic may explain why the "since" introducing the next phrase is missing.

2. "i.e."; cf. p. 98, nn. 2,6, p. 99, n.1.

3. "line EG".

4. Literally in Arabic "that", but it has probably been mis-spelled and should read "similarly".

Therefore line ED is longer[1] than all the lines which are drawn from point E to the circumference of circle ABGD, and line EB is the shortest[2] of them. /That is what we wanted to prove./

ii ٨٤: ١

If some straight line is drawn in a circle which cuts off from it a segment which is not smaller than a sem-circle, then there is constructed on it a segment of a circle which is not greater than a semi-circle and which is inclined to the segment which is not greater than a semi-circle, and the arc of the segment which is constructed is cut into two unequal parts, the line which subtends the smallest[3] ٨٤: ٥ arc is smaller than all the straight lines which are drawn from that[4] point /at which it is cut/ to the segment which is not smaller than a semi-circle.

Let some line be drawn in circle ABGD, line AG, cutting off from the circle a segment not smaller than a semi-circle, segment ABG. We construct on line AG segment AEG, inclined to segment ADG, which is not larger than a semi-circle. Let arc AEG be cut into two unequal parts at point E. Let arc GE be greater than arc EA. Let line EA ٨٤: ١٠ be joined. I say that line EA is shorter than all the straight lines which are drawn from point E to arc ABG.

Let there be drawn from point E to the plane of circle ABGD a perpendicular. It will fall between line AG and arc ADG, for segment

---

1. "the longest of".

2. "shorter than".

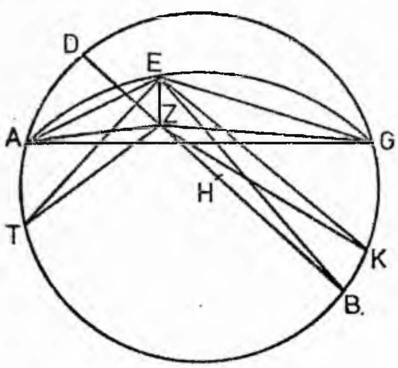
3. "smaller".

4. "the same".

AEG is inclined to segment ADG. Let it be so drawn. Let it be line
EZ, and let it meet the plane of the circle at point Z. [1]Let us mark[1]
the centre of circle ABGD. Therefore its centre will either be on
line AG or between line AG and arc BG, because we postulated that ٨٤: ١٥
segment ABG was not smaller than a semi-circle.

Firstly, let it be between line AG and arc ABG, and let it be point
H. Let line ZH be joined, and let it be produced in two directions ٨٥: ١
to the two points D B. Let there be drawn from point E to arc ABG
a straight line /which meets it/, line ET. Let the two lines AZ ZT
be joined.

Since line EZ is a perpendicular on the plane of circle ABGD, it
will make right angles with all the lines which meet it and are in
the plane of circle ABGD. Each one of the two lines AZ ZT, which are
in the plane of circle ABGD, meets line EZ. Therefore each one of ٨٥: ٥
the two angles AZE TZE is right. Then, since line AZ is shorter than
line ZT, the square on line AZ is smaller than the square on line ZT.
We make the square on line ZE common. Therefore the two squares
on the two lines AZ ZE, [2]which are equal to[2]
the square on line AE, are smaller than the
two squares on the two lines TZ ZE, [2]which
are equal to[2] the square on line TE. There-
fore line AE is shorter than line TE. We
might similarly prove that it is shorter also
than all the straight lines which are drawn from point E to arc ATB ٨٥: ١٠
/between the two points A B/.



1. "Let...be taken".

2. "i.e."; cf. p. 98, nn. 2,6, p. 99, n. 1, p. 100, n. 3.

We might similarly prove that whichever is near it of the straight lines which are drawn from point E to arc ATB between the two points A B is shorter than whichever is distant.

Let line BE be joined. I say that line BE is the longest of all the lines which are drawn from point E to arc ABG.

Then, since line BZ is greater than line ZT, the square on line ٨٥: ١٠
BZ is greater than the square on line ZT. We make the square of line
ZE common. Therefore the two squares on the two lines EZ ZB, [1]which
are equal to[1] the square of line EB, are greater than the two squares
on the two lines EZ ZT, [1]which are equal to[1] the square on line ET. ٨٦: ١
Therefore line BE is longer than line ET. We might similarly prove
that it is longer also than all the straight lines which are drawn
from point E to arc ABG /between the two points B G/.[2]

Let another straight line also be drawn, line EK. Let the two
lines ZK ZG be joined. ٨٦: ٥

Then, since line ZG is shorter than line ZK, the square on line ZG
is smaller than the square on line ZK. Let the square on line ZE be
common. Therefore the two squares on the two lines ZG ZE, [3]which are
equal to[3] the square on line GE, are smaller than the two squares on
the two lines KZ ZE, [3]which are equal to[3] the square on line EK.
Therefore line GE is shorter than line EK. We might similarly prove ٨٦: ١٠
that it is also shorter than all the lines which are drawn from point

---

1. "i.e.", Cf. p. 98, nn. 2,6; p. 99, n.1; p. 100, n. 3; p. 102, n. 2.

2. add: "Therefore EB is the longest of all the lines falling from point E to arc ABG. Also, let EG be joined. I say that EG is the shortest of all the lines falling from point E to arc BG between the points B G"; there is probably a haplography in the Arabic thus the inclusion of "between the two points B G".

3. "i.e.", Cf. supra, n. 1 and references there.

E to arc BKG between the two points B G. /Therefore line EG is the shortest of all the lines which are drawn from point E to arc BKG between the two points B G./ We might similarly also prove that whichever is near line EG is [1]the shortest of[1] the straight lines which are drawn from point E to arc BKG.[2]

We might similarly prove that, if segment ABG is a semi-circle, line AE is [3]the shortest of[3] all the straight lines which are drawn ٨٧: ١ from point E to arc ABG. /That is what we wanted to prove./

iii

If on a sphere there are two great circles cutting one another, and there are cut off from each one of them two equal arcs connected to one another on both sides of one of the two points at which they cut, ٨٧: ٥ the straight lines which join the ends of the arcs which are cut off on the same side are equal to one another.

Let there be on a sphere two great circles, the circles AB GD, cutting one another at point E. Let us cut off from each one of them two equal arcs connected to one another on both sides of point E/, the arcs AE EB GE ED./ Let arc AE be equal to arc EB, and arc GE to ٨٧: ١٠ arc ED. Let the two lines GA BD be joined. I say that line GA is equal to line BD.

For (the) circle which is described with pole E and distance EA will also pass through point B. As for point G, it will either pass through it also or it will not.

---

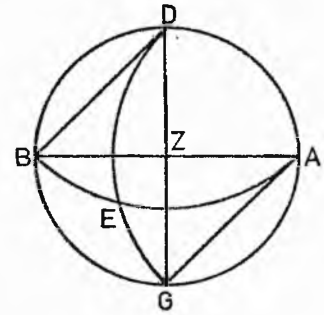
1. "shorter than".

2. add: "between the points B G".

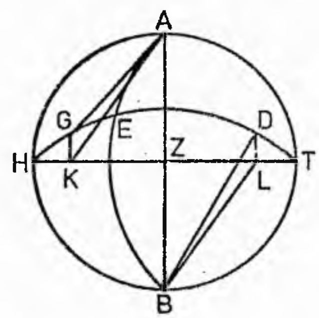
3. "shorter than".

Firstly, let it pass[1] through point G/, as in the first diagram/. Therefore it will pass through point D also, for arc GE is equal to arc ED. Let this circle be constructed/, it is circle AGBD/[2]. Let the common section of the two circles AGBD AEB be line (AB, and the ٨٧: ١٥
common section of the two circles AGBD GED line) GD.

Since great circle AEB[3], which is on a sphere (cuts some circle on the sphere) and passes through its two poles, circle AGBD, it bisects it and at right angles. Therefore line AB is the diameter of circle AGBD. We might similarly prove that line GD is also a diameter of circle AGBD. /Therefore point Z is the centre of circle AGBD, and/ the four lines ZA ZB ZG ZD are equal to one another. Then, since the two lines ZA ZG are equal to the two lines ZB ZD respectively, and angle AZG is equal to angle DZB/, for ٨٨: ٥
they are opposite,/ base AG is equal to base DB.



Again, the circle which is described with pole E and distance EA does not pass through point G; but it falls (beyond it)/, as in the second diagram/. Therefore it will pass through point B and will fall further from point D. Let it be constructed, and let it be like circle AHBT. (Let circle GED be completed) at the two points H T. Let the common section of the two circles AHBT AEB be line AB, and the common section of the two circles ٨٨: ١٠
AHBT HET be line HT.



1. add: "also".

2. A^2 corrects to read as the Arabic, cf. Greek-Arabic Apparatus I, 122.17.

3. "a great circle, circle AEB".

We might prove/, as we have also proven,/ that point Z is the
centre of circle AHBT, and that each one of the two circles AEB HET
is set up on circle AHBT at right angles. Let there be drawn from
the two points G D to the plane of circle AHBT the two perpendiculars
GK DL. Let the two lines AK LB be joined.

Then, since arc EH is equal to arc ET, for the pole of circle AHBT
is point E, and arc GE from one of them has been assumed[1] equal to ٨٨: ١٥
arc ED from the other, remaining arc GH is equal to remaining arc
DT. Then, since arc HET is a segment of a circle[2], and there has been
cut off from it two equal arcs, the two arcs HG DT, and the two per- ٨٩: ١
oendiculars LD GK[3] have been drawn, perpendicular KG is equal to
perpendicular DL, and line HK is equal to line TL, and whole line HE
is equal to line[4] ZT. Therefore remaining line [5]ZL is equal to
remaining line KZ[5]. Line AZ is equal to line ZB. Therefore the two
lines AK LB are equal /and parallel/. Then, since line AK is equal ٨٩: ٥
to line LB, and line KG is equal to line DL, the two lines AK KG
/together/ are equal to the two lines BL LD /together/ respectively,
and angle GKA is equal to angle DLB, for each one of them is right,
and base AG is equal to base DB. /That is what we wanted to prove./

iv

If on a sphere two great circles cut one another, and from one ٨٩: ١٠

---

1. "is".
2. add: "at right angles".
3. "perpendiculars..., the two perpendiculars GK DL".
4. "whole line".
5. Transposed ZL and KZ.

of them there are cut off two equal arcs connected to one another on each one of the two sides of one of the two points at which they intersect, then two parallel planes are drawn passing through the two produced points, and one of them meets the common section of the two planes /of the two angles/ outside the surface of the sphere in the direction of the point which we mentioned, and /each/ one of the two equal arcs is greater than each one of the two arcs which are cut off /from the other great circle/ by the two ٨٩: ١٥
planes drawn [1]from near[1] that same point, the arc which is between the point /at which the two great circles cut/ and the plane which does not meet /the common section/ is greater than the arc which is between that point and the plane [2]of the circle which meets the common section.[2]

Let there be on a sphere two great circles, the two circles AEB GED, cutting one another at point E. Let there be cut off from circle ٩٠: ٥
AEB of them two equal arcs, the two arcs AE EB, connected to one another on each one of the two sides of point E. Let two parallel planes be drawn passing through the two points A B, the two planes AD GB. Of them let plane AD meet the common section of the two planes AEB GED outside the surface of the sphere in the direction of point E. Let /each/ one of the two equal arcs AE EB be greater than each one of the two arcs GE ED. I say that arc GE is greater than arc ED.

For the circle which is described with pole E and distance EA will ٩٠: ١٠
pass through point B, and it will fall further from the two points G D, because each one of the two arcs AE EB is greater than each one of the two arcs GE ED. Let it be so drawn, and let it be like circle

1. "to".

2. "which meets the same circle".

AHBZ. Let the circle[1] be completed/, and let circle GED meet circle
AHBZ at the two points H Z./ Let (circle AD) meet circle AHBZ at
point T, and circle BG circle AHB at point K. [2]Let the common section
of the two circles AEB AHBZ be line AB, and the common section of the
two circles ADT AHBT be line AT, and the common section of the two ١٥ :٩٠
circles GED AEB be line EL, and the common section of the two circles
HEZ ADT be line MD, and the common section of the two circles KGB
HEZ be line GN.[2] Therefore[3] plane AD meets the common section of the
two planes HEZ AEB, [4]which is[4] line EL, outside the surface of the
sphere in the direction of point E, and so it meets it at point S.[5]
Therefore point S is on plane ADT; but it is on plane HEZ also. The ١ :٩١
two points D M are in each of the two planes ADT HEZ. [6]Therefore
line MD meets line LE outside the surface of the sphere in the direction of E, and they are on point S. Therefore they meet at it.[6]

[7]Great circle on a sphere AEB cuts some circle on the sphere, AHBZ,
and passes through its poles. Therefore it bisects it and at right

---

1. "circles".

2. In Greek, the sequence is common sections of: AHBZ & AEB, HEZ-AB, HZ; ADT, AHBZ-AT; KGB, AHBZ-KB; HEZ, ADT-DM; KGB, HEZ-GN.

3. "Since".

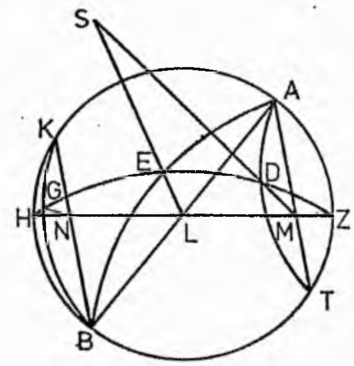
4. "i.e."; cf. p.98, n. 2; here a third phrase is used for the same idiom.

5. add: "let line EL be produced to point S".

6. "Therefore line MD falls outside the surface of the sphere in the direction of E. Therefore they will fall at S."

7. add: "Since".

angles. Therefore line AB is a diameter of circle AHB. We might ٥ :٩١
similarly prove that line HZ is also a diameter of circle AHBZ. Therefore point L is the centre of the circle. Then, since the two parallel planes KGB ADT have been cut by plane AHBZ, their two common sections are parallel. Therefore line KB is parallel to line AT.



Again, since the two parallel planes KGB ADT have been cut by plane HEZ, their two common sections are parallel. Therefore line GN is
parallel to line DM. Since each one of the two planes AB HEZ are set ١٠ :٩١
up on plane AB at right angles, their common section is also a perpendicular on plane AHB. Their common section is line EL. Therefore line EL is a perpendicular on plane AHBZ, and it makes right angles with all the lines which meet it in plane AHBZ. Each one of the two lines AB HZ, which are in plane AHBZ, meet line EL. Therefore line EL is a perpendicular on each one of the two lines AB HZ. Then, since
angle SLN is outside triangle SLM, it is greater than the angle inside ١٥ :٩١
and opposite it, angle SML. Angle SLN is right. Therefore angle SML is acute. Therefore angle SMZ is obtuse. Since line GN is parallel to line DM, and line HZ falls on them, angle GNH is equal to angle SML. Angle SML is acute. Therefore angle GNH is acute. /Since/ line [1] AT is parallel to line KB[1], and the two lines AB MN have been drawn /between them/, and line AL is equal to line LB, line NL is equal to line LM, and whole line HL is equal to whole line LZ.

---

1. "AM is parallel to NB"; the Arabic names points further along each line.

Therefore remaining line HN is equal to remaining line MZ. Since HEZ ٩٢: ١
is a segment of a circle, [1]and there have been cut off its chord two
equal lines, lines HN MZ[1], and the two lines GN DM have been drawn
parallel [2]and angle DMZ is obtuse, and angle GNH is acute[2], arc HG is
less than arc DZ. Since whole arc HE is equal to whole arc EZ, and[3]
arc GH is less than arc DZ, remaining arc GE is greater than remaining ٩٢: ٥
arc ED. That is what we wanted to prove.

v

If the pole of the parallel circles /on a sphere/ is on the circum-
ference of one of its great circles, and two great circles cut this
circle at right angles, one of them from the parallel circles and the
other inclined to the parallel circles, and two equal arcs are cut off
from the inclined circle connected to one another on the same side on ٩٢: ١٠
the greatest of the aprallel circles, then there are described some
parallel circles passing through the produced points, they will cut
off from the first great circle unequal arcs between them, and which-
ever of these is nearer the greatest of the parallel circles is[4]
greater than the arc which is further from it.

On the circumference of a great circle, circle ABG, let there be
the pole of the parallel circles, point A. Let two great circles cut ٩٢: ١٥
this circle, the two circles BZG DZA, at right angles, one of them,
circle BZG, from the parallel circles, and /the other/, circle DZE,
inclined to the parallel circles. Let there be cut off from the

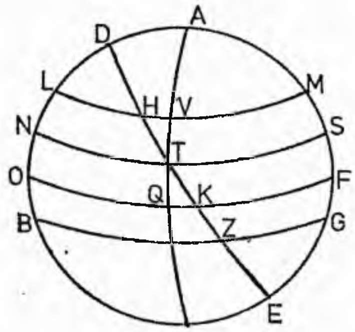
---

1. "and equal lines have been cut off, lines HN MZ".
2. The phrases are transposed.
3. add: "of them".
4. add: "always".

inclined circle[1] two equal arcs, the two arcs KT TH, adjacent on the ١ :٩٣
same side on circle BZG, the greatest of the parallel circles. Let
some parallel circles be described passing through the points K T H,
circles OKF NTS LHM. I say that they cut off from the first great
circle, ABG, unequal arcs, and the arc nearer the greatest of the
parallel circles is always greater than the arc which is further from
it. I say[2] that arc ON is greater than arc NL. ٥ :٩٣

Let a great circle be described passing through the two points A
T, circle ATQ.

(Then, since point A is a pole of circle OKF, arc ANO is equal
to arc ATQ) Again, since point A is a pole
of circle NTS, arc ALN is equal to arc AVT.
Therefore remaining arc NO is equal to remain-
ing arc TQ. We might similarly prove that arc
NL is also equal to arc VT. Therefore arc NO
is equal to arc TQ, and arc LN is equal to arc



VT. [3]Great circle ATQ on a sphere cuts one of the circles on the ١٠ :٩٣
sphere, circle OQF, and passes through its two poles. Therefore it
bisects it and at right angles. Therefore circle ATQ is set up on
circle OQF at right angles. There has been constructed on the
diameter of circle OQF[4], which is drawn from point Q, a segment of

---

1. add: "circle DZE".
2. add: "therefore".
3. add: "And since".
4. "of some circle, circle OFQ".

[1]circle OQF[1] at right angles, segment QT, with whatever is connected to it. /From it/ has been cut of an arc smaller than half the constructed segment, arc TQ. Therefore the straight line which joins point Q and point T is the shortest of all the straight lines which ٩٣: ١٥ are drawn from point T to circle OQF. Therefore the straight line which joins point Q and point T (is shorter than the line which joins point T) and point K[2]. The two circles /DE AQ/ are equal, for they are great. Therefore arc TQ is less than arc TK. We might similarly prove that arc TV is less then arc TH, [3]/because/ there has been constructed on the diameter [4]of circle LHM[4] a segment of a circle at right angles[5] with whatever is connected to it, and arc VT has been ٩٤: ٥ cut off less than half of the constructed segment.[3] Again, arc KT is equal to arc TH. [6]Therefore each one of the two arcs QT TV is less than each one of the two arcs KT TH.[6] Then, since circle BZG is parallel to circle LHM, and circle BZG meets the common section of the two circles HTK ATQ internally, i.e., at[7] the centre of the sphere, circle LHM meets the common section of the two circles HTK ATQ outside the surface of the sphere in the direction of point T. Since ٩٤: ١٠ the two great circles HTK TQ cut one another, and there have been cut

1. "a circle".

2. add: "Then the straight line joining point T and point Q is less than the straight line joining point T and point K".

3. Heiberg would delete this; in the Greek it is introduced by "Similarly stating".

4. "of some circle, circle LMH".

5. add: "segment VT".

6. "Therefore each one of the arcs KT TH is greater than the arcs QT TV".

7. "in the area of".

off from circle HTK of them two equal arcs, the two arcs KT TH, adjacent on each one of the two sides of point T, and there have been constructed[1] two parallel planes passing through the two points H K, the two planes LHM OQF, and of themplane LHM meets the common section of the two planes HTK VTQ outside the surface of the sphere in the direction of point T, and /each/ one of the two equal arcs KT
TH is greater than each one of the two arcs QT TV, arc QT is greater ١٥ :٩٤
than arc TV; but arc QT is equal to arc ON, and arc TV is equal to arc NL. Therefore arc ON is greater than arc NL. /That is what we wanted to prove./

vi ١ :٩٥

If the pole of parallel circles /which are on a sphere/ is on the circumference of /some/ great circle, and two great circles cut this circle at right angles, and one of the two circles is from the parallel circles, and the other is /from the circles/ inclined to the parallel
circles, and there are cut off from the inclined circle equal arcs ٥ :٩٥
connected in succession on one side of the greatest of the parallel circles, and great circles are described passing through the produced points and through the pole, they will cut off from the greatest of the parallel circles between them unequal arcs, and the arc which is nearer the first great circle will always be greater than the arc which is further from it.

On the circumference of great circle ABG[2] let there be the pole of the parallel circles, point A. Let [3]the two great circles BZG DZE[3]

1. "drawn".

2. "a great circle, circle ABG".

3. "two great circles...circles BZG DZE".

cut circle ABG at right angles. [1]Let circle BZG be [2]the ١٠ :٩٥
greatest[2] of the parallel circles and circle DZE inclined to the
parallel circles. From circle DZE let there be cut off two equal arcs,
the two arcs KT TH, in succession on one[3] side of circle BZG which is
the greatest of the parallel circles. Let us describe great circles
passing, each one of them, through point A and one of the points H T
K, the circles AHL ATM AKN. I say that arc LM is greater than arc MN. ١٥ :٩٥
Let /some/ parallel circles be described passing through the
points H T K, circles SHO FTQ RKX. Therefore arc RF is greater than
arc FS, as we have made clear previously. Yet arc RF is equal to arc
UT, and arc FS is equal to arc TV. Therefore arc UT is greater than
arc TV. Let arc TC be assumed equal to arc VT, and arc HT equal[4] ١ :٩٦
to arc TK. Therefore the straight line which joins point H and point
V is equal to the straight line which joins point C and point K.
Let a circle be described passing through point C parallel to the
first circles, circle CPW.
Then, since great circle APKN /which is on a sphere/ cuts some
circle on the sphere, circle CPW, and passes through its two poles, ٥ :٩٦
it bisects it at right angles. Therefore circle APKN is set up at
right angles to circle CPW[5]. Then, since the two parallel planes
BZG CPW have been cut by [6]plane APKN[6], their common sections are

---

1. add: "of them".

2. "one".

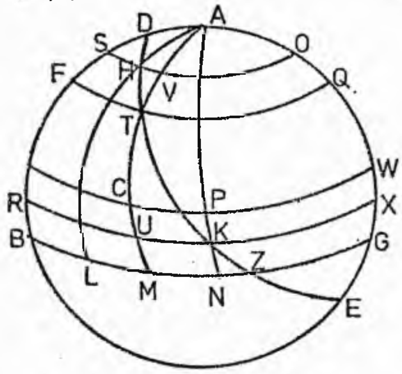
3. "the same".

4. "is equal".

5. add: "so that circle JCPW is also perpendicular to circle APKN", which Nizze suspected, cf. Heiberg, p. 134, note for line 18.

6. "some plane, plane APKN".

parallel. [1]Therefore the common section of the two planes APKN BZG is parallel to the common section of the two planes APKN CPW. The common section of the two planes BZG APKN is the diameter of the circle which is drawn from point N. Therefore the common section of the two planes APKN CPW is parallel to the diameter of circle APKN, which is ١٠ :٩٦
drawn from point N.[1] There has been drawn in circle APKN some line, the common section of the two planes BZG[2] APKN[3]/, which is drawn from point N/, and there has been constructed on it at right angles /to circle APKN/, segment CP, with the segment connected to this, and the arc of the set up segment has been cut into unequal parts at point C, and arc CP is less than half of the given[4] segment.



Therefore the straight line which joins point C and point P is [5]the shortest of[5] all the straight lines which are drawn from point C to ١٥ :٩٦
arc PKN. Therefore the straight line which joins point C and point P is shorter than the line which joins point C and point K.[6] The

---

1. "Therefore the common section of planes APKN BZG, which is the diameter of circle APKN drawn from point N, and the common section of planes APKN CPW are parallel, so that the common section of planes APKN CPW is parallel to the diameter of circle APKN".

2. "CPW".

3. add: "cutting the circle into unequal parts, for it is parallel to the diameter of circle APKN".

4. "set up".

5. "shorter than".

6. add: "So that the line joining C to K is greater than the line joining C to P".

line which is between point C and point K is equal to the line which ١ :٩٧
joins point H and point V. Therefore the line which joins point H
and point V is longer than the line which joins point C and point P.
Then, since circle CPW is nearer to the centre /of the sphere/ than
circle SHO, circle CPW is greater than circle SHO. Then, since the ٥ :٩٧
two circles SHO CPW are unequal, and circle SHO is the smaller of
them, and there has been drawn[1] in circle CPW the line which joins
point C and point P, and the line which joins point H and point V is
longer than the line which joins point C and point P, [2]arc HV is
greater than the arc similar to arc CP from its circle.[2] Yet arc
HV is similar to arc LM, and arc CP is similar to arc MN. Therefore ١٠ :٩٧
arc LM is greater than [3]the arc similar to arc MN from its circle[3],
and they are from the same circle. Therefore arc LM is greater than
arc MN. /That is what we wanted to prove./

vii

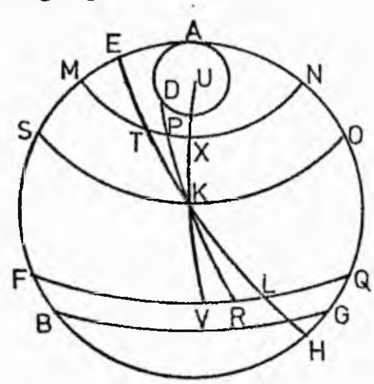
If, on a sphere, there is a great circle touching one of the
parallel circles, and there is another great circle inclined to the
parallel circles and touching two circles greater than the two circles
which the first circle touched, and the points of tangency are also ١٥ :٩٧
on the first great circle, and from the inclined circle there are
cut off equal arcs connected in succession on the same side of the
greatest of the parallel circles, and parallel circles are described
passing through the produced points, they will cut between them from

---

1. add: "in them straight lines, in SHO the line from H to V".
2. "arc HV is greater than similar to arc CP".
3. "similar to arc MN".

the first great circle unequal arcs, and the arc near the greatest of the parallel circles will[1] be greater than the arc which is further from it.

On a sphere, let [2]great circle ABG[2] touch one of the parallel ١ :٩٨ circles [on the sphere], circle AD, at point A. Let another great circle, inclined on the parallel circles, circle EZH, touch two circles greater than the two circles which circle ABG touched. Let the points of tangency also be on circle ABG at points E H. Let the greatest of the parallel circles be circle BZG. Let there be cut off ٥ :٩٨ from the circle[s] inclined to the parallel circles, circle EZH, two equal arcs, the two arcs LK KT, in succession on one[3] side of the greatest of the parallel circles[4]. Let parallel circles be described passing through the points T K L, the circles MTN SKO FLQ. I say that arc FS is greater than arc MS.



Let a great circle be described passing through point K and touching circle AD, circle RKD, such that the semi-circle drawn from point A in the ١٠ :٩٨ direction A B will not meet the sem-circle drawn from point D in the direction D R. Let us mark the pole of the parallel circles and let it be point U. Let a great circle be described passing through the two points U K, circle UKV.

Great circle UKV which is on a sphere cuts (some circle on the sphere) circle FLQ and passes through its two poles. Therefore it

---

1. add: "always".

2. "a great circle, circle ABG".

3. "the same".

4. add: "circle BZG".

bisects it and at right angles. Therefore circle UKV is set up (at
right angles) to circle FLQ. There has been constructed on [1]the
diameter of circle FLQ[1], which is drawn from point V, a segment of a ٩٨: ١٥
circle set up at right angles, segment UV, with the segment which is
connected to it, and it has been cut into two unequal parts at point
K, and arc KV is [2]the smaller of the two segments[2]. Therefore the
straight line which joins point K and point V is the shortest of all ٩٩: ١
the straight lines which are drawn from point K to [3]the circumference
of circle[3] FLQ, and the line near it is always smaller than that which
is further. Therefore the line which joins point K and point R is
shorter than the line which joins point K and point L.[4] The two
circles DR ELH are equal, for they are great. Therefore arc KL is ٩٩: ٥
greater than arc KR. We might similarly prove that arc TK is also
greater than arc KP, and [5]likewise[5] equal to arc KL. /Each/ one of
the two arcs TK KL is greater than each one of the two arcs KR KP.
Since circle BZG is parallel to circle MTN, and circle BZG meets the
common section of the two circles TKL PKR outside[6] the surface of the
sphere[7], circle MTN[8] meets the common section of the two circles TKL

---

1. "a diameter of some circle, circle FLQ".

2. "smaller than half".

3. "arc".

4. add: "so that the line joining K to L is greater than the line joining K to R".

5. "and TK is".

6. "inside".

7. add: "as at the centre of the sphere".

9. add: "being produced".

PKR outside the surface of the sphere [1]in the direction of[1] point K. ١٠ :٩٩
(Since)[2] the two great circles on a sphere TKL PKR cut at point K;
and there have been cut off from one of them[3] two equal arcs, the two
arcs TK KL, connected in succession on each of the two sides of the
points at which they cut; and two parallel planes have passed through
the two points T L, the two planes FLQ MTN; and of them plane MTN
meets the common section of the two planes TKL PKR outside the surface
of the sphere [4]in the direction of[4] point K; and /each/ one of the two
arcs TK KL is greater than each one of the two arcs RK KP, arc RK is ١٥ :٩٩
greater than arc KP. But arc RK is equal to arc (FS, and arc KP is
equal to arc) MS. Therefore arc FS is greater than arc MS. /That is
what we wanted to prove./

viii ١ :١٠٠

If on a sphere there is a great circle touching [5]one of the para-
llel circles[5], and there is /on it/ another great circle inclined to
the parallel circles and touching two circles greater than those
which the first circle touched, and the place(s) of tangency are also
on the first great circle, and from the inclined circle there are cut ٥ :١٠٠
off equal arcs connected in succession on the same side of the great-
est of the parallel circles, and great circles are described passing
through the points so made[6], and they cut off from the parallel

---

1. "as at".
2. The Arabic text has "but".
3. add: "circle TKL".
4. "as at".
5. "some circle on the sphere".
6. add: "touching that which the first circle touched".

circles between them similar arcs,[1] they will cut off between them from the greatest of the parallel circles unequal arcs, and the arc which is near the first great circle is[2] greater than that which is distant from it.

On a sphere, let there be great [3]circle ABG[3]. Let it touch one of ١٠ :١٠٠ the parallel circles on the sphere, circle AD, at point A. Let there be another great circle, circle EZG, inclined to the parallel circles and touching two circles greater than the two parallel circles which /the first great/ circle ABG touched. Let the places of tangency also be on circle ABG at the two points E G. Let the greatest of the parallel circles be circle BZ. Let there be cut off from inclined circle EZG two equal arcs, the two arcs HT TK, connected in succession ١٥ :١٠٠ on one side of circle BZG, the greatest of the parallel circles. Let us describe great circles, the circles DHL MTN SKO, passing through the points H T K and meeting circle AD at the points D M S. Let them cut off from the parallel circles between them similar arcs. I say that arc LN is greater than arc NO.

Let there be described parallel circles passing through the points H T K, the circles FHQ RT XUK. Arc RX is greater than arc RF, but

---

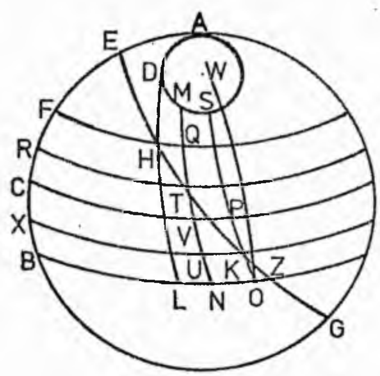
1. add: "making the semi-circles drawn from the points of contact to the points through which they are drawn asymptotic with the semi-circle of the first great circle on which was the point of contact of the inclined circle which (point) is between the visible pole and the greatest of the parallel circles,"; one of the Greek mss., A, adds these words in the margin; cf. Heiberg, p. 140, note for line 14.

2. add "always".

3. "a great circle, circle ABG".

arc RX is equal to arc TU, and arc RF is equal to arc TQ, and arc UT ١:١٠١
is greater than arc TQ. Let arc TV be[1] equal to arc TQ, and arc HT equal[2] to arc TK. Therefore the straight line which joins point (H and point Q is equal to the straight line which joins point) V and point K. Let a circle be described parallel to any one of the circles
FHQ RT XUK[3] and passing through point V, circle CVP. Let us mark the ٥:١٠١
pole of the parallel circles, and let it be point W. Let a great circle be described passing through the two points W O, circle WO.

