حول الهندسة الكروية في التراث العلمي العربي

محمد يوسف الحجيري

شبكة الألوكة
www.alukah.net

الهَنْدَسَةُ الكُرَوِيَّةُ في التُراثِ العلميِّ العَرَبِيِّ

حَوْلَ مَنْهَجِيَّةِ البَحْثِ والقيمَةِ المَعْرِفِيَّةِ من خِلالِ الأَمْثِلَةِ

من ثاوذوسيوس الطرابُلسيّ ومانالاوس السَكَندَريّ

إلى الأميرِ أبي نَصْر بنِ عِراق والمَلِكِ الرياضِيّ: المُؤتَمَنِ بنِ هود

مُحَمَّد يُوسُف الحُجَيْريّ

الجمعيّة اللبنانيّة لتاريخ العلوم العربيّة

فريق الدِراسَة والبَحْث في التُراث العِلْميّ العَرَبِيّ

(الجامِعَةُ اللُّبنانِيَّةُ –كليّة الهندسة، والمَجْلِسُ الوَطَنِيُّ للبُحوثِ العِلْمِيّة – لبنان)

houjairi@hotmail.com

نِقابَة المُهَنْدسين في طَرابُلُس والشمال

طرابلس–لبنان، ١٦ كانون الثاني ٢٠١٤

في البَدءِ، رُبّما قالَ قائلٌ: وما هي الفائِدَةُ من دِراسَةِ تاريخِ العِلْمِ؟ فَنَحنُ بحاجةٍ إلى العِلْمِ الحديثِ نفسهِ وبِشَحْمِهِ ولَحْمِهِ!

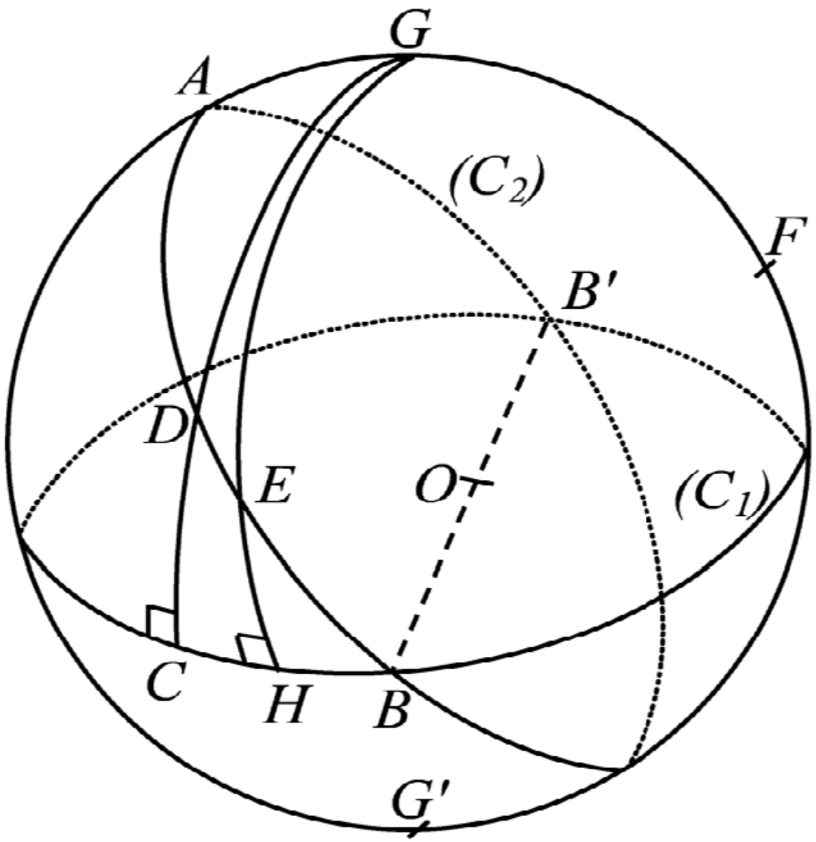
نعم! من الأكيدِ أنّنا بحاجةٍ ماسّةٍ إلى العلمِ الحديث. ولكنّ الأكيدَ أيضاً، أنّه لا يُمكنُ لأيّ امرءٍ أنْ يُتقِنَ عِلْماً ما، إذا لم يفهمْ عِلّتَه الأُنطولوجيّة وماهيّتَه المَعْرِفيّة اللّتين من المُحالِ أنْ تَنْفَصِلا بِجَوْهَرِهِما عن تاريخِ هذا العِلْمِ. وثمّةَ عُلومٌ مُرْتَبِطَةٌ مُباشرةً بتاريخِها الّذي يُلازِمُها على الدوام، كعِلْمِ الفلكِ مثلاً. وذلك فضلاً عن حاجَتِنا الماسّةِ إلى استِرجاعِ قاموسِنا العلميّ الذي فَقَدْناه. فلاحِظوا مَثَلاً الصياغةَ العربيّةَ القديمةَ لهذِهِ المُبَرْهَنَة:

الشَكْلُ الثاني والعشرون (المقالة الثالثة، كرويات مانالاوس)

"إذا كانَت في بَسيطِ كُرَةٍ دائِرتانِ مِنَ الدَوائِرِ العِظامِ وكانَت كُلُّ واحدةٍ مِنْهُما مائِلَةً على الأُخْرَى وتُعلِّم على إحْداهُما نُقْطَتان غَيْرُ مُتَقابِلَتَيْنِ على القُطْرِ وأُخْرِجَ مِنْهُما إلى الدائِرَةِ الأُخْرَى /[٥١و] عَمودانِ، فإنّ نِسْبَةَ جَيْبِ القَوْسِ الواقِعَةِ فيما بَيْنَ مَسْقَطَي العَمودَيْنِ إلى جَيْبِ القَوْسِ الّتي فيما بَيْنَ النُقْطَتَيْنِ اللّتينِ تُعلِّمتا كَنِسْبَةِ السَطْحِ القائِمِ الزوايا الّذي يُحيطُ بِهِ قُطْرُ الكُرَةِ وَقُطْرُ الدائِرَةِ التي تُماسُّ إحْدَى الدائِرَتَيْنِ وَتُوازي الدائِرَةَ الأُخْرى، إلى السَطْحِ القائِمِ الزوايا الّذي يُحيطُ بِهِ قُطرا الدائِرَتَيْنِ اللّتَيْنِ تَمرّانِ بالنُقْطَتَيْنِ اللّتَيْنِ تُعلِّمتا على إحْدَى الدائِرَتَيْنِ العَظيمَتَيْنِ وَتُوازِيانِ الدائِرَةَ الأُخْرَى مِنْهُما."

Proposition III, 22 (*Sphériques* de Ménélaüs- Ibn ʿIrāq):

$$Sin(arc(CH))/Sin(arc(DE)) = d.d_A / d_D.d_E ,$$



BIBLIOGRAPHIE PRINCIPALE
المخطوطات والمراجع العلميّة الأساسيّة

- M.-Th. Debarnot.

1- "Trigonometria", dans *Storia della Scienza*, vol. III, Istituto della Enciclopedia Italiana (Rome, 2002), pp. 432–47.

2- Al-Bīrūnī, *Kitāb Maqālīd ʿilm al-hayʾa, La Trigonométrie sphérique chez les Arabes de l'Est à la fin du Xe siècle*, édition et traduction par M.-Th. Debarnot (Damas, 1985).

- Hélène Bellosta.

  "Le Traité de Thābit ibn Qurra sur *La Figure Secteur*", *Arabic Sciences and Philosophy*, vol. 14, Number 1, March 2004, pp. 145-168.

- Ibn Hūd.

  MS Copenhague, Bibliothèque Royale, Or. 82.

  (مخطوطة كتاب *الاستكمال* ليوسف بن هود – ملك سرقسطة الأندلسيّة)

- *Les Éléments* d'Euclide (*Les Œuvres d'Euclide*, trad. F. Peyrard [Paris, 1993]),

- *Les Sphériques* de Théodose de Tripoli (trad. Paul Ver Eecke [Paris, 1959]).

- Naṣīr al-Dīn al-Ṭūsī.

  MS Londres, British Library, ADD 23570: Rédaction des *Sphériques* de Théodose.

  (مخطوطة كتاب نصير الدين الطوسي: تحرير كتاب الأُكر لثاوذوسيوس)

- Ibn ʿIraq.

  MS Leiden, Or. 930: *Sphériques* de Ménélaüs-Ibn ʿIraq

  (مخطوطة ابن عراق: إصلاح كتاب مانالاوس في الأشكال الكُريّة)

- Max Krause.

«*Die Spharik von Menelaos aus Alexandrien in der verbesserung von Abū Naṣr Manṣūr b. ʿAlī b. ʿIrāq*».

(إصلاح كتاب مانلاوس في الأشكال الكريّة للأمير أبي نصر منصور بن عراق. إطار جامعة فرانكفورت–1998، منشورات معهد تاريخ العلوم العربية والإسلامية (يُصدرها فؤاد سزكين، مجلّد 37).

- Roshdi Rashed et Mohamad Al-Houjairi.

« Sur un théorème de géométrie sphérique: Théodose, Ménélaüs, Ibn ‘Irāq et Ibn Hūd », *Arabic Sciences and Philosophy,* vol. 20, N° 2, 2010, p. 207-253.

- Mohamad Al-Houjairi.

1- « Sur les commentaires des théorèmes III-1 et III-22 de Ménélaüs dans *al-Istikmāl* d’Ibn Hūd », *Actas de la Academia Nacional de Ciencias Cordoba – Republica Argentina,* 2012, tomo xv, pp 11-25.

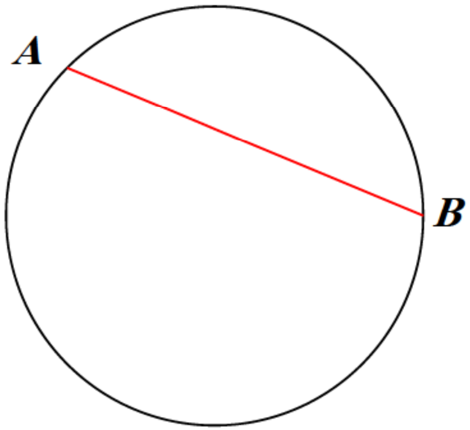
2- « Sur le théorème de Ménélaüs et ses applications dans les *Sphériques* de *al-Istikmāl* d'Ibn Hūd », Dans le livre: Circulation des savoirs autour de la Méditerranée. Philosophie et sciences (IXe-XVIIe siècle). Edizioni Cadmo, Firenze 2013.

