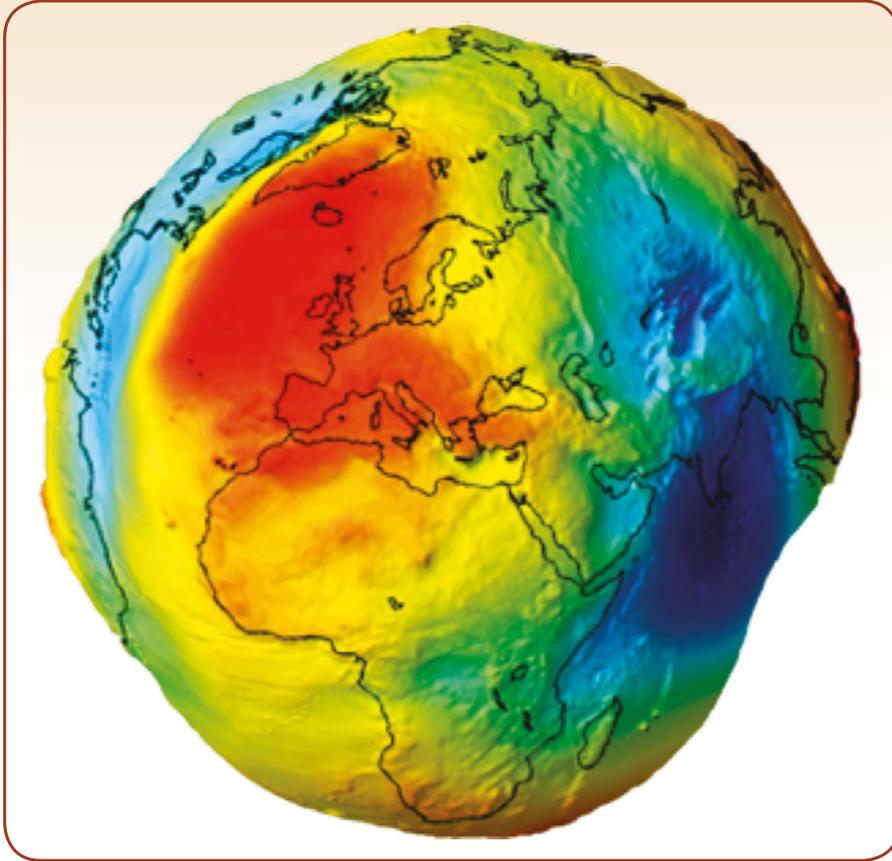


شكل الأرض وحركتها



عبد الله بن محمد العمري

قسم الجيولوجيا والجيوفيزياء - كلية العلوم - جامعة الملك سعود



١٤٤٤هـ - ٢٠٢٢م



سُبْحَانَ اللَّهِ الرَّعِيمِ الرَّعِيمِ

مَهَيَّبِك

الحمد والشكر لله الذي ساعدني في إنجاز هذا الجهد المتواضع المرتبط بتأليف الموسوعة العلمية العربية. تهدف الموسوعة العلمية الشاملة في علوم الأرض والبيئة والطاقة إلى تزويد وخدمة الباحثين وطلاب المدارس والجامعات وفئات المجتمع نظراً لمعاناة المهتمين من مشاكل ندرة المراجع العربية في هذا المجال. تشتمل الموسوعة على 30 كتاب علمي ثقافي موثق ومدعم بالصور والأشكال التوضيحية المبسطة في 5000 صفحة تقريباً تغطي **خمس أجزاء رئيسية**؛

الجزء الأول مكون من ستة كتب يناقش عمر الأرض وشكلها وحركاتها وتركيبها الداخلي وثوراتها المعدنية والتعدينية والجاذبية الأرضية وعلاقتها بالمد والجزر:

- | | | | |
|-----------------------------|---|-----------------------|---|
| تقدير عمر الأرض | 📖 | التركيب الداخلي للأرض | 📖 |
| شكل الأرض وحركاتها | 📖 | المعادن والتعدين | 📖 |
| الجاذبية الأرضية وتطبيقاتها | 📖 | المد والجزر | 📖 |

أما **الجزء الثاني** من الموسوعة اشتمل على ستة كتب تربط علاقة الأرض بالنظام الشمسي وبالأخص القمر والأغلفة الجوية والمائية والحيوية المحيطة بالأرض. وكذلك دور الزلازل والتفجيرات والبراكين والتسونامي في التأثير على بنية الأرض وكيفية تقليل مخاطرها:

- | | | | |
|---------------------|---|------------------------|---|
| موجات التسونامي | 📖 | البراكين وسبل مجابته | 📖 |
| الزلازل والتفجيرات | 📖 | جيولوجية القمر | 📖 |
| تقييم مخاطر الزلازل | 📖 | الأغلفة المحيطة بالأرض | 📖 |





الجزء الثالث مؤلف من ستة كتب يرتبط بكل ما يتعلق بالمشاكل والكوارث البيئية وحلولها والتغيرات المناخية وأهمية التشجير ومعالجة الاحتباس الحراري:

- | | |
|-------------------------------------|-----------------------------------|
| المشاكل البيئية وحلولها | الانزلاقات والإنهيارات والفيضانات |
| التشجير: التحديات والحلول | التصحّر والجفاف |
| التغيرات المناخية والاحتباس الحراري | السيول والسدود المائية |

الجزء الرابع من الموسوعة مكون من ستة كتب يناقش ارتباط علوم الأرض بالعلوم الأخرى سياسياً ونوويًا وطبياً، وكذلك دور الطاقة المستدامة النظيفة اقتصادياً وبيئياً:

- | | |
|-------------------------|------------------------------------|
| الطاقة الحرارية الأرضية | الجيولوجيا الطبية |
| هل انتهى عصر النفط؟ | الجيولوجيا السياسية |
| الجيوفيزياء النووية | كتابة الرسائل والمشاريع الجيولوجية |

أما **الجزء الخامس** عبارة عن ستة كتب احتوت على 2020 سؤال وجواب لمساعدة طلاب الجامعات والباحثين وتهيئتهم للاختبارات الشاملة والتأهيلية للدراسات العليا ومزاولة المهنة:

- 321 سؤال وجواب في تطور الأرض
- 358 سؤال وجواب في علم الصخور والجيوكيمياء والاستشعار عن بُعد والـ GIS
- 358 سؤال وجواب في الثروات الطبيعية
- 380 سؤال وجواب في المخاطر الجيولوجية
- 303 سؤال وجواب في علم الزلازل والزلازل الهندسية
- 300 سؤال وجواب في الجيوفيزياء التطبيقية

المؤلف





مقدمة

الأرض عبارة عن كرة ضخمة يتكون سطحها من صخور وتربة وماء. تتكون الأرض من عدة عناصر منها الحديد حيث تشكل أعلى نسبة وهي 32.1% من كتلة الأرض، ويعتبر الحديد المكون الأساسي لللب الأرض بنسبة 88.8%، وتتكون الأرض أيضاً من الأكسجين بنسبة 30.1%، ومن الكبريت بنسبة 2.9%، ومن الألومنيوم بنسبة 1.4% ومن الكالسيوم بنسبة 1.5%، ومن عنصر السيليكون حيث تشكل نسبته 15.1%، ومن المغنيسيوم بنسبة 13.9%، وتكون العناصر الأثقل حجماً أقربها موقعاً لمركز الأرض، بينما تبعد العناصر الأقل حجماً عن مركز الأرض، ويشكل الأكسجين أكثر من 47% من مكونات القشرة الأرضية.

الأرض أحد الكواكب السيارة التسعة التي تسير حول الشمس عبر الفضاء وعلى طول مسارات تسمى المدارات. وتقع في المدار الثالث من المجموعة الشمسية. أما الشمس فهي نجم واحد من ملايين النجوم التي تشكل مجرة تسمى «درب اللبانة». وللأرض ثلاث حركات دورانية: حركة سريعة حول محورها، حركة حول الشمس، وحركة عبر درب التبانة مع بقية النظام الشمسي كل 250 مليون سنة.





ليس من السهل أن تحكم على كروية الأرض أو تسطحها وأنت تعيش على مساحات هائلة مستوية من التضاريس والأفق، دون مراقبة بعض الظواهر الطبيعية والاستدلال بها، أو دون أن تتوفر لديك وسيلة للخروج بعيداً عن كوكب الأرض، ومعرفة شكله الحقيقي كما حدث في عصر الفضاء في القرن العشرين. يصنف موضوع كروية الأرض اليوم تحت علم هيئة الأرض ومساحتها أو كما يُعَرَّب المصطلح المعبر عنها **بالجيوديسيا Geodesy**، الذي اشتق من اليونانية، وهي تعني حرفياً «تقسيم الأرض». حيث إنَّ الهدف الأول من هذا العلم هو أن يوفر إطاراً دقيقاً للتحكم في عمليات المسح الطبوغرافية الوطنية. وبالتالي، فإن الجيوديسيا هي العلم الذي يحدد شكل الأرض والعلاقة المتبادلة لنقاط مختارة على سطحها إما بتقنيات مباشرة أو غير مباشرة .

لقد طوّر العلماء العرب والمسلمين منذ عصر **المأمون** هذا العلم باتجاهين. **الأول:** تحديد مواقع النقاط المتميزة على سطح الأرض. **الثاني:** تحديد ما يتعلق بشكل الأرض وقياسها، سواء جزئياً أو كلياً، وبحساب قياس خط نصف النهار. وهما الاتجاهان اللذان سيكون لهما تأثير كبير في تطوير علم رسم الخرائط العربي، وبالتحديد (الإسقاط الكروي) الذي بلغ ذروته عند **البيروني**.