On[4] a sphere, [5]great circle WO[5] cuts some circle on the sphere, circle BZ, and passes through its two poles, and so it bisects it and at right angles.[6] Therefore circle SO is inclined to circle BZ in the direction of A E B. Therefore circle BZ is inclined to circle SO in the direction
of X[7]. Circle BZ is parallel to circle CVP. ١٠:١٠١



Therefore circle CVP is inclined to circle SO in the direction of S. Since the two parallel planes BZ CVP have been cut (by some inclined plane, plane SO, their two common sections are parallel.) Therefore the common section of the two planes SO CVP is parallel to the common section of the two planes BZ SO. The common section of the

---

1. "be assumed".
2. "is equal".
3. add: "BZ".
4. "Since on...".
5. "a great circle, circle WO".
6. add: "then circle WO is perpendicular on circle BZ".
7. "A E B".

two planes BZ SO is a diameter of circle SO which is drawn from
point O. Therefore the common section of the two planes SO CVP[1]
divides the circle into two unequal parts, for it is parallel to the
diameter of circle SO. There has been constructed on it a segment
of a circle, CP, with whatever is connected to it, inclined on the ١٠٢:١
segment which is not greater than a semi-circle; and the arc of the
set up segment has been divided into two unequal parts at point V; and
arc VP is less than half of the constructed segment; and the straight
line which joins point V and point P is [2]the shortest of[2] all the
straight lines which are drawn from V to the arc which is not less ١٠٢:٥
than a sem-circle. Therefore the line which joins point V and point
P is shorter than the line which joins point V and point K. There-
fore the line which joins point V and point K/, we have proven that
it/ is equal to the line which joins point H and point Q. /The line
which joins point V and point P is shorter than the line which joins
point H and point Q./ Therefore the line which joins point H and ١٠٢:١٠
point Q is greater than the line which joins point V and point P.
Since circle CVP is nearer to the centre of the sphere than circle
FHQ, circle CVP is greater than circle FHQ. Since the two circles
CVP FHQ are unequal, and circle FHQ is the smaller of them, and there
has been drawn in circle FHQ of them the line which joins point (H
and point Q, and in circle CVP another line which joins point) V and

---

1. add: "which is drawn from point P, is parallel to a diameter of circle SKO drawn from point O. Some straight line has been drawn in a circle, circle SKO, which is the common section of SKO CVP, and".

2. "shorter than".

point P, and the line which was drawn in the smallest[1] circle was
longer than the line which was drawn in the greatest[2] circle,
because[3] the line between point H and point Q is longer than the line ١٠٢: ١٥
between point V and point P, arc HQ is greater than [4]the arc similar
to arc VP from its circle[4]. Yet arc HQ is similar to arc LN, and ١٠٣: ١
acr VP is similar to arc NO. Therefore arc LN is greater than [5]the
arc similar to arc NO from its circle[5], and they are from the same
circle. Therefore arc LN is greater than arc NO. /That is what we
wanted to prove./

ix

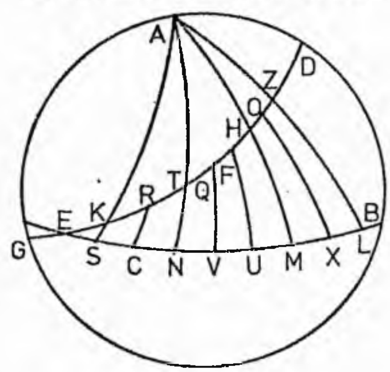
If the pole of the parallel circles is on the circumference of ١٠٣: ٥
a great circle, and two great circles cut this circle at right
angles, one of them from the parallel circles and the other inclined
to the parallel circles, and from the inclined circle there are cut
off two equal arcs not connected in succession on the same side of
the greatest of the parallel circles, and then great circles are
described passing through the points so made and through the pole,
they will cut off from the greatest of the parallel circles between
them unequal arcs, and the arc near the first great circle will ١٠٣: ١٠
always be greater than that which is further from it.

---

1. "smaller".
2. "greater".
3. "i.e.".
4. "similar to arc PV".
5. "similar to arc NO".

/On a sphere,/ let there be on the circumference of [1]circle ABG[1] the pole of the parallel circles, point A. Let two great circles, the two circles DEG BE, cut circle ABG at right angles. Let circle BE be from the parallel circles and circle DEG inclined to the parallel circles. Let there be cut off from [2]circle DEG[2] two equal ١٠٣: ١٥ arcs, the two arcs ZH TK, not connected in succession on the same side of the greatest of the parallel circles[3]. Let great circles be described passing through the points Z H T K and through pole A, the circles AZL AHM ATN AKS. I say that arc LM is greater than arc NS.

For arc HT is either commensurable with the two arcs ZH TK or it ١٠٤: ١ is not commensurable with them.



Firstly/, in the first diagram,/ let arc HT be commensurable with the two arcs ZH TK. Let [4]the two arcs ZH TK[4] be divided [5]by that magnitude which they share[5] at the points O F Q R. Let great cir- ١٠٤: ٥ cles be described passing through the points O F Q R and through pole A, the circles OX FU QV RC.

Then, since the successively connected arcs ZO OH HF FQ QT TR RK are equal to one another, the successively connected arcs LX XM MU UV VN NC CS are [6]not equal to one another, and the greatest of them is arc LX and what follows successively from that.[6] Then, since arc LX is greater than arc NC, and arc XM is greater than arc CS, whole arc ١٠٤: ١٠

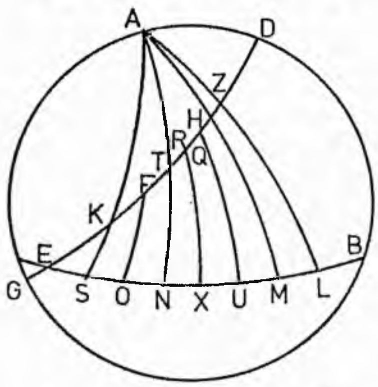
---

1. "a great circle, circle ABG". "2. "the inclined circle, circle DEG".
3. add: "circle BE". 4. "the arcs ZH HT TK".
5. "into parts", cf. Greek-Arabic apparatus I, 146.2.
6. "sucessively greater than each other, beginning with greatest arc LX".

LM is greater than whole arc NS.

If arc HT is not[1] commensurable with the two arcs ZH TK, I say that arc LM is greater than arc NS.

(If arc LM is not greater than arc NS,) it is either less than it or equal to it.



Firstly, if possible, let arc LM be less than arc NS, as in the second diagram. ١٠٤: ١٥

Let arc LB be[2] equal to arc NO. Let a great circle be described passing through pole A and point O, circle OF. Then, since there are [3]the three arcs KT TF HT[3], we mark some arc, arc TQ, greater than TF, less than arc TK, commensurable with arc HT. Let arc HR be[4] ١٠٥: ١ equal to arc TQ. Let two great circles be described passing through the two points R Q and through pole A, the two circles RX QU.

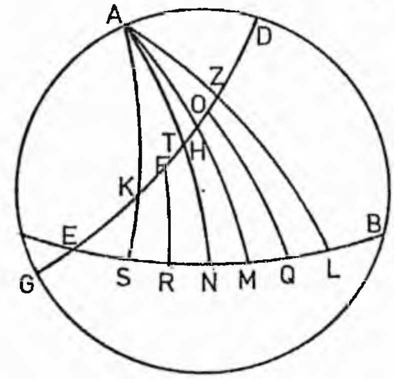
Then, since arc RH is equal to arc TQ, and arc HT is commensurable with each one of the two arcs RH TQ, arc MX is greater than arc (NU, ١٠٥: ٥ and arc LM is greater than arc ZM. Therefore arc ML is much greater than arc) NO. It was also equal to it. That is impossible. There- arc LM is not less than arc NS.

I say that it is also not equal to it.

---

1. "Let...not be".
2. "be assumed".
3. "three homogenous, unequal arcs, the arcs KT TF HT".
4. "be assumed".

If it is possible, let it be equal to it, as in the third diagram. Let the two arcs ZH TK be bisected at the two points O F (and let two great circles be described passing through the two points O F) and through pole A, the two circles OQ FR.



Then, since [1]arc ZO is equal to arc OH[1], ١٠ :١٠٥
arc LQ is greater than arc QM. Therefore arc LM is larger than double arc MQ. Again, since [2]arc (TF is equal to arc FK, arc) NR is greater than arc RS.[2] Therefore arc SN is less than double arc NR. (Then, since arc LM is equal to arc NS) and arc LM of them is greater than double arc MQ, and arc NS is less than double arc NR, arc QM is less than arc NR. We have assumed that the two arcs HO TF are equal. That is impossible /with that which was made clear in the second diagram of this proposition/. Therefore arc LM is not equal to arc NS. It is clear that it is not less than it. Therefore ١٥ :١٠٥
arc LM is greater than arc NS. /That is what we wanted to prove./

x

If the pole of the parallel circles is on the circumference of a great circle, and two great circles cut this circle at right angles, and one of them is from the parallel circles, and the other is inclined to the parallel circles, and on the inclined circle there ٥ :١٠٦
are marked two points at random on the same side of the greatest of the parallel circles, and great circles are described passing through

---

1. "the adjacent arcs ZO OH are equal to each other" and add: "then the adjacent arcs LQ QM are greater than each other beginning with the greatest, arc LQ".

2. "the adjacent arcs TF FK are equal to each other, the adjacent arcs NR RS are greater than each other beginning with the greatest, arc NR...

the points /so made/ and the pole, the ratio of the arc of the
greatest of the parallel circles which falls between the first great
circle and the[1] circle (described through the pole to the arc of)
the great inclined (circle) which falls between these same two circles
is as the ratio of the[2] arc of the greatest of the parallel circles
which falls between the great circles which pass through the pole ١٠٦:١٠
/of the parallel circles/ and the points which are marked to some arc
less than an arc of the inclined circle[s] between the marked points.

On the circumference of great circle ABG[3] let there be the pole of
parallel circles, pole A. Let two great circles cut circle ABG at
right angles, the two circles DEG BE; and circle BE is from the
parallel circles, and circle DEG is inclined to the parallel circles.
On [4]circle DEG[4] let there be marked two points at random, the two ١٠٦:١٥
points Z H, on the same side of circle BE, the greatest of the parallel
circles. With the two points Z H and pole A let there be described
two great circles, the two circles AZT AHK. I say that the ratio
of arc BT to arc DZ is as the ratio of arc TK to some arc less than arc
ZH.

For arc ZH is either commensurable with arc ZD or it is not so. ١٠٧:١

Firstly//, in the first diagram,/ let it be commensurable with it.
Let the two arcs ZD ZH be divided [5]by that quantity[2] at the points

---

and add: "Therefore arc NR is greater than arc RS".

1. add: "adjacent".

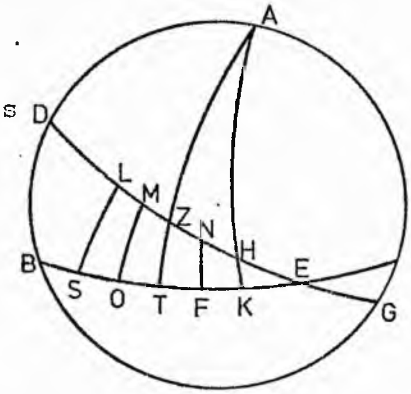
2. add: "adjacent".

3. "some great circle, circle ABG".

4. "the inclined circle, circle DEG".

5. "into parts"; but AE read "measures", cf. Greek-Arabic apparatus I, 150:9.

L M N. Let there be described great circles passing through points L M N and pole A, the circles LS MO NF. ١٠٧:٥



Then, since the successively connected arcs DL LM MZ ZN NH are equal to one another, some of the arcs BS SO OT TF FK are successively greater than others if we commence with the greatest arc BS. Then, since some of the successive arcs BS SO OT TF FK are greater than others, and the successive arcs DL LM MZ ZN NH are equal to one another (and the ١٠٧:١٠ quantity of the arcs BS BO OT is equal to the quantity of the arcs DL LM MZ) and the quantity of the two arcs TF FK is equal to the quantity of the two arcs ZN NH, the ratio of arc BT to arc DZ is greater than the ratio of arc TK to arc ZH. /For, since arc BS is greater than arc TF, and arc DL is equal to arc ZL, and if the measures are unequal, the ratio of their greatest measure to the same measure is greater than the ratio of the smallest measure to it, (and) the ratio of the measure of all the preceeding to all the following is greater than all the precceding to all the reamining./ If we make ١٠٧:١٥ the proportion of arc BT to arc DZ as the proportion of arc TK to some[1] arc, that arc is less than arc ZH[2].

[3]Then arc HZ is not commensurable with arc DZ.[3] I say that the ratio of arc BT to arc DZ is as the ratio of TK to some arc smaller than arc ZH.

---

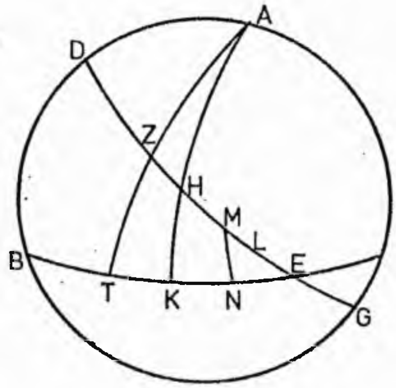
1. "some other".

2. add: "Therefore the ratio of arc BT to arc DZ is as TK to some arc less than ZH".

3. "Let arc HZ not be commensurable with arc DZ".

If that is not so, [1]then either its ratio to it is as the ratio of arc TK to an arc greater than arc ZH or it is as its ratio to arc ZH.[1]

Firstly, if possible, let be /as the ratio of TK/ to an arc greater than arc ZH, arc ZL, as in the second diagram. Since the three arcs LZ ZH ZD (are not equal) we cut off another[2] arc less than arc LZ, greater than arc ZH, and commensurable with arc ZD, arc ZM. Let us describe a great circle passing through point M and pole A, circle MN.



Then, since arc ZM is commensurable with arc DZ, the ratio of arc BT to arc DZ is as the ratio of arc TN to some arc less than arc ZM. The ratio of arc BT to arc DZ is as the ratio of arc TK to arc ZL. Therefore the ratio of arc TK to arc LZ is as the ratio of arc TN to some arc less than arc ZM[3]. [4]Arc NT is greater than arc TK. Therefore the arc which is less than arc ZM is greater than arc TK. Therefore the arc which is less than arc ZM is (greater) than it. That is impossible. Therefore the ratio of arc BT to arc ZD is not as the ratio of arc TK to some arc greater than arc ZL; but it is less than it.[4] That is impossible. Therefore the ratio of arc BT to arc ZD is not as the ratio of arc TK to some arc greater than arc ZH.

---

1. "then either it will be as to some arc greater than ZH or to it".

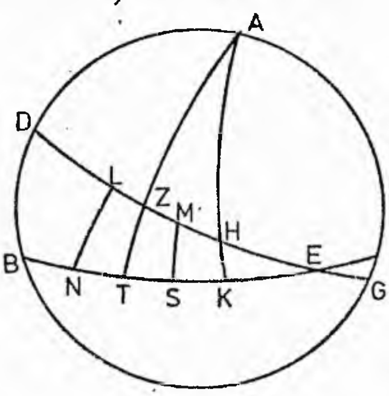
2. "some".

3. add: "and conversely, as TK is to TN, ZL is to an arc less than ZM".

4. "Therefore TK is less than TN. Therefore LZ is less than the arc less than ZM. But it is also greater".

I say that [1]its ratio to it is not as the ratio of TK to ZH.[1]

If possible, let the ratio or arc BT to arc ZD be as the ratio of arc TK to arc ZH, as in the third diagram. Let each of the two arcs DZ ZH be bisected at the two points L M. Let two great circles be described passing through each of the two points L M[2], the two circles LN MS.



Since [3]arc DL is equal to arc LZ, arc BN is ١ :١٠٩ greater than arc NT[3], and arc BT is greater than twice arc TN. We might similarly also prove that arc KT is less than twice arc TS.[4] Arc KT is less than twice arc TS. [5]Therefore the ratio of arc NT to arc TS is less than the ratio of arc BT to arc TK.[5] The ratio of arc BT to arc TK is as the ratio of arc DZ to ٥ :١٠٩ arc ZH. Therefore the ratio of arc NT to TS is less that the ratio of arc DZ to arc ZH. The ratio of arc DZ to arc ZH is as the ratio of arc LZ to arc ZM. Therefore the ratio of arc NT to arc TS is less than the ratio of arc LZ to arc ZM. If we exchange, the ratio of arc NT to arc LZ is less than the ratio of arc TS to arc ZM. If we make the ratio of arc NT to arc LZ as the ratio of arc TS to ١٠ :١٠٩ some arc, that arc is greater than arc ZM. It is clear /in the third

---

1. "neither is it the same ratio".

2. add: "and through pole A".

3. "The adjacent arcs DL LZ are equal to each other, the successive arcs BN NT are greater than each other beginning with the greatest, arc BN".

4. add: "Then, since arc BT is greater than double arc TN".

5. "The ratio of BT to TN is greater than KT to TS; conversely the ratio of BT to TK is greater than NT to TS".

diagram/ that that is impossible. Therefore the ratio of arc BT to arc DZ is not as the ratio of arc TK to arc ZH. It is clear that [1]its ratio to it is not as the ratio of TK to some arc greater than arc ZH.[1] Therefore it is as its ratio to some arc less than it. Therefore the ratio of arc BT to arc DZ is as the ratio of arc TK to some arc less than arc ZH. /That is what we wanted to prove./

xi ١٥ :١٠٩

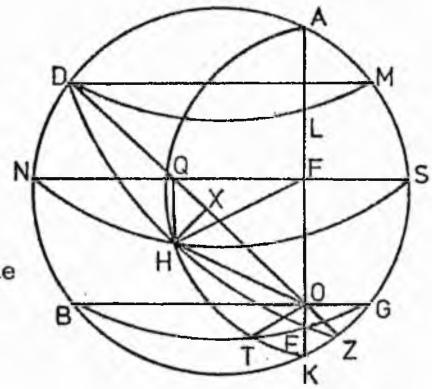
If the pole of the parallel circles is on the circumference of a great circle, and two great circles cut this circle at right angles, ١ :١١٠ and of them one is from the parallel circles, and the other is inclined to the parallel circles, and another great circle /is assumed/ passing through the pole of the parallel circles, and it cuts the inclined circle between the greatest of the parallel circles and the circle which the inclined circle /of the parallel circles/ touches, the ratio of the diameter of the sphere to the diameter of the circle which the inclined circle touches is greater than the ٥ :١١٠ (ratio of the) arc of the greatest of the parallel circles, which falls between the first great circle and the[2] circle /which meets it and passes/ through the two poles /of the parallel circles/, to the arc of the inclined circle which falls between those same circles.

On the circumference of great circle ABG let there be the pole of the parallel circles, point A. Let two great circles cut circle ABG at right angles, the two circles BEG DEZ. Let circle BEG be the ١٠ :١١٠

1. "neither is it toward a greater arc".

2. add: "adjacent".

greatest of the parallel circles.[1] Let there be another great circle, a circle which cuts circle DEZ and passes through the two poles of the parallel circles between circle BEG and the circle which circle DEZ touches, circle DLM. I say that the ratio of the diameter of the sphere to the diameter of the circle LM is greater than the ratio of arc BT to arc DH.



Let one of the parallel circles be described passing through pole ١٠ :١١٠
H, circle NHS. Let the common sections of these[2] planes be lines AK DZ BG NS DM TO HF HQ[3]...then line QX[4]...and angle QXH is equal to angle TOB[5]...line OQ to line QF is greater than the ratio of angle BOT to angle QOH. But the ratio of line QO to line QF is as the ١ :١١١
ratio of line OD to line DR, [6]and it is[6] the ratio of line DE to line DM. The ratio of angle BOT to angle QOH is as the ratio of arc BT to arc DH. Therefore the ratio of line ZD also to line DM is greater than the ratio of arc BT to arc DH. Line DZ is the diameter of the sphere, and line DM is the diameter of circle DLM. Therefore the ratio of the diameter of the sphere to the diameter of circle DL

---

1. add: "circle DEZ is inclined to the parallel circles".

2. "the".

3. The Arabic is missing nearly one page of Greek. This ommission may result from the scribe turning one too many pages in his exemplar.

4. Here is further omission of some seven lines of Greek text; an omission probably of scribal error, as there is no indication that he noticed the text being broken, cf. p. ١١٠ , notes ٤ ,٥ ,٦, for references.

5. This omission has no discernable cause, as the previous one.

6. "i.e."

is greater than the ratio of arc BT to arc DH. /That is what we wanted to prove./ ١١١: ٥

xii

If, on a sphere, two great circles touch the same circle of parallel circles, and they cut off between them from the parallel circles similar arcs, and another great circle inclined to the parallel circles touches two circles greater than the two circles which the first two circles touched, and it cuts the two circles ١١١: ١٠ [1]which one of the parallel circles touched[1] between the greatest of the parallel circles and the circle which the first two circles touched, the ratio of double the diameter of the sphere to the diameter of the circle which the inclined circle touched is greater than the ratio of the arc of the greatest of the parallel circles, which falls between the two circles which the same circle touched, to the arc of the inclined circle which falls between those same circle. ١١١: ١٥

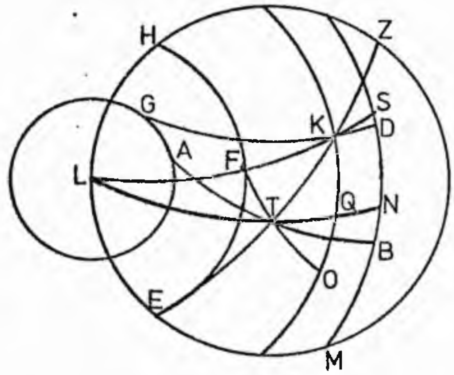
On a sphere, let [2]the two great circles AB GD[2] touch the same circle of the parallel circles, circle AG, at the two points A G. Let them cut off from the parallel circles between them similar arcs. Let another great circle, circle EZ, inclined to the parallel circles, ١١٢: ٥ touch two circles (greater than the two circles) which the two circles AB GD touched. Let circle EZ cut the two circles AB GD between the greatest of the parallel circles and circle AG which the two circles AB GD touch. Let the greatest of the parallel circles be circle MBZ.

---

1. "touching the same circle".

2. "great circles,circles AB GD".

Let the parallel circle which circle EZ touches be circle EH. I say that the ratio of double the diameter of the sphere to the diameter of circle EH is greater than the ratio of arc BD to arc TK.



Let the pole of the parallel circles be point L. Let great circles be described passing through point L and each one of the points E T K, circles EMHL LTN LKS. Let one of the parallel circles be described passing through point K, circle OK. Let great circle OTF be described passing through point T and touching circle EH at point F. ١١٢: ١٠

Since the two circles OK EFH are parallel, and two great circles, the two circles ETKZ OTF, have been described touching circle EFH at the two points E F, and a great circle has been described passing through [1]pole T[1], great circle LTQ, arc OQ is equal to arc QK, and arc RQ is less than arc QK, and arc RK is smaller than double arc KQ. ١١٢: ١٥ ١١٣: ١

But arc RK is similar to arc BD, and arc KQ is similar to arc NS. Therefore arc BD is smaller than double arc NS. Since the ratio of the diameter of the sphere to the diameter of circle EH is greater than the ratio of arc MN to arc ET, and the ratio of arc MN to arc ET is also greater than the ratio of arc NS to arc TK, and the ratio ١١٣: ٥ of the diameter of the sphere also to the diameter of circle EFH is greater than the ratio of arc NS to arc TK, if doubles of the previous are made, the ration of double the diameter of the sphere to the diameter of circle EFH is greater than the ratio of /the arc which is/

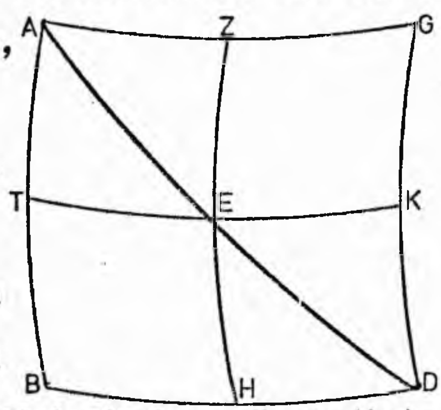
1. "point T and pole L".

double arc NS to arc TK. The ratio of double arc NS to arc TK is greater than the ratio of arc BD to arc TK, for the arc which is double arc NS is greater than arc BD. Therefore the ratio of [1]the diameter of the sphere to double the diameter of circle EFH[1] is much greater than the ratio of arc BD to arc TK. /That is what we wanted to prove./ ١٠ :١١٣

xiii

If, on a sphere, parallel circles cut off from some great circle equal arcs near the greatest of the parallel circles, and great circles are described passing through the produced points, and they either pass through the poles of the parallel circles or touch the same circle of the parallel circles, they cut off from the[2] parallel ١٥ :١١٣
circles between them equal arcs.

Let there be on a sphere the two parallel circles AB GD. Let them ١ :١١٤
cut off from great circle AED two equal arcs, the two arcs AE ED, near circle ZEH, the greatest of the parallel circles. Let great circles be described which pass through the points A E D, circles AZG TEK BHD, and which either pass through the pole of the parallel circles or touch the same circle of the parallel circles. I say that ٥ :١١٤
arc ZE is equal to arc EH.



For, since on a sphere there are two parallel circles, the two circles AB GD, which cut off from a great circle, circle AED, two

1. "double the diameter of the sphere to the diameter of circle EFH".

2. add: "greatest of the".

equal arcs, the two arcs AE ED, near circle ZH, the greatest of the parallel circles, circle AB is equal to circle GD. Since the two parallel, equal circles AB GD cut off from [1]great circle KT[1] the two ١١٤ : ١٠ arcs TE EK near circle ZH, the greatest of the parallel circles, arc TE is equal to arc EK, and arc AE is equal to arc ED, and the straight line which joins point A and point T is equal to the straight line which joins point K and point D. Therefore the /chord of/ arc AT is equal to the /chord of/ arc KD, and the circles are equal. Therefore arc AT is similar to arc KD. /For they are between two circles which either touch one of the parallel circles or which pass through their ١١٤ : ١٥ poles./ But arc AT is similar to arc ZE, and arc KD is similar to arc EH. Therefore arc ZE is similar to arc EH, and they are from the same circle. Therefore arc ZE is equal to arc EH. /That is what we wanted to prove./

xiv ١١٥ : ١

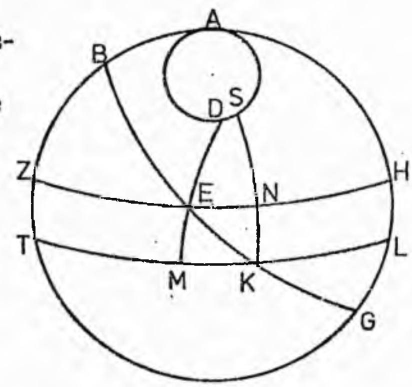
If, on a sphere, a great circle touches one of the /parallel/ circles on the sphere, and another great circle inclined to the parallel circles touches a circle greater than the circle[s] which the first circle[s] touches, the two great circles cut off from the parallel circles between them dissimilar arcs, and whichever of these arcs is ١١٥ : ٥ near[2] one of the two poles is[3] greater than [4]the arc of its circle similar to whichever is distant from it.[4]

---

1. "some great circle, circle KT".
2. "nearer than whichever is distant".
3. add: "always".
4. "similar".

On a sphere, let there be a great circle, circle ABG, touching one of the /parallel/ circles on the sphere, circle ADS, at point A. Let another great circle, circle BEG, inclined on the parallel circles, touch circles greater than the circles which /the first/ circle, ABG, touched. I say that the two circles ABG BEG cut off from the parallel ١١٥: ١٠
circles between them dissimilar arcs, and [1]whichever of them is near one of the two poles is greater than the arc of its circle similar to whichever is distant.[1]

Let there be marked on inclined circle BG two points at random, E K. With the two points E K let there be described two circles parallel to circle ADS, the two circles ZEH TKL. I say that arc EH is greater than /the arc of its circle/ similar ١١٥: ١٥
to arc KL, and that arc TK is greater than /the arc of its circle/ similar to arc ZE.



Let there be described two great circles passing through the two points E K, the two circles DEM SNK, and touching circle ADS. Therefore[2] the semi-circle which is drawn from point D in the direction of M does not meet the semi-circle which is drawn from point A in the ١١٦: ١
direction of /Z/ T, and the semi-circle which is drawn from point S in the direction of K does not meet the semi-circle which is drawn from point A in the direction of L.

Then, since the two semi-circles AL SK do not meet, and between them are the two arcs NH KL from the parallel circles, arc NH is ١١٦: ٥

---

1. "those nearer either of the poles will always be greater than similar to those more distant".

2. "so that".

similar to arc KL. For these reasons also, arc ZE is similar to arc TM, /and arc HNEZ is near one of the two poles, and arc LKMT is near the other pole/. Since arc NH is similar to arc KL, arc EH is greater than /the arc of its circle/ similar to arc KL. [1]Also, previously, arc TK is greater than the arc of its circle similar to arc ZE.[1] /That is what we wanted to prove./ ١١٦: ١٠

* * * * * * * * * * * * * * * * *

[2]The third chapter from the book of Theodosius on the spheres ends.[2] It is fourteen propositions. With its end, the book is complete.

God is all-knowing.

---

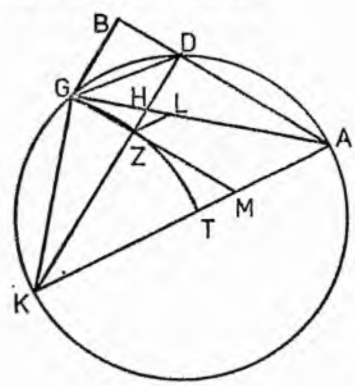
1. "Because of these things, arc TK is also greater than similar to arc ZE".

2. Cf. Greek-Arabic Apparatus I, 164.19.

This is the proposition, which we mentioned, at the end of the book.[1] ١ :١١٧

Triangle ABG with angle B right and line GD drawn at random. I
say that the ratio of AB to BD is greater than the ratio of angle
BDG to angle BAG.

Proof: Therefore the ratio of AD to DB, on the common section,
is greater than the ratio of angle DGA to angle BAG. We describe ٥ :١١٧
on triangle ADG circle AG. We draw DH to H parallel to BG and
produce it in a straight line to K. We join GK KA. I say that the
ratio of AH to HG is greater than the ratio of arc AD to DG. We
describe with point K and distance GK arc GZT. It is necessary
from what (?)[2] that the ratio of AH to HG is
greater than the ratio of sector TZK to sector ١٠ :١١٧
ZGK. Thus, it is as we shall designate it.
That is, we join GZ and produce it in a
straight line to M. Therefore, the ratio of
sector TZK to sector GZK is as the ratio of



angle ZKT to angle GKZ. That is as the ratio of angle DGA to angle
DAG. The ratio of triangle KZM to triangle KGZ is greater than the
ratio of the sector to the sector. Therefore, the ratio of MZ to ZG
is greater than the ratio of the sector to the sector. We draw ZL
parallel to AK. Therefore the ratio of AL is greater than the ratio
of the sector. The ratio of AHG to HG is greater than the ratio of
AL to BG. Therefore the ratio of AH to HG is greater than the sector ١٥ :١١٧
to the sector. We might put together the proof if we construct what
we have constructed. Therefore, we make it such that the ratio of the
sector to the sector is less than the ratio of AH to AHG. The
ratio of AH to HG is as the ratio of AD to DB, and the ratio of the

1. Cf. pp. xvii-xix for a discussion of what follows.
2. The Arabic here is obscure.

sector to the sector is as the ratio of angle ZKT to angle GKZ, that is angle BAG. Therefore, the ratio of AD to DB is greater than the ratio of angle GA to angle DAG. We have designated that the ratio of AB to BD is greater than the ratio of angle BDG to angle BAG. That is what we wanted to prove. ١١٨: ٥

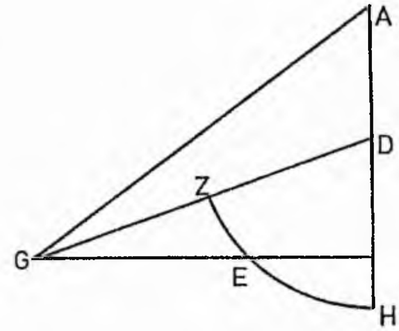
These things are clear if, from the circumference of a circle, there is cut off an arc less than half, and DG is drawn as its chord, and from one of the ends of the chord the diameter of the circle is drawn, and from the other end of the diameter line AG cuts the chord at random and terminates at arc DGK which has been mentioned. Therefore, the ratio of the portion of the chord near the diameter to the other portion ADB, is greater than the ratio (of the arc) near the diameter of the two portions of the assumed arc to the other arc. ١١٨: ١٠
Success is through God.

Triangle ABG with angle B right and line GD drawn at random. I say that the ratio of line AB to BD is greater than the ratio of angle BDG to BAG.