3- L'Encyclopédie d'Ibn Hūd : Les commentaires d'Ibn Hūd de Saragosse (XIe siècle) des *Sphériques de Théodose et de Ménélaüs.* (thèse doctorale, Paris 7, 2005)

بعض المصطلحات والمبرهنات

تحديد ١ : وَتَرُ القَوْسِ هو القطْعةُ المُسْتَقيمَةُ الّتي تَصِلُ طَرَفَيْها.

$$crd(arc(AB)) = sgm(AB)$$



(crd يَرْمُزُ إلى وَتَرِ القَوْسِ)

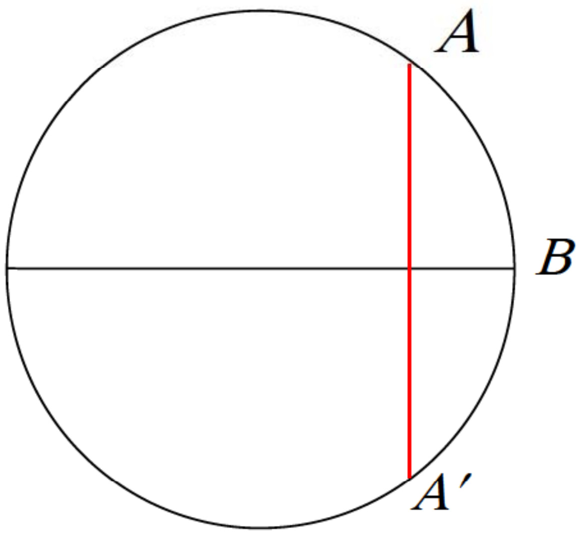
(arc يَرْمُزُ إلى القَوْسِ)

(sgm يَرْمُزُ إلى القطْعةِ المُسْتَقيمَةِ)

تحديد٢ : نَظيرُ القَوْسِ هو وَتَرُ ضِعْفِها.

$$hom(arc(AB)) = crd(2.arc(AB)) = sgm(AA')$$

(*hom* يَرْمُزُ إلى نَظيرُ القَوْسِ)



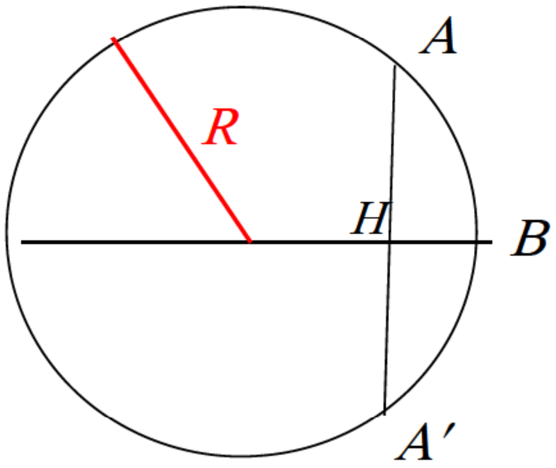
تحديد٣ : جَيْبُ القَوْسِ هو نِصْفُ وَتَرِ ضِعْفِها.

$$Sin(arc(AB)) = crd(2.arc(AB))/2$$
$$= sgm(AH) = hom(arc(AB))/2$$
$$= R.\ sin(arc(AB)).$$

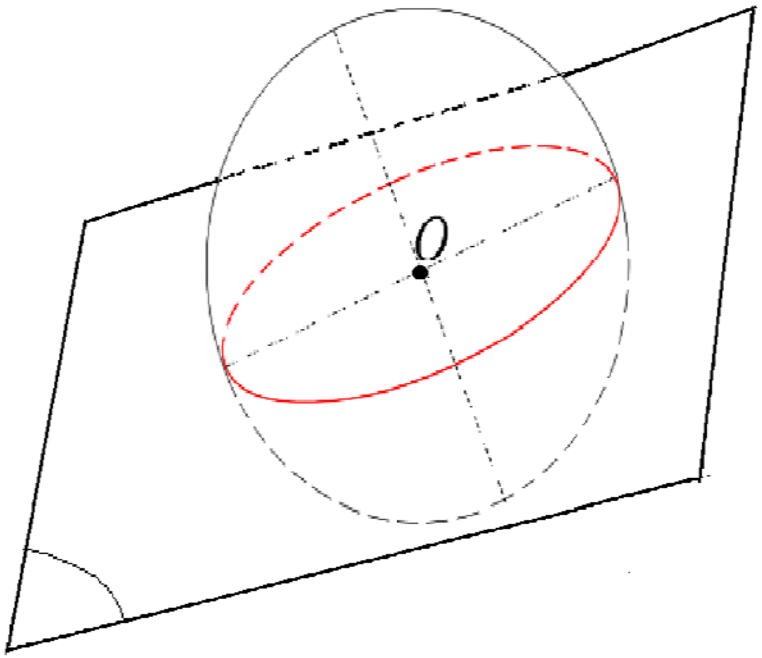
(الحَرْفُ R يَرْمُزُ إلى نِصْفِ قُطْرِ الدائِرَة)

(sin يَرْمُزُ إلى الجَيْبِ بالمَعْنَى الراهِن)

(Sin يَرْمُزُ إلى الجَيْبِ بالمَعْنَى القديم)



تحديد ٤: الدائِرَةُ العظيمةِ في الكُرَةِ، هي دائِرَةٌ تَحْدُثُ عن تَقاطُعِ الكُرَةِ مع سَطْحِ مُسْتَوٍ يَمُرُّ بِمَرْكَزِها.



قال مانالاوس: الشَكْلُ الّذي أُسَمِّيَهُ ذا ثَلاثَةِ أضْلاع مِنَ الأشْكالِ الَّتي في بَسيطِ الكُرَةِ، هُوَ الّذي تُحيطُ بِهِ ثَلاثُ قِسِيٍّ مِنْ دَوائِرَ عِظامٍ، كُلُّ قَوْسٍ مِنْها أقلُّ مِنْ نِصْفِ دائِرَةٍ وزَواياهُ هِيَ الَّتي تُحيطُ بِها تِلْكَ القِسِيُّ لِيَحْصُلَ السَطْحُ الواحِدُ المُثَلَّثُ وتُحيطُ بِهِ القِسِيُّ المَذْكورَةُ.

والزَوايا الَّتي أُسَمِّيها زَوايا مُتَساوِيَةً يُحيطُ بِها دَوائِرُ عِظامٌ، هِيَ الَّتي تَكونُ قِسِيُّ مَيْلِ أنْصافِ دَوائِرِها مُتَساوِيةً، أي القَوْسُ الَّتي بَيْنَ الدائِرَتَيْنِ مِنَ الدائِرَةِ <الَّتي> تَمُرُّ عَلَى قُطْبَيْهِما.

بسم الله الرحمن الرحيم وبه العصمة والتوفيق

كتاب ما نالاوس اصلاح الامير ابي نصر
منصور بن عراق رحمه الله عليه

قال ما نالاوس الشكل الذي اسميه ذا ثلاثة اضلاع من الاشكال التي في بسيط
الكرة هو الذي يحيط به ثلاث قسي من دوائر عظام كل قوس منها اقل من نصف دائرة و
زواياه هي التي يحيط بها تلك القسي ليحصل السطح الواحد المثلث ويحيط به القسي المذكورة
والزوايا التي اسميها زوايا متساوية يحيط بها دوائر عظام هي التي يكون قسي مثل انصاف
دوائرها متساوية اي القوس التي من الدائرتين من الدائرة تمر على قطبها