استمرّ العلماء بالبحث عن أدلة تبرهن كروية الأرض وبين عامي (1934-1935م) أُطلق بالون يحمل آلة تصوير بالأشعة تحت الحمراء إلى ارتفاع 22066 كيلو متراً و أكدت الصور بالفعل أن الأرض كروية كما تبين للعلماء بعد عام 1959م أن الأرض ليست كروية تماماً، وإنما مفلطحة، حيث إنها أكثر انتفاخاً في النصف الجنوبي منها من النصف الشمالي، كما أن قطبها الشمالي على



شكل الأرض وحركتها

تسطحه مثل القطب الجنوبي وهو أكثر تحديباً منه بشكل صغير جداً . كذلك أمكن تفسير سبب اختلاف التوزيع الحراري على سطح الأرض بين نصفي الكرة الأرضية، حيث يوجد منطقتان قطبيتان باردتان، ومنطقتان معتدلتان، ومنطقة حارة في وسط الكوكب. كما أن تبني نظرية كروية الأرض كان له أثر ودور في جوانب فيزيائية وفلكية أخرى مثل نموذج الكون (مركزي الأرض)، وجاذبية الأرض، والملاحة البحرية وحتى قياس سرعة الضوء لاحقاً عند الأوربيين.

تكمن أهمية هذا الكتاب أنه سيوفر للقارئ كل الأدلة التي يرغب أن يواجهه به أصحاب الأرض المسطحة، كما أنه يوفر للباحث التاريخي مراحل تطور ونشأة نظرية الأرض الكروية والمسطحة، ويزود المختصين **بالجيوديسيا** بكل الأساليب العملية والنظرية التي كانت تتبع سابقاً في قياسات الأعمال المساحية. ناهيك عن التأريخ الموثق لكل ما وصلنا من أعمال العلماء العرب والمسلمين.





شكل الأرض

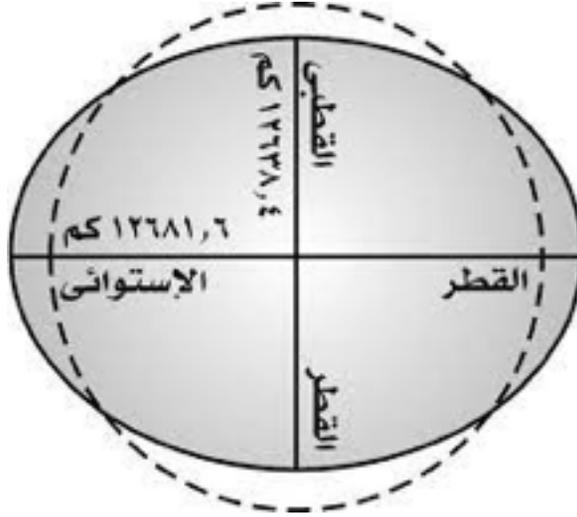
تدور الأرض حول محورها وهذا المحور عبارة عن خط وهمي يصل القطبين الشمالي والجنوبي. هذه الحركة الدورانية السريعة تجعل الشمس وكأنها تتحرك من الشرق إلى الغرب مسببة حدوث النهار والليل على الأرض. وتستغرق الأرض زمناً قدره **23 ساعة و 56 دقيقة و 4.09 ثانية** لإتمام دورة واحدة حول نفسها وهذا الطول الزمني يطلق عليه اليوم النجمي.

تسير الأرض مسافة قدرها **958 مليون كم** حول الشمس في زمن قدره **365 يوم و 6 ساعات و 9 دقائق و 9.54 ثانية**. هذا الطول الزمني يطلق عليه **السنة النجمية**. خلال هذه الفترة تسير الأرض بمعدل سرعة قدرها **107,200 كم/س** ويسمى مسار الأرض حول الشمس **المدار الأرضي**. ويقع هذا المدار على سطح وهمي منبسط (المستوى المداري الأرضي).

تأخذ الأرض شكلاً إهليجياً (بيضوياً) يبلغ نصف قطرها الأفقي عند خط الاستواء **6378.1 كم** ونصف قطرها العمودي عند الأقطاب **6356.7 كم** أي أن هناك زيادة قدرها **21.4 كم** عند خط الاستواء وهذه تمثل الشكل الإهليجي أو ثابت التفلطح، الذي يقدر بـ **0.0033** وذلك بفعل القوة الطاردة المركزية، بمعنى أن الشمس تدور باستمرار حول محورها وهذه الحركة تولد القوة الطاردة المركزية، هذه القوة أقوى ما تكون عند خط الاستواء فتسبب دفعاً، وهذا الدفع يتسبب بدوره في تحذب الأرض حول الوسط كما يتسبب في تسطحها قليلاً عند القطبين.



ثابت التفلطح = نصف القطر الاستوائي – نصف القطر القطبي مقسوماً على
نصف القطر الاستوائي



قال تعالى : ﴿أَوَلَمْ يَرَوْا أَنَّا نَأْتِي الْأَرْضَ نَنْقُصُهَا مِنْ أَطْرَافِهَا﴾ [سورة الرعد، الآية 41]. وهذا يعني أن سطح الأرض غير مستو ففيه قمم عالية، وسفوح هابطة وسهول وهى أطراف طبقاً للتباين في المناسيب، ومن ناحية أخرى فإن الأرض كما ذكرنا شبه كره (مفلطح)، فلها قطبان ولها خط استواء فتعتبر هذه أطرافاً لها، والسطح كله يعتبر أطرافاً للأرض. ولقد فسر العلم الحديث أن الأرض تتكمش باستمرار، تتكمش على ذاتها، من كل أطرافها أو من كل أقطابها. وسبب الانكماش الحقيقي هو خروج الكميات الهائلة من المادة والطاقة على هيئة غازات وأبخرة ومواد، سائلة وصلبة تنطلق عبر فوهات البراكين بملايين الأطنان بصورة دورية فتؤدي إلى استمرار انكماش الأرض، ويؤكد العلماء أن الأرض الابتدائية كانت على الأقل مائتي ضعف حجم الأرض الحالية.



دوران الأرض

تشكّل النظام الشمسي قبل حوالي 5 مليارات عام، وكان في بداياته كتلةً عملاقةً من الغاز والغبار، ومع بداية انهيار جزيئات هذه الكتلة ازداد دورانها بشكل كبير جداً، فتكوّنت الشمس في مركز هذه الكتلة أولاً، أمّا باقي جزيئات تلك الكتلة من الغاز والغبار فاستمرّت في الدوران والتماسك ببعضها البعض، فنتج عن ذلك الكواكب، والأقمار، والكويكبات، والمذنبات، فظلت تدور جميع هذه الأجرام حول الشمس، ويجدر بالذكر أنّها تدور في ذات الاتجاه لأنها كانت تدور بنفس الاتجاه قبل تكوّنها. يعود سبب عدم الشعور بدوران الأرض حيث إن الأرض تدور بسرعة كبيرة حول الشمس، وعليه تدور كل أجزاء الكوكب جنباً إلى جنب معها بنفس السرعة والاتجاه الذي تدور فيه الأرض بما في ذلك الغلاف الجوي والمحيطات، ممّا يُعطي شعوراً بأنّ الأرض ثابتة، ويجدر بالذكر أنّ الشعور بدوران الأرض غير ممكن إلاّ فيما لو توقفت الأرض عن الدوران فجأة.

في الحقيقة إن دوران كوكب الأرض حول الشمس وحول محوره، ببساطة هو بسبب سبب شروق الشمس من الشرق وغروبها من الغرب، والسبب وراء منازل (أطوار) القمر، وسبب ظهور النجوم ودورانها حول الأرض مرةً كل يوم. تقوم الأرض بنوعين من الدوران. **الأول** حول محورها، والذي يُعرف «باسم **الدوران الفلكي Sidereal Rotation**» وهذا ما يسمح **بدورة النهار** Diurnal Cycle، وهو الأمر الذي يجعل السماء تبدو ظاهرياً وكأنها تدور حولنا. **والنوع الثاني** من الدوران هو دوران الأرض حول الشمس الذي يُعرف باسم «**الفترة المدارية**»





شكل الأرض وحركتها

«Orbital Period». هذه الدوران مسؤول عن تلك الفصول، وطول السنة، وتغيرات دورة النهار. كما ذكرنا أعلاه لدينا نوعين من الدوران :

أولاً : الدوران الفلكي تدور الأرض حول محورها مرة كل 23 ساعة و 56 دقيقة و 4.1 ثانية. أو ما يُعرف باسم (اليوم الفلكي Sidereal Day)، قيست فترة الدوران هذه نسبةً إلى النجوم. وفي الوقت نفسه، فإن اليوم الشمسي للأرض (ويعني ذلك مقدار الوقت الذي تستغرقه الشمس لتعاود الظهور في المكان نفسه من السماء) هو 24 ساعة. تزداد سرعة دوران الأرض بالاتجاه نحو خط الاستواء؛ حيث يصل معدل سرعة الأرض إلى 1609.34 كم في الساعة الواحدة عند المناطق الواقعة على خطوط العرض الوسطى بينما تقل سرعة دوران الأرض بالاتجاه نحو قطبي الأرض. إن الدوران الفلكي للأرض هو المسؤول عن نمط الشروق والغروب. وباستخدام الأجرام السماوية كنقاط مرجعية (مثل: القمر، والنجوم، إلخ) فإن الأرض تدور بمعدل 15 درجة / ساعة (أو 15 دقيقة قوسية/دقيقة) باتجاه الغرب. وإذا نظرنا إلى الأرض من الفضاء من جهة القطب الشمالي، ستظهر الأرض وهي تدور عكس عقرب الساعة. ومن هنا سنعرف سبب شروق الشمس من جهة الشرق وغروبها من جهة الغرب. كان لسرعة دوران الأرض تأثيرات كبيرة عبر الوقت، بما في ذلك شكل الأرض (شكل كروي مسطح، مع تسطح عند القطبين)، ومناخ الأرض، وعمق المحيطات وتياراتها، بالإضافة إلى القوى التكتونية. سرعة دوران الأرض تبلغ 1674.4 كم/س ومع ذلك فإن سرعة كوكب الأرض تتباطأ مع مرور الوقت، وذلك بسبب التأثيرات المدية للقمر المؤثرة في دوران الأرض. تُظهر الساعات الذرية أن الوقت الحالي أطول من الوقت في القرن الماضي بمقدار 1.7 ملي ثانية. إن الزيادة البطيئة





الحاصلة تم تعديلها باستخدام **الثانية الكبيسة** Leap Seconds في النظام العالمي للتوقيت. تدور الأرض من الغرب إلى الشرق، وهذا هو سبب شروق الشمس من الشرق وغروبها من الغرب.