Proof: We draw from point D line DE parallel to line AG. It is clear that line DE is greater than line DB and less than line DG. If we make point D a centre and describe with distance DE a circle, it may cut outside the triangle. We draw HA from it. Let it be like ZEH. ١١٨: ١٥

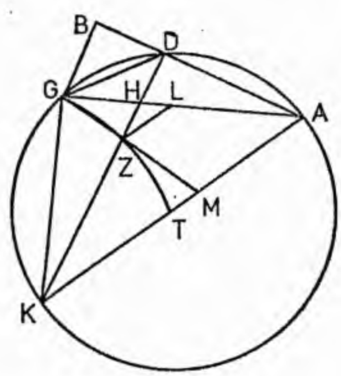
Since ED is parallel to GA, the ratio of AD to DB is as the ratio of GE to EB. The ratio of GE to EB is as the ratio of triangle DEG to triangle BDE. Therefore, the ratio of line AD to DB is as the ratio of triangle DEG to triangle DBE. The ratio of triangle DGE to triangle DBE is greater than the ratio of triangle DGE itself to sector DZE, because it is greater than triangle BDE. Therefore, ١١٩: ٥

the ratio of line AB to DB is greater than the ratio of triangle DEG to sector DEH. Therefore, the ratio of AD to DB is much greater than the ratio of sector DEH to sector DZE. If we exchange, the ratio of AB to BD is greater than the ratio of sector ZDH to sector DZE. The ratio of sector DZH to sector DZE is as the ratio of angle BDG to angle BDE. Therefore, angle BDE is equal to angle BAG. Therefore, the ratio of AB to BD is greater than the ratio of angle BDG to angle BAG. That is what we wanted to prove. ١٠ :١١٩



Triangle ABG with angle B right and line GD drawn at random. I say that the ratio of line AB to BD is greater than the ratio of angle BDG to angle BAG. In particular, the ratio of AD to DB is greater than the ratio of angle DGA to angle DAG.

Proof: We describe on triangle ADG a circle. We draw DHK parallel to BG, and we join AK KG. ١٥ :١١٩ We describe with distance KG arc GZT. We join GZ and produce it to M. We draw LZ parallel to AM. Since sector KTZ is less than triangle GZK, and triangle KZG is less than sector KZG, the ratio of triangle KZG, i.e., the ratio of MZ to ZG, i.e., the ratio of AL to GL, is greater than the ratio of sector TZK to sector KZG. But the ratio of AG to HG is greater than the ratio of line AL to AG. Therefore, the ratio of AG to HG, i.e., the ratio of AD to DB, is much greater than the ratio of sector TZK to sector KZG, i.e., the ratio of angle TKZ to angle ZKG, i.e., the ratio of AD to arc DG, i.e., the ratio of angle AGD to angle DGA. By the construction, the ratio of AD to DB is greater than the ratio of ٥ :١٢٠



angle TKG to angle KZG, i.e., the ratio of angle BDG to angle DAG. That is what we wanted to prove.

If DE is drawn parallel to GA, and a circle is constructed on centre D with distance AE cutting BG, it cuts BD if it is produced in a straight line to Z. Let it be ZEH...and so forth. ٨:١٢٠

APPENDIX ONE

PROPOSITION NUMBERS

GREEK of HEIBERG	ENGLISH as in TRANSLATION	I 1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Α	A	ا	ا	ا	ا	ا	ا	ا	ا	ا	ا	ا	ا	ا	ا	ا	ا	ا	ا	ا	ا	ا
Β	B	ب	ب	ب	ب	ب	ب	ب	ب	ب	ب	ب	ب	ب	ب	ب	ب	ب	ب	ب	ب	ب
Γ	G	ج	ج	ج	ج	ج	ج	ج	ج	ج	ج	ج	ج	ج	ج	ج	ج	ج	ج	ج	ج	ج
Δ	D	د	د	د	د		د	د	د	د	د	د	د	د	د	د	د	د	د	د	د	د
Ε	E	ه	ه	ه	ه		ه	ه	ه	ه	ه	ه	ه	ه	ه	ه	ه	ه	ه	ه	ه	ه
Ζ	Z		ز	ز	ز		ز	ز	ز	ز	ز	ز	ز	ز	ز	ز	ز	ز	ز	ز	ز	ز
Η	H		ح	/ح/			ح		ح		ح	ح	ح	ح	ح	/ح/			ح	ح	ح	ح
Θ	T		ط		ط		ط		ط				ط	ط	ط	/ط/			ط	ط	ط	ط
Ι	Y																					
Κ	K		(ك)		ك		ك		/ك/				ك							ك		
Λ	L				ل		ل															
Μ	M						م															
Ν	N						ن															
Ξ	S																					
Ο	O																					
Π	F																					
Ρ	Q																					
Σ	R																					
Τ	X																					
Υ	U																					
Φ	V																					
Χ	C																					
Ψ	P																					
Ω	W																					
Ϛ	J																					
Ϙ	I																					
Ϡ	ē																					

GREEK of HEIBERG	ENGLISH as in TRANSLATION	II 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15a	b	c	16	17	18	19	20	21	22
Α	A	ا	ا	ا	ا	ا	ا	ا	ا	ا	ا	ا	ا	ا	ا	ا	ا	ا	ا	ا	ا	ا	ا	ا	ا
Β	B	ب	ب	ب	ب	ب	ب	ب	ب	ب	ب	ب	ب	ب	ب	ب	ب	ب	ب	ب	ب	ب	ب	ب	ب
Γ	G	ج	ج	ج	ج	ج	ج	ج	ج	ج	ج	ج	ج	ج	ج	ج	ج	ج	ج	ج	ج	ج	ج	ج	ج
Δ	D	د	د	د	د	د	د	د	د	د	د	د	د	د	د	د	د	د	د	د	د	د	د	د	د
Ε	E	ه	ه	ه	ه	ه	ه	ه	ه	ه	ه	ه	ه	ه	ه	ه	ه	ه	ه	ه	ه	ه	ه	ه	ه
Ζ	Z	ز	ز	ز	ز	ز	ز	ز	ز	ز	ز	ز	ز	ز	ز	ز	ز	ز	ز	ز	ز	ز	ز	ز	ز
Η	H	ح	ح	ح	ح	ح	ح		ح	ح	ح	ح		ح	ح	ح	ح*	ح	ح		ح	ح	ح	ح	ح
Θ	T	ط	ط		ط	ط					ط	ط		ط	ط	ط	/ط/	ط	ط		ط	ط	ط	ط	ط
Ι	Y																							ي	
Κ	K				ك	ك					ك	ك		ك	ك	ك	ك*	ك*	ك		ك	ك	ك	ك	ك
Λ	L					ل					ل	ل		ل	ل	ل		(ل)	ل		ل*	ل*	ل	ل	ل
Μ	M										م	م		م	م	م		م	م		م	م*	م	م	م
Ν	N											ن		ن	ن			ن	ن		ن		ن	ن	ن
Ξ	S													س	س		س*	س	س				س	س	س
Ο	O													ع	ع			ع*	ع*					ع	ع
Π	F													ث					ف					ف	ف
Ρ	Q													(ق)					ق					ق	ق
Σ	R													ر										ر	ر
Τ	X													ش										ش	ش
Υ	U													ت										ت	ت
Φ	V													ف										ث	
Χ	C																							خ	
Ψ	P																							ذ	
Ω	W																							ض	
Ϛ	J																							ص	
Ϙ	I																							غ	
Ϡ	ē																							و	

GREEK of HEIBERG	ENGLISH as in TRANSLATION	III 1	2	3a	b	4	5	6	7	8	9a	b	c	10a	b	c	11	12	13	14
Α	A	ا	ا	ا	ا	ا	ا	ا	ا	ا	ا	ا	ا	ا	ا	ا	ا	ا	ا	ا
Β	B	ب	ب	ب	ب	ب	ب	ب	ب	ب	ب	ب	ب	ب	ب	ب	ب	ب	ب	ب
Γ	G	ج	ج	ج	ج	ج	ج	ج	ج	ج	ج	ج	ج	ج	ج	ج	ج	ج	ج	ج
Δ	D	د	د	د	د	د	د	د	د	د	د	د	د	د	د	د	د	د	د	د
Ε	E	ه	ه	ه	ه	ه	ه	ه	ه	ه	ه	ه	ه	ه	ه	ه	ه	ه	ه	ه
Ζ	Z	ز	ز	ز	ز	ز	ز	ز	ز	ز	ز	ز	ز	ز	ز	ز	ز	ز	ز	ز
Η	H	ح	ح		ح	ح	ح	ح	ح	ح	ح	ح	ح	ح	ح	ح	ح	ح	ح	ح
Θ	T	ط	ط		ط	ط	ط	ط	ط	ط	ط	ط	ط	ط	ط	ط	ط	ط	ط	ط
Ι	Y																			
Κ	K	ك	ك		ك	ك	ك	ك	ك	ك	ك	ك	ك	ك	ك	ك	ك	ك	ك	ك
Λ	L	ل			ل	ل	ل	ل	ل	ل	ل	ل	ل	ل	ل	ل	ل	ل		ل
Μ	M	م				م	م	م	م	م	م	م	م	م	م	م	م	م		م
Ν	N						ن	ن	ن	ن	ن	ن	ن	ن	ن	ن	ن	ن		ن
Ξ	S					س	س	س	س	س	س	س	س	س	/س/		س	س		س
Ο	O						ع	ع	ع	ع	ع	ع	ع	ع			ع	ع		
Π	F						ف	ف	ف	ف	ف	ف	ف	ف			ف	ف		
Ρ	Q						ق	ق	ق	ق	ق	ق	ق				ق	ق		
Σ	R						ث	ر	ر	ر	ر	ر	ر				رٌ	ر		
Τ	X							ش	ش	ش	ش	ش								
Υ	U							[ت]	ت	ت	ت	ت								
Φ	V							ث	ث	ث	ث									
Χ	C							خ		ح	ح									
Ψ	P							ذ	ذ	ذ										
Ω	W							ض		ض										
Ϛ	J							(ص)												
Ϙ	I																			
Ϡ	ē																			

/ /= Letter added in drawing
[ ]= Letter omitted in drawing
* = Letter added in drawing and text
( )= Letter omitted in drawing and text

LETTERING CONVENTION

This table sets out the convention of lettering in the text and diagrams. The numbering of propositions follows the sequence of the Arabic text.

Appendix Two

Greek-Arabic Apparatus I

Sigla:

A = Vat. Gr. 204
B = Vat. Gr. 202
C = Vat. Gr. 203
D = Par. Gr. 2342
E = Par. Gr. 2448
F = Par. Gr. 2390
P = Posited Greek text of the Arabic translation
H = Text as presented by Heiberg

2.1 Α΄]H; θεοδοσίου σφαιρικῶν πρῶτον, AB; θεοδοσίου σφαιρικῶν $\bar{\alpha}$, CD; θεοδοσίου σφαιρικῶν, E; "The first chapter from the book of Theodosius on the spheres", P.

2.6 διάμετρος]ABCF; ἄξων, DEP.

2.10 ἐστὶ]ABCF; λέγεται, DEP.

2.11 σημείου]ABCF; πᾶσαι, DEP.

2.14 τῇ κοινῇ τομῇ]D; ταῖς κοιναῖς τομαῖς, EP.

2.18 ἡ]ABCF; ἡ γιγνομένη in ras. D; ἡ γινομένη E; "so made" P.

6.14 post ἐπιπέδῳ add. αὐτου E; "of the circle", P.

8.9 BA(alt.)]ABDEF; corr. ex AB, C; "AB", P.

8.10-11 τομὴν...εὐθεῖαν]ABCDF; τομὴν δὴ ποιήσει ἐν μὲν τῇ ἐπιφανείᾳ τῆς σφαίρας τὸν ΑΓΔ κύκλον, ἐν δὲ τῷ ἐπιπέδῳ τὴν ΑΖΕ (ΕΑΖ,P) εὐθεῖαν, EP (om. τομὴν, P).

8.18 ΑΓΔ(pr.)]ABCDF; ΑΔΓ EP.

10.8 τὸ ὑποκείμενον ἐπίπεδον]BCDEF; τὸ αὐτὸ ἐπίπεδον, A; "to it" P.

12.21 NK]ACDF; HK, BP, e corr.A. KH]CDF; mut. in KN, AB; "KN" P.

14.1 NK]CDEF; HK, ABP. KH(pr.)]BCDEF; KN, AB^{2}P.

16.20 γραμμὴν]ABCDEF; mut. in περιφέρειαν A^2; "arc" P.

18.1 AE]ACDEF ; EA, BA^{2}P.

18.22 ΑΒΓ]ABCDF; ΑΒΓ κύκλου, EP; κύκλου supra add. A^2.

22.3 ante ἐν ins. τὰ E,H,Z ἄρα, A^2; "therefore the points E H Z", P.

22.18 HK]BCDE; H-, in ras. A; -K, mut. in Θ, A^2; HΘ, FP.

HΘ]ABCDE; mut. in HK, A^2; HK, FP.

22.19 AB]E; ΓΔ, ABCDFP.

22.25 τῇ σφαίρᾳ]H; τῆς σφαίρας, ABCDEFP.

28.16-17 ὀρθός...κύκλος]ACDEF; om. BP; mg. C^2.

32.6 τὴν διάμετρον]ABCDEF; mut. in τῇ διαμέτρῳ ἴσην, A^2; "a line equal to the diameter", P.

32.8 τὴν διάμετρον]ABCDEF; mut. in τῇ διαμέτρῳ ἴσην, A^2; "a line equal to the diameter", P.

32.12 post Γ scr. P: "Let us conceive that the lines AG GB BA are joined"; post Γ (32.9) ins. καὶ ἐπεζεύχθωσαν αἱ AB,ΒΓ,ΓΑ mg. A^2.

32.22 καί ἐστιν...καί ἡ]del. A^2, om. P; mg. A^2, text. P: (κείμενον) δύο δὴ τρίγωνά ἐστι τὰ AΘΓ,ΔHZ τὰς δύο γωνίας τὰς ὑπο ΑΓΘ,ΓΘΑ ταῖς δυσὶ γωνίαις ταῖς ὑπο ΔZH,ZHΔ ἴσας ἔχοντα ἑκατέραν ἑκατέρᾳ καὶ μίαν πλευρὰν μιᾷ πλευρᾷ ἴσην τὴν ὑποτείνουσαν ὑπο μίαν τῶν ἴσων γωνιῶν τὴν ΑΓ τῇ ΔΖ· καὶ τὰς λοιπὰς ἄρα πλευρὰς ταῖς λοιπαῖς πλευραῖς ἴσας ἕξει ἑκατέραν ἑκατέρᾳ

34.2 τὴν διάμετρον]ABCDEF; mut. in τῇ διαμέτρῳ ἴσην, A^2; "a line equal to the diameter", P.

34.3 τὴν διάμετρον]ABCDEF; mut. in τῇ διαμέτρῳ ἴσην, A^2; "a line equal to the diameter", P.

34.6 τὴν διάμετρον]ABCDEF; mut. in τῇ διαμέτρῳ ἴσην, A^2; "a line equal to the diameter", P.

34.14 AΔB] -Δ- e corr. A; ABΔ, EP.

34.21 EHΘ]ABCDF; EΘH, EP.

40.3-29 KB'...ἐστιν] om. P.

40.29 In fine τέλος τοῦ α̅, AC ; τέλος τοῦ πρώτου, F; spatium 1 linea BD; "The first chapter from the book of Theodosius on the spheres ends. It is twenty-two propositions," P post κύκλου 40.2.

42.1 B']H; θεοδοσίου σφαιρικῶν βιβλίον β̅, E; σφαιρικῶν β̅, ACD; σφαιρικῶν δεύτερον, BF ; βιβλίον δεύτερον mg. postea add. B; "The second chapter from the book of Theodosius on the spheres", P.

42.12 ἡ HΘ...ἐστίν(13)] om. DP.

44.1 εὐθεῖα γραμμὴ]ABCDEF; del. γραμμὴ A^2; "line" P.

52.31 ZΔEΓ]ABCDF; ZΓEΔ, EP.

52.32 πάντως]D; comp. BF; -ς e corr. A^2; πάντων, CP , τῶν C^2 ; τὰ Z,H,E σημεῖα τῶν, E.

60.5 KH]ADE; HK, BCFA^2P.

66.1 AEKHΓT]BDEF; AEHΓT, C ; AEKHΓ, AP sed mut. in AEKHΓΦ A.

70.3-4 οὐ...τεταρτημορίου] om. EP.

70.25 ΔΓΘ]ABDEF; ΔBΓΘ, CP.

70.26-28 ἡ δὴ...ἐλάττων]E; om. ABCDFP.

72.12 ΔME, ΔBΓ, ΔNH]E; ΔE, ΔΓ, ΔH ABCDFP.

* 74.28-30 ἡ BΓ...κατασκευάσαντες]E; τις λέγοι τὴν ἀπολαμβανομένην ἴσην τῇ τοῦ τετραγώνου πλευρᾷ τοῦ εἰς τὸν μέγιστον κύκλον ἐγγραφομένου εἶναι τὴν BΓ, ABCDFP.

76.10-17 ἐὰν...δηλαδή]E; om. ABCDFP.

80.13 BAΓΔ]E; ABΓΔ, ABCDFP.

80.16 AΓΔ]E; ABΓΔ, ABCDFP.

80.18 BAΔ]E; ABΓΔ, ABCDFP.

* 74.13-19 ὁμοίως...εὐθείᾳ]E, om. ABCDFP.

80.25-26 ἴσας...ἀφαιροῦσιν]ABCDF; ἐπὶ ἴσων περιφερειῶν βεβήκασιν, EP.

84.21 ΠΡΟ]ABCDF; ΟΡΠ, EP.

86.2 ΑΓΔ]E; ΑΒΓΔ, ABCDFP.

90.10-11 καὶ...σημεῖον]E; om. ABCDFP.

90.15 διὰ γὰρ]E; ἔστω γὰρ ὁ φανερὸς πόλος τῶν παραλλήλων τὸ Η σημεῖον καὶ διὰ, ABCDFP.

92.21 ἄρα]EA^2; ἄρα αὐτῶν, ACDFB^{2}P ; αὐτῶν, B.

96.10 ΕΗΘ]ABCDEF; mut. in ΕΖΗΘ A^2; "EZHT" P.

98.29-31 πορρώτερον...ΟΠΡ(pr.)]E; ἔστω ὡς ἔτυχε, ABCDF; "and the distance of the point of tangency of circle RX from point R be further than the point of tangency with it of the two circles MNS OFQ with it. Let that be as it may," P.

104.1 ϛ⋔]DF; ⋔ϛ, EP; ϛΛ, C ; ϛΤ, B, in ras. A^2.

106.15 τῶν ἐπιπέδων]ABCDEF; mut. in τοῦ ἐπίπεδου τοῦ ΑΒΓ κύκλου, A^2; "the plane of circle ABG", P.

110.27 κεκλιμένοι]ABCDF; κεκλιμένοι· ὅπερ ἔδει δεῖξαι, EP. In fine: τέλος τοῦ $\bar{\beta}$, AD ; τέλος τοῦ δευτέρου, BF^2; τέλος τοῦ δευτέρου λόγου, C ; "The second chapter from the book of Theodosius on the spheres ends. It is twenty-two propositions," P.

112.1 Γ΄]H; ἀρχὴ τοῦ $\bar{\gamma}$, A; σφαιρικῶν τρίτον, B^2; ἀρχὴ τοῦ τρίτου, C ; σφαιρκῶν $\bar{\gamma}$, D, + θεοδοσίου σφαιρκῶν τὸ τρίτον, E, mg. $\overline{\kappa\varepsilon}$; ἀρχὴ τοῦ τρίτου βιβλίου τῶν σφαιρικῶν, F ; "The third chapter from the book of Theodosius on the spheres", P.

114.10 ΒΓΔ]ABCDF; ΒΓΚ, EP.

114.15 ΖΛ]ABCDF; ΛΖ, EP.

114.23 ΚΔ]ABCDF; ΒΚΔ, EP.

116.33 ἐλάσσων]D; ἐλάσσων· ὅπερ ἔδει δεῖξαι, E; ἐλαχίστη, BCF, in ras. A^2; "the least of them. That is what we wanted to prove," P.

120.2 ΘΖ]ACDF; ΖΘ, BEP.

120.3 ΕΖ,ΖΘ]ACDEF; ΕΖ,ΘΖ B;"TZ,ZE"P; mut. in ΘΖ,ΖΕ A^2.

120.4 ΕΘ]ABCDF; ΘΕ, EP.

120.6-8 ἡ ἄρα...εὐθειῶν] ABCDF; om. EP.

122.17 ἐρχέσθω]ABCDEF; -σθω mut. in ἐρχέσθω καὶ ἔστω ὁ ΑΓΒΔ κύκλος, A^2; "let this circle be made; it is circle AGBD," P.

124.9 post σημεῖον supra add. τοῦ ΑΗΒΘ κύκλου, A^2; in P post πόλος 124.8: "of circle AHBT".

126.1 κατὰ]ADE; ὡς κατὰ, BCFA^2; "in the direction of" P.

128.12 post pr. καὶ supra add. ἐπεὶ A^2; "and since" P.

130.23 ΡΘ]ABCDF; ΘΡ, EP.

134.11 ϛΧΨΩ]BCEF; ΧΨΩ, ADP, corr. A^2.

134.12 ϛΧΨΩ]BCF; ΧΨΩ, ADEP, corr. A^2.

134.14 ϛΧΨΩ]BCEF; ΧΨΩ, ADP, corr. A^2.

134.17 ϛΧΨΩ]BCEF; ΧΨΩ, ADP, corr. A^2.

134.18 ϛΧΨΩ]BCEF; ΧΨΩ, ADP, corr. A^2.

150.9 μέρη]BCDF, e corr. A; μέτρα AEP.

154.5 περιφερείας]ABCDF; περιφερείας· ὅπερ ἔδει δεῖξαι, EP.

158.9 ΗΟΡ]ABCDEF; "QOH",P; mut. in ΡΟΗ, A^2.

164.19 In fine τέλος τοῦ τρίτου add. F^2; "The third chapter from the book of Theodosius on the spheres ends. It is fourteen propositions," P.

Greek-Arabic Apparatus II

It was found while compiling apparatus I that frequently the Arabic ms. differs from all the the Greek mss. over the letters used to represent points. Most frequently this takes the form of transposition, whereas sometimes different points on the same line are used. Examples of this type of difference are listed in this apparatus because they would seem to be peculiar to the Arabic rather than the Greek tradition. All sigla remain as for apparatus I, excepting P becomes a (as representing the Arabic tradition). The letters are given in their Greek equivalent to save the reader the necessity of constant reference to the transliteration table in appendix one.

6.21 ΑΓ,ΒΓ] ΑΓ,ΓΒ α.

6.22 ΑΓ,ΒΓ] ΑΓ,ΓΒ α.

6.24 ΔΑΒ] ΔΑΒΓ α; cf. appendix four, FIGURE I-iii.

6.28 ΔΑΒ] ΔΑΒΓ α; cf. appendix four, FIGURE I-iii.

8.26 ΒΑ] ΑΒ α.

10.24 Κ,Θ] Θ,Κ α.

10.26 ΘΛ,ΗΜ,ΚΝ] ΘΛ,ΚΝ,ΗΜ α.

12.10 ΛΗ] ΗΛ α.

12.19 ΛΗ(pr.)] ΗΛ α. ΛΗ(alt.)]ΗΛ α.

12.32 ΘΗ] ΗΘ α.

14.2 ΝΚ] ΚΝ α.

14.4 ΝΚ] ΚΝ α.

14.17 ΒΕ] ΕΒ α.

14.18 ΒΖ] ΖΒ α.

14.20 ΕΔ] ΔΕ α.

16.18 ΓΖ] ΖΓ α.

18.9 ΔΕ,ΕΑ] ΑΕ,ΕΔ α.

20.1 ΖΕ] ΔΕ α. ΕΔ] ΕΖ α.

20.3 ΕΔ] ΔΕ α.

20.4 ΗΕ]CEF; ΕΗ, ABD ; ΔΕ α. ΕΔ]BCEF ; ΗΔ, AD; ΕΗ, α.

20.5 ΗΔ] ΔΗ α.

20.6 ΕΒΗ] ΒΕΗ α.

20.9 ΒΔ] ΔΒ α.

20.12 ΕΖ] ΕΗΖ α.

20.21 ΕΖ] ΕΗΖ α.

22.5 ΕΖ] ΕΗΖ α.

22.7 ΕΖ] ΕΗΖ α.

24.14 ΘΑ] ΓΘ α.

24.16 ΕΒΖΔ] ΕΒΖ α.

30.1 ΒΑ,ΖΑ] ΖΑ,ΑΒ α.

30.7 ΒΕ] ΕΒ α. ΓΕ] ΕΔ α. ΔΕ] ΕΓ α.

30.8 ΒΕ(pr.)] ΕΒ α. ΒΕ(alt.)] ΕΑ α. ΕΑ(alt.)]Ε, ΕΒ, α;
ΕΖ, ABCDF.

30.9 ΑΕ] ΕΑ α.

32.1 ΔΕ] ΔΕΒΓ α.

34.6 ΒΓΔ] ΔΒΓ α.

34.10 ΖΕ] ΕΖ α.

34.15 ΑΔ,ΑΒ,ΒΔ,ΔΚ] ΑΒ,ΒΔ,ΑΔ,ΑΚ α.

34.22 ΗΘΕ] ΘΗΕ α.

36.10 ΓΔΕ] ΕΓΔ α.

36.11 ΓΔΕ] ΕΓΔ α.

36.14 ΖΕΗ(pr.)] ΕΖΗ α. ΖΕΗ(alt.)] ΕΖΗ α.

38.1 Δ] Α α.

38.2 ΔE] ΔZE α.

38.10 ΑΒΓ] ΑΔ α.

38.13 ΖΑ] ΖΗΑ α.

38.18 ΑΖ]ADE; ΑΓΖ,BCF ; ΑΔΖ, α.

38.25 ΖΑΘ] ΖΘ α.

38.26 ΖΑΘ] ΖΘ α.

38.31 ΖΑΘ]ADEF; ΖΑ, BC; ΑΘΖ, α.

40.1 ΖΑ] ΖΗΑ α.

42.14 ΑΒΓ(pr.)] ΑΒΓΔ α.

44.11 ΓΔΕ] ΔΕΓ α.

46.17 ΒΘΚ] ΒΚΘ α.

48.29 ΓΒ] ΓΕΒ α.

52.4 ΑΕΓΗ] ΑΕΗ α.

52.5 ΑΕ] ΕΑ α.

52.12 ΓΗ] ΗΓ α.

52.22 Ζ,Ε] Ε,Ζ α.

52.30 ΑΕΒΖ] ΖΑΕΒ α sed Ζ ins. a. m.

56.11 ΕΚΗ] ΕΗ α. ΕΗ] ΗΕ α.

56.23 ΖΘ] ΘΖ α.

58.30 ΒΜ] ΜΒ α. ΕΝ] ΝΕ α.

60.14 ΝΕ] ΕΝ α.

62.13 ΚΗ] ΗΚ α.

62.16 ΝΕ]BCDF; in ras. A; -Ε e corr. E; ΕΝ, a.

64.5 ΑΕΚΗΓΦΤ] ΑΕΚΗΓΤ α. ΒΖΛΘΔΥ] ΒΖΛΘΔΤ α.

64.6 ΚΛ] ΛΚ α. Κ,Λ] Λ,Κ α.

64.29 Κ,Λ] Λ,Κ α.

64.31 ΑΕΚΗΓΤ]BE; ΑΕ- in ras. F; pro -Ε- ras. 1 litt., C; -ΓΤ in ras., D; ΑΕΚΗΓΦ , A, -ΓΦ e corr. seq. ras. 2 litt.; ΑΕΗΓ, α.

66.17 AEKHΓ] AEKΓ α.

66.18 AEKHΓ] AEKΓ α.

66.21 ABΓ] ANBΓ α.

66.22 ΔΓB] ΔΠB α.

66.23 BΠΔ] BΔ α.

68.1 NB] BN α.

68.6 NBΓΠ] NΠ α.

68.9 EΞZ] EZ α.

68.17 KN] MKN α.

70.30 BΘ] ΘB α.

74.3 ΓΛ] ΛΓ α.

74.22 M] Γ α.

76.3 EM] ME α.

76.6 ΓH] HΓ α.

82.3 EΓMΔZ] EΓMZΔ α.

82.16 ΛΘKMΞ]-Θ- del.(?) B^2, corr. ex ΛΘKM,C^2; ΛNΘΞ α.

84.2 ΔM] MΔ α. BΛA] B- e corr. in scrib. F ; mut. in ΛAB, A^2 BΓA, -Γ- in ras., E; ΛΛB α.

84.22 OZ] ZO α.

86.2 BZ] ZB α.

86.3 BZ] ZB α.

86.5 BZ] ZB α.

86.30 HEΘ (pr.)] ΘEH α.

88.4 ΘEMHNZK] ΘEHNZK α.

88.5 ΘBΓK] ΘBΛΓK α.

88.7 ΘBΓK] ΘBΛΓK α.

88.10 ΘBΓK] ΘΛΓK α.

88.26 ΑΔ] ΑΜΝΔ α.

88.30 ΑΔ] ΑΜΔ α.

88.31 ΒΓ] ΒΛΓ α.

90.1 ΒΓ] ΒΛΓ α.

90.2 ΑΔ] ΑΜΝΔ α. ΒΓ (pr.)] ΒΛΓ α.

90.9 ΑΓΒΔ]E; ΑΒΓΔ, ABCDF; ΑΒΔΓ, A^2; ΑΕΖΒ, a.

92.12 ΖΘ] ΖΟΘ α.

92.25 ΒΞ] ΒΔ α.

96.21 ΜΚ] ΚΜ α. ΛΝ] ΝΛ α.

96.26 ΛΕ] ΕΛ α.

102.28 ΥΘ] ΘΥ α.

102.30 ΖΠ] ΠΖ α.

102.31 ΖΠ] ΠΖ α.

104.1 ϛϡ] ACDE; ϛ- in ras., F; ϛT, A^2C^2, in ras. B; ϡϛ α.

104.2 ϛϡ] ADEF; ϡϛ, α; ϛT, BA^2.

104.4 ϛϡ] ACDEF; ϡϛ, α; ϛT, BA^2. ΧΦ] ΦΧ α.

104.5 ΧΦ] ΦΧ α.

104.9 ΧΦ] ΦΧ α.

108.10 ΘΛΛΚΖΥ] ΘΛΛΖΥ α.

110.1 ΘΛΛΚΖΥ (pr.)] ΘΔΚΖΥ α. ΘΛΛΚΖΥ] ΘΔΚΖΥ α.

110.3 ΜΞΥΡ]ABCEF ; ΜΥΞΡ, D; ΜΞΥΘΡ, A^2; ΜΞ, α.

110.6 ΜΣ] ΜΞΣ α.

110.20 ΥΞΣ] ΣΞΥ α.

110.22 ΠΖ] ΖΠ α.

112.20 ΑΒΓ] ΑΒΓΔ α.

112.25 ΒΓΔ] ΒΛΓΔ α.

114.2 BZ(pr.)] ZB α. BZ(alt.)] ZB α.

114.5 EZ,ZB] EZ,ZΛ a. m. in marg. α. EZ,ZΛ] ΛZ,ZE α.

114.6 BE] EB α. ΛE] EΛ α.

114.17 ΓZ,ZE] EZ,ZΓ α.

114.26 ΓZ] ZΓ α.

114.32 KΔ] BKΔ α.

116.22 ΔZ] ZΔ α.

116.23 ZΓ (pr.)] ΓZ α.

118.23 ABΓ (pr.)] BΓ α.

120.5 AB] AΘB α.

120.25 ZΓ,ZK] ZK,ZΓ α.

122.24 AZ,ZΓ,ZB,ZΔ] ZA,ZB,ZΓ,ZΔ α.

122.25 AZ,ZΓ] ZA,ZΓ α. ΔZ,ZB] ZB,ZΔ α.

124.12 ΓK(alt.)] KΓ α.

124.14 BZ] ZB α.

124.15 ΓK] KΓ α.

126.22 AHBZ] AHB α.

126.29 AEB] AB α.

126.30 AHBZ] AB α.

128.1 AHBZ] AHB α.

130.19 OKΠ] OPΠ α.

130.20 OKΠ] OPΠ α.

130.21 OKΠ] OPΠ α.

130.25 OKΠ] OPΠ α.

132.7 ΣΘP] ΘP α.

132.10 OKΠ] OPΠ α.

134.9 ϛXΨΩ] XΨΩ α, cf. Greek-Arabic Apparatus I, 134.11,12, 14,17,18.

136.4 ΧΨΩ,ΞΗΟ] ΞΗΟ,ΧΨΩ α.

136.32 ΞΜ] ΜΞ α.

136.34 ΔΚΣ] ΣΚΔ α.

138.8 ΦΚΥ] ΥΦ α.

140.5 ΞΜ] ΜΞ α.

140.26 ΒΖ] ΒΖΓ α.

142.10 ΞΚΟ] ΞΟ α.

142.11 Α,Ε,Β] Τ α.

142.13 ΞΚΟ] ΞΟ α.

142.16 ΞΚΟ] ΞΟ α.

142.17 ΞΚΟ,ΒΖ(pr.)] ΒΖ,ΞΟ α. ΞΚΟ,ΒΖ(alt.)] ΒΖ,ΞΟ α.

142.22 ΞΚΟ] ΞΟ α.

146.20 ΣΗ] ΗΣ α.

146.23 ΤΜ] ΜΤ α.

148.11 ΞΝ] ΝΞ α.

148.12 ΟΗ] ΗΟ α.

160.3 ΛΕΜ] ΕΜΗΛ α.

160.4 ΘΠ] ΟΘΠ α.

Appendix Three

GLOSSARY

The Glossary is in two parts: Greek to Arabic and Arabic to Greek. The words have been given in their lexical form in the first instance, and under this are given other instances where either different terms translate the same word or particular uses of the word require separate entry. Up to five occurrences are recorded. More than five occurrences are indicated by the plus sign. In the Arabic section, references are from the right but with line first, page second.