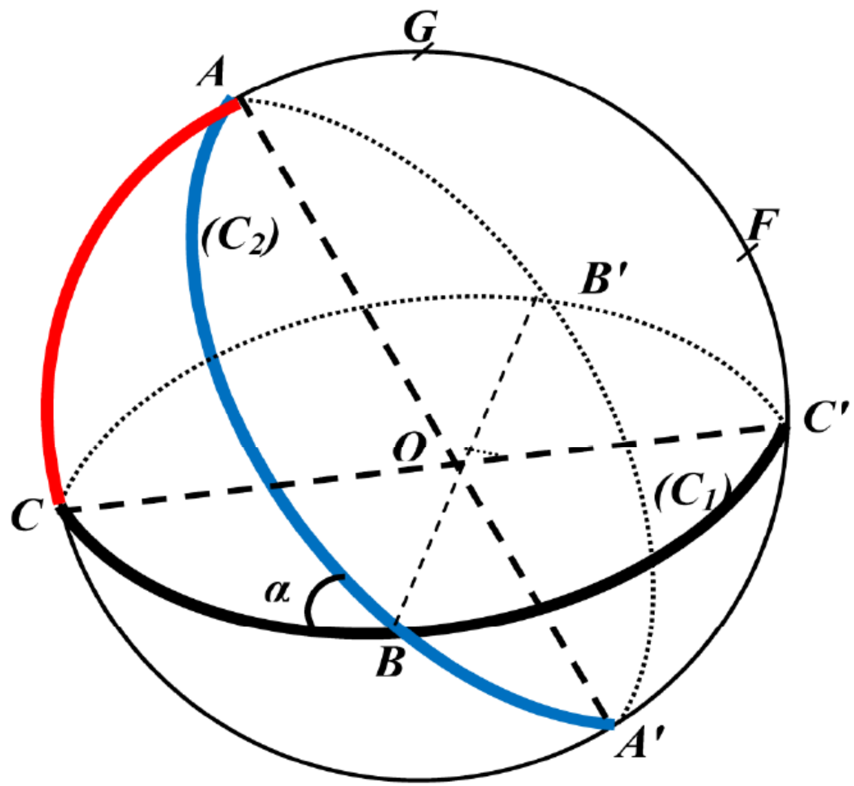


Fig. 1

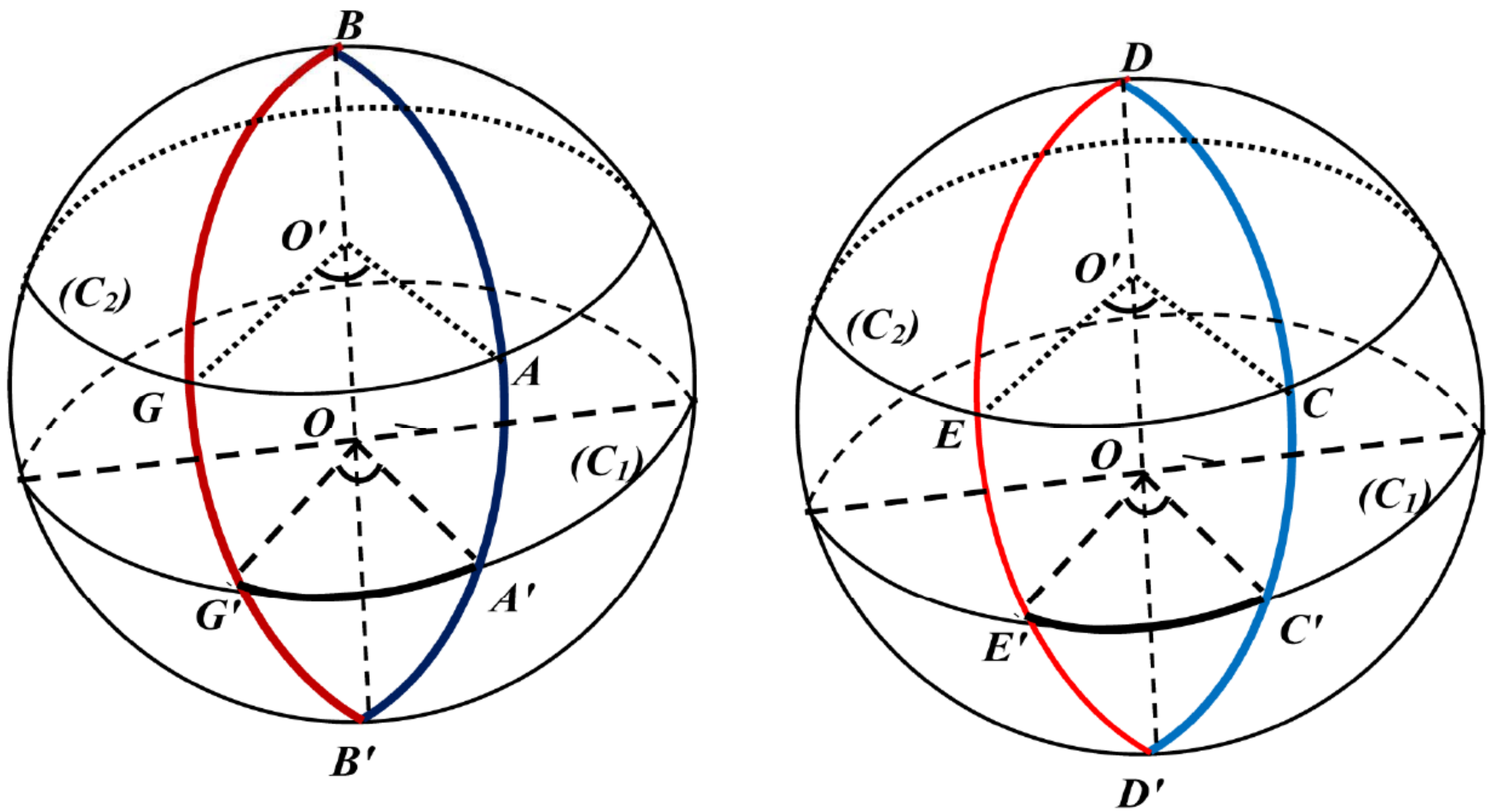
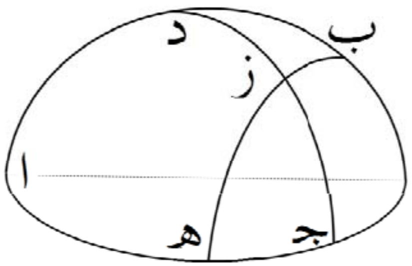


Fig. 2

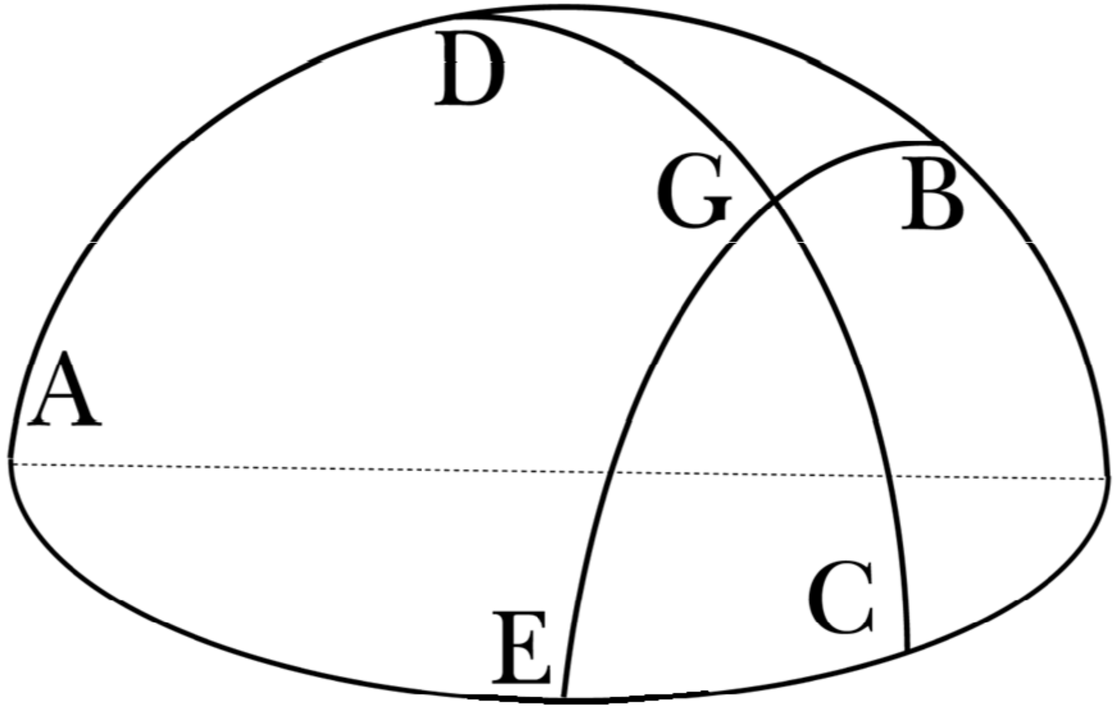
مُبَرْهَنَةُ مَانَالاوس (الشَكْلُ القَطّاع)

"الشَكْلُ الأوّلُ:

قوسا جـ هـ ب د تَلْتَقِيانِ على نُقْطَةِ ا، وأُخْرِجَ مِنْ نُقطَتَي جـ ب قَوْسا جـ د ب هـ مُتَقاطِعَتَيْنِ على نُقْطَةِ ز، وكُلُّ واحِدَةٍ من القِسيّ الأرْبَعِ مِنْ مُحيطِ دائِرَةٍ عَظيمَةٍ في الكُرَةِ، وكُلُّ واحِدَةٍ مِنْها أصْغَرُ مِنْ نِصْفِ المُحيطِ. فأقولُ إنّ نِسْبَةَ جَيْبِ جـ هـ إلى جَيْبِ هـ ا مُؤَلَّفَةٌ مِنْ نِسْبَةِ جَيْبِ قَوْسِ جـ ز إلى جَيْبِ قَوْسِ ز د <ومِنْ نِسْبَةِ جَيْبِ قَوْسِ ب د إلى جَيْبِ قَوْسِ ب ا>".



$$\frac{Sin(arc(CE))}{Sin(arc(EA))}=\frac{Sin(arc(CG))}{Sin(arc(GD))}\frac{Sin(arc(DB))}{Sin(arc(BA))}$$



•Théorème de Ménélaüs (*Figure « secteur »*)

1) $$\frac{\mathrm{Sin}\,\widehat{AB}}{\mathrm{Sin}\,\widehat{BE}} = \frac{\mathrm{Sin}\,\widehat{AD}}{\mathrm{Sin}\,\widehat{DF}} \cdot \frac{\mathrm{Sin}\,\widehat{FC}}{\mathrm{Sin}\,\widehat{CE}},$$ (*Synthèse*, تركيب)

, (*Sin x = R. sin x*)

2) $$\frac{\mathrm{Sin}\,\widehat{AE}}{\mathrm{Sin}\,\widehat{BE}} = \frac{\mathrm{Sin}\,\widehat{AF}}{\mathrm{Sin}\,\widehat{FD}} \cdot \frac{\mathrm{Sin}\,\widehat{DC}}{\mathrm{Sin}\,\widehat{CB}}.$$ (*Diérèse*, تفصيل)

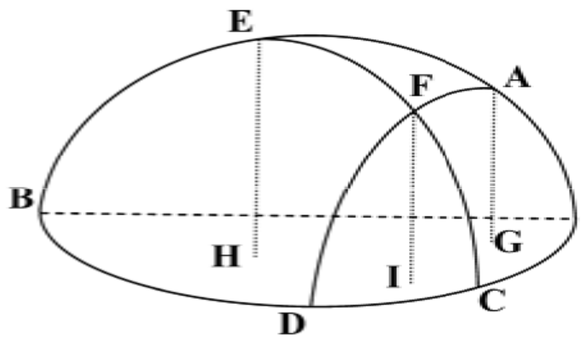


Fig. 2

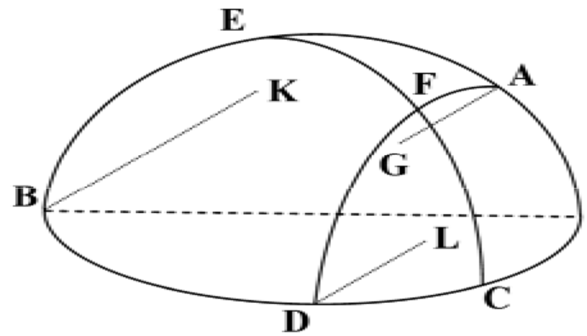
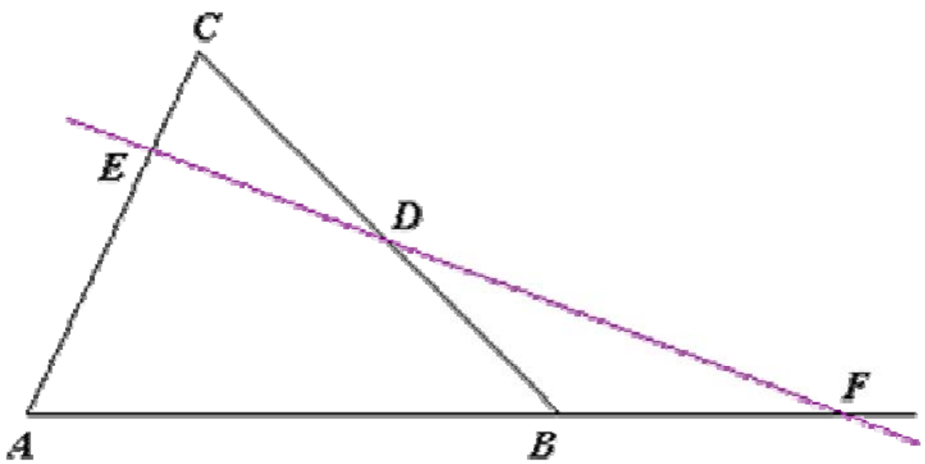