ثانياً : الفترة المدارية تدور الأرض حول الشمس من مسافة متوسطة مقدارها **149598023 كيلو متراً**، (أي وحدة فلكية واحدة)، وتُكمل دورة كاملة خلال **365.2564 يوماً شمسياً**. وهذا ما يجعل الشمس تبدو متحركة في السماء من الشرق بمعدل درجة واحدة يومياً. ووفق هذا المعدل، تستغرق الشمس ما يعادل 24 ساعة (يوماً شمسياً واحداً) لإكمال دورة كاملة حول محور الأرض والعودة لنقطة الزوال (نقطة على سطح الكوكب تمتد من الشمال إلى الجنوب مروراً بالقطبين). وبالنظر من أعلى القطبين الشماليين لكل من الأرض والشمس تظهر الأرض وهي تدور حول الشمس بعكس عقرب الساعة. إن دوران الأرض حول الشمس، أو **الحركة البدارية** Precession للشمس خلال نقطتي الاعتدال، هي السبب وراء مدة السنة التي تبلغ **365.2 يوم**. ولهذا السبب أيضاً يتم إضافة يوم آخر إلى شهر فبراير كل **أربع سنوات** فيما يعرف بالسنة الكبيسة (Leap Year) ليصبح شهر فبراير **29 يوماً**. أيضاً يخضع دوران الأرض حول الشمس لشذوذ مداري مقداره **0.0167 درجة**، مما يعني اقتراباً أو بُعداً دوريين لها من الشمس في أوقات محددة من السنة. تصل الأرض **لنقطة الحضيض** Perihelion (على بُعد **147089047 كيلو متراً** من الشمس) في الثالث من يناير تقريباً، وتصل **نقطة الأوج** Aphelion في الرابع من يوليو (على بُعد **152097701 كيلو متراً**). يؤدي تغير المسافة بين الأرض والشمس إلى زيادة الطاقة الشمسية الواصلة إلى الأرض بنسبة **6.9 %** عند نقطة الأوج



مقارنة بنقطة الحضيض. يميل نصف الكرة الأرضية الجنوبي باتجاه الشمس بنفس الوقت الذي تصل فيه الأرض أقرب نقطة لها من الشمس. لذلك يتلقى نصف الكرة الأرضية الجنوبي طاقةً من الشمس أكثر قليلاً من النصف الشمالي خلال السنة. وهو كذلك نفس السبب وراء ظهور **منازل القمر**، وكذلك كل من **خسوف القمر** (Lunar Eclipse) و**كسوف الشمس** (Solar Eclipse).

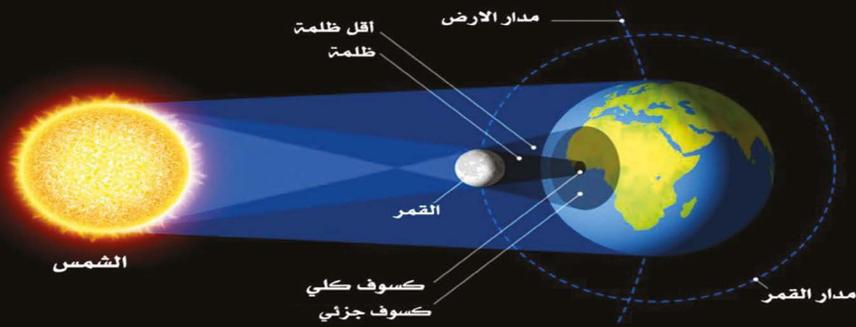
يحدث خسوف القمر عندما يدخل القمر منطقة ظل الأرض، نسبة إلى الشمس مما يسبب ظلمته ومظهره باللون الأحمر. يحدث كسوف للشمس خلال القمر الجديد عندما يكون القمر بين الشمس والأرض. وحيث إنهما يبدوان بنفس الحجم الظاهري في السماء، فإن القمر بإمكانه أن يحجب الشمس جزئياً، في ظاهرة تسمى **الكسوف الحلقي** Annular Eclipse أو يحجب الشمس بالكامل ويسمى الكسوف الكامل Total Eclipse. وفي حالة الكسوف الكامل يغطي القمر قرص الشمس كلياً، وتصبح **الهالة الشمسية** Solar Corona مرئيةً بالعين المجردة. ولولا الميل المحوري للأرض، الذي يميل بمقدار 23.5 درجة نسبة إلى الشمس، لكان هناك خسوف وكسوف كل أسبوعين، بالتناوب بينهما. وبسبب هذا الميل المحوري أيضاً تتباين كمية الأشعة الشمسية الواصلة إلى سطح الأرض خلال السنة. وهذا ما يسبب التغيرات الموسمية، والتغيرات في الدورة النهارية، والتغير في موقع الشمس في السماء نسبة إلى خط الاستواء. عندما يميل أحد نصفي الأرض باتجاه الشمس يكون عندها الفصل صيفاً في ذلك النصف، حيث ترتفع درجات الحرارة ويزداد طول النهار. وينعكس هذا الوضع كل ستة أشهر.





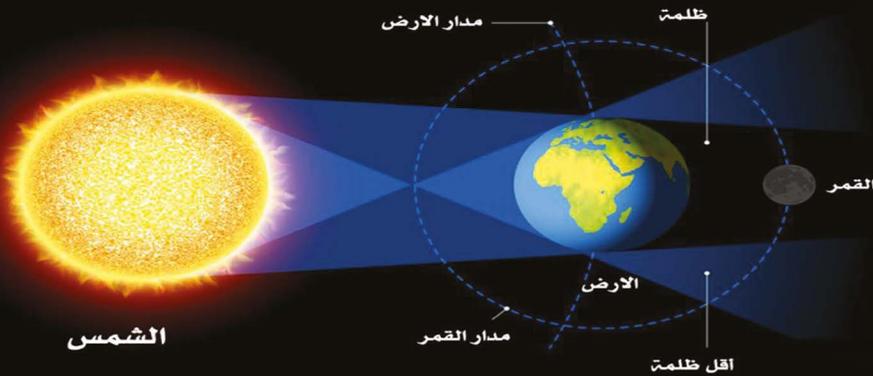
التفسير العلمي لظاهرة كسوف الشمس

يحدث الكسوف حينما يمر القمر بين الشمس والأرض فيحجب نور الشمس عن بعض بقاع الأرض حجبا تاما أو جزئيا.



التفسير العلمي لظاهرة خسوف القمر

يحدث الخسوف حينما تحجب الأرض أشعة الشمس عن القمر عند وقوعها في خط مستقيم بين الشمس والقمر.





الأرض المسطحة أم الكروية؟

بدءاً من عام 2012 تقريباً، كان هناك انبعاثٌ كبيرٌ للاهتمام بفكرة الأرض المسطحة؛ حيث بدأ ذلك إريك دوباي E. Dubay، الذي نشر على الشبكة العنكبوتية كتابين حول هذا الموضوع: الأول هو (مؤامرة الأرض المسطحة Flat-Earth Conspiracy)، والثاني هو: (200 دليل على أن الأرض ليست كرة دوّارة Proofs the Earth Is Not a Spinning Ball 200)، وسرعان ما تبنى آخرون وجهة نظره مولّدين بذلك حركة جديدة، وقد جرى الترويج للكثير من هذه الأفكار على الشبكة كالنار في الهشيم، لا سيما من خلال وسائل التواصل الاجتماعي. كما ظهر بعض القادة البارزين في حركة الأرض المسطحة منهم **مارك سارغنت** M. Sargent و**جيران كامبانيلا** J. Campanella و**وروي ديفيدسون** R. Davidson و**وروب سكيبا** R. Skiba. الأخيران منهم جديران بالملاحظة لأنهما يروجان لنسخة مسيحية من الأرض المسطحة بناءً على فهمهما لعلم كونيّات الكتاب المقدس.

الشيء الغريب أنه حتى في عصرنا هذا - عصر الفضاء - يوجد أناس لا يفتنون بأن الأرض كروية الشكل وإنما مسطّحة، مع وجود آلاف الصور الفضائية والجوية التي تبين حقيقة كرويتها، لذلك فإننا نعتقد أن أصحاب نظرية الأرض المسطحة يحتاجون إلى رحلة للفضاء حتى يتأكدوا بأن أعينهم أنها كروية، كونهم لم ولن يقتنعوا بالأدلة التي تشير إليها الكثير من الظواهر الطبيعية اليومية.

مع ذلك، فقد استمرّ العلماء بالبحث عن أدلة تبرهن كرويتها منذ النصف الأول من القرن العشرين، ففي الفترة الواقعة بين عامي (1934-1935م) أُطلق





بالون يحمل آلة تصوير بالأشعة تحت الحمراء، وقد أُرسِلَ هذا البالون إلى طبقة **الستراتوسفير** Stratosphere ووصل إلى ارتفاع **22066 كيلو متراً**، وأخذ صورة أكّدت بالفعل أن الأرض كروية (فولمان، 2015م). كما تبين للعلماء بعد عام 1959م أنّ الأرض ليست كروية تماماً، وإنما لها شكل الإجاصة، أي مفلطحة، ولكن التشوهات في وسطها تهمل بالنسبة لقطرها فتعتبر كروية تقريباً؛ حيث إنّها أكثر انتفاخاً في النصف الجنوبي منها من النصف الشمالي، كما أنّ قطبها الشمالي على تسطحه مثل القطب الجنوبي وهو أكثر تحدباً منه بشكل صغير جداً. وتوضح صور الأقمار الصناعية أنّ محيط الأرض المارّ بالقطب أقلّ بـ 432 كيلومتر من محيطها المارّ بخط الاستواء (ضاي، 1994م)؛ أي أنّ الأرض ليست كروية بشكل مثالي، وإنما مسطحة قليلاً عند قطبيها الشمالي والجنوبي؛ حيث إنّ قطرها المحوري - أي قطرها من القطب الجنوبي إلى الشمالي - ينقص **41.6 كيلو متراً** عن قطرها الاستوائي. ولو كانت كرة تامة الكروية لتساوى **طولي القطرين** (صروف، 1932م).

في الواقع إنّ شكل الأرض الكروي المفلطح - وفق المعطيات الحالية - يعني أن الأرض كانت بالضرورة بحالة مائعة في فترة ما من تاريخها، وقد توصل العلماء لهذا الشكل من خلال قياسات أقواس خطوط الطول، وبخاصة من خلال دراسة **جاذبية الأرض** (موريه، 1987م).