A

ἄγω	2.14; 4.10; 6.8; 10.22; 16.6 +	خرج
	4.23; 16.3; 20.15; 44.29; 60.5 +	أخرج
ἀδύνατον	6.10; 50.22; 78.6,19; 80.4 +	غير ممكن
	46.20	محال
	6.29; 10.10	ممتنع
ἀέι	114.11; 130.9; 132.24; 138.12; 144.23 +	أبدا
ἄκρον, τό	44.29	طرف
ἀλλά	12.19; 32.19; 34.18; 104.3; 110.11 +	لكن
	6.28; 46.20; 50.7,19; 68.19 +	وقد
	18.8; 32.21; 52.13; 60.7; 78.3 +	و
ἀλλήλος	2.4,12; 4.2; 16.20; 20.24 +	بعضها لبعض
	14.23,26; 20.25,27; 22.9 +	أحدهما الآخر
	28.27; 46.19,25; 52.9; 56.7 +	vi form of verb
ἄλλος, α, ον	136.15,24; 140.8,22; 154.9 +	آخر
	10.15; 14.7	باقي
	98.14	سائر
ἀμβλύς, εῖα, ύ	128.9,17	منفرج
ἀμφότερος, α, ον	22.2; 42.3; 46.4,5	dual + جميعا
	24.10.26; 26.24; 42.17	كلا
	126.17	dual + كلّ
ἄνισος, ον	86.14,23; 112.3,5,13 +	غير متساو
	138.9; 142.25	مختلف
ἀνίστημι	6.3,15; 8.31; 10.9; 22.17 +	قام
	8.31; 20.19; 22.20	أخرج
	6.3; 10.9	خرج
ἀνόμοιος, ον	162.25,32	غير متشابه
ἄξων, ονος, ὁ	2.9	محور
ἀπείρων, ον	36.7	غير متناه
ἀπεναντίος, ον	128.7	مقابل
ἀπέχω	10.15,18; 12.16,27,30 +	بعد
ἀποδείκνυμι	74.30	مثال
ἀπολαμβάνω	38.2; 48.19; 52.19,23; 54.23 +	فصل

ἅπτομαι 6.17,19; 8.1,4,7 + ... ماسّ
12.2,3; 16.15; 18.4,5 + ... خرج من طرفه
118.30,31; 128.3,4 .. .. لقي

ἀπώτερος, α, ον 90.8,13; 114.11; 116.12 .. .. أبعد
114.20; 120.9 .. .. ما بعد

ἄρα 4.15,18; 6.9,10,11 + ... ف
8.17,20,26; 10.7; 12.6 + ... جواب of cond. sent.
12.17,18; 48.4,23; 58.6 + ... جواب introd. by صار
4.20; 24.18; 36.18,19; 38.18 + ... و

ἀρχή, ἡ
ἐξ ἀρχῆς 58.16,17,23; 84.8; 98.19 + ... الأولى

ἄρχομαι 150.13 .. .. ابتدأ

ἀσύμπτωτος, ον 64.1,8,9,20; 68.11 + ... لا يلقى
64.18,19; 136.34 .. .. ليس يلقى

αὐτός, α, ον 8.26; 12.9; 16.26,27,29 + ... suffixed pronoun
ὁ αὐτος 2.15; 10.8(bis); 12.30; 42.5 + ... بعينه
10.21; 24.8; 26.13 .. .. هو أو هي
56.26; 70.9; 72.3; 74.8; 162.21 + ... واحد
42.25 .. .. مشترك لهما

ἀφαιρέω 76.19,23; 80.9,13; 84.19 + ... فصل
18.10 .. .. سقط
80.26 .. .. يكون على
ἀφανής, ες 88.12 .. .. مخفى

ἁφή, ἡ 8.30; 10.6; 48.22; 64.33; 100.8 + ... موضع المماسّة
46.26 .. .. موضع التماسّة
8.5 .. .. نقطة التماسّة

B

βάσις, εως, ἡ 14.19,20; 16.18(bis); 18.18(bis) + ... قاعدة

Γ

γάρ 2.20; 6.7,19; 8.7; 10.1 + ... ف
4.1; 8.10; 10.21; 12.16; 14.20 + ... وذلك أنّ

γίγνομαι 58.16; 60.25; 124.22; 128.27; 132.22 + ... حدث

γιγνώσκω 64.9 .. .. علم

γραμμή, ἡ 2.21; 4.1; 18.13,19; 34.11 + ... خطّ

γράφω 36.3,5,7,10,14 + ... رسم
34.5 .. .. خطّ

γωνία, ἡ 2.16; 12.3; 14.21(bis),23 + ... زاوية
ἡ ὑπὸ ___ 30.10(bis); 32.18,19(bis) + ... زاوية

Δ

δεῖ 4.25; 32.7; 34.3; 36.5,28 + ... نريد أن

δείκνυμι 18.21; 68.19; 148.13; 154.2,3 .. .. تبيّن
90.21 .. .. بيّن

δεύτερος, α, ον 78.12; 146.15; 152.2 .. .. ثانية

δή 6.1; 18.15; 20.13; 22.15; 24.21 + ...ف
6.22; 8.14; 20.16; 28.8; 30.23 + ... و
8.10; 14.18; 18.39 .. .. جواب of cond. sent.
58.27 .. .. فهو بيّن أنّهما

διά 2.23; 4.7; 6.21; 8.10,25 + ... مرّ ب
διὰ τό 12.8; 94.10; 118.19,23; 126.5 .. .. .. لأنّ
36.21 .. .. من أجل أن
66.10; 164.18 .. .. و (من) قبل ذلك
164.15 .. .. لهذه الأسباب

διάγω 14.16; 18.1,32; 112.8,13 + ... خرج
16.12; 112.3; 118.2,9 .. .. خطّ

διαιρέω 112.5,16; 118.4,12; 134.23 + ... قسم

διάμετρος, ἡ 22.5,7,14; 26.10; 28.26 + ... قطر
κατὰ διάμετρον 48.29; 82.20 .. .. مقابل
κατὰ διάμετρον 38.21 .. .. تقابل

διαστήμα, ατος, τό 34.5; 36.9,13,20; 46.15 + ...بعد

διπλασίων, ον 158.21,33; 160.18,19,23 .. .. ضعف

διπλοῦς, ῆ, οῦν 66.17,18; 84.1,3; 110.8 + ... ضعف
152.21,22 .. .. مثلي

δίχα 6.5; 20.24; 22.9,11,12 + ... نصفين

διχοτομία, ἡ 98.13,14,15,16 .. .. وسط
98.26,27; 100.15(bis) .. .. .. موضع النصف
98.29; 110.25(bis) .. .. نقطة النصف

διχῶς 76.9 .. .. ضربين

δοθεισα, εν 4.25,26; 32.6,7; 34.2 + ... معلوم

δύναμαι 90.21 .. .. وقد يمكن أن

δυνατόν 6.7,19; 50.14; 78.14,25 + ... أمكن
34.6 .. .. ممكن

δύο 6.27; 8.24; 14.18,19,26 + ... dual form
124.15,16 .. .. dual + جميعا

E

ἐάν 2.18; 6.13; 8.4,30; 14.10 + ... اذا
92.19; 112.8 .. .. ان

ἐγγίων, ον 84.23; 90.7,13; 98.17; 128.29 + ... أقرب
114.11,20; 116.12; 120.9,32 + ... قرب
136.21; 138.12; 144.23 .. .. قريب

ἐγγράφω 28.22,24; 30.2,14,17 + ... رسم

ἐγχωρέω 70.3 .. .. بيّن

εἰ 2.23; 6.19; 78.14,25; 86.5 + ... ان

εἷς, μία, ἕν 24.14; 26.19; 28.15; 34.22; 46.26 .. .. أحد

ἕκαστος, η, ον 16.16; 30.6; 88.6; 102.3,11 .. .. كلّ واحد
132.22; 160.2 .. .. بواحدة واحدة

ἑκάτερος, α, ον 2.15; 14.23,24; 18.5,6 + ... كلّ واحد
2.7; 24.23; 26.14 .. .. كلا
ἑκατέρα ἑκατέρᾳ 14.19; 20.1; 30.9 .. .. كلّ واحد لنظيره
32.17,22 +

ἐκβάλλω 16.3; 24.9,23,26; 26.14 + ... أنفذ

6.21; 8.10; 16.9,31; 30.22 + ... خرج أو أخرج
132.10 .. .. عمل

ἐκτίθημι 32.6; 34.3 .. .. وجد
32.8; 34.2,6 .. .. خطّ

ἐκτός 6.29; 124.24,33; 126.14,18 + ... خارج

ἐλασσων, ονος
  (κύκλος) 10.16; 12.28; 14.5,8 + ... أصغر
  (περιφέρεια) 58.15,22;60.23;64.12 .. .. أقلّ
  (περιφέρεια) 66.7;86.8,9,10; 94.22 + ... أصغر
  (τμῆμα) 86.18,27; 88.10,13; 90.2 + ... أصغر
  (τετράγωνον) 14.2; 114.2,4,6,14 + ... أقلّ
  (εὐθεῖα) 112.9,18; 114.2,7,9 + ... أقصر
  (εὐθεῖα) 14.3; 118.6 .. .. أصغر
  (λόγος) 152.27,29,30 .. .. أصغر

ἐλάχιστος, η, ον (εὐθεῖα) 112.6; 138.11 .. .. أقصر

ἐμπίπτω 128.10 .. .. وقع

ἐναλλάξ 80.24; 86.19,27; 88.15; 90.3 + ... متبادل
  152.30 .. .. بدل

ἐντός 2.3; 6.28; 128.7; 132.4 .. .. داخل

ἑξῆς 122.6,11; 124.21,31; 128.26 .. .. متّصلتان احداهما بالأخرى
  136.18; 138.27; 140.11,27; 144.19 + .. متّصل على الولاء
  130.5; 132.30; 136.29; 150.13 .. .. على الولاء
  132.9 .. .. على التوالي
  132.21 .. .. متّصل على التوالي
  146.5,6 .. .. متّصل متوالي
  150.14,15 .. .. متوالي
  154.15 .. .. التي تتلوهما

ἐπεί 4.14; 6.25; 8.17,18,24 + ... و (ف) لأنّ
  12.16,17; 26.23; 58.5; 64.11 + ... لما
  24.22; 30.4; 68.15 .. .. وذلك أنّ
  ἐπειδήπερ 8.21; 112.22 .. .. لأنّ
  ἐπείπερ 38.21 .. .. لأنّ

ἐπιζεύγνυμι 4.12; 6.21; 10.4,26; 14.11 + ... وصل
  8.20; 10.6 .. .. أخرج

ἐπίπεδος, ον 2.13(bis), 14,15,18 + ... سطح

ἐπιφάνεια, ἡ 2.18,20,21; 6.4,22 + ... بسيط
  2.2,7,10; 12.9; 38.6 + ... سطح

εἵρομαι 124.24 .. .. التي ذكرنا

ἔρχομαι
ἐρχέσθω (κύκλος) 36.21; 38.21 .. .. ولترسم
48.1 .. .. ولتخرج
88.1 .. .. ولتخطّ
122.17,30 .. .. ولتعمل

ἕτερος, α, ον 2.13,14; 8.14; 16.28,33 + ... آخر

ἔτι 56.31; 98.9,17; 106.29; 136.16 + ... أيضا

εὐθεῖα, ἡ 2.4,6,8,11,15 + ... خطّ

εὑρίσκω 4.25,26; 36.27,29 .. .. وجد

ἐφάπτομαι 8.17,18(bis); 42.2,3 +.. .. .. ماسّ
140.29 .. .. لقي

ἐφεξῆς 14.22 .. .. اللّذان عن جنبيه

ἐφίστημι 58.14,20; 60.22; 66.5; 84.6 + ... عمل

ἕως 88.2 .. .. حتّى

H

ἤ 58.15,22; 60.23; 66.7; 90.7 + ... من

ἡγέομαι 160.18 .. .. المقدّمات

ἡμικύκλιον, τό 22.6,8; 24.19; 26.10; 30.28 + .. نصف دائرة

ἥμισυς, εια, υ 58.15,22; 60.23; 66.7,22 + ... نصف

ἡμισφαίριον, τό 86.16,25; 40.7,12 .. .. نصف كرة

ἡμῶν 90.19 .. .. نحن

ἤπερ 12.28; 84.24; 100.2; 102.29; 104.28 + ... من

ἤτοι...ἤ 38.4; 76.25,27; 78.11; 82.7 .. .. .. أمّا... وأمّا
76.20 .. .. فهي... أو
146.12 .. .. أمّا... أو

I

ἴσος, η, ον 2.4,12,15; 4.2,14 + ... مساو
62.5 .. .. مثل

ἵστημι 14.22 .. .. قام

K

κάθετος, ἡ 4.10; 8.5,20,23(bis) + ... عمود

καθήκω 108.2,5 .. .. خرج

καί 6.28; 8.17; 10.7; 12.5; 14.25 + ... أيضا

κατά 126.1 .. .. من جهة

καταγραφή, ἡ 78.13,22; 146.5; 148.1; 152.2 + ... صورة

κατασκευάζω 12.30; 96.7 .. .. عمل

κεῖμαι 64.17; 134.4 .. .. وضع
142.2; 146.16,19 .. .. كان

κέντρον, τό 2.5,6,23; 4.2,8 + ... مركز

κλίνω 2.13; 90.26,27; 92.5; 94.30 + ... ميل
92.2; 98.11,31; 102.27; 106.27 + ... مائلة

κλίσις, εως, ἡ 92.29; 94.1,25,27,28 + ... ميل

κοινός, ή, όν 14.18; 16.17; 18.10,17,34 + ... مشترك

κορυφή, ἡ
κατὰ κορυφήν 104.4 .. .. مقابلة

κύκλος, ὁ 2.10,11,19,22; 4.1 + ... دائرة

Λ

λαμβάνω
εἰλήφθω 6.2,20; 8.8; 16.5; 26.12 + ... وليكن
6.26; 20.28; 32.9; 34.4; 64.28 + ... فليعلّم
38.1; 48.17; 52.2; 108.8 .. .. فلنتعلّم
10.21 .. .. نصير
24.7 .. .. ولنجعل
42.8 .. .. نجد

λέγω 2.21; 6.5; 8.9; 10.3; 12.15 + ... قال

λόγος, ὁ 150.18; 152.27,29,30; 154.13 + ... نسبة

λοιπός, ή, όν
λοιπόν...λοιπῷ 12.22; 14.2; 18.11; 60.11;
62.15 + ... بقي
20.6,7; 32.22(bis) 34.24(bis) + .. سائر

λοιπόν...λοιπῷ	38.2; 58.8; 60.13(bis); 62.29 +	باقي
λοξός, ή, όν	50.26,29; 52.1; 78.21; 128.25 +	مائلة

M

μᾶλλον	90.25; 92.5; 94.30; 98.17; 102.29 +	أكثر
	100.2	comparative
μανθάνω	98.2	علم
μέγιστος, η, ον	10.15,19; 14.6; 22.11; 86.15 +	أعظم
	20.24,25; 22.13,25; 24.2 +	عظيمة
	48.13; 50.11,13,14,16 +	عظمى
(εὐθεῖα)	114.13,31; 116.17,30,31 +	أطول
μείζων, ον		
(γώνια)	12.6	أعظم
(εὐθεῖα)	12.7,31; 114.26,29 +	أطول
(κύκλος)	12.12; 84.23,25,30; 86.7 +	أعظم
(διαστήμα)	12.27; 14.8	أكثر
	12.30	أكبر
(τετράγωνον)	14.1; 114.26,28; 116.22,25 +	أعظم
(περιφέρεια)	64.16; 80.11; 84.17,19; 90.7 +	أعظم
	88.29(bis),30,31	عظمى
	90.12	أكبر
	148.6	أكثر
(τμῆμα)	86.16,26; 88.8,9; 90.2 +	أعظم
	98.13,26	عظمى
(κάθετος)	94.15; 104.20,22; 106.3,20 +	أطول
(λόγος)	150.18; 154.13,24; 158.6,10 +	أعظم
μείζων ἢ ὅμοιος	90.7,12,14,18,19 +	أعظم من... الشبيه + ب
μένω	2.8	ثبت
μέρος, εος, τό	2.7; 24.10,24,26; 26.14 +	جهة
	132.9,21,31; 138.1(bis) +	ناحية
μεταξύ	54.28,29; 56.2,5; 58.1 +	فيما بين
μετεωρότερος, α, ον	90.25; 92.4; 94.5; 104.24,26 +	أعلى
	106.4,6	أرفع
μή (neg. of sbjv.)	6.7; 10.4; 36.8; 48.1; 78.1 +	لم

(neg. of sbjv.) 46.14; 86.14,22; 90.6,10 + ... لا
(neg. of attr. ptpl.) 56.26; 112.4,16; 118.2,3 + .. ليس
26.3,6; 38.5 .. .. غير
(neg. of gen. abs.) 6.17,19; 8.1,4,7 + ... من غير أنّ
144.19 .. .. غير

μόνος, η, ον 90.21 .. .. فقط

N

νοέω 34.3,13 .. .. توهّم

O

ὅλος, η, ον 38.9(bis); 82.2,3; 94.21 + ... جميع
48.28(bis); 68.1(bis); 82.18 + ... كلّ

ὅμοιος, α, ον 54.28; 56.3; 58.2; 64.2,8 + ... متشابه
56.3,29,31; 68.8,9 + ... شبيه
68.3 .. .. شبه

ὁμοίως 90.27; 94.5; 106.16,17,28 + ... متساو
98.15; 100.1; 102.28; 108.3 .. .. متشابه
98.2(pr.) .. .. مشابه
98.2 (alt.) .. .. شبيه
ὁμοίως δὴ δείξομεν 4.19; 8.23; 10.11; 12.4,12 + ... وكذلك أيضا نبيّن أنّ
" " πάλιν " 124.4 .. .. ونبيّن كما بيّنّا أيضا أنّ

ὀξύς, εῖα, ύ 128.8,11(bis),17 .. .. حادّة

ὅπερ 6.10,29; 10.10; 46.20; 50.22 + ... ذلك

ὁπότερος, α, ον 90.25; 142.5 .. .. أيّ
98.15,29; 110.24; 162.27; 164.2 + ...gen. dual + أحد

ὀρθός, ή, όν
πρὸς ὀρθάς 2.14; 6.3; 8.31; 16.18; 18.17 + .. على زوايا قائمة
ὀρθὸς πρός 8.9,27; 10.7(bis); 12.1 + ... عمود على
ὀρθὴ γωνία 12.4,5(bis); 16.16(bis) + ... (زوايا) قائمة

ὀρθότερος, α, ον 104.29,30 .. .. أكثر ارتفاعا من

ὀρθότατος, η, ον 98.12,32; 102.27; 104.31; 106.27 أكثر(gen) ارتفاعا

ὅς, ἥ, ὅ 68.16; 82.4; 86.16,26 .. .. pronoun + من
60.10,12 .. .. noun + من
86.18 .. .. الذى

ὅταν 2.14; 14.22; 42.2; 98.3 .. .. اذا

οὐ 6.25(bis) .. .. لا
86.5,10 .. .. لم
146.26; 148.13; 152.14; 154.3 .. .. ليس
οὐκ ἄρα 6.10,17; 8.1; 10.10; 46.20 + ... فليس
οὐδ' ἄλλο πλὴν 6.11; 78.7 .. .. لا يمكن أن يكون ...آخر غير
10.11 .. .. .. ليس " " " " " "

οὖν (igitur) 2.23; 6.26; 8.18,24; 10.5 .. .. .. ف...

οὕτως 64.10 .. .. ممّا أصف
74.30 .. .. على هذه الجهة

Π

πάλιν 8.14; 12.5,27; 22.7; 36.12 + ... أيضا

παράλληλος, ον 42.14; 44.5; 46.15; 48.12,15 + ... موازية
42.5,6,25,27; 50.10 + ... متوازية

πᾶς, πᾶσα, πᾶν 2.3; 12.2; 16.14; 18.3,12 + ... جميع
22.3 .. .. كلّ

περαίνω 2.7 .. .. انتهى

πέρας, ατος, τό 2.9; 58.15,18,21; 60.23 + ... طرف

περιέχω 2.2,16; 56.26; 62.25; 98.5 + ... أحاط

περιφέρεια, ἡ 2.12,19,22; 4.1; 6.27 + ... خطّ محيط + ب
38.2,8(bis),17(bis) + ... قوس

πίπτω 6.28; 16.4,27,28; 24.7 + ... وقع
118.20 .. .. خرج

πλείων, πλεῖον 8.1 .. .. أكثر

πλευρά, ἡ 20.7; 28.22,24; 30.2,13 + ... ضلع
12.7 .. .. خطّ

πλῆθος, εος, τό 150.17(bis) .. .. عدد

ποιέω 2.20; 6.1(bis),22,23 + ... حدث
14.23; 150.19; 152.31 .. .. صيّر

Σ

82.4(bis) .. .. مجموعتان
88.20(bis) .. .. اذا جمعتا

συναφή, ἡ 46.9,23; 98.16 .. .. موضع مماسّ
98.12,13 .. .. مماسّتها

συμβάλλω 4.10; 6.4,8; 10.23; 16.7 + ... لقي

σύνδεσμος, ὁ 108.2 .. .. مواضع العقدة
108.5 .. .. عقدين

συνέχω 66.6; 84.6; 104.6; 108.19; 130.22 + ... اتّصل

συνίστημι 32.10; 34.8 .. .. عمل

σφαῖρα, ἡ 2.2,5,6,8(bis) + ... كرة

σφαιρικός, ή, όν 2.18,20; 38.6 .. .. كرّى
36.2,4,24 .. .. كرة

σχῆμα, ατος, τό 2.2 .. .. شكل

T

ταπεινότατος, η, ον 98.13; 100.1; 102.28; 106.1 .. أكثرها انخفاضا
106.27 .. .. أخفضها

ταπεινότερος, α, ον 106.8,10 .. .. أخفض من

τέμνω 2.18,20,23; 4.8; 6.1 + ... قطع

τέσσαρες, α 56.6; 58.5,7,8; 64.26 + ... أربع

τεταρτημόριος, ον 38.19; 70.3,4 .. .. ربع الدائرة

τετράγωνον, τό 28.22,24; 30.1,13,17 + ... مربّع
τὸ ἀπὸ τῆς ____ 4.14(bis),15(ter) + ... مربّع كائن من

τις, τι 2.6,18,20; 6.1; 8.7 + ... ما
14.11; 30.23; 50.28; 52.7; 54.17 + .. indef. noun
16.27,29; 20.14 .. .. gen.+ أحد
24.2,4; 38.26,30; 44.17 + ... آخر
86.13,21; 90.5,9 .. .. بعض

τμῆμα, ατος, τό 52.19,24; 54.23; 58.13,20 + ... قطعة

τομή, ἡ 6.1,22; 30.23; 34.14 .. .. قطع
κοινὴ τομή 8.25; 22.3,22,23; 24.7 + ... فصل مشترك

τουτέστι 20.11; 50.29; 52.24; 56.3,6 + ... أعني أنّ
58.27 .. .. أعني
64.18,19; 114.28,29; 158.8 .. .. وهو
116.6,7,24,25,27 + ... الذى هو مثل

τρεῖς, τρία 32.10; 34.6; 50.21; 72.12; 146.17 + .. ثلاث

τρίγωνον, τό 20.6(bis); 32.10,22(schol.); 34.8 + ... مثلث

τρίτος 78.22; 148.1; 152.16 .. .. الثالث

τυγχάνω
τυχόν 6.27; 32.9; 34.4; 38.11; 96.18 + ... كيف ما وقع

Υ

ὑπάρχω 112.9 .. .. كانت على حالها

ὑπερπίπτω 122.29,30; 126.5 .. .. وقع أبعد

ὑπόκειμαι 70.4 .. .. كان كذلك
108.2 .. .. على ما وصفنا
116.5 .. .. كان.. على حالها
118.23; 148.12 .. .. وضع

ὑποτείνω 20.7; 32.22(schol.); 34.23; 70.1,28 + ... وتّر

Φ

φανερός, ά, όν 86.17,26,29; 90.8,13 .. .. ظاهر
φανερόν 4.1; 6.13; 36.6 .. .. تبيّن
8.21 .. .. من البيّن

Χ

χωρίς 86.14 .. .. خلا
86.24 .. .. ما خلا

Ω

ὡς 38.21; 46.14;48.1; 74.5; 88.2 + ... مثل
ὡς ἔχει 78.12,21; 146.14; 148.1; 152.1 + ... كما

ὡς κατὰ	124.24; 126.15,19; 132.6,12 + ...	من جهة
ὡς...οὕτως	148.21; 150.6,20,24; 156.2 + ...	نسبة آ الى بَ كنسبة جَ الى دَ
ὥστε	34.8; 44.26; 68.18; 84.25; 92.18 + ...	ف
	32.10	حتّى

ا

أبد

أبدا	٣: ٨٠/ ٤: ٩٣/ ٨: ٩٥/ ٢: ٩٩/ ١٠: ١٠٣/+	αἰεί

أجل

من أجل أن	٤: ٢٥	διὰ τό

أحد

أحد	٦: ١٧/ ١٣: ١٨/ ١٣: ١٩/ ١: ٢٣/ ١٧: ٢٢/+	εἷς, μία, ἕν
أحد	١٦: ١١/ ٩: ١٢/ ١٧: ١٤	τις, τι
أحدهما الآخر	٩: ١٠/ ١٣: ١٠/ ٨: ١٥/ ٥: ٣٠/ ١: ٣١/+	ἀλλήλων
أحد + gen. dual	١٦: ٦٥/ ١٣: ٦١/ ٩: ٧٧/ ١٠: ٧٧/ ٥: ١١٥/+	ὁπότερος

أخر

آخر	١٧: ١/ ١٨: ١/ ١٣: ٥/ ٧: ١٢/ ١٢: ١٢/+	ἕτερος
آخر	٦: ٤/ ١٨: ٢/ ١٠: ٥١/ ٣: ١٠٠/ ١١: ١٠٠/+	ἄλλος
آخر	١٧: ١٦/ ١٩: ١٦/ ٨: ٢٦/ ١١: ٢٦/ ٤: ٢٩/+	τις, τι

اذ	١: ٥	ἐπεὶ οὖν

اذا	٤: ٢/ ٦: ٣/ ٨: ٤/ ١٢: ٤/ ٧: ٥/+	ἐάν
اذا	١٨: ١/ ٨: ١٠/ ٢: ٧٧/ ٥: ٦٥	ὅταν
اذا	٢: ٣/ ٦: ٧	ἄρα

امّا ... وامّا	١٣: ٢٥/ ١٨: ٥٠/ ٢: ٥١/ ١٣: ٥١/ ٤: ٥٤/+	ἤτοι ... ἤ

امّا + ف	١٨: ٦٠/ ١٥: ٦٥	ὧν δὲ...τῶν δ'ἄλλων
امّا+ف ...وامّا+ف	١٥: ٤/ ١٢: ٩	μέν...δέ
" "	٦: ٥٧	τῶν δέ...τὰ δέ

ان	٧: ٢/ ١٣: ٤/ ٩: ٢٤/ ١: ٢٣/ ٣: ٥٠/+	εἰ
ان	١٥: ٤٩/ ١٠: ٥٣/ ١: ٦٢	ἐάν

آل		
أوّلا	٤: ٧/ ١٤: ٢٥/ ٣: ٥١/ ١٥: ٥١/ ٢: ٥٣/ +	πρότερον
الأولى	١١: ٣٨/ ١٢: ٣٨/ ١٨: ٣٨/ ٤: ٥٥/ ٤: ٦٦/ +	ἐξ ἀρχῆς
أىّ	١٥: ٦٠/ ٤: ١٠١	ὁπότερος
آض		
أيضا	١٧: ٧/ ٦: ٨/ ٨: ٨/ ١٢: ١٠/ ١: ١٥/ +	καί
أيضا	١٧: ٧/ ٦: ١٤/ ١٧: ١٥/ ١٤: ٢٤/ ٥: ٣٧/ +	πάλιν
أيضا	١٨: ٨/ ٢: ٢٦/ ١٣: ٥١/ ٣: ٥٦/ ١٣: ٥٨/ +	ἀλλὰ δὴ πάλιν
أيضا	١١: ٦٥/ ٣: ٦٦	ἔτι

ب

بدأ		
ابتدأ	٨: ١٠٧	ἄρχομαι
بدل		
بدل	٨: ١٠٩	καὶ ἐναλλάξ
متبادل	١١: ٥٣/ ٩: ٥٧/ ١٥: ٥٧/ ١٤: ٥٨/ ٨: ٥٩	ἐναλλάξ
بسط		
بسيط	٤: ٢/ ٥: ٢/ ٥: ٢/ ١٦: ٣/ ١٥: ٤/ +	ἐπιφάνεια
بسيط	٢: ١١	ἐπίπεδος
بعد	١٢: ٨٠/ ١٢: ٨٥	ἀπώτερος
بعد	٩: ١٠٠/ ٦: ١١٥/ ١٢: ١١٥	πορρώτερος
بعد	١: ٧/ ٣: ٧/ ٧: ٨/ ١٨: ٨/ ٢: ٩/ +	ἀπέχω
بعد	٤: ٣٣/ ١١: ٢٤/ ١٥: ٢٤/ ٣: ٢٥/ ٩: ٣٠/ +	διαστήμα
أبعد	١٣: ٥٩/ ١: ٦٠/ ٣: ٨٠/ ٢: ٩٩	ἀπώτερος
أبعد	١: ٦٦/ ١٤: ٦٦/ ١٣: ٩٢/ ٤: ٩٣/ ٨: ٩٥/ +	πορρώτερος

بعض

بعض	٥٩ : ١٤ /٥٩ : ١٠ /٥٧ : ١٠ /٥٧ : ٤	τινάς...τῶν
بعضه لبعض	+/ ١١ : ١١ /٣ :٥ /٢ :٨ /١ : ١٠ /١ :٤	ἀλλήλων

بقي

بقي + تمييز	+/٣٩ : ١٦ / ١٣ :٣ /٩ :٨ /٨ : ١٣ /٣ :٢	λοιπόν...λοιπῷ ἐστι
باقي	+/٤٣ :٣ /٤٦ : ١٦ /٣٩ : ١٨ /٢٩ : ١٨ /٣٨ :٥	τῶν δὲ ἄλλων
باقي	٩ : ١٣ /٧ :١	λοιπός

بيّن

بيّن	٤٢ :٢	ἐγχωρέω
بيّن	٦٠ : ١٢	δείκνυμι
بيّنّا فيما تقدّم	٩٥ : ١٧	προδείκνυμι
(قد) تبيّن أنّ	٧٥ :٢ /٢٤ :٩ /٤ :٨ /٣ :٦ /٢ :٧	φανερόν
(قد) تبيّن أنّ	١٠٩ : ١٢ /١٠٩ : ١١ /١٠٥ : ١٥ /٤٦ :٩ /١٣ :١٠	ἐδείχθη
وكذلك نبيّن أنّ	+/٧ : ١٥ /٦ : ١٧ /٦ :٣ /٤ :٦ /٣ :٤	ὁμοίως δὴ δείξομεν
من البيّن أن	١٩ :٧ /٦ :١	φανερόν
فيما بين	+/٣٨ :١ /٣٧ : ١٨ /٣٦ : ١١ /٣٦ :٨ /٣٦ :٧	μεταξύ

ت

تمّ

تمّم	+/١٧ : ١٣ /١٧ :٩ /٦٠ : ١٣ /٥٨ :٢ /٥٧ : ١٨	προσαναπληροῦμαι

ث

ثبت

أثبت	١ :٧	μένω

ثلث

ثلاث	+/١٠٤ : ١٧ /٤٨ :٣ /٣٣ :٨ /١٣ :٥ /٢٢ :١	τρεῖς, τρία
ثالث	١٠٨ : ١٨ /٥٢ :٣	τρίτος

ثلاث	٨: ١٠٥	Γ´
مثلث	٩: ١٤/ ١٠: ١٤/ ٢: ٢٢/ ٧: ٢٣/ ١٨: ٢٣/+	τριγῶνον

ثنى

ثاني	١٥: ٥١/ ١٥: ١٠٤	δευτέρος
ثاني	٤: ١٠٨	β´
اثناني	٦: ٢٣	δύο

ج

جسم

مجسم	٣: ١	στερεός

جعل	٩: ٧٩/ ٦: ٨٠/ ٤: ٨١/ ١: ٨٢/ ٥: ٨٣/+	πρόσκειμαι
جعل	١: ١٨	λαμβάνω
جعل	٣: ٤١	εἰμί

جمع	١٦: ٥٨/ ١٦: ٥٨	συναμφότεροι
جمع	١٧: ٥٨	ὅλος
جميع	٣: ١/ ٩: ١/ ٤: ٣/ ١١: ٧/ ٦: ١١/+	πᾶς
جميع	١٦: ٢٥/ ١٧: ٢٥/ ١٥: ٥٣/ ١٥: ٥٣/ ٧: ٣٣/+	ὅλος
جميعا+ dual	١٤: ١٥/ ٣: ٢٧/ ١٧: ٢٩	ἀμφότερος
جميعا+ dual	١٤: ٥٣	συναμφότεροι
مجموع	١: ٥٤/ ١: ٥٤	συναμφότεροι

جنب

التي عن جنبيه	٩: ١٠	ἐφεξῆς
جنبه	٣: ٧٩/ ٤: ٨٧/ ٨: ٨٧	μέρος

ح

حتّى	٢: ٢٢	ὥστε

حدّ

حادّة	٩٢ :٣ /٩١ :١٨ /٩١ :١٧ /٩١ :١٦	ὀξύς
حدث	+/٤ :١٥ /٤ :١٥ /٣ :١١ /٣ :١١ /٢ :٥	ποιέω
حدث	+/٩٢ :١١ /٨٩ :١٢ /٤٠ :٦ /٣٨ :١١ /٢ :٤	γίγνομαι

حار

محور	١ :٨ /١ :٢	ἄξων
حاط+ب	+/٦٥ :٧ /٤٠ :١٠ /٣٧ :١٤ /٢ :١ /١ :٣	περιέχω

حال

على حالها	٧٢ :١٣ /٧٨ :١٠	τὰ αὐτά...