Fig. 3

مُحمّد يوسُف الحُجَيْريّ

طَرابُلُس، لُبْنان، ٢٠١٣/١/١٦

مبرهنة مانالاوس في السطح المستوي



$$\frac{AF}{FB} \times \frac{BD}{DC} \times \frac{CE}{EA} = 1$$

مبرهنة الجيوب (الشكل المُغْنيّ)

" طَريقُ أبي نَصْرٍ في الشَكْلِ المُغْنيّ مِنْ رِسالَتِهِ إليِّ :

نِسْبَةُ جُيوبِ الأَضْلاع في المُثَلَّثِ الكائِنِ مِنْ قِسِيٍّ عِظامٍ على سَطْحِ الكُرَةِ، بَعْضها إلى بَعْض، على نِسْبَةِ جُيوبِ الزوايا الّتي تُقابِلُها، بَعْضها إلى بَعْض، النَظير إلى النَظير... " (البَيْرونيّ، *مَقاليدُ عِلْمِ الهَيْئَة*)

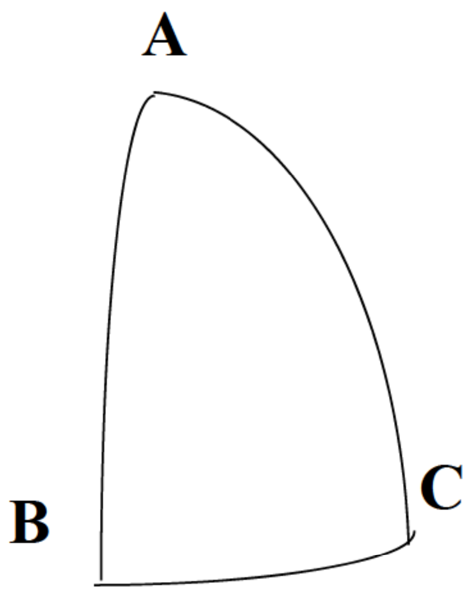
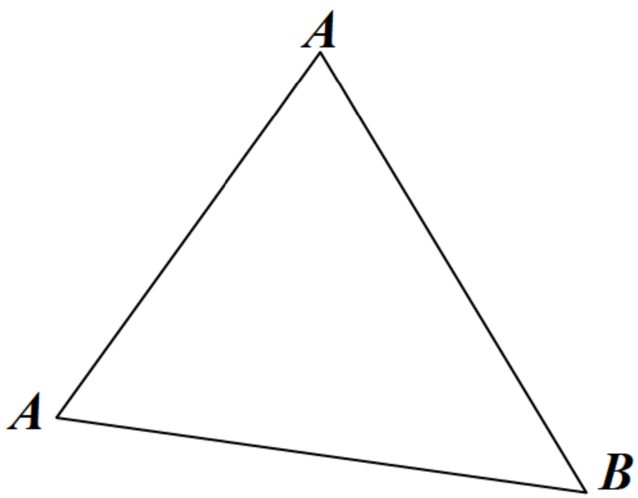


Figure 0

$$\frac{Sin\ \hat{A}}{Sin\ \overset{\frown}{BC}} = \frac{Sin\ \hat{B}}{Sin\ \overset{\frown}{AC}} = \frac{Sin\ \hat{C}}{Sin\ \overset{\frown}{AB}}$$

مبرهنة الجيوب في السطح المستوي

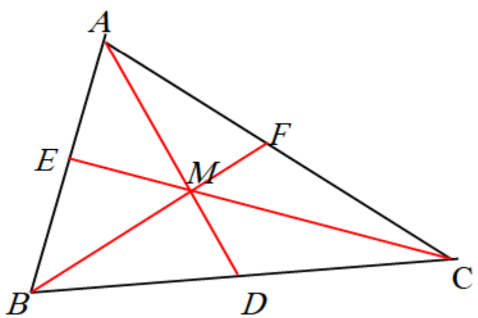
$$\frac{Sin\widehat{A}}{BC}=\frac{Sin\widehat{B}}{AC}=\frac{Sin\widehat{C}}{AB}$$



مُحمّد يوسُف الحُجَيْريّ
طَرابُلُس، لُبْنان، ٢٠١٤/١/١٦

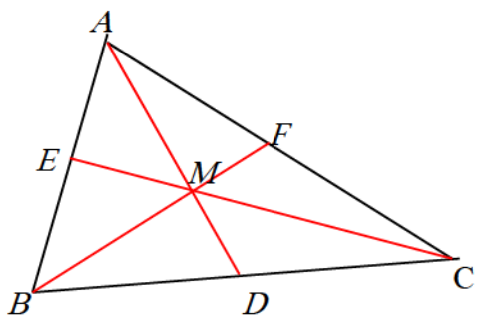
مدخل عبر مثال:

من المعروفِ أنّ الخطوطَ المستقيمةَ الّتي تنصِّفُ زوايا المثلّثِ الإقليدِيِّ تتقاطعُ على نقطةٍ مشتركةٍ واحدة، وكذلك الأمرُ بالنسبةِ إلى الخطوطِ المُستقيمةِ المُخرجَةِ من رؤوسِ المثلّثِ إلى أضلاعِهِ أعمدةً عليها أو مُنصِّفةً إيّاها (والبراهينُ معروفةٌ وموجودةٌ في كتابِ ***الأصولِ*** لإقليدس).



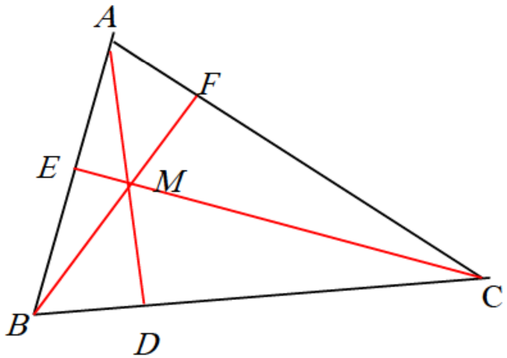
تقاطع منصّفات الزوايا

(Bissectrices)



تقاطع الموسطات

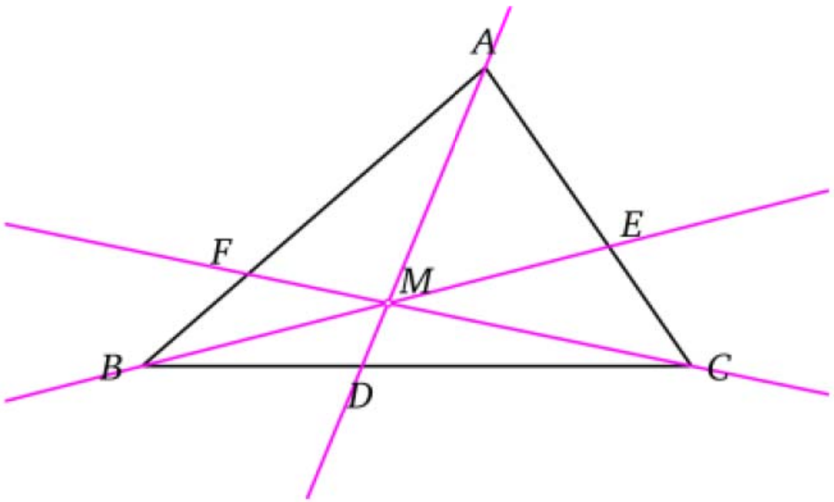
(Médianes)



تقاطع الأعمدة

(Hauteurs)

سؤال!!: إذا انتقينا عشوائيّاً في مثلّثِ ABC ثلاثَ نقاطٍ وهي: $F,$ E, D مختلفةٍ عن نقاطِ A, B, C ، حيث تقعُ كلُّ واحدةٍ منها على ضلعٍ من أضلعِهِ (انظر الشكل أدناه)، فما هي الشروطُ القياسيّةُ (المتريّة) الكافيةُ والضروريّةُ لالتقاء خطوطِ (CF) (BE) $(AD),$ على نقطةٍ مشتَركةٍ واحدة؟؟

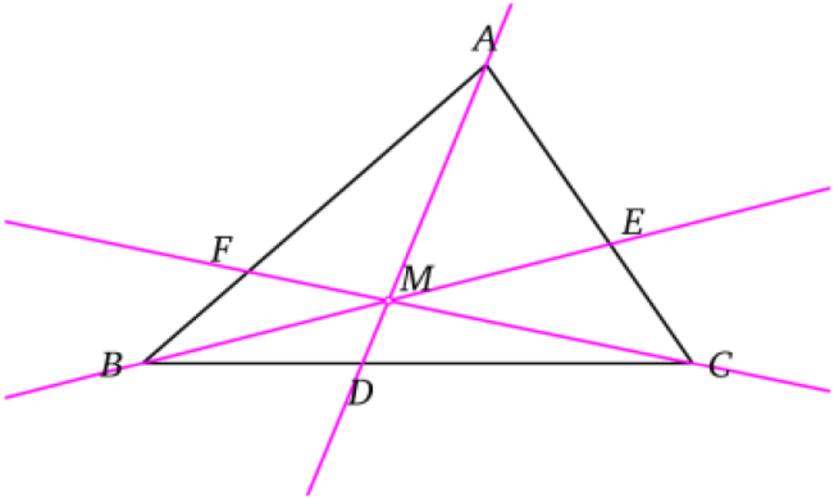


Théorème [Ibn Hud (11ème siècle) ou Ceva Giovanni (1678)??]