التقطت هذه الصورة لكوكب الأرض من قبل رواد المركبة الفضائية أبولو 8- في رحلتها إلى القمر عام 1968م، وهو دليل جديد يحسم الجدل الذي بقي لأكثر من ألفي سنة بين العلماء حول الشكل الحقيقي للأرض (Faulkner, 2019)

إنّ الأرض كبيرة، ونحن صغار الحجم لدرجة قد نعتقد أنّها مسطّحة فعلاً، لأنه حتى مع **ركوبنا للطائرة** وتحليقنا في الأجواء على ارتفاع **3 كيلومترات** لن تظهر لنا كروية، ولعل هذا السبب هو الذي جعل الكثير من الناس يعتقدون أنّها مسطّحة. وقد يتساءل البعض بماذا تختلف الأرض المسطّحة - جوهرياً - عن الأرض الكروية؟

في حالة الأرض المسطّحة، تكون الأرض مستوية ومستديرة؛ حيث يقع القطب الشمالي في مركز الأرض ولا يوجد قطب جنوبي، وإنما تتكون حافة





الأرض المكتشفة من جدار جليدي يسمونه أنتاركتيكا، هذا الجدار الجليدي لا يحد فقط من الأرض كما نعرفها، وإنما يقوم أيضاً على احتواء المحيطات، هناك خلاف بين أصحاب الأرض المسطحة حول مدى امتداد القارة القطبية الجنوبية. فوق الأرض توجد قبة تتدمج فيها النجوم، كذلك تقع القبة على القارة القطبية الجنوبية خلف الجدار الجليدي، وتناقش أبعاد القبة وشكلها الدقيق بين أصحاب الأرض المسطحة في العديد من الإصدارات، تكون القبة عبارة عن مجسم نصف كروي، بينما يفضل البعض الآخر قبة ذات نصف قطر أكبر في المركز (فوق القطب الشمالي) أكثر من حوافها، بحيث تشبه سطح ساحة الألعاب الرياضية، كل يوم تدور القبة حول محورها الذي يمر عبر القطب الشمالي للأرض، ويتسبب هذا في تحرك النجوم في السماء، يقع نجم القطب الشمالي مباشرة تقريباً فوق القطب الشمالي، لذلك يبقى ساكناً تقريباً بينما تدور النجوم الأخرى في حلقات حوله، وفي معظم نماذج الأرض المسطحة، تكون الشمس والقمر فوق الأرض ولكن بشكل عام أسفل القبة، كما أنها تدور حول محور القطب الشمالي كل يوم، وهو ما يمثل حركتها اليومية، وتتحرك الشمس والقمر بمعدل مختلف قليلاً عن القبة، وهو ما يفسر حركتهما بالنسبة إلى النجوم، ونظراً لأن الشمس والقمر دائماً فوق الأرض، فلن يشرقاً أو يغرباً أبداً (Faulkner, 2019).





لا يزال هناك من يتبنى فكرة الأرض المسطحة حتى وقتنا الحاضر، ويتخلى عن فكرة كروية الأرض، وقد عقدت حركة الأرض المسطحة عدة مؤتمرات (في عامي 2017 و 2018) تحاول من خلالها أن تبرهن للعالم أننا نعيش على أرض مسطحة وليس كروية (Faulkner, 2019)

كثيراً ما يخلط أصحاب الأرض المسطحة بين مسألة شكل الأرض ومسألة ما إذا كانت الأرض تتحرك، بالنسبة للأوروبيين كان غالبية علم الكونيات منذ ما يقرب من أربعة قرون يقرر أن الأرض كروية وتدور حول الشمس، ولمدة 2000 عام قبل ذلك، كان غالبية علم الكونيات في الغرب الأوروبي يقرر أن الأرض كروية وهي مركز الكون (يُعبّر عنها عموماً بنموذج بطليموس). وقد كان يؤمن بعض





الناس بأن الأرض كروية وهي تقع في مركز الكون (وهو ما يُعبّر عنه عموماً باسم «علم الكونيات التيخوني Tychoic» نسبةً إلى الفلكي **تيخو براهي**)، وإذا اعتقد المرء أن الأرض مسطّحة، فسيبدو من الضروري الإيمان بمركزية الأرض للكون؛ لنفترض أنّه من الممكن الإيمان بعلم كون الأرض المسطحة التي تتمحور حول الشمس، ولكن كيف يخلط بعض أصحاب الأرض المسطحة بين هاتين المسألتين؟ إنهم يفعلون ذلك عن طريق الخلط بين تاريخ علم الكونيات الأوروبي حول هذه المسألة وبين تقديم الحجج حول مركزية الأرض، معتقدين خطأً أنّ الحجج تثبت أيضاً أنّ الأرض مسطحة، أما أولئك الذين يعتقدون بحركة مركزية الأرض الحديثة سيختلفون بشدة مع هذا الطرح (Faulkner, 2019).

من الناحية المعرفية (**الأبستمولوجية**) تجيب نظرية المعرفة على سؤال «كيف نعرف ما نعرفه؟» يطرح أصحاب الأرض المسطحة سؤالاً معرفياً جيداً: بينما يعتقد معظم الناس أن الأرض هي كرة، كيف نعرف ذلك؟ معظم الناس لم يفكروا في هذا السؤال؛ لأنهم تعلموا طوال حياتهم أنّ الأرض كروية، فلماذا القلق حيال ذلك؟ وبالتالي، مع عدم وجود فكرة عن الأسباب التي تجعلنا نعلم أنّ الأرض كروية، دخل معظم الناس منذ فترة طويلة في حالة من الرضا حول هذا الموضوع، وعندما يقوم فريق الأرض المسطحة الحديث ويبدوون في إثارة ما يبدو أنّه اعتراضات بسيطة على الشكل الكروي للأرض، فلن يتطلب الأمر الكثير لإرباك معظم الناس عند حشرهم بهذه الطريقة، يستجيب الناس عموماً بملاحظة أن لدينا صوراً من الفضاء تُظهر بوضوح الأرض الكروية. ومع ذلك، من شبه المؤكد أنّ صاحب الأرض المسطحة سيقول إنه يمكن تزوير مثل هذه الأشياء بسهولة في هذه الأيام. في الواقع، لأننا نعلم جميعاً أنه من السهل جداً تزوير مثل هذه الصور، فربما لا تثبت هذه



الصور كثيراً بعد كل شيء. علاوةً على ذلك، يعود الإيمان بالأرض الكروية إلى ما قبل عصر الفضاء بكثير، لذلك من الواضح أنه يجب أن تكون هناك استجابات أفضل؛ إذ بمجرد التقاط الصور الفضائية للأرض الكروية، يكون لدى معظم الناس عادةً إحدى إجابتين: إما عن طريق الرد الأكثر شيوعاً: وهو استبعاد الشخص الذي يطرح الأسئلة باعتباره شخصاً غريب الأطوار، أو أنه أحق لأن «الجميع يعلم أن الأرض كروية».

وقد يكون الرد بطريقة أخرى: وهو إيلاء المزيد من الاهتمام لأصحاب الأرض المسطحة، والبحث عن أخطاءٍ في حقائقهم أو منطقتهم، ومع أنه نادراً ما يكون لديهم المعرفة لدحض قضية الأرض المسطحة، فإن معظم الأشخاص الذين يتبعون هذا النهج يبحثون عن المساعدة، وعادةً ما ينتهي هذا البحث عن المساعدة على الشبكة (الإنترنت)، وعندها يجدون بسرعة عدداً كبيراً من المواقع ومقاطع الفيديو التي تروج للأرض المسطحة لكن القليل منهم، إن وجد، يدحضها. يظهر بعض الناس بعد بضع ساعات، وقد أهين غرور ذكائهم قليلاً؛ لأنهم ما زالوا يعتقدون أن الأرض مسطحة وهو محض هراء ولكنهم محبطون لأنهم لم يستطيعوا الإجابة على العديد من الحجج التي واجهوها للتو، في حين يخرج آخرون وينتهي بهم الأمر إلى التفكير في أن نظريات المؤامرة التي واجهوها طوال حياتهم ربما تكون صحيحة، ربما تلقينا جميعاً لفترةٍ طويلةٍ كذبةً كبيرةً حول الشكل الحقيقي للأرض؛ لكن لماذا يُفترض وجود مؤامرة لإخفاء الشكل الحقيقي للأرض؟ الإجابة الأكثر شيوعاً هي أنها محاولة للسيطرة على العالم، مع أنه ليس من الواضح كيف أن تعزيز ذلك والحفاظ على اعتقاد خاطئ حول شكل الأرض يحقق هذه السيطرة.





طبعاً لا تقتصر فائدة اعتماد نظرية الأرض الكروية على تحديد محيطها وقطرها، وإنما أمكن للعلماء أن يحسبوا من خلال هذه الحقيقة كتلتها وتحديد بُعدها عن بقية الأجرام في الكون، وكذلك فتح بوابة استكشاف كوكب الأرض الذي مهد بدوره لأضخم عمليات استعمارية غربية.

ويعتقد الكثير من الناس أن المستكشف الإسباني المشهور من أصول إيطالية **كريستوفر كولومبوس** Ch. Columbus (توفي 1506م) هو من حسم أمر كروية الأرض منذ أكثر من خمسة قرون بوصوله لأمريكا، لكنه في الواقع لم يحسمه فعلاً؛ ويذكر الباحث **دراير** (مؤلف كتاب تجدد العلوم في الجنوب)، أن **كولومبوس** قد اطلع على كتب **ابن رشد** قبل أن ينطلق برحلته نحو العالم الجديد (العقاد، 1983م)، فقد اعتقد **كولومبوس** أن المسافة بين إسبانيا والهند ليست بعيدة عن طريق المحيط الغربي (كرم، 1936م).

وقد ثبت للأوروبيين كروية الأرض بشكل نهائي من خلال الرحلة التي قام بها البحار الإسباني **فرناندو ماجلان** F. de Magallanes (توفي 1521م) بين عامي 1519 و 1522م، حيث أكمل الرحلة **خوان سباستيان إلكانو** J. S. Elcano (توفي 1526م) عام 1522م (علي، 1978م).