خ

خرج	+/١١ :١ /٧ :٦ /٣ :١٩ /٢ :١٠ /١ :١٨	ἄγω
خرج من طرفه	+/١٢ :١٦ /١٢ :١٥ /١١ :٧ /٧ :١٢ /٧ :١٢	ἅπτομαι
خرج	+/٨ :٢ /٣ :٤ /٢ :١١ /٢ :٨ /١ :٣	προσπίπτω
"	+/٧٩ :٣ /٧٨ :٨ /١٤ :١ /١٢ :١٣ /١٠ :٣	διάγω
"	+/٧٩ :٣ /٢١ :٨ /١٢ :١٠ /١١ :٣ /٤ :١٤	ἐκβάλλω
"	٦ :١٥ /٦ :١٠ /٣ :١٤	ἀνίστημι
"	٥٥ :١٢	ἐπιζεύγνυμι
"	٧ :٨	προσεκβάλλω
"	٣٨ :١٧	προσβάλλω
"	٣١ :٤	γράφω
أخرج	+/٣٩ :١٠ /٢٩ :١٤ /١٤ :١٧ /١٠ :١٧ /٣ :٦	ἄγω
"	١٠٢ :١٤ /١٠٢ :١٣ /٩٥ :١٠ /٩٢ :٢ /٩١ :١٨	διάγω
"	١٦ :١٠ /١٥ :١ /٦ :٨	ἀνίστημι
"	٢٨ :١١ /٥ :١١	ἐκβάλλω
"	٦ :١٤ /٥ :١٦	ἐπιζεύγνυμι

أخرج	٧: ١٢	προσεκβάλλω
"	١١: ٣٨	προσβάλλω
خارج	٤: ٥/ ١٣: ٨٩/ ٧: ٩٠/ ١٧: ٩٠/ ٢: ٩١/+	ἐκτός

خطّ	٥: ١١/ ٤: ٧٨/ ٢: ٨٤/ ٧: ٨٤	διάγω
"	١٨: ٢١/ ٢: ٢٣/ ٣: ٢٣/ ٥: ٢٣	ἐκτίθημι
"	٤: ٢٣	γράφω
"	١: ٥٨	ἔρχομαι
خطّ	٥: ٢/ ٦: ٢/ ٧: ٢/ ٨: ٢/ ٤: ٣/+	γραμμή
"	١٢: ٢	εὐθεῖα
"	١٩: ٣	κάθετος
"	١: ٨	πλευρά
الخطّ المحيط بدائرة	١٠: ١/ ٤: ٢/ ٦: ٢/ ٧: ٢/ ٥: ٣/+	περιφέρεια
خطّ مستقيم	٣: ١/ ٦: ١/ ٧: ١/ ١٠: ١/ ١٨: ١/+	εὐθεῖα

خفض

أخفض	١٢: ٧٢/ ١٣: ٧٢	ταπεινότερος
"	١٤: ٧٢/ ٥: ٧٤	ταπεινότατος
انخفاض	١٤: ٦٥/ ١: ٦٧/ ٣: ٧٠/ ٧: ٧٢	ταπεινότατος

خفى

مخفى	١١: ٥٨	ἀφανής

خلف

مختلف	١٦: ٩٨/ ٢: ١٠٢	ἄνισος

خلا

خلا	٥: ٥٧	χωρίς
ما خلا	١٢: ٥٧	χωρίς

د

دخل

داخل ٩٤ :٨ /٩١ :١٥ /٥ :٣ /١ :٤ .. .. ἐντός

دار

أدار ١ :٧ .. .. στρέφομαι

دائرة +/٢ :٧ /٢ :٦ /٢ :٤ /١ :١٠ /١ :٩ .. .. κύκλος

ذ

ذا

ذلك تلك +/٣٠ :١٣ /١٠ :١٧ /٦ :١٧ /٥ :٤ /٤ :٢ .. ..ὅπερ

" ٦٥ :١٠ /٤ :٨ /٣ :٦ .. .. τοῦτος

" ٧٨ :١١ /٧٨ :٧ .. .. τὸ αὐτός...

وذلك أنّ +/١٠ :٧ /٨ :٧ /٧ :٦ /٥ :١١ /٢ :٨ .. .. γάρ

ر

ربع

ربع ٤٢ :٦ /٤٢ :٣ /٢٦ :٣ .. .. τεταρτημόριος

أربع +/٤٤ :٣ /٣٨ :٤ /٣٨ :٤ /٣٨ :٣ /٣٦ :١٤ .. .. .. τέσσαρες

مربّع +/٢١ :١ /٢٠ :١٦ /٢٠ :٨ /٢٠ :٣ /٢٠ :١ .. .. .. τετραγῶνον

المربّع الكائن من +/٢ :١٧ /٢ :١٧ /٢ :١٦ /٢ :١٥ /٢ :١٤ τὸ ἀπὸ...

رسم +/٢١ :١ /٢٠ :١٧ /٢٠ :٨ /٢٠ :٣ /٢ :١ .. .. ἐγγράφω

" +/٢٤ :١٤ /٢٤ :١١ /٢٤ :٩ /٢٤ :٧ /٢٤ :٦ .. .. γράφω

" ٢٦ :٥ /٢٥ :٤ .. .. ἔρχομαι

رفع

أرفع ٧٢ :١٠ /٧٢ :٩ .. .. μετεωρότερος

ارتفع +/٧٤ :٤ /٧٢ :٦ /٧٠ :٣ /٦٧ :١ /٦٥ :١٣ .. .. .. ὀρθότατος

ارتفع	٤: ٧٢/ ٥: ٧٢	ὀρθότερος

ركز

مركز	٥: ١/ ٦: ١/ ٧: ٢/ ٨: ٢/ ١٠: ٢/+	κέντρον
راد	١٠: ٣/ ١٨: ٢١/ ٣: ٢٣/ ٧: ٢٤/ ١٠: ٢٥/+	δεῖ

ز

زاد	١٠: ٤٥	πρόσκειμαι

زوى

زاوية	١: ٢/ ١٢: ٧/ ٨: ١٠/ ٨: ١٠/ ١٠: ١٠/+	γωνία
"	١٧: ٧/ ١٧: ٧/ ١٧: ٧/ ١٧: ٧/ ١١: ١٠/+	ἡ ὑπὸ...

س

سئر

سائر	١٠: ١٤/ ١٠: ١٤/ ٢: ٢٤/ ٢: ٢٤/ ٩: ٧٨/+	λοιπός
"	١٥: ٦٥	ἄλλος

سبب

لهذه الأسباب	٦: ١١٦	διὰ τὰ αὐτά

سطح

سطح	١٧: ١/ ١٧: ١/ ١٨: ١/ ١: ٢/ ٤: ٢/+	ἐπίπεδος
"	٣: ١/ ٦: ١/ ٩: ١/ ٢: ٨/ ١٤: ٢٥/+	ἐπιφάνεια
سقط	١: ٣/ ٢: ١٣	ἀφαιρέω

سوى

ساوى	٥: ٣	ἴσον εἰμί

مساو ٤: ١/ ١٠: ١/ ١: ٢/ ٨: ٢/ ١٣: ٢/ + ... ἴσος

غير مساو ٥: ٥٧/ ١٢: ٥٧/ ٤: ٧٨/ ٦: ٧٨/ ١٣: ٧٨/ + ... ἄνισος

متساوية ١٧: ٦٣ .. .. ὁμοίως

ش

شبّه ١١: ٤٥ .. .. ὅμοιος

مشابه ٤: ٦٥ .. .. ὁμοίως

شبيه ١٢: ٣٦/ ١٦: ٣٧/ ١٦: ٣٧/ ١٥: ٤٥/ ١٦: ٤٥/ + ... ὅμοιος

متشابه ٧: ٣٦/ ١١: ٣٦/ ١٨: ٣٧/ ١٧: ٤٢/ ٥: ٤٣/ + ... ὅμοιος

غير متشابه ٥: ١١٥/ ١٠: ١١٥ .. .. ἀνόμοιος

شرك

مشترك ١: ٣/ ٥: ١٠/ ٩: ١١/ ٢: ١٣/ ٧: ١٣/ + ... κοινός

" ٤: ٢٨ .. .. ὁ αὐτός...

شكل

شكل ٣: ١ .. .. σχῆμα

ص

صغر

أصغر ٢: ٧/ ١: ٩/ ٩: ٩/ ١٠: ٩/ ١٤: ٩/ + ... ἐλάσσων

صغرى ٥: ٥٩/ ٥: ٦٩٥٩/ ٦: ٥٩/ ٧: ٧٨/ + ... ἐλάσσων

صور

صورة ١٥: ٥١/ ٣: ٥٢/ ١٥: ١٠٤/ ٨: ١٠٥/ ٤: ١٠٨/ + ... καταγραφή

صار ٧: ٨/ ٨: ٨/ ٧: ٣١/ ٤: ٣٢/ ٢: ٣٨/ + ... apodasis of ἐπεί

صيّر ١٥: ١٠٧/ ٩: ١٠٩ .. .. ποιέω

ض

ضرب

على ضربين ١٠: ٥٠ .. .. διχῶς

ضعف

ضعف ٥: ٤٥/ ٦: ٤٥/ ١: ٥٥/ ٢: ٥٥/ ١: ٧٦/+ .. .. .. διπλοῦς

" ١٢: ١١١/ ٩: ١١٢/ ٥: ١١٣/ ٥: ١١٣/ ٩: ١١٣ .. .. .. διπλάσιων

ضلع

ضلع ١٠: ١٤/ ١: ٢٠/ ٣/ ٢٠/ ٧: ٢٠/ ١٦: ٢٠/+ .. .. πλευρά

ط

طرف

طرف ٨: ١/ ١٠: ٣٨/ ١٢: ٣٨/ ٤: ٤٠/ ٥: ٧٨ .. .. πέρας

طال

أطول ١: ٨/ ٢: ٨/ ٣: ٩/ ١: ٦٣/ ١٠: ٧١/+ .. .. μείζων

" ١٥: ٨٢/ ١٠: ٨٣/ ١٣: ٨٥ .. .. μέγιστος

ظهر

ظاهر ٧: ٥٧/ ١٤: ٥٧/ ١٧: ٥٧/ ١٢: ٥٩/ ١٦: ٥٩ .. .. .. φανερός

ع

عدّ

عدد ١٠: ١٠٧/ ١٠: ١٠٧ .. .. πλῆθος

عظم

عظيمة ٦: ١٥/ ٧: ١٥/ ٤: ١٦/ ١٧: ١٦/ ١٩: ١٦/+ .. .. .. μέγιστος

أعظم ١٧: ٥٢/ ١٢: ٥٦ .. .. μείζων

عظمى	+/٢٣ :١٤ /٣١ :١٤ /٣١ :١٠ /٣١ :٢ /٣ :١٧	μέγιστος
أعظم + gen.	+/٥٧ :٥ /١٦ :٢ /٩ :١٢ /٧ :٤ /٦ :٢٠	μέγιστος
أعظم + من	+/٥٦ :٨ /٥٦ :٣ /٩ :٧ /٨ :٤ /٧ :١٧	μείζων

عقد

عقد	٧٤ :١٤	σύνδεσμος
عقدة	٧٤ :١٢	σύνδεσμος
علم	٤٣ :٧	γιγνώσκω
علم	٦٥ :٤	μανθάνω
علّم	+/٤٤ :٥ /٢٣ :٣ /٢٢ :١ /١٥ :١٠ /٥ :١	εἰλήφθω
"	٦٤ :١	κατασκευάζω
تعلّم	+/٧٩ :٢ /٧٥ :١ /٢٣ :١٨ /٢١ :١٧ /٢٥ :١١	εἰλήφθω
معلوم	+/٢٣ :٢ /٢١ :١٨ /٢١ :١٧ /٣ :١٠ /٣ :٩	δοθείς

علو

أعلى	+/٧٢ :٢ /٧٢ :١ /٦٢ :١١ /٦١ :٣ /٦ :١٦	μετεωρότερος

عمد

عمود	+/٦ :٣ /٦ :١ /٥ :٨ /٣ :٧ /٢ :١١	κάθετος
"	+/٦ :١٤ /٦ :١٠ /٦ :٥ /٥ :١٠ /٤ :٩	πρὸς ὀρθάς
عمل	+/٤٤ :١١ /٤٠ :٨ /٤٠ :٣ /٣٨ :١٤ /٣٨ :٩	ἐφίστημι
عمل	٨٢ :١٦ /٩ :٢	κατασκευάζω
"	٢٣ :٥ /٢٢ :١	συνίστημι
"	٨٨ :٨ /٨٧ :١٤	ἔρχομαι
"	٩٤ :١٢	ἐκβάλλω

عند

من عند	٦٨ :٥	ἀπό + gen.

عنى

أعنى ١٥: ٢٣/ ١٤: ٣٤/ ١١: ٣٦/ ٣: ٣٩/ ١٤: ٣٦/ + ... τουτέστι

عين

بعينه ١: ٢/ ٢٠: ٢٣/ ١٢: ٥٨/ ١: ٦٤/ ٦: ٧١/ + ... ὁ αὐτὸς...

واحد بعينه ١٦: ٦/ ١٦: ٦/ ٢: ٩/ ٥: ٢٧/ ٧: ٢٧/ + ... ὁ αὐτὸς...

غ

غير

غير ١٨: ١٧/ ٣: ١٨/ ١٤: ٢٥ .. .. μή

" ٦: ٤/ ١١: ٥١ .. .. πλήν

من غير أنّ ١٢: ٤/ ١٣: ٤/ ٥: ٥/ ٧: ٥/ ٩: ٥/ + .. μή (attrib. ptpl.)

ف

فرج

منفرج ١٦: ٩١/ ٣: ٩٢ .. .. ἀμβλύς

فصل

فصل ١١: ٢٥/ ١٨: ٣١/ ١١: ٣٤/ ١٤: ٣٤/ ٣: ٣٦/ + ... ἀπειλήφθω

" ١٢: ١٣/ ١: ١١٤/ ٧: ١١٤/ ١٠: ١١٤ .. .. ἀφαιρέω

فصل مشترك ١٨: ١/ ١٤: ١٥/ ١٥: ١٥/ ١٣: ١٦/ ١٤: ١٦/ + .. κοινὴ τομή

تفصّل ١١: ٥٩/ ١٦: ٥٩ .. .. ἀπολαμβάνω

فقط

فقط ١٣: ٦٠ .. .. μόνον

ق

قبل

قبل ١٣: ٦٠ .. .. πρό + gen.

ومن قبل	١٨: ٤٤	διὰ τὰ αὐτὰ
وقبل ذلك	٩: ١١٦	διὰ τὰ αὐτὰ
قابل	٤: ٢٦/ ١٠: ٣٢/ ١٣: ٥٤	κατὰ διάμετρον
"	٨: ٧٠	κατὰ διάμετρον
"	١٥: ٩١	ἀπεναντίον

قد

وقد + perf.	٢: ٤/ ٤: ٥/ ١٣: ٣٢/ ٧: ٣٣/ ٩: ٤٦/+	ἀλλά

قدر

مشارك في المقدار	١: ١٠٤/ ٣: ١٠٤/ ١١: ١٠٤/ ١٨: ١٠٤/ ١: ١٠٧/+	σύμμετρος
بذلك المقدار	٤: ١٠٤/ ٤: ١٠٧	εἰς τὰ μέρη

قدم

تقدّم	١٢: ٢٣/ ١٣: ٧٤/ ١٠: ٧٨	προερέω
"	١٤: ٨٩	εἴρομαι
مقدّم	٥: ١١٣	ἡγέομαι

قرب	٢: ٨٠/ ١١: ٨٠/ ١١: ٨٥/ ١٢: ٨٦/ ٧: ٩٥/+	ἐγγίων
أقرب	٨: ٥٦/ ١٢: ٥٩/ ١٦: ٥٩/ ٢: ٦٦/ ١٢: ٩٢/+	ἐγγίων

قسم	١٢: ٢٥/ ١: ٢٦/ ٣: ٢٦/ ١٤: ٢٦/ ٧: ٧١/+	τέμνω
قسم	٥: ٧٨/ ١٦: ٧٨/ ٤: ٧٤/ ٩: ٧٤/ ١٣: ٩٦/+	διαιρέω

قصر

أقصر	١٠: ٧٨/ ١٧: ٧٨/ ٨: ٧٩/ ١٣: ٧٩/ ١٣: ٧٩/+	ἐλάσσων
"	٧: ٧٨	ἐλάχιστος

قطب

قطب	٨: ١/ ٩: ١/ ١٨: ١٠/ ٤: ١١/ ١١: ١١/+	πόλος

قطر		
قطر	١٦: ١٥/ ١٧: ١٥/ ٥: ١٦/ ٦: ١٨/ ٤: ٢٠/+	διάμετρος
قطع	٤: ٢/ ٥: ٢/ ٧: ٢/ ١٠: ٢/ ١١: ٣/+	τέμνω
قطع	١١: ٣/ ١٥: ٤/ ٦: ٢١/ ١١: ٢٣	τομή
قطعة	١١: ٣٤/ ١٣: ٣٤/ ٣: ٣٦/ ٩: ٣٨/ ١٤: ٣٨/+	τμῆμα
قعد		
قاعدة	٦: ١٠/ ٧: ١٠/ ١٠: ١١/ ١٠: ١١/ ٧: ١٢/+	βάσις
قاعدتها	١٥: ٣٧/ ١٥: ٣٧/ ٩: ٦٣/ ١٤: ٦٤	βέβηκα
قلّ		
أقلّ	٨: ٩/ ١٠: ٣٨/ ١٧: ٣٨/ ٤: ٤٠/ ٩: ٤٣	ἐλάσσων
قوس		
قوس	١٢: ٢٥/ ١٦: ٢٥/ ١٦: ٢٥/ ٢: ٢٦/ ٢: ٢٦/+	περιφέρεια
قال	٩: ١/ ١٧: ١/ ٥: ٢/ ١٧: ٣/ ١٠: ٥/+	λέγω
قال قائل	٣: ٥٠	τις λέγοι
قام	٨: ١٠	ἵστημι
قام	١٢: ١٠	ἐφίστημι
قام	٨: ١٦/ ٥: ٢٠	ἀνίστημι
أقام	٨: ٤	ἀνίστημι
"	٥: ١٧	ἥγμαι
قائم	١٥: ٧/ ١٧: ٧/ ١٧: ٧/ ١٠: ١٠/ ١١: ١٠/+	ὀρθός
"	١٣: ٩١/ ٢: ١٠٢	ἐφίστημι
"	٩: ٤	ἀνίστημι
على زوايا قائمة	١: ٢/ ١٤: ٣/ ٩: ٦/ ١٦: ٦/ ٩: ١١/+	πρὸς ὀρθάς
على استقامة	٣: ٣٥	ἐπ' εὐθείας

ك

ك

كما	١٥: ٥١/ ٣: ٥٢/ ١٣: ٦٠/ ١٥: ١٠٤/ ٨: ١٠٥/+	ὡς
"	١٧: ٩٥	διὰ τό
كبر		
أكبر	٢: ٩/ ١: ٦٠	μείζων
كثر		
كثير	٥: ١٠٥/ ٩: ١١٣	πολλῷ
أكثر	١٦: ٦٠/ ٤: ٦١/ ١٣: ٦٣/ ٢: ٦٦/ ٤: ٧٠/+	μᾶλλον
" + gen + تمييز	١٣: ٦٥/ ١٤: ٦٥/ ١٥: ٦٦/ ١: ٦٧/ ٢: ٧٠/+	comp/supl. adj.
أكثر	٢: ٧/ ١٨: ٨/ ١٤: ٩/ ١١: ٤٣/ ١٠: ١٠٥	μείζων
أكثر	١٣: ٤/ ٥: ٥	πλεῖον
كرة	٣: ١/ ٥: ١/ ٦: ١/ ٧: ١/ ٧: ١/+	σφαῖρα
كرة	٦: ٢٤/ ٧: ٢٤/ ٧: ٢٥	σφαιρικός
كرى	٤: ٢/ ٥: ٢/ ١٥: ٢٥	σφαιρικός
كلا	١٧: ١٠/ ٣: ١١/ ٢: ١٧/ ١٤: ١٧/ ١٧: ١٨/+	ἀμφότερος
كلا	٦: ١/ ١٣: ١٧/ ٨: ١٨	ἑκάτερος
كلّ	٨: ٣٢/ ٩: ٣٢/ ١١: ٤٥/ ١١: ٤٥/ ٨: ٦٣/+	ὅλος
كلّ قطعة من القطع	١٣: ٥٧	ὅσα
كلّ + dual	١٥: ١٥	παντῶν
كلّ واحد	١: ٢/ ٩: ١٠/ ١١: ١٠/ ١٦: ١٢/ ١٧: ١٢/+	ἑκάτερος
"	٧: ١١/ ١٢: ٢٠/ ٥: ٥٨	ἕκαστος
"	٨: ١٥/ ١٩: ١٥/ ١٣: ١٦	ἀλλήλος
كان	٧: ٢/ ١٠: ٢/ ١٨: ٣/ ٨: ٤/ ٩: ٤/+	εἰμί
كان	١٤: ٣/ ١٣: ٤/ ٩: ٥/ ١: ١١/ ٧: ١٨/+	λαμβάνω

كان	٤: ٣٩/ ١٥: ٤٠	εἰλήφθω...καὶ ἔστω
"	١٣: ٨٢	ὑπόκειμαι

ل

ل

لأنّ	١٣: ٢/ ١: ٥/ ١٥: ٥/ ١٦: ٥/ ٣: ٦/+	ἐπεί
"	٢: ٦/ ١: ٧٩	ἐπειδήπερ
"	٤: ٢٦	ἐπείπερ
"	١: ٨/ ١٢: ٦٢	διὰ τὸ
"	١٨: ٥٧/ ٤: ٦٣	γάρ
لما	٧: ٨/ ٨: ٨/ ١٦: ١٨/ ٢: ٣٨/ ٣: ٣٨/+	ἐπεί
لا	١: ٥/ ١: ٥/ ١٨: ٦/ ٩: ٣٣/ ١٧: ٣٣/+	οὐ
لا	١٥: ٣٣/ ١٧: ٣٥/ ١٧: ٥١/ ٨: ٥٢/ ١١: ٥٧/+	μή
لكن	٩: ٢٢/ ١٦: ٢٢/ ٩: ٣١/ ٨: ٧٠/ ١٢: ٧٦/+	ἀλλά
لكن	٤: ٩	τουτέστι
"	١٧: ٥٦	δέ
لقى	١١: ٢/ ١٦: ٣/ ١٤: ٧/ ٢: ١١/ ٣: ١١/+	συμβάλλω
لقي	٧: ١٧/ ١٣: ١٧/ ٨: ١٨/ ١٧: ١٨/ ١٥: ٢٧/+	συμπίπτω
لقي	١٤: ٧٩/ ١: ٨٠/ ١: ٨١/ ٧: ٨١/ ٨: ٨١/+	προσπίπτω
ليس يلقى	١٤: ٤٣/ ١٦: ٤٣/ ١٨: ٥١/ ١٠: ٩٨	ἀσύμπτωτος
لا يلقى	١: ٩٠/ ١٨: ١١٥/ ٢: ١١٦/ ٤: ١١٦	ἀσύμπτωτος
لقي	١٦: ١٠٠	ἐφάπτομαι
لا التقى	١٧: ٤٢/ ٤: ٤٣/ ٧: ٤٣/ ١: ٤٤/ ٣: ٤٥/+	ἀσύμπτωτος
لم	١٠: ٢/ ١١: ٢٤/ ٤: ٣٠/ ٦: ٥١/ ١٦: ٥٦/+	μή
لم	١٦: ٥٦/ ١: ٥٧	οὐ

οὐ	+/٤٢ :٦ /٤٢ :٢ /٦ :١٧ /٥ :٥ /٤ :٤	ليس
μή	+/٨٤ :٣ /٨٤ :٢ /٧٨ :١٥ /٧٨ :٥ /٣٧ :١٣	ليس

م

τις, τι	+/٥ :٩ /٣ :١١ /٢ :٥ /٢ :٤ /١ :٦	ما
indef. noun	٦ :٨ /٥ :٧	"
gen. abs.	٩ :١٢	ما كان من

مثل

ὡς	+/٦٧ :١٠ /٥٨ :١ /٤٩ :١ /٤٩ :٤ /٢٦ :٥	مثل
τουτέστι	+/٨٣ :٩ /٨٣ :٨ /٨٣ :٧ /٨٢ :٣ /٨٢ :٢	الذى هو مثل
διπλῆ	١٠٩ :٣ /١٠٩ :٣ /١٠٩ :٢	مثلي
ἀποδείκνυμι	٥٠ :٤	مثال
ἴσος	٤٠ :١٢	مثل
διὰ	+/١٥ :٢ /١٤ :١٨ /١٤ :١٤ /٥ :١١ /٤ :١٥	مرّ + ب
διὰ + verb	+/١٣ :١٤ /١٣ :١٣ /٢ :١٠ /٢ :٧ /١ :٦	"

مسّ

ἅπτομαι	+/٥ :٩ /٥ :٧ /٥ :٥ /٤ :١٣ /٤ :١٢	ماسّ
ἐφάπτομαι	+/٢٩ :١٦ /٢٩ :١ /٢٨ :١٦ /٢٧ :٣ /٢٧ :٢	"
ἁφή	+/٦٧ :٧ /٤٤ :٨ /٣٢ :٣ /٦ :١٤ /٦ :٨	موضع المماسّة
συναφή	٦٦ :١٣ /٦٦ :١ /٦٥ :١٦	"
συναφή	٦٥ :١٥ /٦٥ :١٤	مماسّة
ἁφή	٣ :١٨ /٥ :٨	تماسّ

مكن

δυνατόν	+/٥٢ :٦ /٥١ :١٧ /٥١ :٦ /٣٣ :١ /٤ :١٢	أمكن
οὐκ ἄρα	٥٢ :١٢ /٥٢ :١	فليس يمكن
οὐδέ	٥١ :١٠	لا يمكن أن يكون
μὴ γὰρ, ἀλλ'εἰ δυνατόν	٣ :١٨	فان لم يكن (noun) كذلك وأمكن أن

فان لم يمكن ذلك فأمكن غيره	١٢: ٦	μὴ γὰρ, ἀλλ' εἰ δυνατόν
لا يمكن غير ذلك فان أمكن	٨: ٣٠	" " " " "
فان لم يكن ذلك كذلك وأمكن غيره	٤: ٣١/ ٦: ٥١	" " " " "
غير ممكن	٩: ٣١/ ٨: ٣٣/ ٩: ٥١/ ١: ٥٢/ ١٢: ٥٢/+	ἀδυνατόν
فليس ممكن	٨: ٣٣	οὐκ ἀρά

منع

ممتنع	٢: ٤/ ٤: ٥/ ١٧: ٦	ἀδυνατόν

مال

ميل	١٦: ٦٠/ ١٩: ٦٠/ ٣: ٦١/ ١٢: ٦٢/ ١٤: ٦٣/+	κλίνω
ميل السطح على السطح	٨: ٦٢/ ٨: ٦٢/ ١٢: ٦٢/	ἡ κλίσις...
	١١: ٦٣/ ١٢: ٦٣/+	ἐν ᾗ κέκλιται
مائل	١٢: ٣٣/ ١٤: ٣٣/ ١٧: ٣٣/ ١٤: ٥١/ ٣: ٥٢/+	λοξός
"	١٥: ٦٠/ ٢: ٦١/ ١٣: ٦٥/ ٢: ٧٠/ ٣: ٨٤/+	κεκλίμενος
أميل	٢: ٦٧	μᾶλλον κέκλιμαι

ن

نحن	١٠: ٦٠	ἡμῶν

نحا

ناحية	١٧: ١٠/ ٣: ١١/ ٥: ٩٠/ ١٢: ٩٤/ ٥: ٩٥/+	μέρος
الى ناحية	٩: ١٠١/ ٩: ١٠١/ ١٠: ١٠١/ ١٨: ١١٥/ ١: ١١٦/+	ὡς ἐπί + acc.

نسب

نسبة	٧: ١٠٦/ ١٧: ١٠٦/ ١٥: ١٠٧/ ١٧: ١٠٧/ ٨: ١٠٨/+	ὡς...οὕτως
"	١١: ١٠٧/ ٥: ١٠٩/ ٦: ١٠٩/ ٨: ١٠٩/ ٩: ١٠٩/+	λόγος

نصف

نصف	١٠: ٣٨/ ١٧: ٣٨/ ٤: ٤٠/ ١٥: ٤٤/ ٩: ٤٥/+	ἥμισυς

موضع (نقطة) النصف ١٠: ٦٦/ ١١: ٦٦/ ١٢: ٦٧/ ١٢: ٦٧/
٨: ٧٧/ + ... διχοτομία

بنصفين ١٦: ٣/ ٦: ١٥/ ٩: ١٥/ ١٩: ١٥/ ٢: ١٦/ + ... δίχα

(قوس) نصف دائرة ١٦: ١٥/ ١٨: ١٥/ ٩: ١٧/ ٦: ١٨/ ١١: ٢١/ + ἡμικύκλιον

نصف الكرة ٦: ٥٧/ ١٣: ٥٧/ ١١: ٥٩/ ١٦: ٥٩ .. .. .. ἡμισφαίριον

نظر

كلّ واحد لنظيره ٦: ١٠/ ٥: ١٤/ ١٤: ٢٠/ ٨: ٢٢/ ١٥: ٢٣/ + ἑκατέρα ἑκατέρᾳ

نفذ

أنفذ ١٥: ٣/ ١٧: ١٠/ ٢: ١٧/ ١٢: ١٧/ ١٤: ١٧/ + ... ἐκβάλλω

نقط

نقطة ٣: ١/ ٥: ١/ ٩: ١/ ١٠: ٢/ ١١: ٢/ + ... σημεῖον

نهى

انتهى الى ٦: ١ .. .. περαίνω

غير متناهية ١٠: ٢٤ .. .. ἄπειρος

ه

هو هي ٣: ١/ ٥: ١/ ٦: ١/ ٩: ١/ ١٤: ١٠/ + ... εἰμί

و هي ٢: ١٧/ ٨: ١٨ .. .. τὸ δὲ αὐτὸ

فهي ٦: ٧ .. .. τὸ αὐτό

فهي ١١: ٧/ ٢: ٥٢ .. .. ἄρά

و هي ١٣: ٤٣/ ١٥: ٤٣ .. .. τουτέστι

الذى هو ١٧: ٩٠ .. .. τουτέστι

و

و ٥: ١/ ٦: ١/ ٧: ١/ ٦: ٣/ ٨: ٦/ + ... δέ

و	+/٢ :١١ /٢ :١١ /٢ :١٠ /٢ :٥ /١ :٦	καί
و	٥١ :١٩ /١٢ :١٩ /٢ :١٠	ἀλλά
و	٥ :١٣ /٤ :١٥	δή

وتر

وتر	+/٤٨ :٩ /٤٧ :٩ /٤٢ :١ /٢٤ :١ /١٤ :١٠	ὑποτείνω

وجد

وجد	٢٥ :١٠ /٢٥ :٩ /٢١ :١٧ /٣ :١٠ /٣ :٩	εὑρίσκω

وجه

جهة	+/١٨ :٨ /١٧ :١٤ /١٧ :١٣ /١٧ :٣ /١ :٦	μέρος
من جهة	+/٩٤ :١٤ /٩٤ :١٠ /٩١ :٣ /٩٠ :١٨ /٨٩ :١٣	ὡς κατά +
على هذه الجهة	٥٠ :٤	οὕτως

وحد

واحد	+/٦٦ :٣ /٣٣ :٧ /٥ :٥ /١ :٤ /١ :٣	εἷς, μία, ἕν
واحد	+/١١١ :١٠ /٤٩ :١١ /٤٧ :١٣ /٤٢ :١٠ /٣٧ :١٣	ὁ αὐτός
واحد واحد	١١٢ :١١ /٩٥ :١٣	ἕκαστος

وزى

مواز	+/٣٢ :١٢ /٣١ :١٥ /٣١ :١٣ /٢٨ :١٢ /٢٧ :١٢	παράλληλος
متواز	+/٣٢ :١٦ /٣٢ :١٢ /٢٨ :٦ /٢٨ :٤ /٢٧ :٦	παράλληλος

وسط

وسط	٦٦ :١ /٦٥ :١٥ /٦٥ :١٤	διχοτομία

وصف

مما أصف	٤٣ :٧	οὕτως
على ما وصفنا	٧٤ :١١	ὑποκειμένων

وصل

وصل	١١ : ٢/ ١٤ : ٤/ ٣ : ٥/ ٧ : ٥/ ١٢ : ٦/+	ἐπιζεύγνυμι
اتّصل	١٣ : ٤٤/ ٥ : ٥٥/ ١ : ٧١/ ١٠ : ٧٥/ ١٣ : ٩٣/+	συνέχω
متّصل	٥ : ٩٥/ ١٦ : ٩٧/ ١١ : ٩٩/ ٥ : ١٠٠/ ١٥ : ١٠٠/+	ἑξῆς

وضع

وضع	١١ : ٤٣/ ١٨ : ٩٥	κεῖμαι
وضع	١٥ : ٨٤/ ١٣ : ١٠٥	ὑπόκειμαι

وقع

وقع	٧ : ٣/ ٣ : ٥/ ١٨ : ١٠/ ٦ : ١٢/ ٧ : ١٢/+	πίπτω
وقع	١٧ : ٩١	ἐμπίπτω
وقع أبعد	٨ : ٨٨/ ١٠ : ٩٠	ὑπερπίπτω
كيف ما وقع	٢ : ٥/ ١ : ٢٢/ ٤ : ٢٣/ ١١ : ٢٥/ ٢ : ٦٣/+	τυχόν

ولي

مما يلي	١٠ : ٣٨/ ١٢ : ٣٨/ ١٦ : ٣٨/ ٤ : ٤٠/ ٥ : ٤٠/+	πρός +dat.
مما يلي	١٦ : ٥٢/ ٢ : ٥٣/ ١١ : ٥٦/ ١٤ : ٥٦/ ٢ : ١١٤/+	πρός +acc.
على الولاء	١ : ٩٣/ ١٢ : ٩٥/ ٦ : ٩٨/ ٨ : ١٠٧	ἑξῆς
على التوالي	١١ : ٩٤	ἑξῆς
متوالي	٩ : ١٠٧	ἑξῆς
التي تتلوها	٦ : ١١٠	ἑξῆς

وهم

توهّم	١٠ : ٢/ ١٠ : ٣	εἶμι
توهّم	٧ : ٢٢	ἄγω
توهّم	٣ : ٢٣/ ١١ : ٢٣	νοέω

APPENDIX FOUR
DRAWINGS

On the following pages are presented photographic reproductions of the drawings as presented by Heiberg and as found in the Arabic manuscript. The drawings in the Arabic manuscript are made in a red ink with lettering in the same ink as that of the text. They appear to have been executed by an instrument similar to a modern drawing-compass; however, a small circular scuff surrounding the centre-point hole suggests that the pointed foot had a stop to prevent the foot from penetrating too far. Many of the drawings have technical errors - circles and lines not meeting when they should, and some arcs and lines extending beyond their termini - which suggests lack of expertise, or inattentiveness due to unfamiliarity with the text. In some instances, the drawing intrudes into the text, e.g., I-xxi and II-xvi, which may be indicative of the drawings having been added to spaces left while copying the text. In one instance, III-iv, the drawing must have been added later. Here, the ink is a dark brown and has soaked through the paper more than any other of the inks in the manuscript. Likewise, part of the drawing intrudes into the line of text above it. Drawing III-xiii is given in two forms, the second form seemingly arising from the first's inaccurate representation of the conditions in the proposition.