Soit ABC un triangle, soient D, E et F trois points distincts des sommets et appartenant respectivement aux segments $[BC]$, $[CA]$ et $[AB]$. Les droites (AD), (BE) et (CF) sont concourantes en un seul point si et seulement si

$$\frac{DB}{DC}\frac{EC}{EA}\frac{FA}{FB}=1 \quad (\mathscr{R})$$

[تقاطع على نقطة مشتركة واحدة] $\Leftrightarrow$ $(\mathscr{R})$



هل هي مُبرهنةُ جيوفاني سيفا أو ابنِ هود؟

لقد أثبت يان هوخندايك، استناداً إلى نصٍّ مخطوطيٍّ، أنّ المؤتمنَ بنَ هود قد أقام الدليلَ على النتيجةِ الهندسيّةِ المنسوبةِ إلى العالِمِ الإيطاليّ جيوفاني سيفا Ceva Giovanni (1647-1734) التي نُشرت لأوّلِ مرّةٍ سنةَ 1678. حيث عثرَ هوخندايك على صياغةِ وبرهانٍ لهذه النتيجةِ في مخطوطةِ كتابِ *الاستكمال* الذي وُضع قبلَ وفاةِ جيوفاني سيفا بأكثر من خمسةِ قرونٍ. ويُنسب هذا الكتابُ إلى المؤتمن بنِ هود. ولذلك ينبغي، وفقَ رأيِ يان هوخندايك، أن نسمّيَ هذه النظريةَ مبرهنةَ المؤتمن!!

J. P. Hogendijk « Al-Mutaman ibn Hūd, 11the century king of Saragossa and brilliant mathematician », dans *Historia Mathematica*, vol. 22, 1995, p. 1-18

Jan P. Hogendijk. Le roi-géomètre al-Mu'taman ibn Hud et son livre de la perfection (*Kitab al-Istikmāl*). In: *Actes du premier colloque sur l'histoire des mathématiques arabes.* Algiers (1988), pp. 51-66

Il reste quelques propositions de l'*Istikmal* dont on n'a pas d'indications sur l'origine. Un bel exemple en est le théorème dit de Ceva : si trois transversales AE, BF et CG d'un triangle ABC ont un point D en commun, on a :

$$AG/GB = (AF/FC).(CF/EB) \text{ (figure 10).}$$

On a pensé jusqu'à présent, que ce théorème avait été donné pour la première fois par le mathématicien Italien Giovanni Ceva en 1678. Mais ce théorème se trouve aussi dans l'*Istikmāl,* avec une démonstration correcte [19]. On ne savait pas si Al-Mu'taman l'a trouvé ailleurs, ou s'il est sa propre contribution. En tout cas, l'*Istikmāl* est le premier livre connu où le théorème est démontré, et, conséquemment, le théorème devrait désormais être appelé «théorème d'Al-Mu'taman», ou «théorème d'Ibn Hud».

تَوْطِئَة: حَوْلَ الأخطاءِ المَعْرِفِيَّةِ في مَنْهَجِيَّةِ البَحْثِ التاريخيّ :

لقد أثبتت نتائجُ البحوثِ الحَديثَةُ العَهْدِ أنّ مَوْضوعَ التأريخ للعِلْمِ العربيِّ عموماً، وللهندسيِّ الرياضيّ منه خصوصاً، شائكٌ ومتفرّعٌ ولا يُمْكِنُ تَناوِلُهُ بِبَساطَة، كما أنّه لا يجوز فيه اعتمادُ فرضيّاتٍ مُسبقةٍ غيرِ مَبنيّةٍ على تَحْقيقِ نصوصٍ مخطوطيّةٍ ملموسة. وتكمنُ هنا بالضبطِ أسبابُ الخطأ المَعْرِفيّ الّذي ارتكبَهُ الكُثُرُ من فلاسفةِ ومؤرّخي العُلوم، وتحديداً عندما حَكَموا على عِلْمِ الهَنْدَسَةِ العَرَبيِّ دونَ ارتكازٍ إلى قاعِدَةِ تحقيقِ النُصوصِ والتبصُّرِ في مضامينها الحِسِّيَّة.

وعلى وَجْهِ المِثالِ المُعَبِّر المُقتبس عن الأستاذ رشدي راشد، نُورِدُ ما يلي: في مَعْرِضِ تناولِهِ عناوينَ وأعمالَ كِبارِ هَنْدَسِيِّي العصرِ الهلينيستي القديم، يكتبُ العالِمُ المعروفُ ميشال شال (Michel Chasles):

« [..] Ensuite vinrent, pendant deux trois siècles encore, les commentateurs qui nous ont transmis les ouvrages et les noms des géomètres de l'antiquité; puis enfin les siècles d'ignorance, où la Géométrie a sommeillé chez les Arabes et les Persans jusqu'à la renaissance des lettres en Europe »[1]

«[...] لاحِقاً وعلى مَدَى قرنين أو ثلاثة، تَوالى شارِحون نَقَلوا إلينا أعمالَ وأسماءَ هندسيّين من العصرِ القديم؛ وَحَلَّت عَقِبَ ذلك قُرونُ الجَهْلِ، فَدَخَلَتِ الهَنْدَسَةُ في سُباتٍ عِنْدَ العَرَبِ والفُرْسِ إلى أن قَدِمَ عَصْرُ النَهْضَةِ في أوروبا»!!

1- *M. Chasles, Aperçu historique sur l'origine et le développement des méthodes en géométrie*, 3e éd. (Paris, 1889), p.23.

لقد عبّر ميشال شال في ذلك عن رأيٍ ساد في أوساط مؤرّخي منتصفِ القرنِ التاسعِ عشرَ، أكثرَ ممّا كان يعبّرُ عن وقائعَ مُثْبَتَةٍ. فالأبحاثُ في تاريخِ علمِ الهندسةِ العربيّ القديم كانت في تلك الحقبةِ نادرةً ومتفرّقة، ولذلك نجدُ هذا الرأيَ يتردّدُ تَكْراراً في المقدِّمات التاريخيّةِ لكثيرٍ من مؤلِّفي كُتُبِ الهَنْدَسَة آنذاك، كما أنّه ما زال يرِدُ أحياناً، حتّى في أيّامنا هذه، في كتابات بعض المُؤرّخين.

غيرَ أنّ التطوّرَ اللاّحقَ في معرفةِ الوقائعِ التاريخيّة، قد غيّر مضمون هذا الحكمِ المُسبقِ السائد. ونجدُ راهناً لدى بعضِ مؤرّخي العلومِ أنّ الرأيَ الذي عبّرَ عنه ميشال شال قد أخلى المكانَ لرأيٍ آخرَ أكثرَ تفصيلاً، ولكن دونَ أن يكونَ أكثرَ موضوعيّةً. ويُختصرُ هذا الرأيُ الجديد على الشكل التالي: إنّ هندسيّي التقليد العربيّ، حتّى ولو لم يرقَوا إلى المستوى الهندسيِّ الرفيعِ لكبار رياضيّي التراث الهلينيستيّ، فلا ريبَ في أنّهم جديرون بالتقدير كونهم أدركوا أهميّةَ هذا التراث وحافظوا عليه جوهراً وشكلاً، وصولاً إلى إغنائه ببعض التفاصيل المُلفتة!!

ويُذْكَرُ في هذا السياقِ اسمُ كلٍّ من ثابت بنِ قرّة ونصيرِ الدين الطوسيّ! ربّما بدا هذا الأسلوبُ في النظرِ إلى مساهمةِ هندسيّي الحقبةِ العربيّة أكثرَ تفصيلاً، ولكنّه أيضاً أكثرُ انتقائيّةً وإجحافاً، إذ إنّه يستندُ في الواقعِ إلى المنطقِ القديم عَيْنِه: في التوقّفِ عند عتبةِ المسائلِ، دون الولوجِ إلى جوهرِها في عرضِ المعاييرِ وشرحِ الأسبابِ الّتي أدّت إلى هذا الإسهامِ الهزيلِ والمتواضعِ المزعوم في الهندسة! فإذا كانت هذه المزاعمُ صحيحةً، فترى لماذا اقتصرَ عملُ علماء الهندسةِ في الحقبةِ العربيّة، وَفْقَ أنصارِ هذا الرأي، على لعبِ دورِ الحافظِ الأمين للإرثِ الهندسي الهلينيسي، في حين أنّهم قد حقّقوا إنجازاتٍ كثيرةً في شتّى الميادين الأُخرى: كالجبر، ونظريّة الأعداد، وعلم المثلّثات ...؟

وكيف لنا إذن أن نفسِّرَ انعدامَ تأثيرِ التقدّمِ الكبيرِ في هذه الميادين، وفي العلوم التي تعتمد على الرياضيّات، كعِلمَيِ الهيئة والمناظر، على مسار ومآل البحث في علم الهندسة؟ ولماذا كان الاستثناءُ الوحيدُ في هذا المضمار، وَفقاً لمؤرّخي الرياضيّات، هو التطوّرَ المتعلّقَ بنظريّةِ المُتوازيات دون سواها؟

فتوخِّياً للموضوعيّة وتلافياً لارتكاب الهفوات في التحليل التاريخيّ والمعرفيّ، ينبغي إذاً أن يُعمَدَ ببساطة إلى إجراء البحوث في هذا المضمار ارتكازاً إلى النصوص المخطوطيّة دون سواها، إن يكن في البَدءِ أو في الختام. وهذا هو السبيل المضمون الذي يوفّر لنا الموضوعيّة الأكيدة في تقصّينا خفايا ومندرجات هذا التاريخ الغنيّ المغمور، بغية إعطائه حقَّه من التحليل التاريخيّ والرياضيّ والمعرفيّ.

بعد هذا المثل المعبّر، سأكتفي بإيراد بعض النقاطِ الجُزئيّة المهمّة المتعلّقةِ بفرضيّات ومنهجيّة البحث في تاريخ الأُكر:

مع نشوءِ الخلافةِ الإسلامية، أدّت مركزةُ المَعارِفِ العِلْمِيّةِ في لُغَةِ الضّادِ إلى بُروزِ نُظُمٍ واكتِشافاتٍ عِلْمِيّةٍ لم يَعْهَدْها التاريخُ مِنْ قَبْلُ، وَكُتِبَتْ كُلُّها بالعَرَبِيَّة: كالجَبْرِ عِنْدَ الخوارِزْميّ وَأبي كامِلٍ، والبَصَرِيّات والفَلَكِ وَرِياضِيّاتِ اللاّمُتَناهِيَةِ في الصِغَرِ عِنْدَ ابنِ الهيثم، والنظريّةِ الهندسيّة للمعادلات الجبريّة عِنْدَ الخيّام، والأُكَرِ عِنْدَ ابن عراق والخُجَنْدِيّ والبوزجانيّ الخ. وفي الوقت الّذي نجد فيه فئةً طليعيّة من علماء ذلك العصر ترابطُ على الجبهةِ الأُولى للبحثِ العلميّ، تطالعنا أيضاً فئةٌ طليعيّةٌ أُخْرَى من العلماءِ تَعْكِفُ على دراسةِ وتحليلِ وتصويبِ وتطويرِ التراثِ العِلْمِيِّ الموروثِ من الأُمَمِ السالفة.