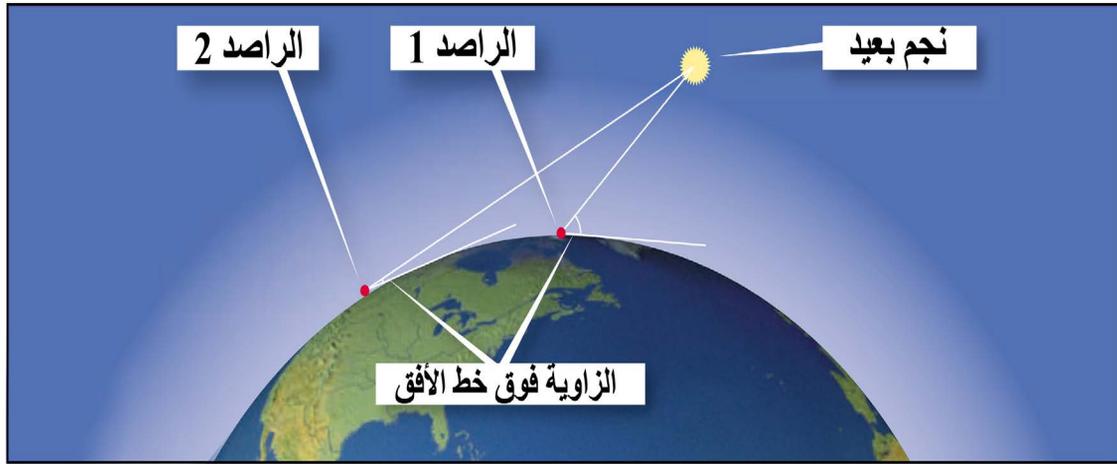
كما كان من التطبيقات العملية والمباشرة الأخرى لكروية الأرض تطوير الإسطرلاب واستخداماته، فالإسطرلاب المسطح مثلاً، هو إسقاط مباشر لخطوط الطول والعرض السماوية، على اعتبار أن الأرض مركز للكرة السماوية، أما الإسطرلاب الكروي فهو محاكاة مباشرة للكرة السماوية.





شكل الأرض وحركتها

أيضاً أمكن تفسير سبب اختلاف التوزع الحراري على سطح الأرض بين نصفي الكرة الأرضية، حيث يوجد منطقتان قطبيتان باردتان، ومنطقتان معتدلتان، ومنطقة حارة في وسط الكوكب. كما أن تبني نظرية كروية الأرض كان له أثر ودور في جوانب فيزيائية وفلكية أخرى مثل نموذج الكون (مركزي الأرض)، وجاذبية الأرض، والملاحة البحرية وحتى قياس سرعة الضوء لاحقاً عند الأوروبيين.



من الأدلة التي تثبت كروية الأرض النظر في الوقت نفسه إلى نجم بعيد من قبل راصدين بينهما مسافة بعيدة، عندها يرى أحد الراصدين النجم أعلى من الأفق مقارنة بالآخر

علاوة على ذلك هناك دلائل علمية دامغة تبرهن أن الأرض ليست مسطحة ومنها على سبيل المثال لا الحصر:

- **القمر.** لاحظ **أرسطو** أنه خلال خسوف القمر (عندما تقع الأرض مباشرة بين الشمس والقمر، وتخلق بذلك ظلاً) يكون الظل الواقع على سطح القمر





دائرياً، وهذا الظل هو ظل الأرض، ويُعد ذلك دليلاً قوياً على الشكل الكروي للأرض. ظل الأرض يعبر سطح القمر، والظل منحني لأن الأرض كروية.

- **المناطق الزمنية:** لدينا مناطق زمنية لأنه عندما تضيء الشمس نصف الأرض الكروية يكون النص الآخر مظلماً. يمكن تفسير هذا الأمر فقط إذا كان الكوكب كروياً ويدور حول محوره الخاص. فإذا كانت الشمس تُشرق على جزء من الأرض، فإن الجانب المقابل سيكون مظلماً والعكس صحيح، وهذا يسمح بوجود فروق التوقيت والمناطق الزمنية بخاصة تلك الأكثر من 12 ساعة.

- **مركز الجاذبية.** قوة الجذب بين جسمين تعتمد على كتلتيهما والمسافة بينهما. سوف تسحبهما الجاذبية نحو مركز كتلة الجسمين،

- **الصور من الفضاء .** خلال الـ 60 سنة الماضية من اكتشاف الفضاء، أطلقت الأقمار الصناعية والمسابر إلى الفضاء. وبينما عاد بعضهم فقد ظل البعض الآخر يسبح عبر النظام الشمسي، وترسل صوراً رائعة لأجهزة الاستقبال على الأرض. وفي كل الصور تظهر الأرض كروية، نعم كروية. ويظهر انحناء الأرض في العديد من الصور التي يلتقطها رُواد الفضاء على متن محطة الفضاء الدولية.

- **يعد تحدّب البحر دليل على كروية الأرض،** خصوصاً بالنسبة لأولئك الذين يبحرون دوماً؛ فهم لا يستطيعون رؤية الأنوار عند وضعها على مستوى أعينهم نفسه، ولكن إذا رفعت على ارتفاع معين فإنها تصبح مرئية للعيان

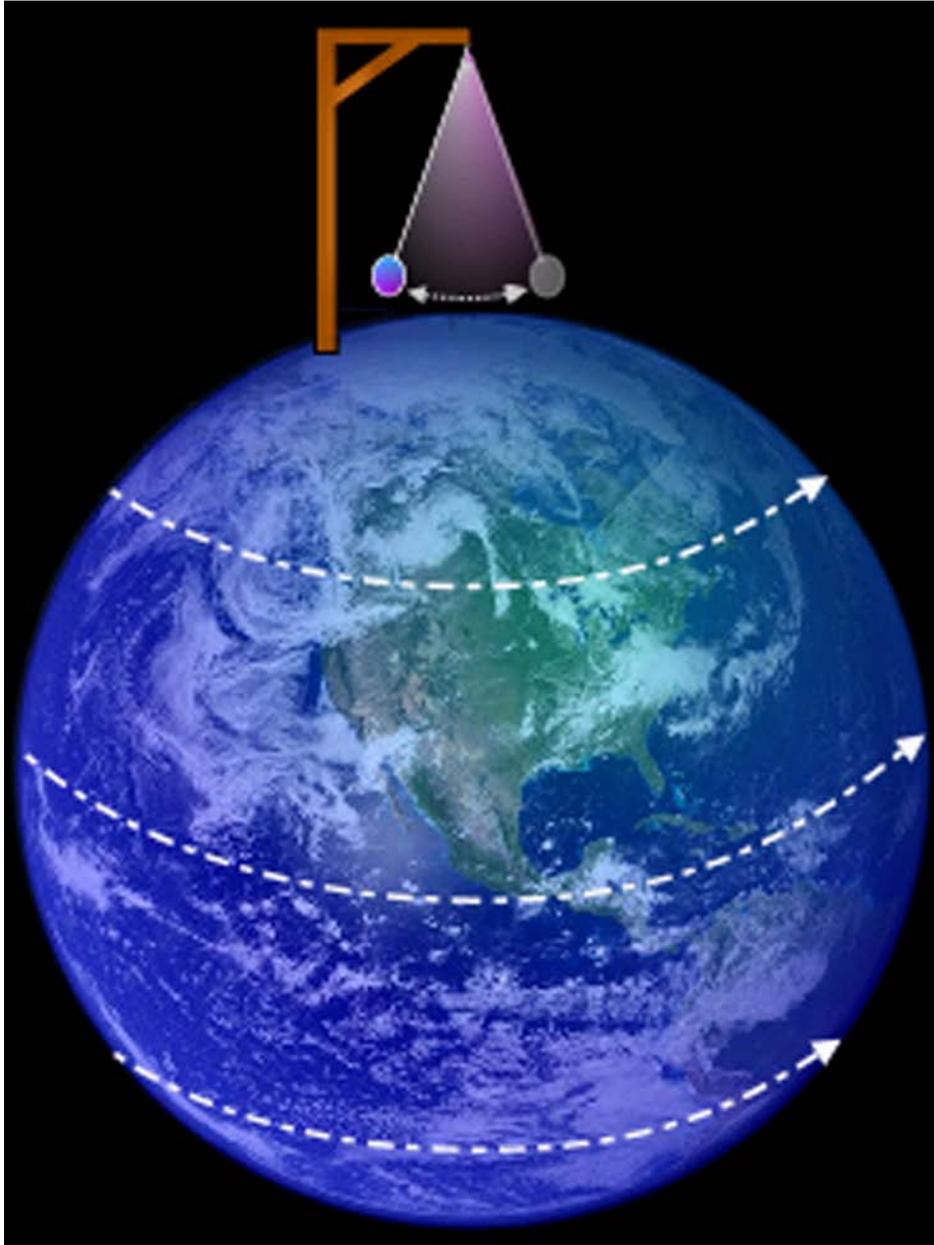


فوراً. أي أنّ البحارة وهم يقتربون من مقصدهم، يجدون الشاطئ يرتفع باستمرار نحو نظرهم؛ والأجسام التي كانت في البداية منخفضة، تبدأ بالارتفاع. (Harris, 1898).

- عند السفر نحو الشمال فإن **طول ظل** الشخص الواقف تحت أشعة الشمس يزداد. وإذا سافر الشخص نحو الشرق أو الغرب فإن نجم القطب سيبقى كما هو على الارتفاع نفسه، لكن لو سافر نحو الشمال فإنه يصبح أكثر ارتفاعاً أو الجنوب فإنه يصبح أقل ارتفاعاً.

- من أدلة كروية الأرض **تفاوت أوقات بدء الكسوفات** ووسطها وانجلائها على الخط الواصل بين المشرق والمغرب، فمن كان بلده أقرب إلى المشرق كانت ساعات هذه الأوقات من أول الليل والنهار أكثر؛ ومن كان بلده أقرب إلى المغرب كانت ساعات هذه الأوقات من آخر الليل وآخر النهار (الهمداني، 1884م).