Heiberg does not make clear whether the orientation of the drawings he presents is the orientation of the drawings in the manuscripts he followed. However, assuming the orientations are the same, the following table indicates the differences found in the Arabic manuscript:

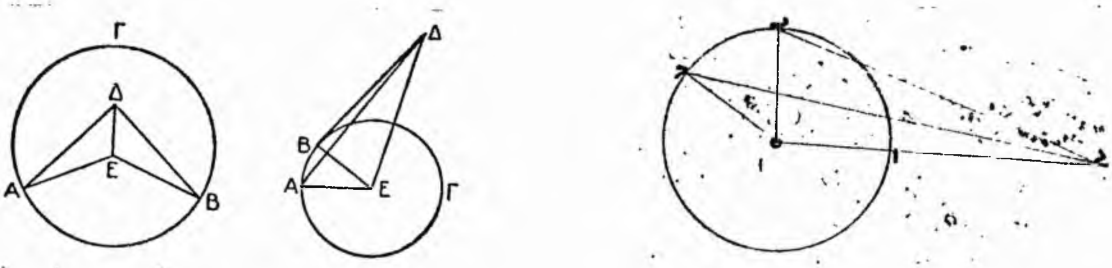
ORIENTATION:		TOTAL:
SAME:	I-iii,iv,v,vi,xii,xiii,xix(a),xix(b); II-iv,x,xi(a),xi(b),xv(a),xv(b),xv(c), xvi,xvii; III-i,ii,iii(b),iv,v,vi,vii, viii,x(a),x(b),x(c),xi,xiii,xiv	31
90° RIGHT:	I-i,vii,viii,x,xiv,xv,xvi,xvii,xviii,xx(a), II-vii,xii,xiii,xx(a),xx(b); III-iii(a)	16
90° LEFT:	I-ii,xi; II-i,ii,iii,vi,viii,xxi,xxii; III-xii	10
MIRROR IMAGE:	I-xxii; II-v,ix,xviii,xix; III-ix(a), ix(b),ix(c)	8
INVERTED:	I-xxi; II-xiv	2
INVERTED MIRROR IMAGE:	I-xx(b)	1

The reason for these differences in orientation is unclear. However, it seems most probable that it is a result of positioning a drawing to fit a space left in the text.

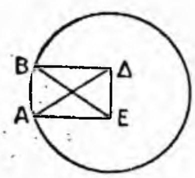
For eight propositions (I-xix,xx; II-xi,xv,xx; III-iii,ix,x) there is more than one drawing. In all but one instance (II-xi) the order is from right to left following the usual pattern of the language. Multiple as well as single drawings are put at the end of each proposition in the Arabic manuscript, whereas Heiberg notes this happening only once in the Greek manuscripts (prop. II-xv; cf. Heiberg 76.29n).

Two drawings, II-xiv and II-xi, add lines missing from the Greek manuscripts. Likewise, two drawings, I-ii and I-vii, omit unnecessary lines represented in Heiberg's drawings. On the other hand, two drawings, I-viii and I-xvi, add unnecessary lines. Three drawings do not follow the drawings as presented by Heiberg, II-xv(b), II-xv(c), II-xix, although they do follow the text of their respective Arabic proposition. On the whole, the Arabic drawings give a fair representation of the Greek drawings, despite their frequent inexactitude.

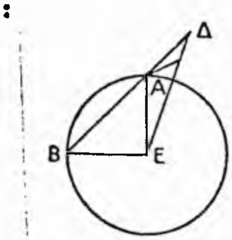
FIGURE I-i



Heiberg presents two versions. The first is not found in A or E. The second is drawn in BCD:

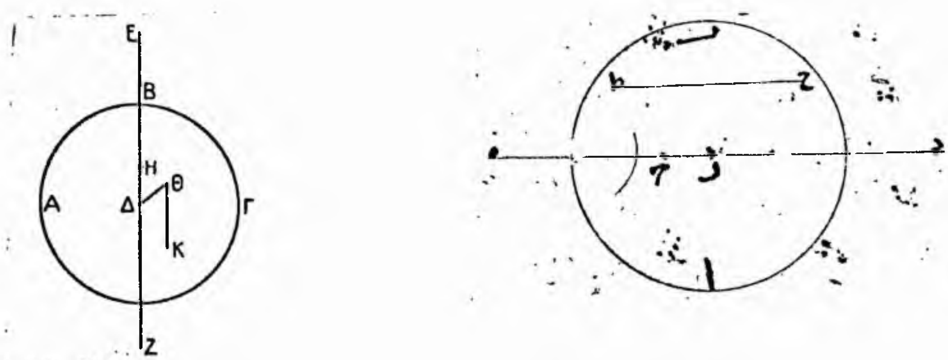


and in E:



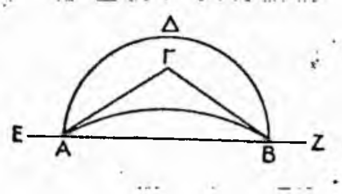
The Arabic seems to follow E, omitting the line from A meeting line ΔE at an unspecified point.

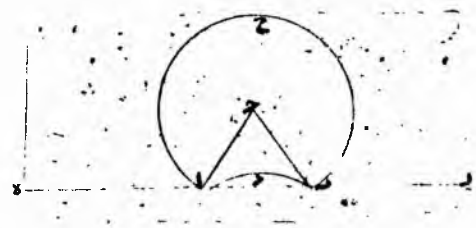
FIGURE I-ii



Line ΔΘ is not required in the proof, nor does Heiberg mention it in the apparatus. The Arabic has altered the lettering by identifying the circle with only two points and shifting the remaining points so that one less, in total, is used. Such an alteration, though possibly through scribal error, is most probably the result either of the Greek exemplar displaying such economy or the translator adopting it.

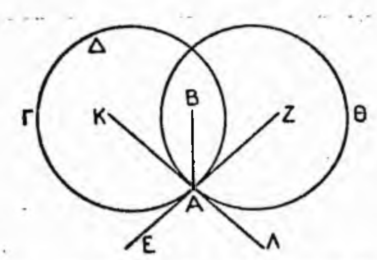
FIGURE I-iii

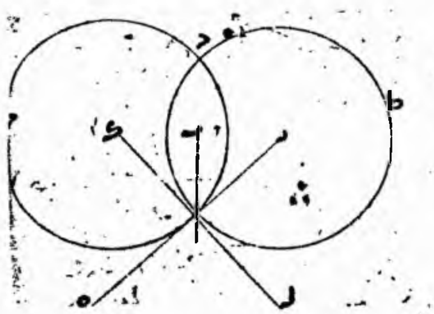




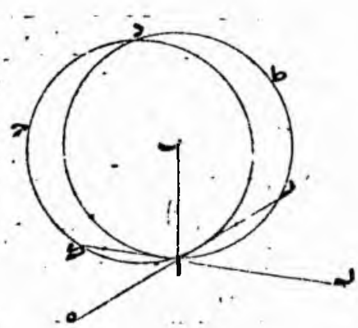
Heiberg notes (6:21n): Fig. om. E; A om. B. Fig. hab. etiam F, litteris bis positis; in E [sic] litt. B infra A coll., pro E repetitur Γ ...(8:2n) Fig. om. E, arcum interiorem in ang. mut. C deletis ΑΓ,ΓΒ; pro rectis ΑΓ,ΓΒ duos arcus hab. F, qui omnes litt. bis praebet. ad fig. τοῦ δ´C. The use of ج in the Arabic text is confusing. Twice it has been included with داب. The addition of ح may help explain this, if we conclude a mis-copying (ج for ح) in both instances. However, the reason for the addition of ح is itself confusing. Perhaps it was added by a scribe who found داج in the text and decided to add ح in the drawing rather than delete ج from the text.

FIGURE I-iv





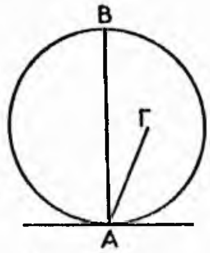
Second Arabic

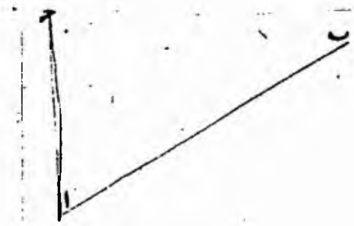


First Arabic

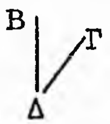
Heiberg gives no note for this drawing. The Arabic follows the form and lettering exactly, but has made the figure twice. Probably the scribe realized his error with the first drawing and re-drew it.

FIGURE I-v



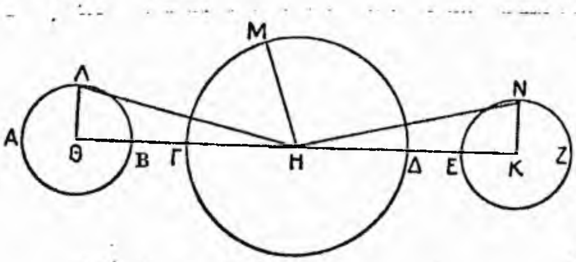


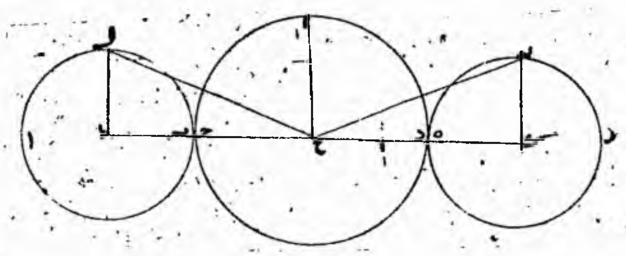
Heiberg notes (10:11n): Fig. hab. B et e corr. C; in ADE haec est:



(in AD add. ε′); nullam fig. F. The Arabic appears to follow ADE, if we assume Δ is read A in the translator's exemplar, and that بج are transposed. Line اج appears to be drawn free-hand and then re-drawn with a straight-edge.

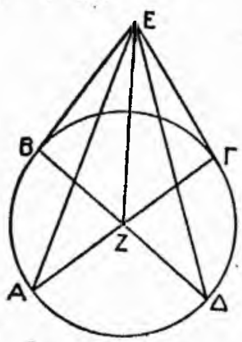
FIGURE I-vi

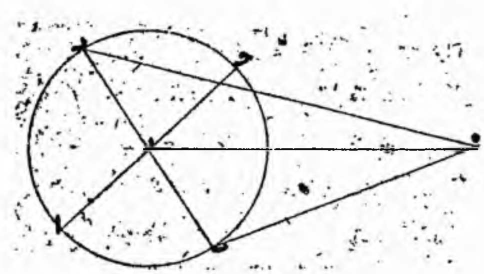




Here the Arabic exactly reproduces the Greek.

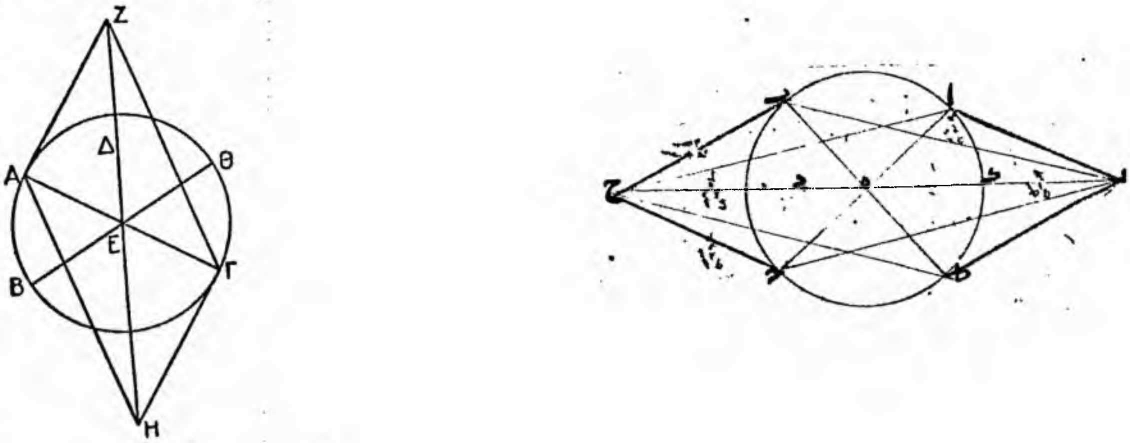
FIGURE I-vii





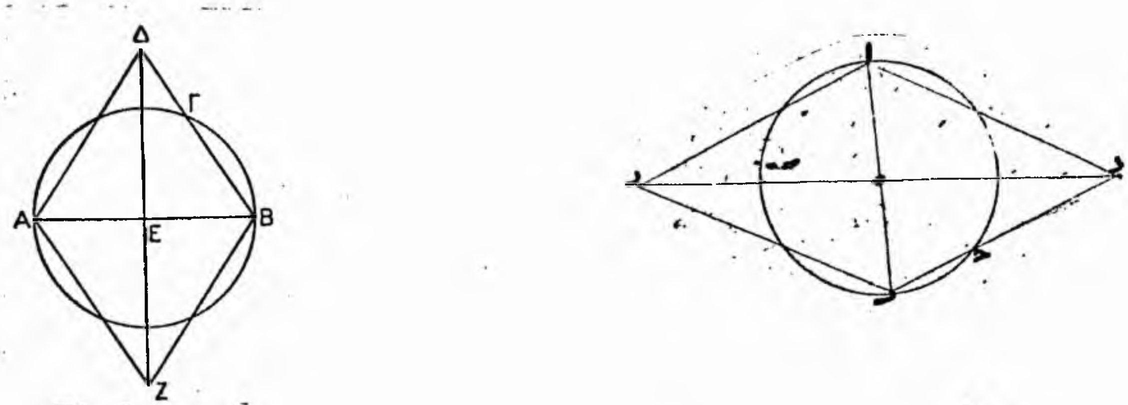
Heiberg gives no note for this figure, and it is unclear why the lines AE,EΓ are drawn. The proposition does not require them, nor are they found in the Arabic.

FIGURE I-viii



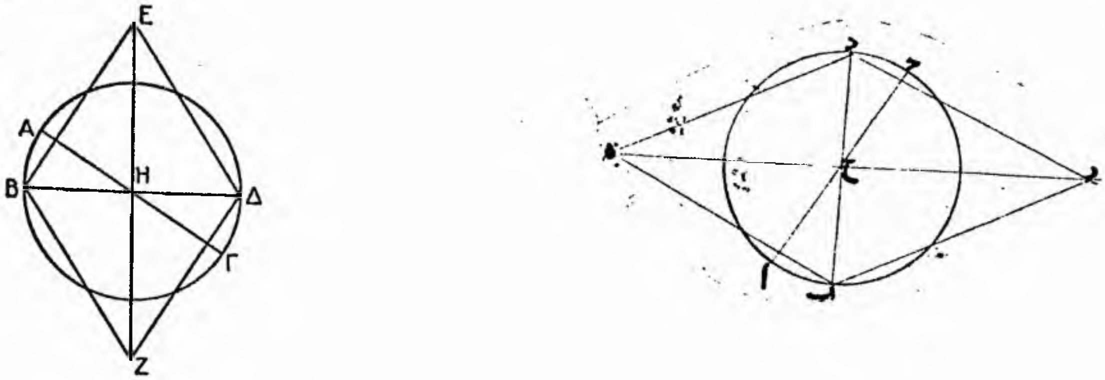
Here the Arabic text and drawing include unnecessary lines. The lines بز زط يح حط are included among those to be drawn in the setting forth of the proposition, but they are not used in the proof. Nor is there any mention of them by Heiberg in his apparatus. In addition, the four outermost lines, از زط يح حج , are drawn in black rather than the usual red ink and may therefore have been added. The orientation compared to the Greek is as if the circle were rotated through 90° to the right. Finally, the letter ز is misplaced and ك is added to the drawing but not the text.

FIGURE I- x



As in the previous drawing, the Arabic drawing is oriented as if the Greek were rotated through 90° to the right. Heiberg notes (18:22n) that in F the drawing is referred to the following ennunciation.

FIGURE I-xi

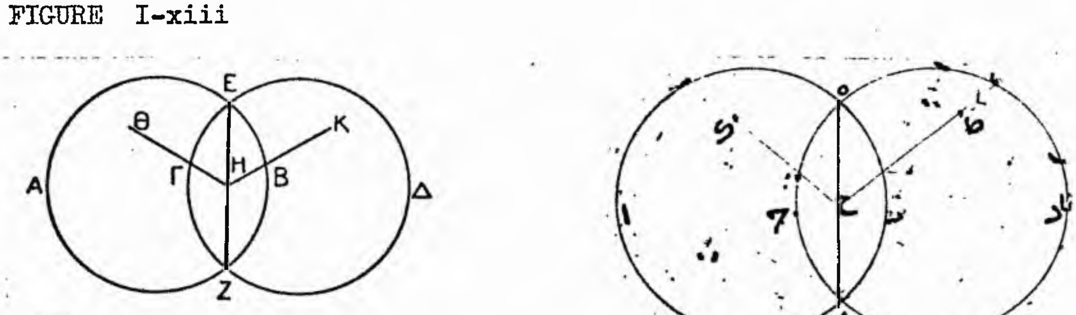


In this instance, the orientation is reversed; the Arabic is rotated 90^0 to the left. Heiberg notes that F again refers this figure to the following ennunciation and that (20:14n): recta AΓ puncta sectionis iungit in E.

FIGURE I-xii

Here, as can be seen, the Arabic is oriented as the Greek drawing.

FIGURE I-xiii



The Arabic text and drawing transpose the points ط ل, and it appears as if the lines were at first drawn to the circumference, then later shortened with the original lines and signs being scraped off. It can be seen from Heiberg's apparatus that A^2 and F correspond to the Arabic text, although there is no indication that in any of the manuscripts used by Heiberg the points are transposed in the drawing.

FIGURE I-xiv

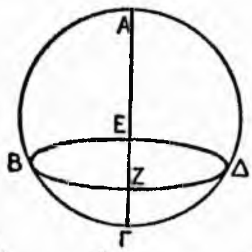
In this figure, the Arabic is rotated to the right, but here some few degrees less than 90 so that the figure appears tilted. Heiberg has produced here, and in the following two drawings, an elliptical circle. He notes for this figure (24:15n): In fig. circulus EBZΔ per centrum circuli ΑΒΓΔ transit, H in ΑΓ superius ponitur. In C (add. τοῦ ιδ Θ ex K corr., Z add. C^2, praeterea alius circulus BEZΔ cum centro Θ postea delinatus, ubi est in nostram fig. From this it is difficult to decide if in all the manuscripts an elliptical circle was employed. Certainly the Arabic scribe positioned the circles correctly in relation to each other, even though he did not produce the elliptical circle.

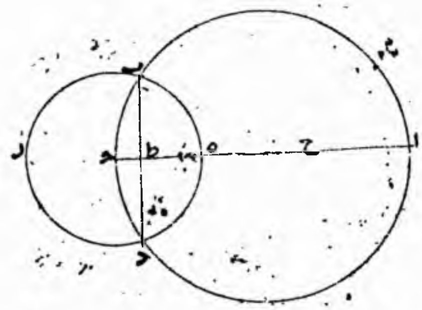
FIGURE I-xv

This figure is the same as the preceding, however, the Arabic drawing is here closer to being 90° to the right. As for the previous drawing, Heiberg notes that circle EBZΔ is through the centre of circle ΑΒΓΔ.

However, Heiberg does not note that C adds another circle in the proper place, so all the manuscripts used by him must reflect circle ΕΒΖΔ as being through the middle of circle ΑΒΓΔ.

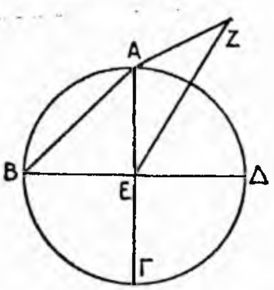
FIGURE I-xvi

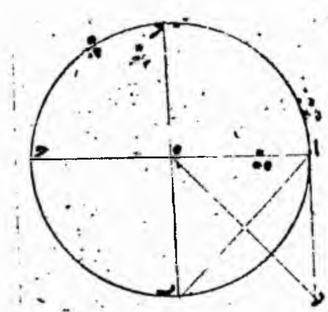




In addition to orienting the drawing 90° to the right, the Arabic scribe has drawn line بط , as in the previous two drawings. Heiberg notes (28:11n) that F repeats figure I-xv after the ennunciation of the next proposition and refers this figure to the following proposition. He also notes that E represents arc ΒΔ outside of the circumference of circle ΑΓ. This seems to be the only example in the last three drawings of the Greek and Arabic being executed in the same manner.

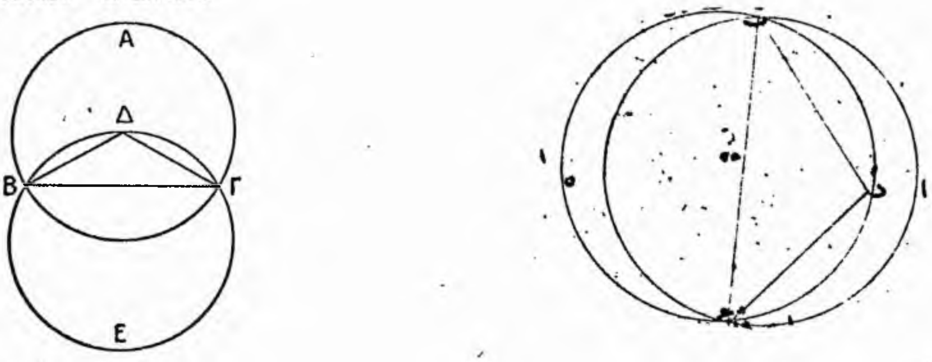
FIGURE I-xvii





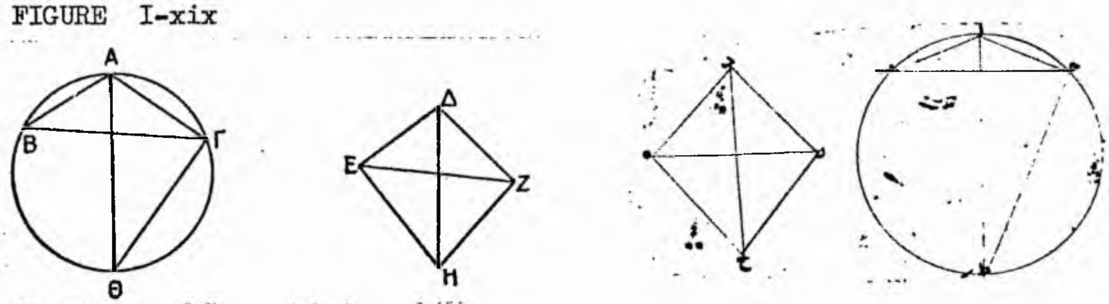
Here, the Arabic drawing is oriented as if it were a mirror image of the Greek rotated 90° to the right. In addition, if triangle AEZ is conceived of as being "hinged" along line AE , it has been turned through 180° so that line EZ intersects arc AB and line AB rather than arc ΑΔ. Heiberg notes only that F again refers the drawing to the ennunciation of the succeeding proposition. If the Arabic scribe began his lettering from the right, that would explain the orientation of ا ; however, he continued lettering in a clockwise direction, which he has done in no previous drawings. No simple explanation is possible here, and the drawing presented by the Arabic scribe may reflect his exemplar.

FIGURE I-xviii



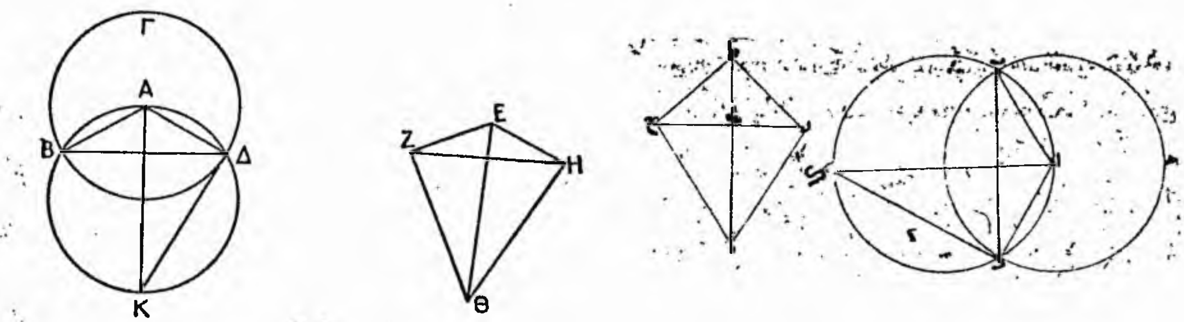
Again, the Arabic drawing is rotated to the right, here more than 90°. In addition, the two circles are much closer to being concentric than in the Greek drawing. Heiberg notes (32:4n) that C adds a second line BΓ above the first.

FIGURE I-xix



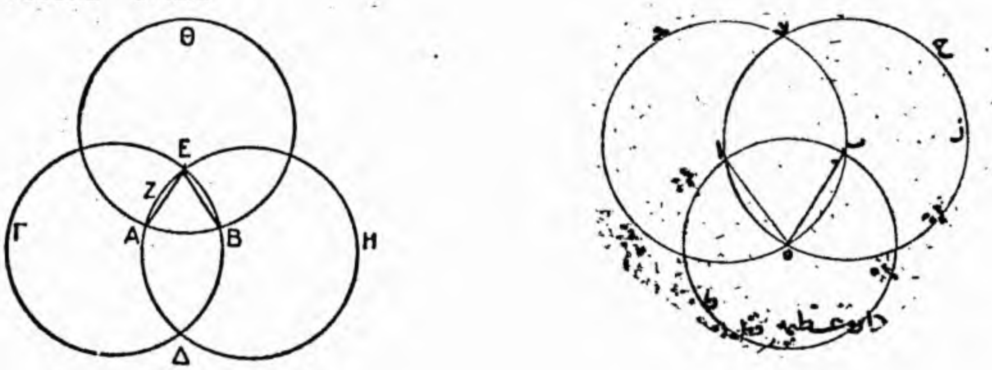
Here, the Arabic is exactly as the Greek, except that the two figures are transposed. This may reflect the normal initial position for each language.

FIGURE I-xx



In this drawing, the Arabic circles are rotated 90° to the right, and the figure هزحط is closer to a diamond than a kite shape, as line حز is closer to the centre of line هط , In addition, the figure هزحط represents an inverted mirror image. As previously, F refers the preceding drawing to this proposition. The letter ك appears to be a correction.

FIGURE I-xxi

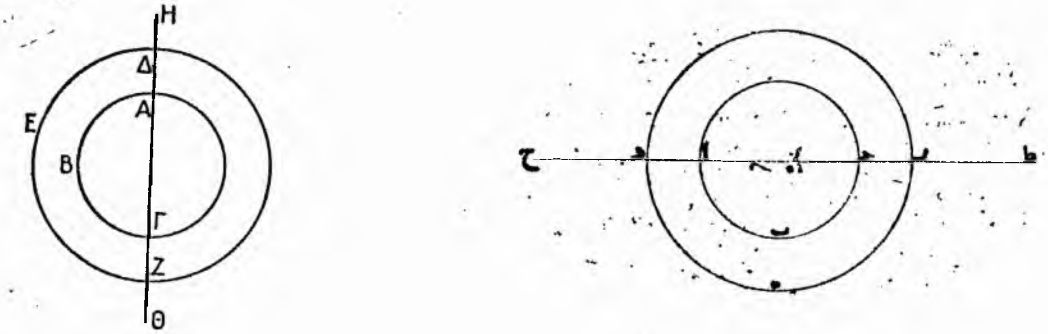


The Arabic drawing here is an inversion, but not a mirror image, of the Greek. The intrusion of part of the drawing into the text may be evidence of the drawings having been added after the text was written. Point ر appears to be corrected from ز which has been located between ح and ر rather than between ا and ب . In addition to F misplacing the figure, Heiberg notes (36:24n) that E omits Γ and H.

FIGURE I-xxii

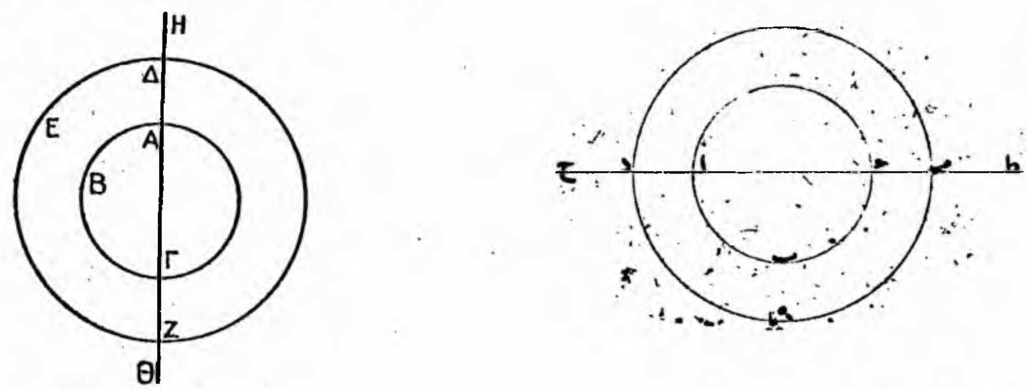
The Arabic drawing here is oriented as a mirror image of the Greek, and the scribe has given the points confusingly. Points ح and ج are not differentiated, while the points ه and ز appear to have been written by another pen. In addition, while the Greek makes circle ΑΒΓ smaller than circle ΑΘ, the Arabic makes them the same size. Heiberg notes (38:29n) that in C points have been deleted (Η), renewed (Θ), added (Γ) and repeated (Ε between Α and Η), while in E, Θ and Γ have been changed.

FIGURE II-i



The Arabic drawing is the same as the Greek, but it is rotated 90^{0} to the left.

FIGURE II-ii

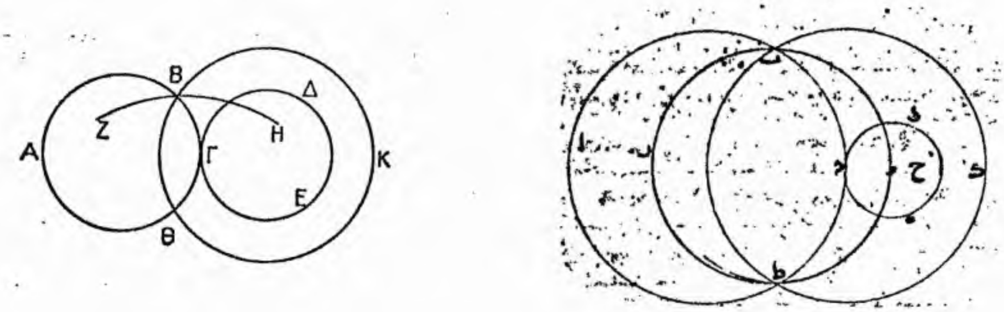


Again, the Arabic drawing is the same, but it is rotated 90^{0} to the left.