ولذلك نجدُ في اللّغةِ العربيّة العديدَ من الشروحات والإصلاحات لِكُتُبِ علماء اليونان.

وتتمحورُ **أهدافُ** البحوثِ في تاريخ الكُريّات حول رصدِ وتقصّي التغيُّراتِ المعرفيّةِ، والرياضيّةِ، والمفهوميّةِ التي طرأت في الحقبة العربيّة على مؤلَّفَي ثاوذوسيوس الطرابلسيّ ومانالاوس السكندري في هندسةِ الكُريّات.

وواضحٌ أنّ تلك البحوثَ نظريّةٌ، ففي شِقِّها الرياضيِّ البحتِ، تُستخدم الطرقُ الاستنباطيّةُ الرياضيّة المعروفة، وفي شقّها التاريخيّ، لا بدّ من استخدامِ الوسائلِ المُتّبعةِ في العلومِ التاريخيّة من استقراءٍ ومقارنةٍ وتحليلٍ وتعليلٍ وتحقيقٍ للمخطوطات وغيرِها.

ولا ريبَ أيضاً في أنّه من الضروريّ الالتزامُ بالمنهجيّةِ العلميّةِ الموثّقةِ بالشواهدِ والمراجعِ، وأن تجري الاستدلالاتُ في أُطرِ المبادئ الفلسفيّة العامّة ومقولاتِها المعروفة: مبدأ الهويّة، ومبدأ الاستمراريّة التاريخيّة، ومبدأ السببيّة...وللأهميّة سأتوقّف هنا قليلاً عند **مسألة الحتميّة في المسار الأونطولوجيّ (التَكَوُّني) للمعارف العلمية:** لا رَيْبَ في أنّ التَحَوُّلاتِ الاقْتِصادِيَّةَ وَالسِياسِيَّةَ الجَذْرِيَّةَ الّتي واكَبَت نُشوءَ الخِلافَةِ الإسْلامِيَّةِ قَدْ أدّت إلى تَحَوُّلاتٍ نَوْعِيَّةٍ رَديفَةٍ في البُنْيَتَيْنِ الثَقافِيَّةِ والعِلْمِيَّةِ لِلشُعوبِ الّتي عاشَتْ في ظِلِّ الحُكْمِ الجَديدِ.

وَقَدِ امتَدَّت سُلْطَةُ تِلْكَ الخِلافَةِ على رقعةٍ جغرافيّة مترامية الأطراف، تَحُدُّها الصينُ شرقاً وإسبانيا الأندلسيّة غرباً. وتعدّدت، لا بل وتفاوتت ثقافاتُ وتقاليدُ ولغاتُ ومعارفُ تلك الشعوب. وبغضّ النظر عَمَّا وفّرته النتائجُ الأكيدة المترتّبةُ على اندماجٍ وانصهارٍ ثقافِيَّيْنِ قلّ نظيرُهُما في التاريخ، من أرْضِيَّةٍ خصبةٍ لتطوّرِ المَعارفِ العِلْمِيّة، **لا يُمْكِننا قطعاً أن نَحْسَبَ تطوّرَ المعرفةِ العِلْمِيّةِ في الحقبةِ العَرَبِيَّةِ مجرّدَ قيمةٍ مُضافةٍ أفضت إليها حركةُ ترجمةٍ نشطةٍ أو ظاهرةٌ اندماجيّةٌ بين شعوبٍ مختلفة** (كما كان يعتقد الكثيرون من فلاسفة ومؤرّخي العلوم).

لَقَدْ تطوّرَ العلمُ "العربيّ" آنذاك سريعاً ولضروراتٍ وعللٍ كامنةٍ، تعودُ جذورُها المعرفيّةُ والتاريخيّةُ والفلسفيّةُ، في المقامِ الأوّل، إلى مَرْكَزَةٍ اقتِصاديّةٍ وسِياسِيَّةٍ وَعَسْكَرِيَّةٍ غَيْرِ مَسْبوقَةٍ، وَتعود مِن ثَمَّ، في المقام الثاني، إلى ظاهِرَةِ انصِهارٍ عمْلاقٍ لِتَقاليدَ مُتَعَدِّدَةٍ، وإلى تَوْحيدِ لُغَةِ التَواصِلِ (اللُّغَة العَرَبِيَّة) الّتي استَقْطَبَت بُاللّزومِ التَكامُليّ كُلَّ المعارِفِ العِلْمِيّةِ السابِقَةِ، وَذَلِكَ عَبْرَ حركةِ ترجمةٍ حثيثةٍ لم يَشْهَدِ التاريخُ السابِقُ مثيلاً لها أيضاً.

ولا ريبٍ أيضاً في أنّ تطويرَ العلومِ في ظلِّ امبرطوريّة متراميةِ الأطرافِ تفرضُهُ موضوعيّاً وقبل كلِّ شيءٍ، ضروراتٌ اقتصادِيّةٌ وسِياسِيَّةٌ لا يُمْكِن تجاهُلُها البتّة. فمُبرهنة الجيوبِ مثلاً، وتطوّرُ عِلْمِ الأُكَرِ في تِلْكَ الحقبةِ لم يكونا حصيلةَ مجرّدِ ترجمةٍ، أو ترفٍ فكريٍّ، أو تبادُلٍ لمعارفِ الشعوبِ والثقافات، لا بل ارتبط هَذا الاكتشافُ وذلك التطوّرُ جوهريّاً بمسائلِ التقويم وظواهرِ الفلك، والجغرافيا الرياضيّة، وحركة المواصلات والإبحار الّتي كانت شأناً حيويّاً مباشراً من شؤون الدولة، له أهَمِيَّتُهُ وأبْعادُه السِياسِيَّةُ والاقْتِصادِيَّةُ والتَنْظيمِيَّةُ، وَحَتَّى العَسْكَرِيَّةُ والاستراتيجِيَّةُ إذا صَحَّ القَوْلُ.

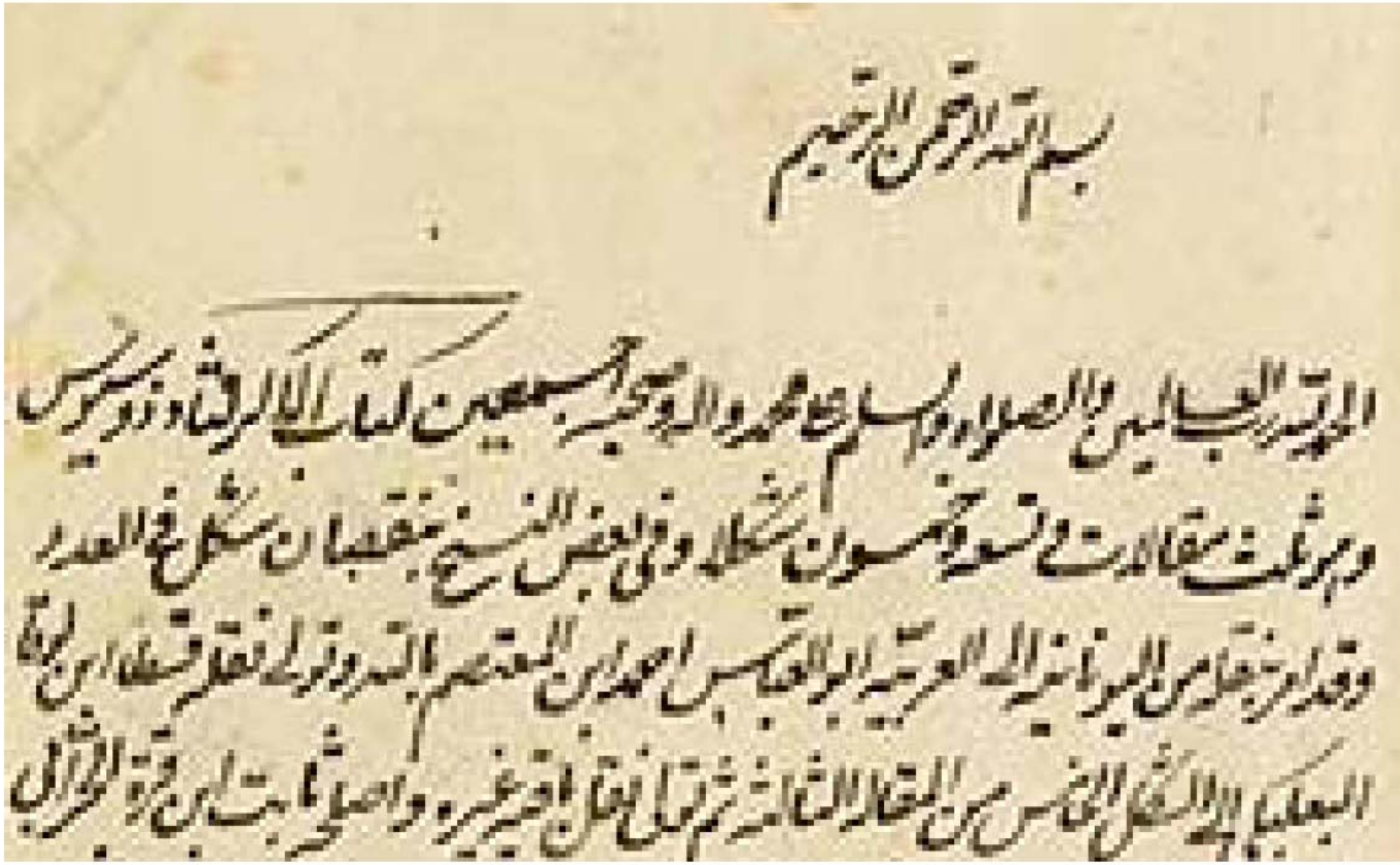
- **تطوُّر علم الفلك ونشوء علم المثلّثات:** لقد أدّت البُحوثُ الفَلَكِيَّةُ والجغرافِيَّةُ الرِياضِيَّةُ الحَثيثَةُ الّتي قام بها علماءُ الحِقْبَةِ العَرَبِيَّةِ ما بين القَرْنَيْنِ التاسِعِ والحادي عشر إلى تَطَوُّرٍ كبير. فقد راكَمَ هؤلاء العُلماءُ المُعْطَياتِ والمَعْلوماتِ والمَسائلَ والطَرائقَ المخْتَلِفَةَ في عِلْمِ الأُكَرِ. وارتَكَزَت بُحوثُهم في البَدءِ (قبل اكتشافهم مبرهنةَ الجيوب) على مُبَرْهَنَاتٍ وتِقَنِيّاتٍ كُرَوِيَّةٍ أَفْضَت باستِمرارٍ إلى مُبَرْهَنَةِ مانالاوس (الشَكْل القطّاع)، الّتي كان لا مَفَرَّ لِلهَنْدَسِيِّين والفَلَكِيِّين آنذاك من تطبيقِها المُتَكَرِّرِ على قِسِيِّ دَوائرَ عُظْمَى في البَسيطِ الكُرِيِّ، وذلك عَبْرَ استخدامِ أَبْنِيَةٍ هَنْدَسِيَّةٍ تركيبيَّةٍ إضافِيَّةٍ كانت تُثْقِلُ البَراهينَ وطَرائقَ الاستِدلالِ الهَنْدَسِيّ.