- من الأدلة العلمية الكبيرة التي تدل على كروية الأرض ودورانها حول محورها هو **(بندول فوكو Foucault Pendulum)** الذي اخترعه الفيزيائي الفرنسي **جان برنار ليون فوكو** J. B. L. Foucault (توفي 1868م)؛ ففي عام 1851م، علّق **فوكو** كرة كبيرة من الحديد وزنها 28 كغ في نهاية سلك طوله نحو 60م، فأخذت الكرة تتحرك، لكنّ حركة بندول فوكو لا تقع في مستوي واحد. فمع الحركة الدورانية اليومية للأرض يظهر تغيير في مستوى حركة البندول، ولكن تغيير مستوى حركة البندول ظاهري فقط، فالأرض هي التي تدور تحت البندول، أما البندول فيبقى متحركاً في المستوى نفسه الذي بدأ فيه الحركة. وهذا التغيير لا يبدو ملحوظاً عند خط الاستواء لكنه يكون واضحاً عند القطبين الشمالي والجنوبي.



بندول فوكو عند القطب الشمالي: يتأرجح البندول في المستوى نفسه لأن الأرض تدور تحته

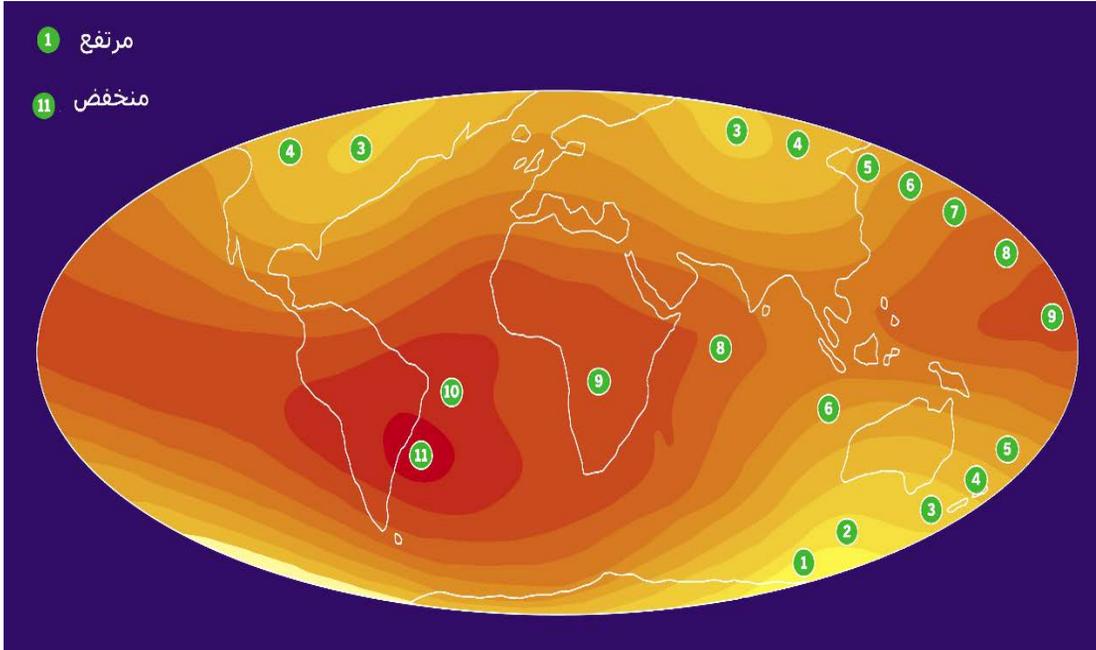


- **ظهور أثر أو مفعول كوروليس** Coriolis Effect، نسبةً إلى الفيزيائي الفرنسي **غاسبار غوستاف كوريوليس** G. G. de Coriolis (توفي 1843م)، يدل في تكوُّر الأرض. ويعبّر هذا المفعول عن التأثير الظاهر لدوران الأرض على أي جسم يتحرك على سطح الكرة الأرضية. لا يمكن لأي شخص يمشي على قدميه أن يشعر بهذا التأثير وذلك نظراً لضآلته، إلا أنه يؤدي دوراً مهماً في مسارات الأجسام الطائرة والمتحركة فوق الأرض. فخط سير الصاروخ المنطلق فوق الأرض، على سبيل المثال، يبدو مستقيماً، إلا أنه يظهر مقوساً وكأن شيئاً ما يدفعه إذا راقبه شخصٌ يدور مع الأرض، وهذا الدفع الظاهر هو مفعول **كريوليس**. من خصائص هذا المفعول أنه يمنع الرياح التي تهب من القطبين الشمالي والجنوبي ومن خط الاستواء من التحرك مباشرة نحو الشمال أو الجنوب، حيث تنحرف الرياح التي تهب نحو خط الاستواء باتجاه الغرب، كما تؤثر هذه القوة على اتجاه تيارات المحيطات (Persson, 2005).
- **تشبه الأرض مغناطيساً عملاقاً**، وهي تدور حول خط وهمي يربط القطبين الجغرافيين الشمالي والجنوبي. وبالقرب من هذين القطبين فإن للأرض أيضاً قطباً مغناطيسياً، وهو الذي يجعل إبرة البوصلة تشير إلى الشمال. ويقع القطب المغناطيسي بالقرب من جزيرة إلف رنجنز في شمالي كندا على بعد **1400 كم تقريباً** من القطب الشمالي. كما يقع القطب المغناطيسي الجنوبي بعيداً عن شاطئ ولكز لاند - وهي جزء من قارة القطب الجنوبي - على بُعد **7502 كم تقريباً** من القطب الجنوبي. ويدل قياس شدة المجال على سطح الأرض على كرويتها، فهو عند خط الاستواء أقل ما تكون حيث تبلغ **25 نانوتسلا** وتزداد شدة المجال كلما ابتعدنا شمالاً أو جنوباً لتصل إلى





60 نانوتسلا. وعند قياس اتجاه المجال عند خط الاستواء نجد أنه مواز تماماً لسطح الأرض وعمودي على هذا الخط وعند قياسه بعيداً عن خط الاستواء نجد أن الاتجاه يشير إلى جهة محددة وهي القطب الشمالي في مناطق الشمال والقطب الجنوبي في مناطق الجنوب (Chulliat, et al 2015).



الاختلافات الإقليمية للمجال المغناطيسي الأرضي في شدته من مكان إلى آخر عبر سطح الكوكب، وتكون شدته أكبر بالقرب من الأقطاب المغناطيسية

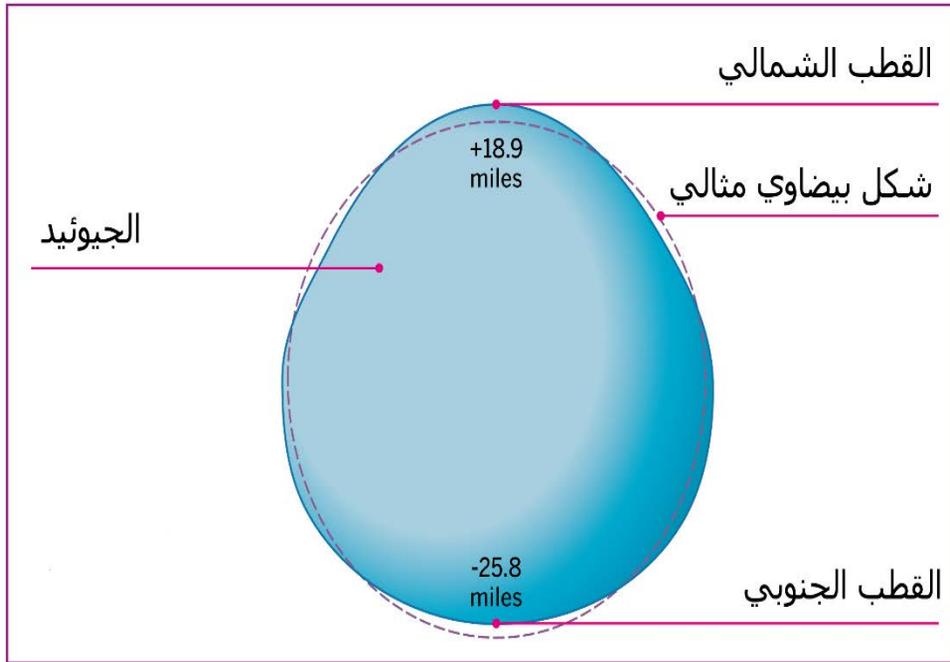


الجيوئيد Geoid

اهتم علم **الجيوديسيا** بشكل أساسي بتحديد شكل الأرض فيما يتعلق بالمواقع النجمية، وزودت أيضاً علم الفلك بوحدة طول لقياس أبعاد الأجرام السماوية وأبعاد الكون. لقد كانت الجيوديسياً أساسية أيضاً لعلوم الأرض (رسم الخرائط، والجيولوجيا، والجيوفيزياء) كما كانت ضرورية غالباً للمهام العسكرية والاستعمارية، سواءً لقياس خطوط الطول أو العرض، أو تحديد الموقع الفلكي للمحطات الجيوديسية، فقد استخدم الضباط العسكريون على الأرض التقنيات التي جرى إنشاؤها لمراقبة النجوم، مع تكييف المهارات والمعرفة المميزة للمرصد الفلكي لقياس أبعاد الأجسام الأرضية، وخلال **القرن التاسع عشر**، اعتمد عدد كبير من الدول الغربية على **الجيوديسيا** لتأسيس القوة الإقليمية وممارستها، وبذلك أصبحت **الجيوديسيا** مكوناً مركزياً للعمل المنجز في المراصد الأوروبية الرئيسة (Schiavon, 2010).

في الواقع يعدّ **الجيوئيد Geoid** الشكل الفعلي للأرض ويجري حسابه مع الأخذ في الاعتبار كتلته ومرونته ومعدل دورانه. يتبع متوسط مستوى سطح البحر في المحيطات وهو على شكل كمثرى قليلاً، مع القطب الشمالي (**30 كم**) بعيداً عن مركز الأرض عن الأماكن الأخرى والقطب الجنوبي (**42 كم**) أقرب (Adams, & Lambert, 2006).





شكل الجيوئيد - تقريب لشكل الأرض الفعلي - مقابل الشكل البيضاوي. يجري تضخيم الجيوئيد بصرياً لتوضيح اختلافه عن الشكل الإهليلجي المثالي (Adams, & Lambert, 2006).