FIGURE II-iii

The Arabic scribe, besides completing circle اجه , has the drawing rotated 90^{0} to the left. Also, points اه and دب are transposed.

FIGURE II-iv

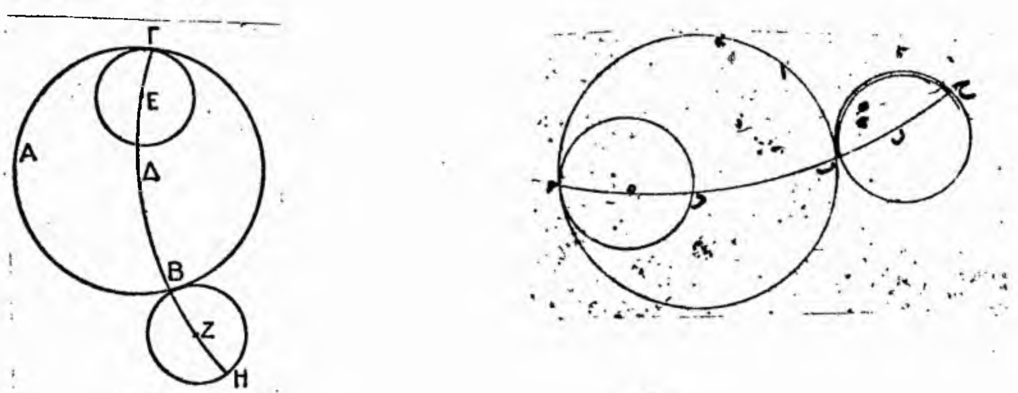


The Arabic drawing is oriented in the same manner as the Greek, but circle ابط is the same size as circle بكد, and circle زيج has been completed to pass through point ط.

FIGURE II-v

The Arabic drawing here is oriented as a mirror image of the Greek, but circle ده is the same size as rather than smaller than circle اب. Also, line جز is too long, point ج being inside circle ده rather than on its surface. Nor do the two circles actually touch.

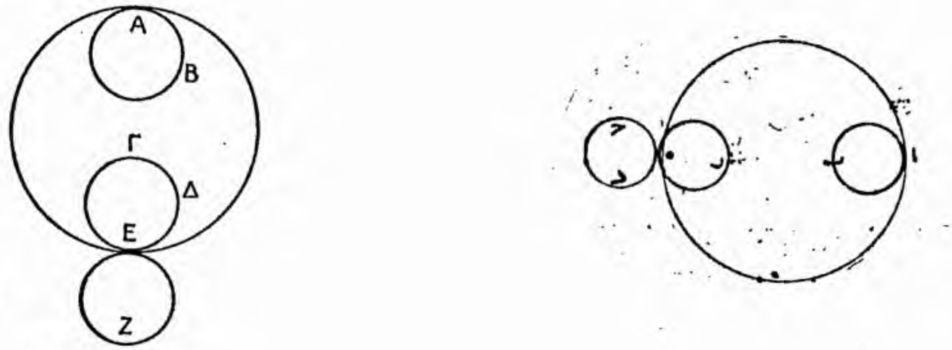
FIGURE II-vi



Here, the Arabic drawing is oriented as if the Greek were rotated through

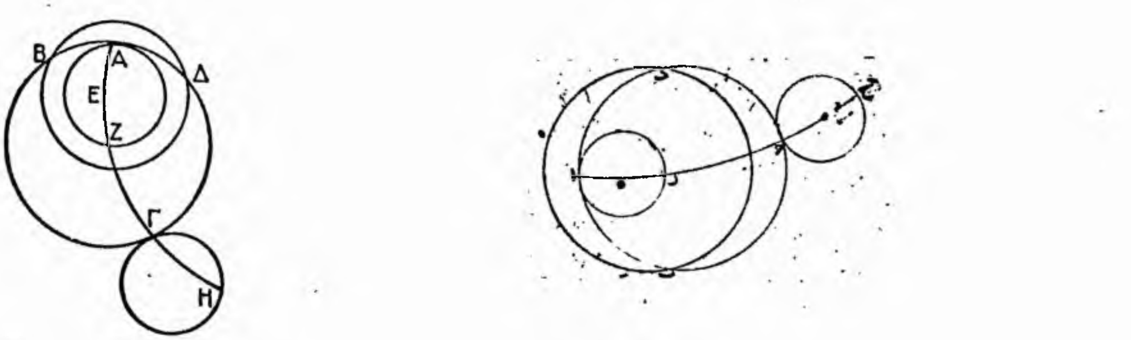
90° to the left. It appears as if in drawing circle ج the compass slipped giving a shadow arc from point ب to just beyond point ح.

FIGURE II-vii



The Arabic drawing is as if the Greek were rotated through 90° to the right. In addition, circles زه جد are transposed and though touching each other, they do not touch circle اه.

FIGURE II-viii

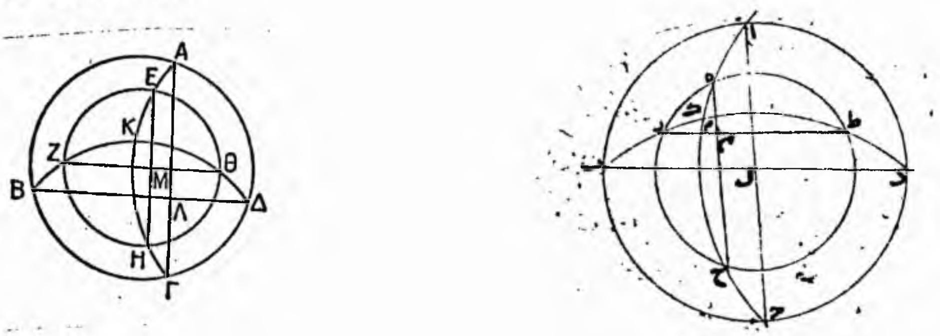


The Arabic drawing is oriented as if the Greek were rotated through 90° to the left. Circle بد is equal to rather than less than circle ابـد. Also, point ح seems to have first been placed in the centre of circle جـ then rubbed out and placed on its circumference.

FIGURE II-ix

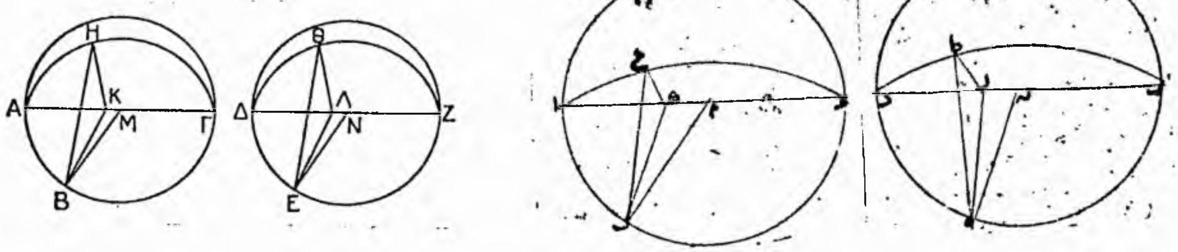
The Arabic drawing is oriented as if it were a mirror image of the Greek. Circle ازهب is equal to rather than smaller than circle زدهج. Also, circle ابجد is as if equal to circle ازهب and زدهج rather than greater, and the lines meant to end at points ا د extend beyond.

FIGURE II-x



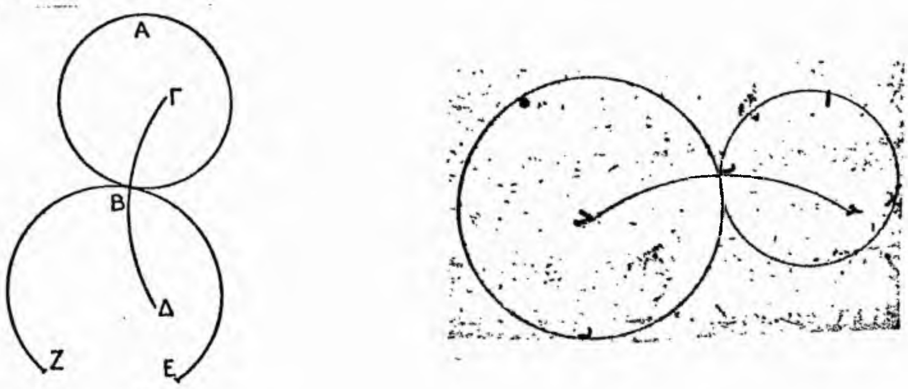
The Arabic drawing is oriented as the Greek, excepting a slight list to the left in the Arabic and to the right in the Greek. In the Arabic, lines بد and اج are as if diameters of circle ابجد rather than lesser chords. Point م has been written twice in the Arabic, once seemingly by another hand. Also, some lines extend beyond the proper point, e.g., ند.

FIGURE II-xi



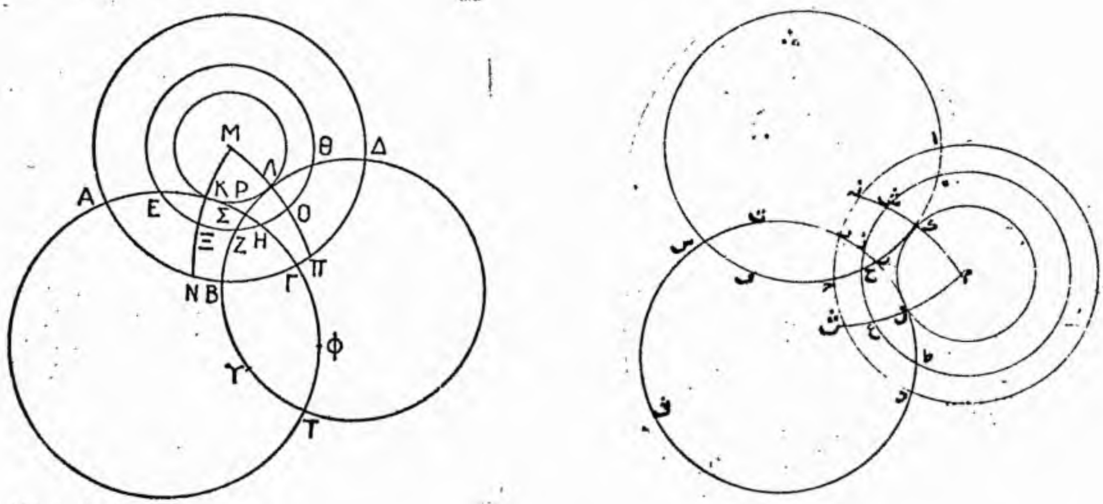
The Arabic drawings are oriented as the Greek, but arcs دز اج are less curved in the Arabic. Curiously, the first drawing is on the left rather than the right.

FIGURE II-xii



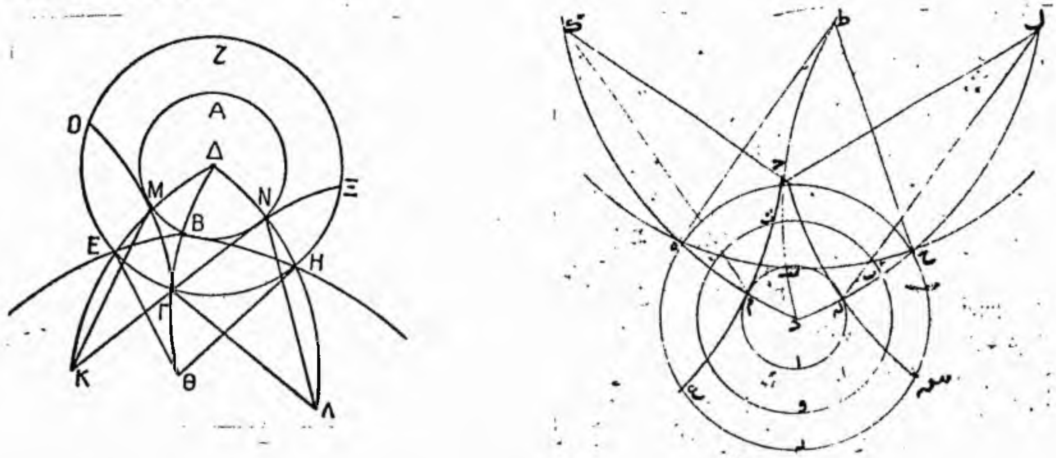
The Arabic drawing is oriented as if the Greek were rotated through 90° to the right, but it otherwise is as the Greek, with points ز and ه transposed.

FIGURE II-xiii



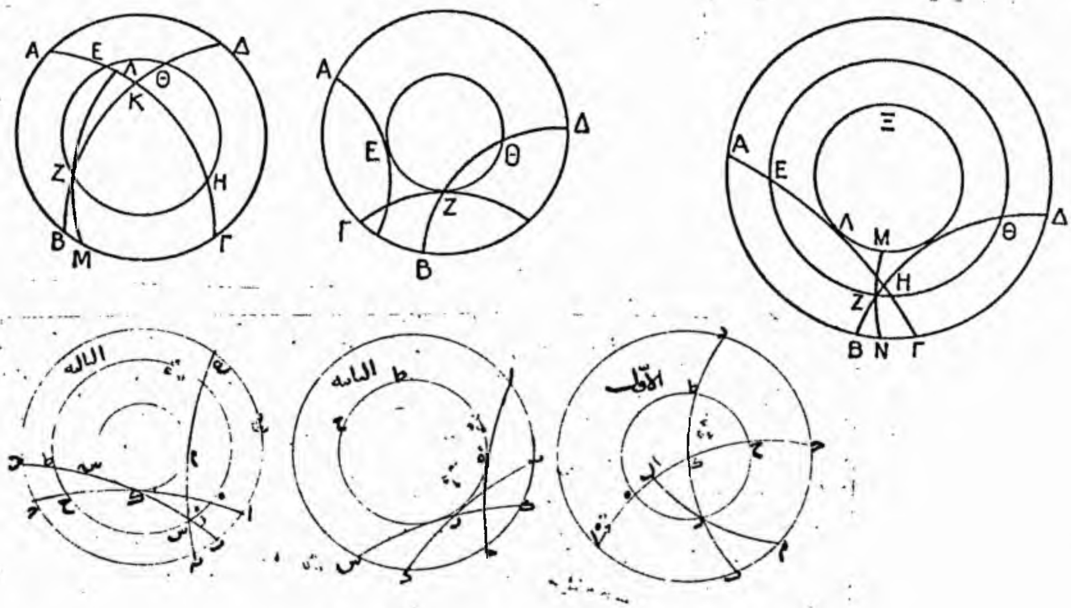
The Arabic drawing is oriented as if the Greek were rotated through 90° to the right. There is some confusion in the Arabic drawing over the lettering. In appendix one we find that a convention seems to have been followed in transliterating the letters used in drawings. In this drawing, we find some exceptions: Π=ث , Φ =ف. Also, point P in the Greek, between K and Λ , is missing from the Arabic. This point P is used only twice in the text, and in both instances the Arabic omits the point. Although the letters ث and ف may have been transposed in the drawing, the consistent use of them in this proposition in this transposed position indicates either the translator intended transliterating the letters in this manner or that some later copyist or owner found an inconsistency between drawing and text and resolved it leaving the text and drawing in the present form. Also, between point ر and point س has been written a letter which may be ث obscured by correction to ف . Finally, there is confusion between س and ش . In the text, the dots of ش are sometimes placed below the letter (ڛ) sometimes above. In the drawing, the wrong letter is dotted.

FIGURE II-xiv



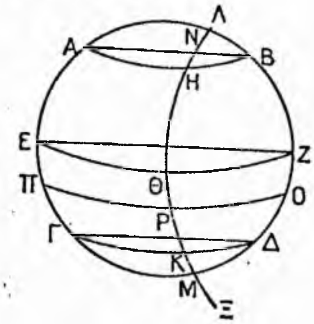
Heiberg notes for this drawing (72:12n): rectam KΓ om. codd. The Arabic drawing is oriented as if the Greek were inverted. There is an extra circle parallel to and between circles اب and جهنح, circle وت. This circle is not used in the proposition and its origin is unclear. Also, an extra letter, ب , has been located on arc دنحل, apparently at the point where that arc cuts the unused circle وت. As in many drawings, the lines do not always fall where they should, e.g., طه. However, the Arabic does represent line كج, unlike the Greek mss.

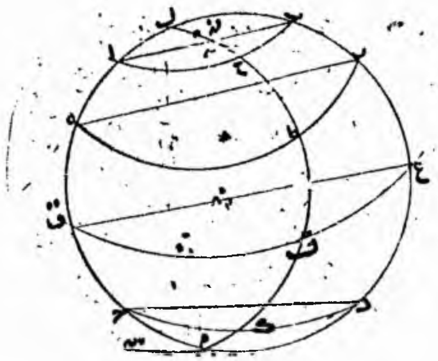
FIGURE II-xv



Heiberg notes for all three drawings (76:29): Omnes figg. in fine propos. codd. ad nostram adscr. α^{η} καταγραφή A, τοῦ ιε C corr. in τοῦ ι C^2, α^{τ} E, α' F^2...ad fig. β' $ABEF^2$, β^{α} καταγραφη A^2...(80:6) ad fig. adscr. γ' A corr. in γ^{η} $\kappa\alpha\tau\alpha\gamma\rho^{\alpha}$ A^2, γ' BEF^2. In the Arabic examples, drawing one is oriented as the Greek, however arc اهجح is moved so that ا is lower and ج is higher. Drawing two does not represent the Greek. AE= اهج; ZΓ= كرس; ΔΘZB= بـزد. Also, arc اد touches circle هزحط on the right rather than the left side, and arc بزد does not cut circle هزحط. However, the text of the proposition follows the diagram. Drawing three likewise does not follow the Greek. Λ= ك. Arc نزم is produced to meet circle ابجد at ع; and the two arcs اهلح بزطد are misplaced. Finally, ز is corrected from س. Again, however, the Arabic text follows the drawing. There is no clear reason for the changing of the last two drawings.

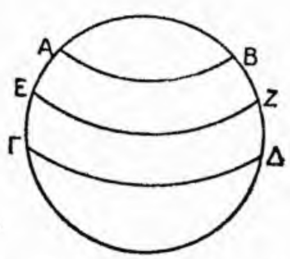
FIGURE II-xvi

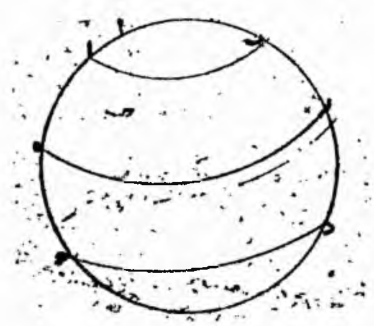




Heiberg notes for this drawing (82:21n): In fig. codd. EZ non per centrum ducta est, sed superius. The Arabic drawing is oriented as the Greek, but arc لس is curved in the opposite direction. The lines are not parallel, nor in a horizontal attitude. The letters ق and ف are transposed. As in the Greek mss., line هز is above the centre. Finally, the position of arc مس suggests the drawing was made after the text was written.

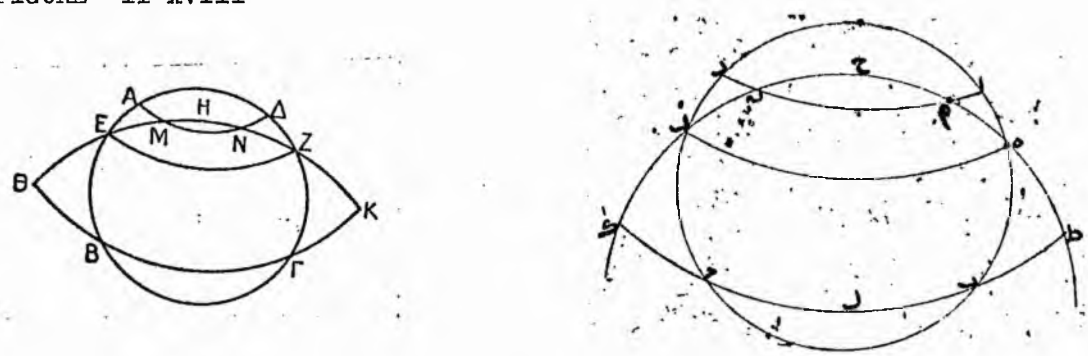
FIGURE II-xvii





The Arabic drawing is oriented as the Greek, however, the circles do not appear parallel. There is a shadow arc along part of arc هز.

FIGURE II-xviii

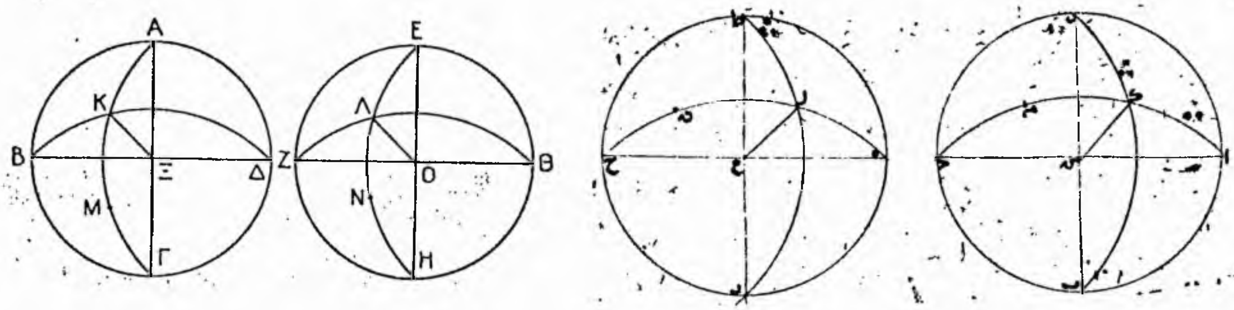


The Arabic drawing is oriented as a mirror/image of the Greek. The letter ل has been added between ب and ج. The curvature of the two arcs كجبط and كزهط is not the same, and the ends of the latter are beyond the two points ط ك. Finally, above ج can be seen an imperfect joining of circle ابجد.

FIGURE II-xix

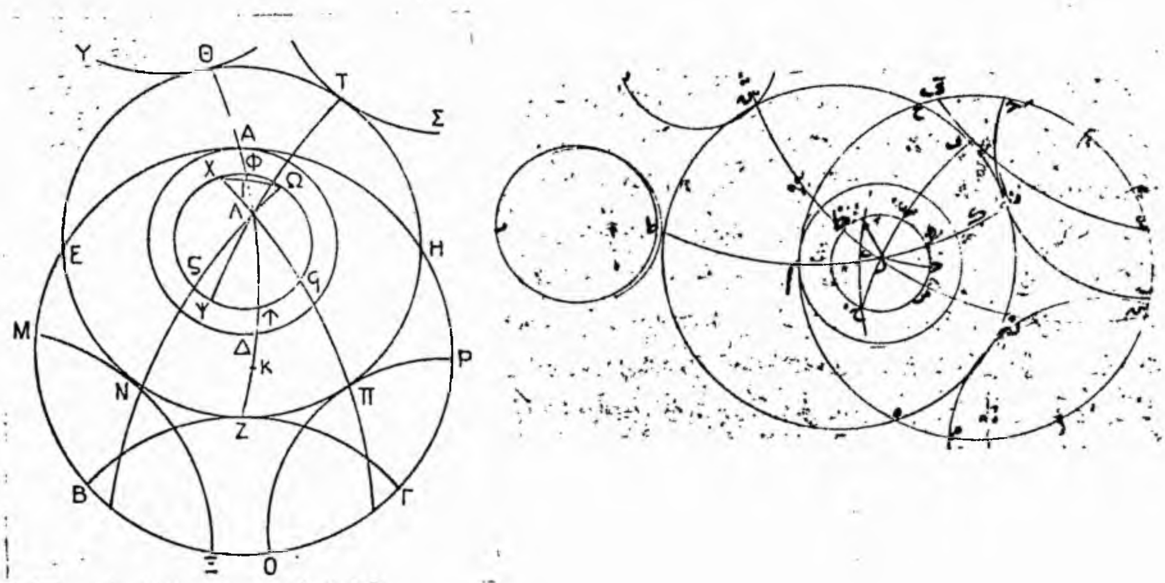
The Arabic drawing is essentially the same as the drawing, although lettered as a mirror image of the Greek drawing here with these exceptions: Θ=ل , K= م and ك ط are located as in the previous drawing. The Arabic text follows the Arabic drawing.

FIGURE II-xx



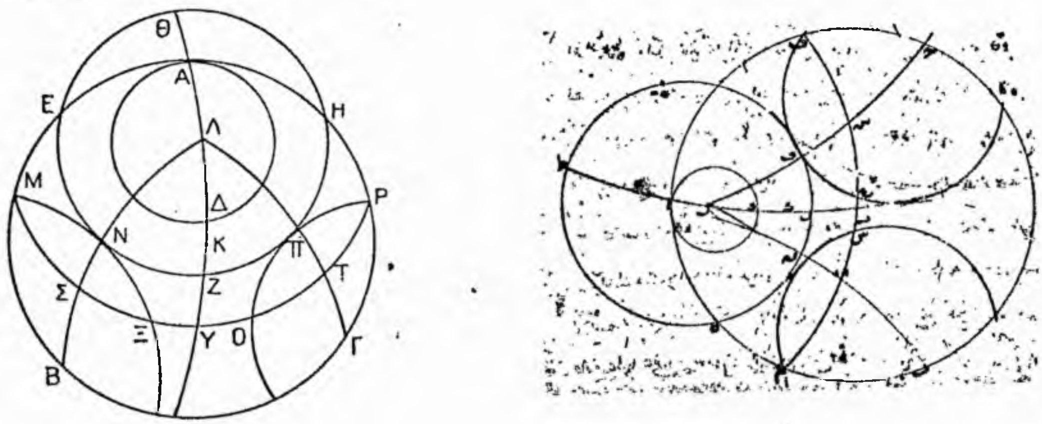
The Arabic example transposes the two drawings so that the first one is on the right. Each drawing is as if the Greek were rotated through 90° to the right. The positions of ر ب and ز ط are transposed.

FIGURE II-xxi



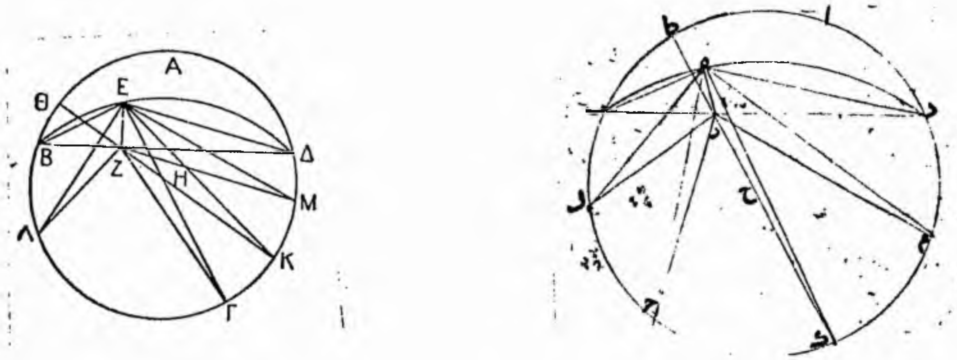
This is perhaps the most complicated of the drawings in the text. The Arabic drawing is very close to the Greek, except it is oriented as if the Greek were rotated through 90° to the left. Arc طلز is curved in the wrong direction, making point ز closer to point ن than to point ق. As a result, arc بزن is wrongly placed. Also, arc ضلا appears to be two straight lines. Many of the lines do not actually touch. The worst problem seems to have been the lettering. Many of the infrequently used letters are obscured in the text by correcting hands. This is especially true of ر and ض , which the correcting hand has changed in the text and drawing. Further, the letters ث and غ appear to be in a different hand.

Figure II-xxii



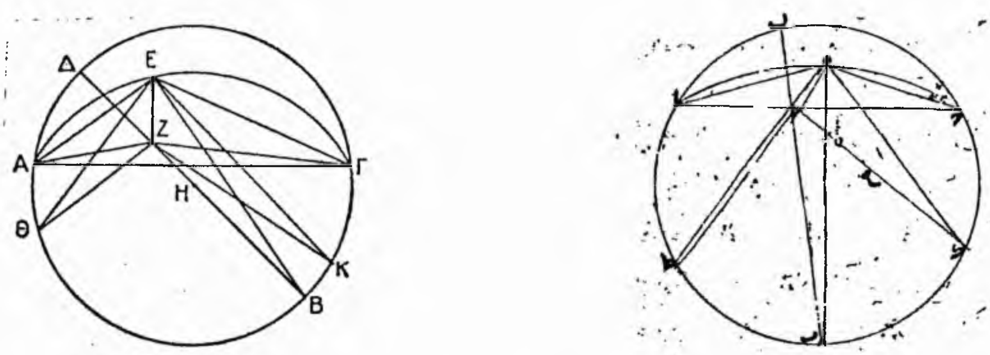
The Arabic drawing is again oriented as if the Greek were rotated through 90° to the left. The arcs جفل بنل طت are curved in the wrong direction, and arc طت does not terminate in the proper place but touches arc عفق.
As in many drawings ب is not dotted, and here ز is written ب.

FIGURE III-i



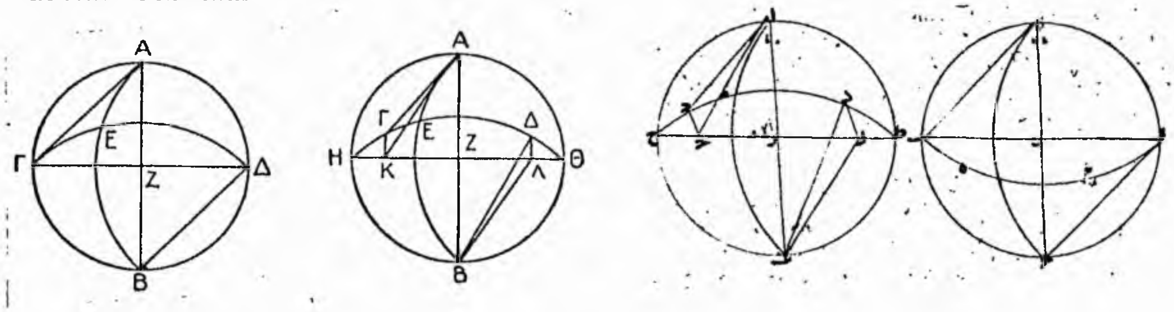
The Arabic drawing is oriented as the Greek and follows its lettering; however, points ج ك م are spread over a wider part of arc دمكج, and line هز is not perpendicular to line بد.

FIGURE III-ii



The Arabic drawing is oriented and lettered as the Greek with the exception of ح which is on line كز rather than بز. Also, line اج is much further above the centre of the circle and point ز is located on it. This causes lines از and حز to fall on line اج. Finally, points ب ك are further distant along arc حطا from point ج than the respective points of the Greek drawing.

FIGURE III-iii

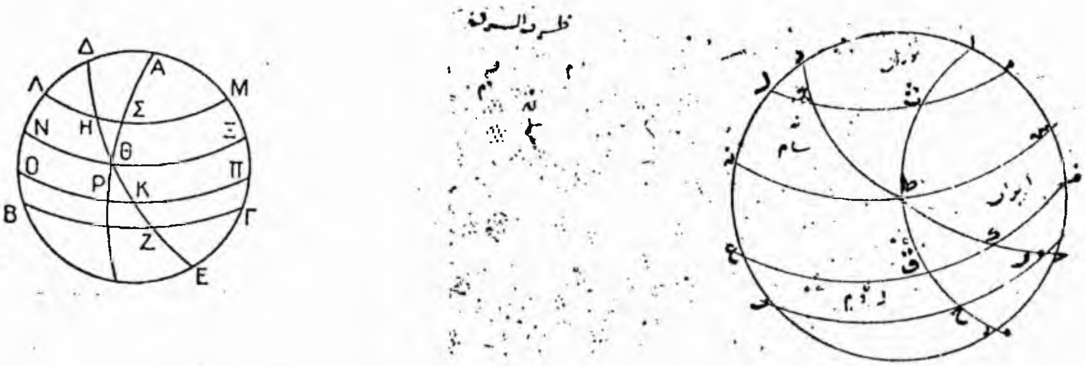


The Arabic drawings are together at the end of the proposition with the first drawing on the right. In the first drawing, the orientation is as if the Greek were rotated through 90° to the right and points Γ, Δ were transposed. Further, the arcs اهب دهج cut in the quadrant on angle بزج rather than the quadrant on angle ازج. In the second drawing, the Arabic is as the Greek, except that points كج are mis-labeled: Γ= ح K= ح . Although there are several errors in the Arabic text naming points on this drawing (cf. p. ٨٨, notes ٥/٦/٧, p. ٨٩, notes ٢/٣/٤) they do not appear to arise from the drawing.