ولقد استَنَدَ رِياضِيّو تِلْكَ الحِقْبَةِ إلى كِتابِ مانالاوس في الأُكَرِ كمُؤلَّفٍ يَدْرُسُ الأشكالَ الهَنْدَسِيَّةَ على بسيط الكُرَة. ولكنّهم أفْلَحوا بأن طَوَّروا ودَفَعوا هذا العِلْمَ بعيداً. نَجِدُ لَدَى أولئك الرياضِيِّين العَديدَ من المؤلَّفاتِ حَوْلَ مُبَرْهَنَةِ مانالاوس وأشكالِ كتابِهِ المُختَلِفَة، فقد كَتَبَ عن ذلك ابنُ قُرَّة، والسِجْزِيُّ، وابنُ عراق، والهَرَويُّ، والخُجَنديُّ وأبو الوفاء والبيرونيُّ وابنُ هود والطوسيُّ والمغربيُّ وغيرُهم. ولقد كان ثاوذوسيوس الطرابُلسيّ قد وَضَعَ في القرنِ الأوّلِ قبل الميلاد كتاباً في الهَنْدَسَةِ الأوّلِيَّةِ للكُرَة على غِرارِ *أصول* إقليدس، يَجْمَعُ المعارفَ السابِقَةَ ذات الصِلَةِ بالكُرَةِ.

وتجدُرُ الإشارةُ هنا إلى أنّ كتابَ ثاوذوسيوس الطرابلسي يَرْتَكِزُ في غالِبيَّةِ براهينِهِ (ذات السِمَةِ التَرْكيبيَّةِ) إلى مُبَرْهَنَات ***أصول*** إقليدس. ويعتقدُ البعضُ أنّ مضمونَ كتاب ثاوذوسيوس مرتكزٌ بالأصل على كتابٍ وُضع في القرن الرابع قبل الميلاد، ألّفه اودوكسوس (Eudoxos). ولكنّ هذه الفرضيةَ تبقى دون براهينَ ملموسة. وقد كان بابوس السكندري (Pappus، القرن الرابع ميلاديّ) قد تناول في مجموعته الرياضيّة بعضَ المسائل المطروحة في أُكَر ثاوذوسيوس ومانالاوس. ولكنّ دراستَه المحدودةَ تلك لم تكن معروفةً لدى الهندسيّين العرب (انظر:

Pappus d'Alexandrie, *La Collection Mathématique*. Traduit par P. Ver Eecke, Blanchard, Paris 1982)

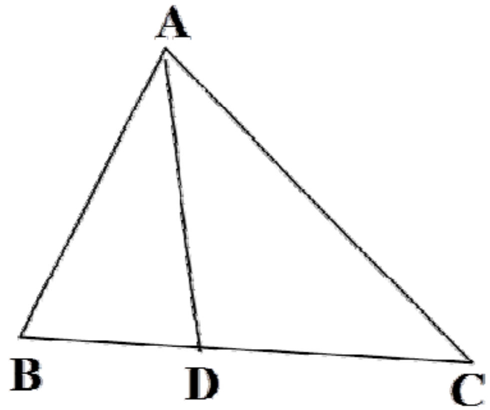
كتب نصيرُ الدين الطوسي: "هَذا كِتابُ الأُكَرِ لثاوذوسيوس، هُوَ ثَلاثُ مَقالاتٍ وَتِسْعَةٌ وَخَمْسونَ شَكْلاً وَفي بَعْضِ النُسَخِ بِنُقْصانِ شَكْلٍ في العَدَدِ، وَقَدْ أَمَرَ بِنَقْلِهِ مِنْ اليونانِيَّةِ إِلَى العَرَبِيَّةِ أبو العَبّاسِ أَحْمَدُ بنُ المُعْتَصِمِ بِاللهِ، فَتَوَلَّى نَقْلَهُ قُسْطا بنُ لوقا البَعْلَبَكِّيُّ إِلَى الشَكْلِ الخامِسِ مِنْ المَقالَةِ الثالِثَةِ، ثُمَّ تَوَلَّى نَقْلَ باقيهِ غَيْرُهُ، وَأَصْلَحَهُ ثابِتُ بنُ قُرَّة".


بسم الله الرحمن الرحيم
الحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام على محمد وآله وصحبه أجمعين كتاب الأكر لثاوذوسيوس
وهو ثلث مقالات في تسعة وخمسون شكلا وفي بعض النسخ بنقصان شكل في العدد
وقد أمر بنقله من اليونانية إلى العربية أبو العباس أحمد بن المعتصم بالله وتولى نقله قسطا بن لوقا
البعلبكي إلى الشكل الخامس من المقالة الثالثة ثم تولى نقل آخره غيره وأصلح ثابت بن قرة الأول

وبعد ثاوذوسيوس بأقلّ من قَرْنٍ، أي في أواسِطِ القَرْنِ الأوّل بعد الميلاد وارتكازاً على كتابِ ثاوذوسيوس، وَضَعَ مانالاوس كتابَه في الأُكَرِ وكانت هَنْدَسَةُ مانالاوس تِلْكَ أوّلَ هَنْدَسَةٍ لاإقليديّةٍ مَعْروفةٍ في التاريخ (إذ مَثَّلَت الخُطوات الأُولى نحو هَنْدَسَةِ ريمان الإهْليليجيَّة ذات الإنحناء الإيجابيّ الثابت). **لقد حُفِظَت النُسخةُ اليونانيّةُ من كتابِ ثاوذوسيوس في حين فُقِدت نظيرتُها من كتابِ مانالاوس. ولِحُسنِ الحَظِّ، فإنّ التَرْجَمَةَ العَرَبِيَّةَ للكتابِ قد وَصَلَت إلينا سليمَةً، وذلك في تَحْريرِ هَنْدَسِيِّ الحِقْبَةِ العَرَبِيَّة من أمثالِ ابنِ عراق والهَرَويّ وغيرِهم. وحتّى نسخة كتاب ثاوذوسيوس اليونانيّة المحفوظة لم تكن بالجودة المطلوبة، الأمر الذي جعل قراءتها متعذرةً وحتّم الرجوع إلى النسخ العربيّة.**

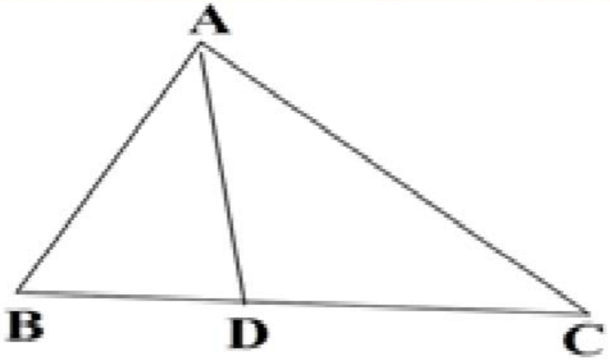
لماذا سميت مبرهنة الجيوب "الشكل المُغْني"؟

مثال (انظر الشكل أدناه): من المعروف، في الهندسة الإقليدية، أنّ المستقيم (AD) ينصّف زاوية A في مثلّث ABC إذا وفقط إذا تحققت العلاقة $DB : DC = AB : AC$. (*الأصول*: الجزء ٦، الشكل ٣).



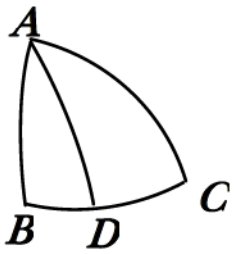
$$angle(BAD) = angle(CAD) \Leftrightarrow \frac{DB}{DC} = \frac{AB}{AC}$$

كل مثلث خرج من احدى زواياه خط الى وترها فان كان
الخط منصفا لتلك الزاوية كانت نسبة احد قسمي الوتر الى الاخر كنسبة احد ضلعي الزاوية
الى الاخر على الولاء وان كان النسبة هكذا كان الخط منصفا للزاوية



$$angle(BAD) = angle(CAD) \Leftrightarrow \frac{DB}{DC} = \frac{AB}{AC}$$

يتبيّن أنّ هذه المبرهنة قابلةٌ للتعميم على المثلّثات الكرويّة. وقد بيّن مانالاوس ذلك مستخدماً "الشكل القطّاع" الذي يقتضي استخدامُه أبنيةً هندسية "تركيبية" إضافية لإظهار رباعيّ أضلاع ملائم للحلّ. وبالمقابل فإنّ استخدام مبرهنة الجيوب، أي "الشكل المُغني" يُفضي إلى برهان بديهيّ مباشر (يُغني عن الأبنية الإضافيّة):



$$\frac{\sin \widehat{BD}}{\sin \widehat{DC}} = \frac{\sin \widehat{AB}}{\sin \widehat{AC}},\ (\,angle(BAD) = angle(CAD),$$

$$angle(ADB) + angle(ADC) = \pi)$$

القيمَةُ المَعْرِفِيَّةُ الرِياضِيَّةُ في اسْتِنْباط مُبَرْهَنَةِ الجيوب

يُعَرِّفُ مانالاوس في كتابِه في الأُكَرِ الزاوية والمُثَلَّث الكُرَوِيَّيْن، بَيْدَ أنّ مُبَرْهَنَته الأساسيَّةَ (المُسَمّاة الشَكْل القطّاع) لا تتناولُ بِشَكْلٍ مُباشر المثلّثَ الكُرَوِيَّ، إنّما تَتَعلّقُ بِرُباعيٍّ أضلاع. واستِناداً إلى المُعطيات المَعْرِفِيَّةِ الراهِنَةِ، من البَديهِيِّ القَوْلُ إنّه ما كانَ لِرُباعِيِّ الأضلاع أن يُمَثِّلَ "الوَحْدَةَ البُنْيَوِيَّةَ" الفُضْلى في الاسْتِدلالِ الهَنْدَسِيِّ على بسيطِ الكُرَةِ، فالدَورُ المُلائمُ الأنسَبُ كانَ يَنْبَغي أن