الجيوئيد هو السطح متساوي الجهد Equi-Potential Surface الذي ينطبق مع مستوى سطح البحر إذا لم يتغير بالرياح أو المد والجزر وارتفاعه يساوي الصفر. وتكمن أهميته في المسح الجاذبي لأنه أفقي ويشكل زاوية قائمة على اتجاه التسارع الناتج عن الجاذبية في أي مكان من هذا السطح أي أن العلاقة بين اتجاهات السطح والقوى الثلاث (التجاذب، وقوة الطرد المركزية، والجاذبية) هي ما يعرف بـ **(الجيوئيد)**. ويستخدم كمرجع لعمليات التسوية والتحديد الفلكي للانحراف الرأسي بين مستوى **الجيوئيد والاسفيرويد** باستخدام **تكامل ستوك** Stokes Integral في أي محطة (العمرى 2021).

ينظر إلى الجهد الثقالي V على أنه عبارة عن انحدار Gradient لعجلة الجاذبية الأرضية. ويعرف على أنه هو الشغل المبذول بواسطة قوة الجذب لكتلة m_2 لتحريك وحدة الكتل من مسافة r إلى مسافة ما لا نهاية ضد قوة التجاذب بسبب الكتلة m_1 .

$$V = \int_r^{\infty} \frac{GM}{r^2} dr = \left| -\frac{GM}{r} \right|_r^{\infty} = \frac{GM}{r}$$

وعجلة التسارع الثقالي a هي عبارة عن معدل تغير الجهد الثقالي V بالنسبة للمسافة r .

$$a = - \frac{\partial V}{\partial r}$$

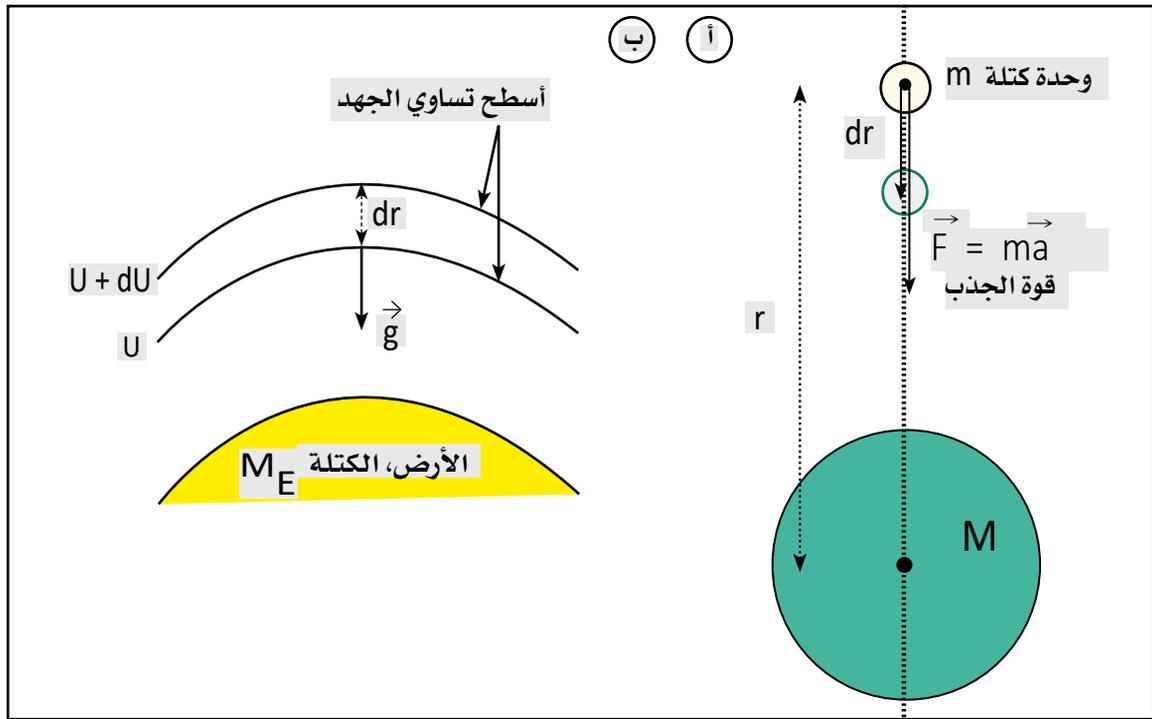


وإذا افترضنا أن الأرض جسم ثابت لا يدور أي كروية الشكل وكذلك متساوية الكثافة فإن الخط الواصل بين قيم الجهد المتساوية (يسمى سطح تساوى الجهد Equi-Potential Surface) ويمكن تخيله كما لو كان خط كنتوري يصل بين النقاط متساوية المنسوب ويكون موازياً لسطح الأرض ويكون اتجاه عجلة الجاذبية متعامداً على هذا السطح في أي مكان على سطح الأرض. ولكن هذا غير حقيقي؛ لأن قيمة واتجاه الجاذبية الأرضية تختلف من مكان لآخر على سطح الأرض حسب التغيرات في خط العرض والتضاريس وكثافة طبقات الأرض. وبالتالي فإن شكل سطح **الجيوئيد** لن يكون منتظماً بل سيكون شديد التعرج والتموج، وبالتالي يصعب وصفه بمعادلات رياضية مثل سطح Ellipsoid؛ ولذا يلزم قياسه بدقة باستخدام قياسات الجاذبية الأرضية الدقيقة.





شكل الأرض وحركتها



أسطح تساوي الجهد واتجاه عجلة الجاذبية متعامدة في أي مكان على سطح الأرض.





ولمعرفة العلاقة بين سطح الجيويدي والجاذبية الأرضية يجب معرفة الفرق بين:

- سطح أو نموذج Spheroid.
- الجيويدي Geoid.
- الشاذة التثاقلية Gravity Anomaly.
- شاذة الجيويدي Geoid Anomaly.
- تعرجات الجيويدي (Geoid Undulations).

سطح أو نموذج Spheroid: لو افترضنا أن سطح الأرض Smooth وتركيبها متجانس Homogenous، وبالتالي لا يوجد تغير أفقي في الكثافة وأن شكل الأرض ليس كروياً وإنما شكلها مفلطح أو بيضوي Ellipsoidal فإن سطح الأرض في هذه الحالة يسمى Spheroid

الشاذة التثاقلية Gravity Anomaly:

الفرق بين قيمة الجاذبية المقاسة في أي مكان (g) وقيمة الجاذبية المتوقعة عند هذا المكان (γ) لنموذج Spheroid. $\Delta g = g - \gamma$



شاذة الجيويدي Geoid Anomaly

هي الفرق بين الجهد الثقالي عند سطح البحر (**الجيويدي**) وقيمة الجهد الثقالي المتوقعة عند هذا المكان طبقاً لنموذج Spheroid

تعرجات الجيويدي (Geoid Undulations): هي تعرجات أو تموجات في سطح Geoid تنتج من الاختلافات الأفقية في كثافة مادة الأرض

وكما ذكر سابقاً بأن سطح الجيويدي هو سطح تساوى الجهد الثقالي ويكون دائماً وفى أي مكان على سطح الأرض متعامد مع اتجاه الجاذبية الأرضية. وبالتالي يعتبر هو المرجع الطبيعي للارتفاعات. ولمعرفة علاقة سطح **الجيويدي** بالارتفاعات يجب معرفة الفرق بين ارتفاعات الأسطح التالية:

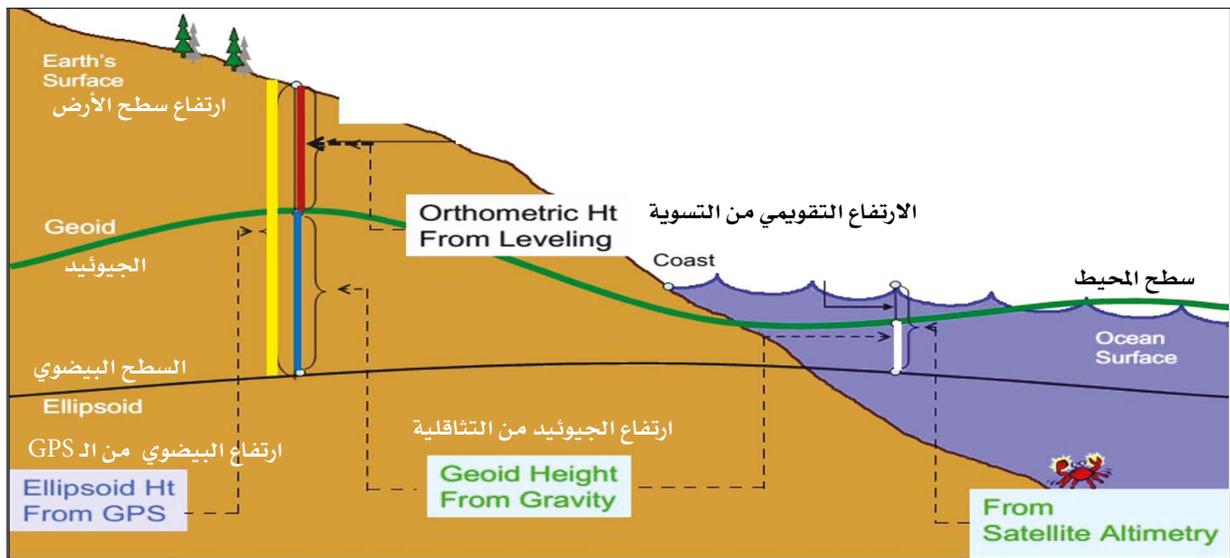
سطح Spheroid: هو شكل افتراضي لسطح الأرض لو افترضنا أن سطحها Smooth وتركيبها متجانس Homogenous وشكلها بيضوي Ellipsoidal ولا يوجد تغير أفقي في الكثافة.

Ellipsoid Height: هي قيمة الارتفاع المقاسة باستخدام GPS وهي قيمة ارتفاع سطح الأرض بالنسبة لسطح Spheroid أو Ellipsoid.

Orthometric Height: ارتفاع سطح الأرض بالنسبة لسطح **الجيويدي**.