FIGURE III-iv

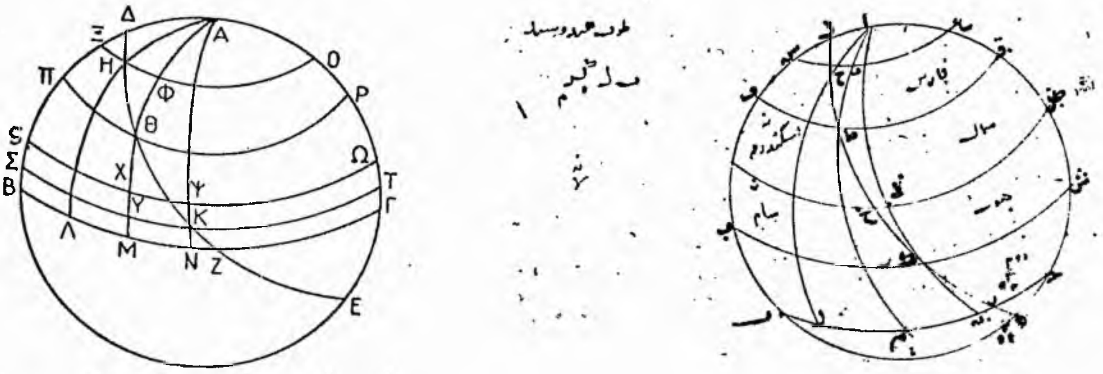
The Arabic drawing appears to have been added later (cf. supra, p. 192). It is labeled as the Greek drawing, but lines الب زلح do not cut one another at the middle of the circle, nor is the latter line horizontal. Arc كجب is on the right, rather than the left side of line كب, and arc ادلط cuts line اب.

FIGURE III-v



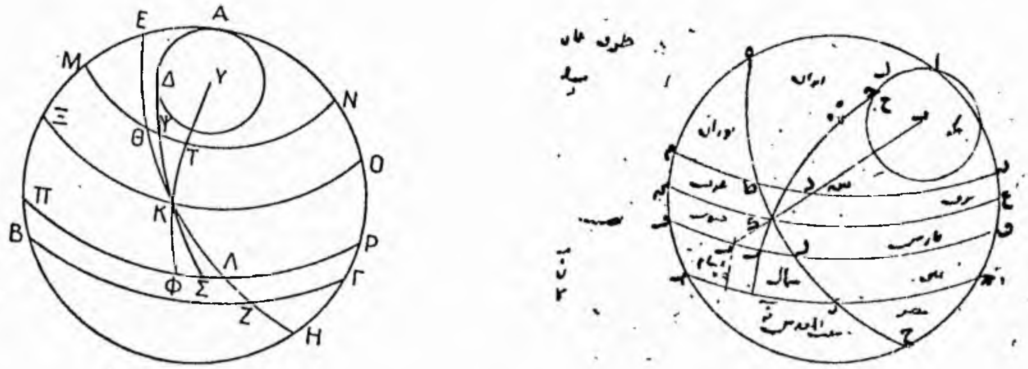
The Arabic drawing is oriented as the Greek, but arc اثطق has greater curvature and arc رطج seems to have been drawn with one curvature from ر to ط and then another curvature from ط to ج. Letter ث , elsewhere used to represent Φ, is used for Σ (usually transliterated as ر). Point د is misplaced as is point ح. It appears as if ح may have been originally written in the proper place and then rubbed and moved to the wrong place. Finally, in this and the next two drawings, some one has written words possibly as if viewing the drawings as maps. In the margin to the left of this drawing is written طرف الشرق. At the top of the circle is written ثـــوران, below to the left is شــام, below to the right is ايـــران and near the bottom is written روم. Above شام and روم is written a ن, and below طرف الشرق in the margin are written the letters ر م (twice) and ن with لا below it.

FIGURE III-vi



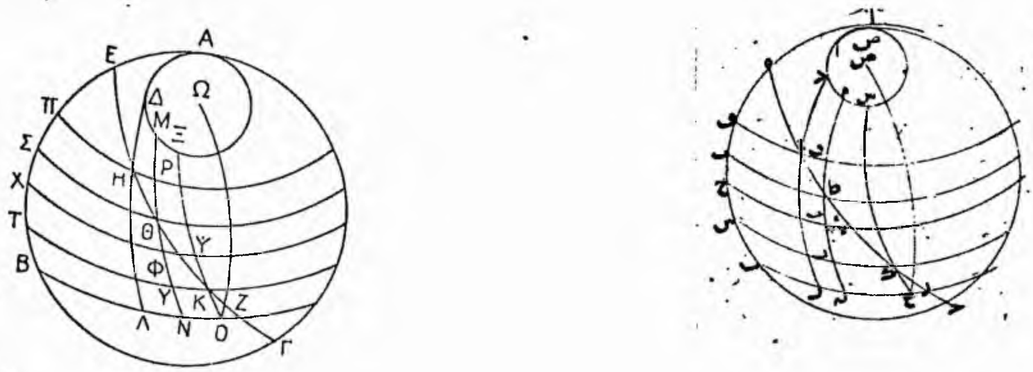
The Arabic drawing is oriented as the Greek, but the three arcs at the bottom are more widely spaced. The lettering of the Arabic is as the Greek except the letters صت are omitted, ر is obscured and appears as ب , ض is dotted above and below, and ث is undotted. The Arabic text omits ص but includes ت. In the left margin is written طرف هند و سند, near the top of the circle is فارس, below to the left is اسكدرية (?), below to the right is شمال, below اسكدرية (?) is شام, and to its right is جنوب below which is روم. In the margin, below طرف هند و سند are written ىـلـكـر with م below the final letter. Further below this is لا with ن directly above it. Likewise, in the circle ن is directly above اسكدرية (?) and شام.

FIGURE III-vii



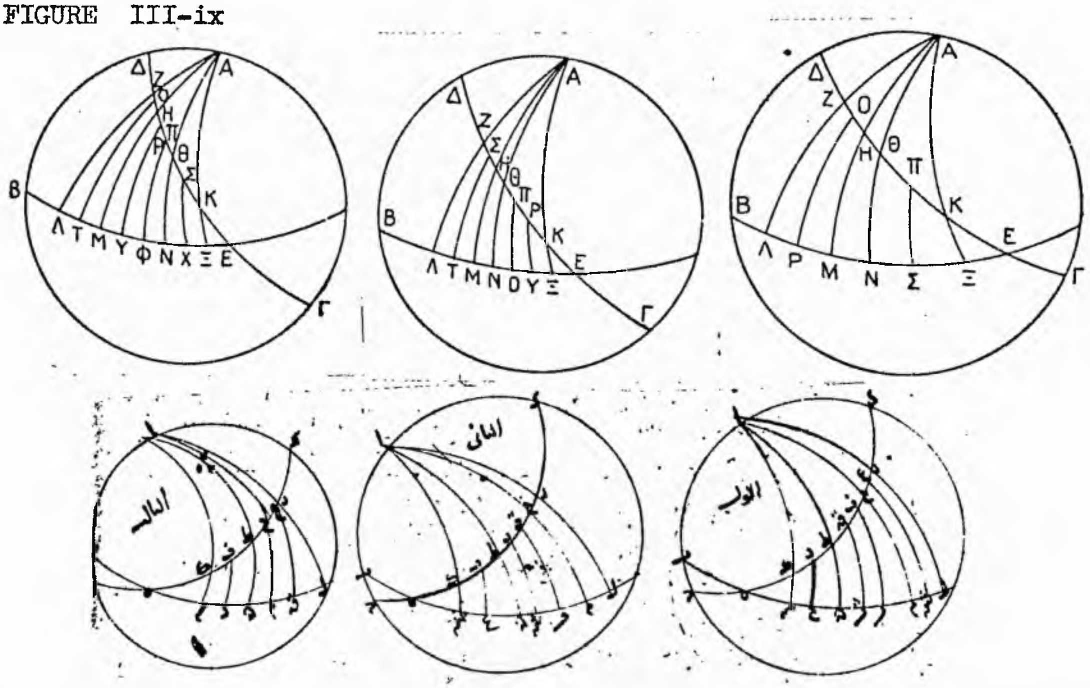
The Arabic drawing is oriented as the Greek, but circle ال is to the right and cuts circle ابج. Arc تكث is drawn as a straight line, and the parallel arcs are differently spaced. Also, two parallel lines are drawn from ث to the arc below. The lettering is somewhat confused: ت and ر appear the same, at the place of ن are written ح and ح (which are also written in their proper positions) while ن is written next to ش. In the left margin is written طرف شمال with سند (?) below it and لا (ن directly above) further below. In circle ال, مكة has been written. In circle ابج, at the top is ايران, down the left side are توران, غرب, جنوب and شام. Next to شام is شمال, and below that is بيت المقدس with ن above it. Down the right side are شرق, فارس, يمين (?) and مصر. In this and the two preceding drawings, the ن may be understood as a means of omitting something, that letter above word in the drawing referring to لا in the margin.

FIGURE III-viii



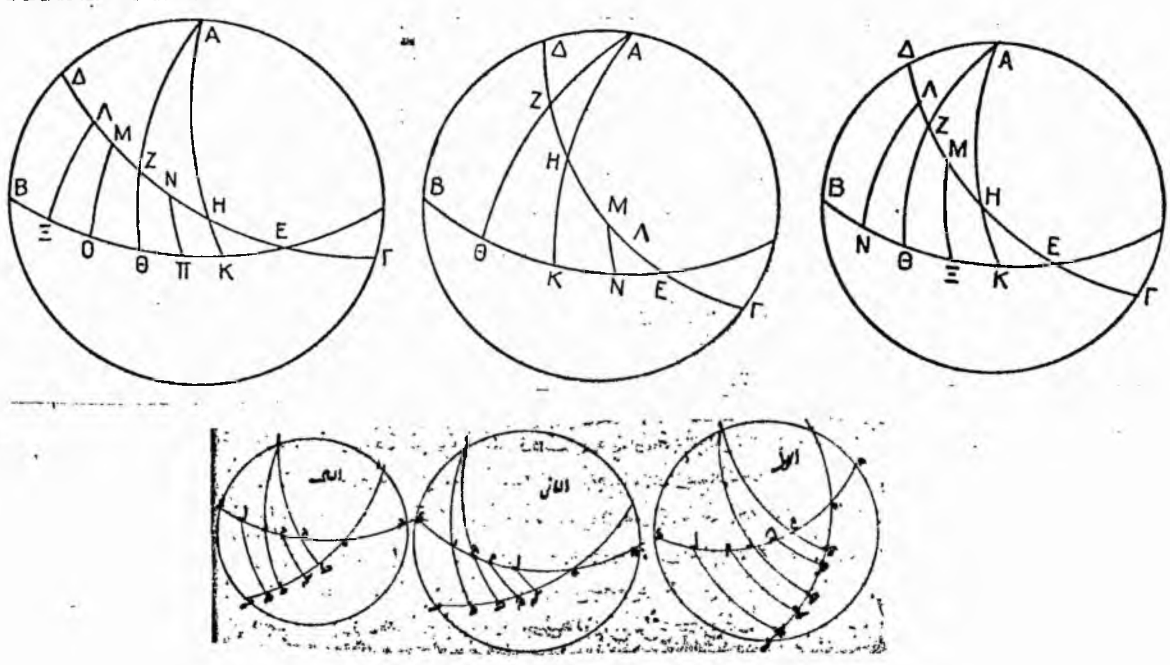
The Arabic drawing is oriented as the Greek, except circle ابج is poorly joined. The lettering follows the Greek, but ذ (Ψ) is omitted. Some letters are confusing: ف and ق appear the same as do س and ش and ب ت ث . Letter ر is written ب and ض is twice written, neither time with its dot.

FIGURE III-ix



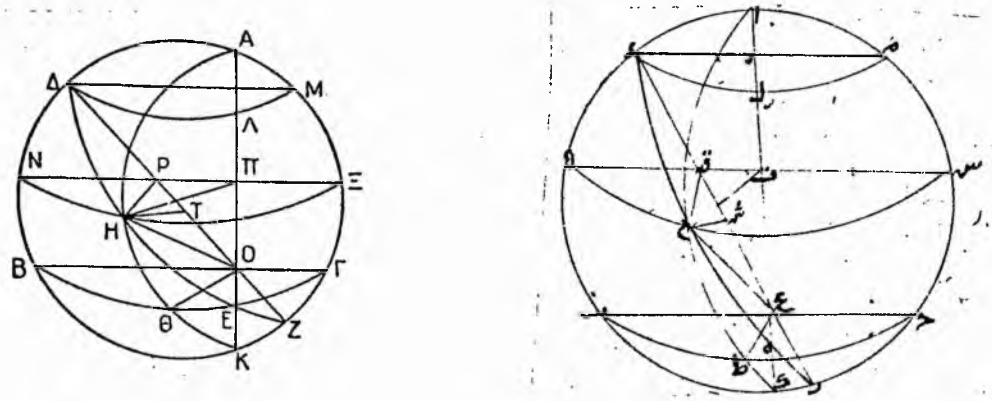
Heiberg notes for these drawings (146:18n): Ad fig. I α BE, α* F...ad fig. II β BCEF...(148:14N) Ad fig. γ BCEF. The Arabic drawings are together at the end of the theorem, with the order from right to left. In all three, the orientation is as a mirror image. In the first drawing, the lettering is as the Greek excepting ب which is at the opposite end of its arc. The letters ب and ت are not dotted. In the second drawing, there is some error. The arcs from ا are completed in the same sequence as for the first drawing, which they are not in the Greek. Further, numbering the arcs in the Greek as ZΛ= 1, ΣT=2 , etc., the corresponding Arabic arcs are in the sequence 1,3,6,2,4,5,7. The lettering otherwise corresponds, but the letter ب is at the opposite end of its arc, as in drawing one. In drawing three, the Arabic and Greek correspond, although the arcs poorly meet at ا . Again, point ب is at the opposite end of its arc.

FIGURE III-x



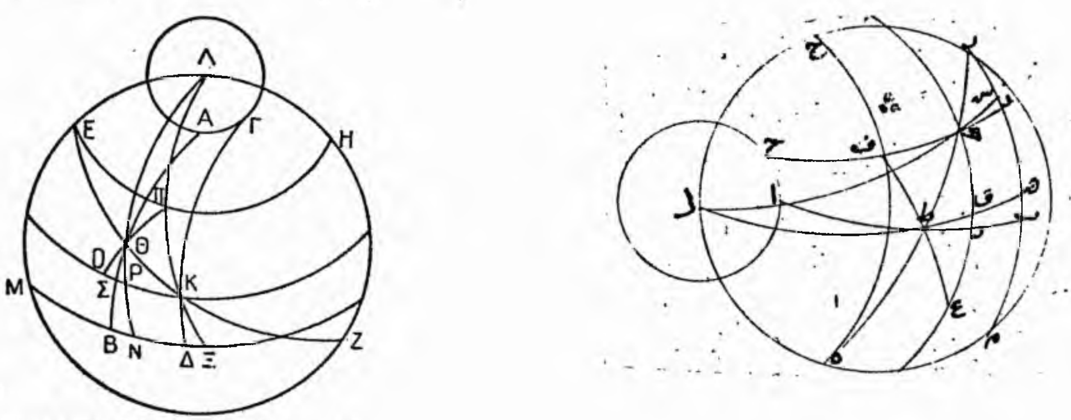
All three Arabic drawings here are as the Greek drawings except they are tilted a few degrees to the left. In drawing two, arc لس has been drawn and Heiberg notes (152:7n): in fig. arcum ΛΣ add. E inter MN et E. Otherwise the lettering is the same.

FIGURE III-xi



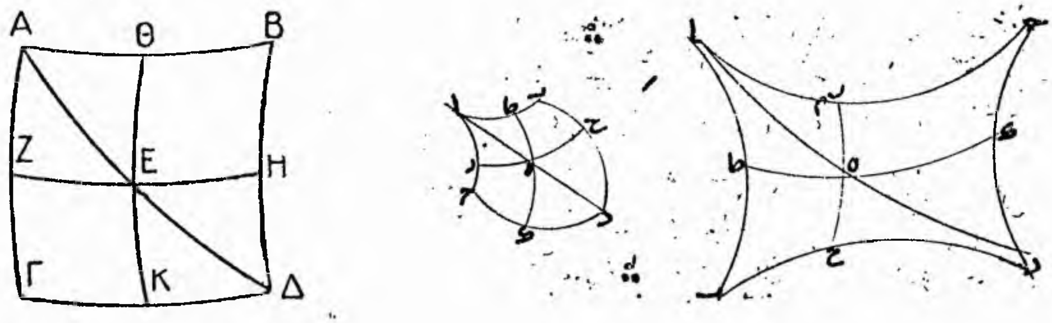
Heiberg notes for this drawing (156:15n): rectam HO om codd. punctum A arcus ΔM medium esse debebat. The Arabic drawing is as the Greek, except line اك is closer to the centre and askew, and line حع is drawn. Although point ه is misplaced, the lettering corresponds excepting that Heiberg has omitted point Σ(ر) from his drawing, possibly because in the Greek mss. A was given in its place.

FIGURE III-xii



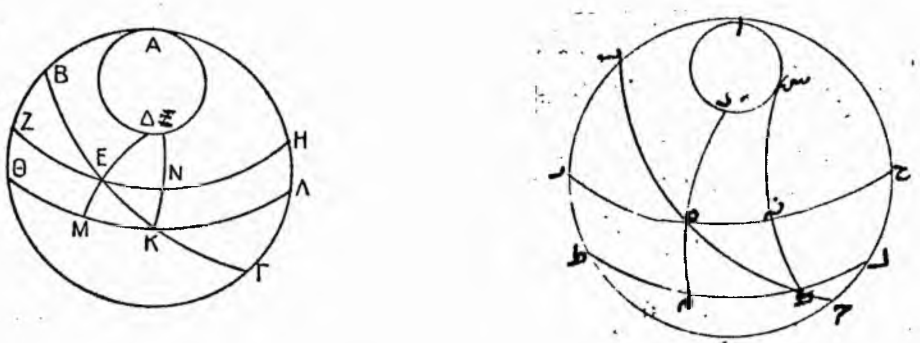
Heiberg notes for this drawing (160:4n): Z in circulo MBNΔΞ positum est in codd. The Arabic drawing is oriented as the Greek were rotated through 90° to the left. Arc قطع is curved the other direction from the corresponding Greek arc, and arc مبنس terminates on the other side of and closer to point ز than in the Greek. Therefore it is not clear whether ز is on the same arc as is Z in the Greek mss.

FIGURE III-xiii



Here the Arabic presents two drawings. The one on the right is a much changed version of the Greek. It is lettered as if the Greek drawing were rotated through 180^0 about an axis from A to Δ . However, the arcs are not parallel and the drawing does not fulfill the conditions of the proposition. The second drawing may result from the first drawing's confusion. The arcs are closer to being parallel, but arc اهد is here a straight line.

FIGURE III-xiv



The printed Greek drawing has mis-printed Ξ as Z . The Arabic drawing is as the Greek with the two arcs زح and طل more widely spaced. Circle اد does not touch circle ابج , and arc سنك is curved in the opposite direction, س being more distant from د. Finally, it appears as if when drawing arc حز the pen slipped.

APPENDIX FIVE

GRAMMATICAL INCONSISTENCIES

The manuscript displays a number of grammatical inconsistencies. There is no basis for judging whether they are peculiar to the translator or to the copyist of Ahmet III 3464 or some copyist between them. Therefore, no attempt has been made to alter the grammatical usage to fit the norms of Classical Arabic. Provided below are lists of these inconsistencies along with examples of each giving their location in the edition herein and a suggested reading which conforms to the norms set out by Wright[1]:

A. Non-agreement of gender:

reading	location	suggested reading
واحدة	٢: ٩	واحد
فهي	٣: ٧	فهو
متساويان	٧: ٥	متساويتان
متساويان	٨: ٦	متساويتان
احد هما	١٥: ٨	احداهما
واحد	١٥: ٨	واحدة
واحد	١٥: ١٩	واحدة
واحد	٢١: ١٤	واحدة
متوازيان	٢٨: ٦	متوازيتان
متماسّان	٢٨: ١٦	متماسّتان
موازيين	٣٣: ١٣	موازيتين
يكون	٣٣: ١٥	تكون
يقطعان	٣٤: ١	تقطعان
هو	٣٥: ٤	هي

1. W. Wright; <u>A Grammar of the Arabic Language</u>; Third Edition (Cambridge, 1967).

قائم	٣٥: ١٠	قائمة
محيطة	٣٧: ١٤	محيط
متساويتين	٣٧: ١٤	متساويين
المتساويتين	٣٨: ١٤	المتساويين
متساويتين	٣٩: ١٠	متساويين
المتساويتين	٤٠: ٨	المتساويين
متساويتين	٤٠: ١٧	متساويين
واحدة	٤٢: ١٠	واحد
العظيمتين	٤٢: ١٧	العظيمين
الباقيتين	٤٣: ٣	الباقيين
فصلت	٤٥: ٢	فصل
هي	٤٥: ١٣	هو
تكون	٤٥: ١٥	يكون
مساوية	٤٨: ٢	مساو
واحدة	٤٨: ١٠	واحد
الآخر	٤٩: ٣	الأخرى
المتوازيتين	٥١: ٥	المتوازيين
فليكن	٥٢: ٣	فلتكن
المتوازيين	٥٣: ٦	المتوازيتين
متساويتان	٥٥: ٦	متساويان
المشتركتين	٥٥: ١٥	المشتركين
أحد	٥٧: ٦	احدى
واحدة	٥٧: ٨	واحد
واحدة	٥٨: ٥	واحد
فهي	٦٠: ١٦	فهو
متساو	٦٣: ١٧	متساوية
متساويتين	٦٤: ٩	متساويين
تقطع	٦٧: ١٠	يقطع
موازية	٦٨: ٨	مواز

الذى	٦٩: ١	التي
المتوازيين	٧٥: ١	المتوازيتين
قائمان	٧٥: ٩	قائمتان
متساويان	٨٧: ٤	متساويتان
متساويين متّصلين	٨٧: ٨	متساويتين متّصلتين
احدهما	٨٨: ١٥	احداهما
متساويين	٨٩: ١٤	متساويتين
يقطع	٩٠: ٣	تقطع
المتساويين	٩٠: ٨	المتساويتين
واحدة	٩١: ١٤	واحد
المتساويين	٩٤: ١٤	المتساويتين
وليكن	٩٥: ١٠	ولتكن
المتوازيتين	٩٦: ٦	المتوازيين
المتوازيتين	١٠١: ١١	المتوازيين
متساويين	١٠٢: ١٢	متساويتين
مشاركا	١٠٥: ٢	مشاركة
وقع	١٠٦: ٨	وقعت
المحيطة	١٠٩: ١٦	المحيط
هو	١١٣: ٦	هي

B. Non-agreement of number:

reading	location	suggested reading
انّهما	٤٥: ٧	انّها
منهما	٥٧: ٧	منها
منهما	٥٧: ٨	منها
سطح	٦٢: ٥	سطحي
سطح	٦٢: ١٣	سطحي
سطح	٧٤: ٧	سطحي
دائرة	٧٤: ٥	دائرتا
متساوية	٧٤: ٦	متساويتان

التي	٧٤: ١٤	اللّتان
نقطة	٧٥: ٤	نقطتي
مساويا	٧٦: ٥	مساو
المربّع	٨٦: ٨	المربعين
خطّ	٨٩: ٦	خطّا
دائرة	٩٩: ١٠	دائرتي
بنقطة	٩٩: ١٢	بنقطتي
سطح	١٠١: ١٠	سطحي
لسطح	١٠١: ١١	لسطحي
لسطح	١٠١: ١٦	لسطحي
أعظمهما	١٠٤: ٨	أعظمها
تمرّ	١٠٨: ١٩	تمرّان
دائرة... المتوازية	١١٤: ١	دائرتا ... المتوازيتان
قوس	١١٤: ٨	قوسين
قوس	١١٤: ١٠	قوسي

C. Non-agreement of case:

reading	location	suggested reading
مساو	٣: ٦	مساويا
نقطتا	١٩: ٧	نقطتي
موازيا	٥٥: ١٦	مواز
مساو	٦٨: ١٣	مساويا
مساو	٧٥: ١٣	مساويا
مشترك	٨١: ٤	مشتركا
مشترك	٨٢: ١	مشتركا
كثير	١٠٥: ٥	كثيرا
عمودا	٧: ١١	عمود
اللّتين	٤٥: ١٤	اللّتان
بعدا	٧٣: ٤	بعد
ميلا متشابها	٧٤: ١٦	ميل متشابه

D. Omission of article:

reading	location	suggested reading
دائرتين	٧ :٧	الدائرتين
لمربّعي	٩: ٧	للمربّعين
قائمة	١٧ :٢٣	القائمة
دائرة	١ :٣٣	الدائرة
دائرتان	١٣ :٤٩	الدائرتان
مجموعتان	bis ١ :٥٤	المجموعتان
دائرة	١ :٦٠	الدائرة
لقوس	١ :٦٩	للقوس
لقوس	٣ :٦٩	للقوس
لدائرة	١٢ :٧٤	للدائرة
دائرة	٩ :٧٨	الدائرة
مربّع	٨ :٧٩	المربّع
دائرة	٢ :٨٣	الدائرة
مربّع	٩ :٨٣	المربّع
دائرة	١١ :٨٧	الدائرة
دائرة	٩ :٩٦	الدائرة
دائرة	bis ١٠ :٩٨	الدائرة
قوس	٥ :١٠٢	القوس
قوس	٢ :١٠٣	القوس
ثلاث	١٧ :١٠٤	الثلاث
ثلاث	٥ :١٠٨	الثلاث
قوس	١٤ :١١١	القوس
دائرة	alt. ٧ :١١٢	الدائرة
قوس	٩ :١١٦	القوس

E. Inclusion of article:

reading	location	suggested reading
بالدائرة	٦٩: ٩	بدائرة
الجميع	٧٢: ٥	جميع
الدائرة	٧٢: ٧	دائرة
الجميع	٨٥: ٩	جميع
النصف	١٠٢: ٣	نصف
الدوائر	١١٢: ١١ alt.	دوائر

F. The dual relative pronoun (cf. supra, p. xv). In this case the more usual form is used in the text.

reading of ms.	location	reading adopted
الذين	١٠: ١٣	اللّذين
التين	١٤: ١٢	اللّتين
الذين	٢٣: ٦	اللّذين
الذى	٢٥: ٧	اللّتين
التين	٢٥: ١٤	اللّتين
الذين	٤٠: ١٤	اللّذين
الذين	٨٥: ٨	اللّذين
الذان	٨٥: ١٧	اللّذان
الذين	٨٦: ١	اللّذين
التين	٨٧: ٤	اللّتين

G. Improper form of the number:

reading	location	suggested reading
الأربعة	٣٦: ١٧	الأربع
الأربعة	٣٨: ٣	الأربع
الأربعة	٣٨: ٤ bis	الأربع
الأربعة	٤٤: ٤ bis	الأربع

H. Most frequently, letters representing points on the drawings are treated as substantives, usually in the construct state. In a number of instances, however, these signs seem to stand in apposition rather than construct, and the preceding nouns (usually in the dual form) retain their final nūn, e.g.:

زاويتين	١٢: ١٧
خطّين	١٣: ٢
لخطّين	١٤: ٥
لخطّين	١٤: ٧
بخطّين	١٤: ١٤
سطحين	١٥: ١٤
خطّين	١٥: ١٦
لزاويتين	٢٣: ١٨
خطّين	٢٥: ٢
دائرتين	٢٨: ١
لدائرتين	٣٤: ١٧
لخطّين	٤١: ٣
قطعتان	٤٦: ٨
زاويتين	٧٩: ٧
خطّين	٨١: ٥
خطّين	٨٢: ٢
لخطّين	٨٩: ٦
جهتين	٨٩: ١١
سطحين	٩١: ١٠
لسطحين	٩٤: ١٣

APPENDIX SIX
PARALLEL PASSAGES

HEIBERG P. 128:23-30

ε´

Ἐὰν ἐπὶ μεγίστου κύκλου περιφερείας ὁ πόλος ᾖ τῶν παραλλήλων, καὶ τοῦτον τέμνωσι δύο μέγιστοι κύκλοι πρὸς ὀρθάς, ὧν ὁ μὲν εἷς τῶν παραλλήλων, ὁ δὲ ἕτερος λοξὸς πρὸς τοὺς παραλλήλους, ἀπὸ δὲ τοῦ λοξοῦ κύκλου ἴσαι περιφέρειαι ἀποληφθῶσιν ἑξῆς ἐπὶ τὰ αὐτὰ μέρη τοῦ μεγίστου τῶν παραλλήλων, διὰ δὲ τῶν γενομένων σημείων παράλληλοι κύκλοι γραφῶσιν, ἀνίσους ἀπολήψονται περιφερείας τοῦ ἐξ ἀρχῆς μεγίστου κύκλου τὰς μεταξὺ αὐτῶν καὶ μείζονα ἀεὶ τὴν ἔγγιον τοῦ μεγίστου τῶν παραλλήλων τῆς πορρώτερον.

PRESENT EDITION P. 92: 7-13

ه

اذا كان قطب الدوائر المتوازية التي في كرة على الخطّ المحيط بدائرة عظمى من دوائرها وقطعت هذه الدائرة دائرتان عظيمتان على زوايا قائمة احداهما من الدوائر المتوازية والأخرى مائلة على الدوائر المتوازية وفصل من الدائرة المائلة قوسان متساويتان متّصلتان احداهما بالأخرى في جهة واحدة بعينها في الدائرة العظمى من الدوائر المتوازية ثمّ رسمت دوائر من الدوائر المتوازية تمرّ بالنقط الحادثة فانّها تفصل من الدائرة الأولى العظمى قسيا غير متساوية فيما بينهما وما كان من هذه القسي أقرب الى الدائرة العظمى من الدوائر المتوازية فهو أعظم من القوس التي هي أبعد منها

AL-MAGHRIBI P. 292 n.1

ه

اذا كان قطب الدوائر المتوازية على محيط دائرة عظيمة وقطعت هذه الدائرة دائرتين عظيمتين على زوايا قائمة احدهما من اعظم المتوازية والاخرى مائلة على المتوازية وفصل من المائلة قسي متساوية متتالية في جهة واحدة عن اعظم المتوازية ثمّ رسمت دوائر متوازية تمرّ بالنقط الحادثة فانها تفصل من الدائرة الاولى العظمى قسيا مختلفة فاقرب منها الى اعظم المتوازية اعظم مما [illegible]

AL-TUSI P. 38:2-6

ه

اذا كان قطب دوائر متوازية في الكرة على دائرة عظيمة وقطعها عظيمتان على زوايا قائمة احداهما من المتوازية والأخرى مائلة على المتوازية وفصلت من المائلة قسي متساوية متصلة بعضها ببعض على الولاء في جهة واحدة عن العظيمة المتوازية ثمّ رسمت دوائر من المتوازية تمرّ بالنقط الحادثة فانها تفصل من الدائرة العظيمة الاولى قسيا مختلفة فيما بينها أعظمها ما يقرب من العظيمة المتوازية

PARIS ms. f. 57r ll.18-22

ه

اذا كان قطب الدوائر المتوازية على قوس من دائرة عظيمة وكانت دائرتان عظيمتان يقطعانها على زوايا قائمة احدهما من الدوائر المتوازية والاخرى مائلة على الدوائر المتوازية وفصل من الدائرة المائلة قسي متساوية متتالية فيما يلي اعظم الدوائر المتوازية وفرض على العلامتان الفاصلة للقسي المتساوية دوائر متوازية فانها تفصل من الدائرة العظيمة الاولى قسيا غير متساوية ويكون الأقرب منها الى اعظم الدوائر المتوازية اعظم من الابعد منها

SOURCES

AL-TUSI: Naṣīr al-Dīn al-Ṭūsī; Majmūʿ al-Rasāʾil; Hayderabad, 1939.

AL-MAGHRIBI: "Notice sur deux manuscrits Arabes"; Carra de Vaux; Journal Asiatique; Mar-Apr, 1891; pp. 287-322.

APPENDIX SEVEN

INTERLINEAR SIGLA

In the text of the ms. between folio 20v and 23r inclusive there have been written interlinear sigla in a faint red ink with a very fine pen. The purpose of these sigla is not clear. As with the letters in the text which represent points on drawings, these interlinear sigla have lines across their tops, but as can be seen from the list below, it does not appear as if they are intended to correct such letters in the text. The list contains all these sigla with the readings above and below them, although since the first occurence on f. 22v is above the first line, they probably refer to what is written below them.

folio	sigla	above	below
20v	ا ا س	بعينه	ابج عمود
	مرا س	دج	ده هب
21r	ا		دائرة
	اح س	فان كان	دائرة
	ب ما س	القاطع	قائمة
	ى ا س	قائمة	نقطة
	ا ا س	يمكن المركز	ط على
	اخر ا	زوايا	بمركز
	ج ا س	واحدة	غير ممكن
	ب	من	ج
	ا	الكرة	فدائرة
	ج ا س	اج جب	خطّا
21v	سج س	يصل من	دابج
	ب	التماس	نقطة
	ا	ب	دائرة
	ج ا س	على	المستقيم
	رج س	المستقيم	خطّ هاز

folio	sigla	above	below
	د ا س	فلأن	تمرّ بهما
	ب ا س	ذلك الخطّ	على السطح
22r	د	ا	السطح
	ج ا س	و هما خطّا	ممتنع
	ب	فاقول	ح
	ا ا س	دائرة	عمودا
	ا	دائرتي	هز
	لب ا س		من زاوية
	بع ا س	ان	أطول من
22v	مرا س		من خطّ
	مرا س	حك	الكائن
	مرا س	الكائنين من	الكائن
	ح ا س	مساوية	لزاوية
23r	د ا س	الآخر	السطح
	ا	الكرة	دائرة
	د ا س	قائمة	لقاعدة