يَلْعَبَهُ المثلّثُ الكُرَوِيُّ، لِكَوْنِه الشَكْلَ الجُزْئِيَّ البُنْيَوِيَّ الأبسطَ، فرُباعيُّ الأضلاعِ يَنْقَسِمُ مثلاً إلى مُثَلَّثَيْنِ اثنين. وهذا التَفاوُتُ البَيِّنُ الّذي يَكْتَسِبُ بِجَوْهَرِهِ أبعاداً فَلْسَفِيّةً ومَعرِفِيَّةً تَتَعَدَّى المَضْمونَ الرِياضِيَّ لتَطالَ الخواصّ البُنْيَوِيّةَ للكائنات الهندسيّة، قد صَحَّحَتهُ بالفِعْلِ البُحوثُ الحَثيثَةُ والنَتائجُ المُهِمَّةُ الّتي تَعودُ إلى هَنْدَسِيِّي التَقليدِ العِلْمِيِّ العَرَبيّ. ولربّما كان لهذا التَصْحيحِ أثرٌ أو

صورةٌ أو أصلٌ ما لَدَى فلاسِفَةِ ذلك العَصْرِ من المُهتمّين بالرياضيّات. وبالطبعِ، هذا سؤالٌ مَطروحٌ ينتظرُ الردَّ عليه من خلال بُحوثِ مُؤَرّخي الفلسَفَةِ العَرَبِيَّةِ. لقد أفْضَت إذاً الطرائقُ الّتي ابتَكَرَها رِياضِيّو وفَلَكِيّو الحِقْبَةِ العَرَبِيَّةِ، في مَعْرِضِ حِساباتِهم للقِسيِّ المجهولةِ على بسيطِ الكُرَةِ، فضلاً عمّا راكموه من معلوماتٍ في هذا المجالِ، إلى عَمَلِيَّةٍ انشطاريّةٍ نوعِيَّةٍ، تَمَثَّلَت نتيجتُها بظهورِ علمٍ جديدٍ ألا وهو عِلْمُ المُثَلَّثات، الّذي يَرْتَكِزُ بِمَضمونه على مُبَرْهَنَةِ الجيوب (الشَّكْل المُغْني)[٦]

[٦] انْظُرْ ما يُورِدُه البيرونيُّ بِصَدَدِ ذلك، مَثَلاً، في كتابِ ديبارنو (ص. 111):
Marie-Thérèse Debarnot, dans *Al-Bīrūnī, Kitāb Maqālīd ʿIlm Al-Hay'a.* Institut Français de Damas. Damas, 1985.

وعلى المُثَلَّثِ الكُرَوِيِّ "كَوَحْدَةٍ بنيَوِيَّةٍ" للاستدلالِ الهَنْدَسِيِّ على البسيطِ الكُرِيِّ. ونحن نعلمُ اليومَ أنّ الهَنْدَسَةَ اللاإقليديَّةَ ذات الانحناءِ السلْبِيِّ الثابِتِ قد اكتُشِفَت نتيجة أبحاثٍ مُسْتَقِلَّةٍ لثلاثةِ عُلَماء وهم لوباتشيفسكي وبولاي وغاوس، والمُلْفِتُ أنّ الأمرَ نفسَهُ قد حَدَثَ عِنْدَ اكتشافِ مُبَرْهَنَةِ الجيوبِ في أبحاثِ أبي نصرٍ بنِ عراق وأبي محمود الخُجَنْدِيّ وأبي الوفاء البوزجانيّ.

تَخَطَّى عُلَماءُ الحِقْبَةِ العَرَبِيَّةِ إذاً مُبَرْهَنَةَ مانالاوس، فاكتَشَفوا قاعِدَةَ الجيوب الّتي سُمِّيَت آنذاك "الشَكْل المُغْنِيّ". وعلى طريقِهم نحو اكتِشافِ هذه القاعدَةِ، استَخْدَموا تِقَنِيّةَ المُثَلَّثِ القُطْبِيِّ الّذي مَثَّلَ استِخْدامُه في براهينهم أهَمِيَّةً قُصْوَى، نَظَراً لارتباطِهِ المباشرِ بأكثَر المبادئ رسوخاً في الاستِدلالاتِ العِلميَّةِ اللاّحِقة، ألا وهو مبدأ الثنائِيّة.

لقد شَكَّلَ اكتشافُ مُبَرْهَنَةِ الجيوبِ حَجَرَ الزاوِيَةِ في بَلْوَرَةِ عِلْمِ الهَنْدَسَةِ الكُرَوِيَّةِ وعِلْمِ المُثَلَّثاتِ كنَظَرِيّتَيْن رِياضِيَّتَيْنِ مُلائِمَتَيْنِ يُقارِبُ مُسْتواهُما المَعْرِفِيُّ "المُسْتَوَى النَظَرِيَّ" المُتَقَدِّم. كما مَهَّدَ هذا الاكتشافُ إلى انشطارٍ لاحِقٍ مُكتَمِلٍ عن الهَنْدَسَةِ الإقليديّة.

وتتمَحورُ القيمةُ المَعْرِفِيَّةُ الرِياضِيَّةُ المُتَرَتِّبَةُ على هذا الاكتشافِ حول النقاطِ الاساسِيّةِ التالية:

١- تُوَفِّرُ مُبَرْهَنَةُ الجيوبِ إمكانيّةَ الاسْتِنْباطِ الجَوْهَرِيِّ (intrinsèque) في استدلالاتِنا حول ما نُصادِفُه من مسائلَ على بسيطِ الكُرَةِ، وذلك دون العَوْدِ إلى هَنْدَسَةِ الفَضاءِ الخارجيِّ إي إلى هَنْدَسَةِ إقليدس. كما أنّها تُعَبِّرُ عن اللامُتَغَيِّرِ الأكثرِ شُمولِيَّةً وعُمْقاً في البُنْيَةِ الهَنْدَسِيّةِ للبسيطِ الكُرِيّ.

٢- تُغْني هذه المُبَرْهَنَةُ عن استخدامِ الوسائلِ التَرْكيبِيَّةِ والأبْنِيَةِ المُضافَةِ الّتي كان لا مَفَرَّ منها عِنْدَ استخدامِ مُبَرْهَنَةِ منالاوس في الاستدلال.

٣- تُلائم هذه المُبَرْهَنَةُ الكائناتِ الهَنْدَسِيّةَ الكُرَوِيَّةَ لأنّها تتّخذُ المثلّثاتِ كَوَحْدَةٍ مُكوِّنةٍ، وذلك خلافاً لمُبَرْهَنَة مانالاوس الّتي تتبنّى رباعيَّ الأضلاع التامَّ في العمليّات الهَنْدَسِيّة. وغالِباً ما يُمَكِّنُنا هذا التَلاؤمُ عَبْرَ تَطْبيقِ مُبَرْهَنَةِ الجُيوبِ من تَحديدِ الكائنِ الكُرَوِيِّ بِمُقارَبَةٍ يكون استِثْناؤها تَقايُساً.

٤- تَعْكِسُ هذه المُبَرْهَنَةُ بِجَوْهَرِها قانوناً طبيعيّا، وليس رِياضِيّاً فحسب، وهو قانون الثُنائِيَّةِ بين الكائناتِ الرِياضِيَّة.

٥- تَفْتَحُ هذه المُبَرْهَنَةُ الدَرْبَ واسِعاً أمامَ تَطْبيقِ الطُرُقِ التَحْليلِيَّةِ لِلاّمُتناهِيَةِ في الصِغَرِ وذلك نَظَراً لِتَوْفيرِها إمكانيّةَ مُقارَبَةِ الأشكالِ المُنْحَنِيَةِ الإحاطَةِ اللاّمُتَناهِيَةِ في الصِغَرِ بواسِطَةِ أشكالٍ مُسْتَقيمَةِ الإحاطَةِ، وهذا ما نَجِدُه بالفِعْلِ عِنْدَ ابنِ الهيثم في مَعْرِضِ حِساباتِهِ التَحْليلِيَّةِ لِلحُجومِ والمِساحات.

أشكر السادة الكرام في نقابة مهندسي طرابلس والشمال، وفي طليعتهم حضرة النقيب ومنظّم هذا اللقاء الدكتور باسم بخّاش، على إتاحة الفرصة لي لإلقاء هذه المحاضرة.

كما أشكر السيدات والسادة الحضور، على صبرهم الجميل في الاستماع إلى محاضرتي!

شكرا جزيلاً

مختصر السيرة الذاتية للدكتور محمّد يوسف الحجيري:

- مدرّس في كلية الهندسة– الجامعة اللبنانية منذ العام 1988.
- حائز على:

– دكتوراه (.Ph.D) في العلوم الرياضيّة. الاختصاص: المنطق الرياضيّ، الجبر ونظريّة الأعداد (1987)

–دكتوراه في فلسفة وتاريخ العلوم والتقنيّة (2005).

- المنشورات العلميّة :

1– خمس عشرة مقالة علميّة في مجال الرياضيّات وفلسفتها وتاريخها، منشورة في مجلاّت وكتب علميّة مختلفة.

2– أربعة كتب في الرياضيات وكتاب في تاريخ الرياضيات وفلسفتها.

- شارك وحاضر في عشرات الندوات واللقاءات والمدارس الدوليّة.
- الاهتمامات العلميّة: العلوم الرياضية، وفلسفتها، وتاريخها.