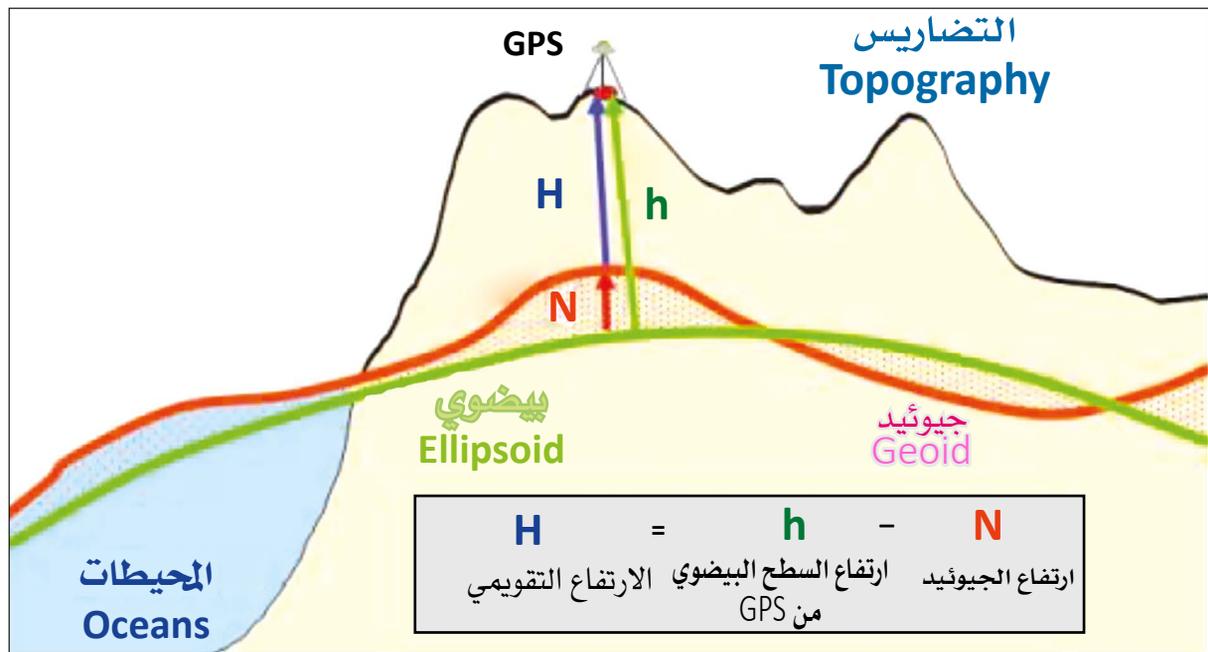
Geoid Height: هي ارتفاع سطح Geoid بالنسبة لسطح Spheroid أو Ellipsoid أي يعكس تموجات وتعرجات سطح **الجيويدي** (Geoid Undulations).





علاقة سطح الجيويد بالارتفاعات

إذا كلما حددنا قيمة Geoid Height أو التموج في سطح Geoid بدقة كلما
 أمكننا تحديد قيمة Orthometric Height بدقة أيضاً وهذا هو الغرض من
 مسوحات الجاذبية الخاصة بالجيويد.



تحديد قيمة Orthometric Height



محيط الأرض وقطرها

لقد دفع الإقرار بكون الأرض كروية بالعلماء للتعامل مع الأرض على أساس أنها كرة مثالية وتامة التكوّن، وبالتالي فإنّ مسقط هذه الكرة هو دائرة يمكن تطبيق كل المعارف والقوانين الهندسية النظرية عليها. ومن هنا أمكن حساب محيطها ونصف قطرها، وبالتالي أمكن إجراء الكثير من التطبيقات واسعة النطاق. لذلك يمكننا اعتبار قياس **محيط الأرض** Earth's Circumference **وقطرها** إحدى أهم نتائج كروية الأرض. وقد كانت هناك عدة محاولات عبر التاريخ لمعرفة هذه القيمة، لأنها تسهّل على الفلكيين والمسّاحين الكثير من الحسابات.

أجريت مسوحات جيوديسية دقيقة خلال **القرن التاسع عشر** في إنجلترا وروسيا والنرويج والسويد وألمانيا والهند والبيرو. وأخيراً، فإن القياسات العابرة للقارات، التي أنجزتها هيئة المسح **الجيوديسي** والساحلي الأمريكية في **عام 1897م**، قدمت مساهمة أبعد وأكثر أهمية في معرفتنا بحجم وشكل الأرض. ومن الواضح أن القوس الموازي لخط العرض قد يضيف إضافات إلى هذه المعرفة، بالإضافة إلى قوس من خط الزوال. ففي الحالة الأولى، تكمن المشكلة الفلكية في إيجاد الفرق في خط الطول بين أطراف القوس المقاس؛ أما في الأخير فإنّ الاختلاف المقابل يكون في خط العرض.

العمليات الجيوديسية المناسبة، أي معرفة عدد الأميال والقدم والبوصة لمحطة من محطة أخرى تُجرى بواسطة نظام من القياسات غير المباشرة يسمى (**التثليث** Triangulation) وهي طريقة مخصصة لتحديد الأجزاء المجهولة للمثلثات من مثلثات معلومة. إذ عندما تُعرف قيمة ضلع واحد وزاويتان في



نهايته، يمكننا معرفة قيمة الأضلاع الأخرى، بغض النظر عن النسب النسبية لهذه الأضلاع. من الواضح إذاً أنه إذا جرى قياس طول ضلع قصير، فيمكن العثور على طول الضلع الطويل من خلال عملية حسابية رياضية أبسط بكثير وأقل مللاً وأكثر دقة. إذاً التثليث هو عملية إيجاد المسافة الدقيقة بين نقطتين بعيدتين عن طريق توصيلهما بسلسلة أو شبكة من المثلثات. يسمى الضلع القصير من المثلث الأساسي، الذي يجري قياسه بالفعل، قدماً إثرَ قدم، بالقاعدة. ورغبة بالحصول على دقة كبيرة، غالباً ما يجري قياس القاعدة عدة مرات. بعد ذلك يجب فقط قياس الزوايا الأفقية في الغالب؛ ويتم هذا الجزء من العمل بآلة **التلسكوب السمتي الارتفاعي** Altazimuth

ونتيجةً لمثل هذه الأعمال، وجد أن طول أقصر قطر للأرض، أو المسافة بين القطبين، هو **12640 كيلو متراً**. أما في مستوى خط الاستواء، يبلغ قطر الكرة الأرضية **12683.2 كيلو متراً**، أو أكبر بنحو 300 جزء من القطر بين القطبين. هذا الجزء أقل بقليل من انحراف الأرض أو انضغاطها القطبي. وتشير القياسات الأخيرة إلى أن خط الاستواء نفسه بيضوي الشكل قليلاً. لذلك يمكن اعتبار شكل الأرض بمثابة شكل بيضوي بثلاثة أقطار أو محاور غير متساوية. ومن خلال معرفة أطوال هذه الأقطار، أمكن حساب حجم الأرض ووجد أنه يبلغ **260 مليار** ميل مكعب.

من الناحية التاريخية فقد يعود الفضل إلى **الكلدانيين** في إجراء التقدير الأول لمحيط الأرض (**38400 كيلومتراً**)، لكن من الموثق لدينا أن الهنود واليونانيين والعرب والأوروبيين قد بذلوا جهوداً مهمة أيضاً.





لقد تغيّرت قيمة محيط الأرض بين اليونانيين الذي حسبوا قيمتها بين القرنين الرابع قبل الميلاد والثاني بعد الميلاد نجمها في الجدول الآتي، علماً أن محيط الأرض الحالي الوسطي (40033 كيلو متراً)، ونصف قطرها (6372 كيلو متراً):

العالم	المحيط (بوحدّة كيلومتر)	نصف القطر (بوحدّة كيلومتر)
أرسطو	70796	11267
أرخميدس	523800	83251
إيراتوستثيس	42895	6827
بوسيدنيوس وبطليموس	25750	7066

طبعاً كانت وحدة القياس المستخدمة عند اليونانيين هي (الستاد أو ستاديون كما يكتبها البعض)، التي ترجمها العرب بلفظ (غُلُوَّة). ونظراً لكون وحدة الستاد اليونانية غير ثابتة القيمة عبر العصور، فقد أدى ذلك لاختلاف قيمة المحيط ونصف القطر سواء عند اليونانيين أو عند من أخذ عنهم من العرب والمسلمين لاحقاً. وهو أمر يلقي بالضوء على مشكلة عدم توحيد الوحدات والمقاييس في تلك العصور. ويُعتقد أن القيمة التي حصل عليها إيراتوستثيس هي الأقرب للقيمة الحالية. إذ كان كل 1 ستاد يعادل 600 قدم يوناني (582 = قدم إنكليزي = 174.6 متر).

لقد كان حساب محيط الأرض الذي يُعزى إلى **هرمس** Hermes معروفاً لدى **إبراهيم بن حبيب الفزاري** (توفي حوالي 180هـ / 796م)، وقد قدر هذا المحيط





بـ (9000 فرسخ)، وبلغ طول درجة على خط الاستواء 25 فرسخاً، حيث إن الفرسخ الواحد يعادل 3 أميال أو 5919 متراً، وبالتالي فإن قيمة محيط الأرض عند هرمس هي (53271 كيلومتراً). يبدو أن الفزاري قد اعتمد على مصادر فارسية حتى حصل على هذه المعلومات.

وقد ذكر الإدريسي أن هرمس قدر محيط الأرض بالقيمة (36 ألف فرسخ = 213084 كيلومتراً)، وهي تعادل أربعة أضعاف القيمة التي وردت عند الفزاري. حيث قال: «وأما هرمس فإنه قدر إحاطة الأرض وجعل لكل جزء مائة ميل (فد) تكون بذلك ستة وثلاثين ألف ميل، وتكون من الفراسخ اثني عشر ألف فرسخ وبين خط الاستواء وكل واحد من القطبين تسعون درجة واستدارتها عرضاً مثل ذلك». وقبل الإدريسي سبق أن أكد لنا البيروني على قيمة (9000 فرسخ) المنسوبة إلى هرمس، إذ قال: «وأما الفزاري فذكر في زيجه، أن دور الأرض عند الهند ستة آلاف وستمائة فرسخ، على أن الفرسخ ستة عشر ألف ذراع. وأنه عند هرمس تسعة آلاف فرسخ، على أن الفرسخ اثنا عشر ألف ذراع. فتكون حصة الجزء الواحد من ثلاثمائة وستين - بحسب قول الهند - من الفراسخ ثمانية عشر وثلث، فإن كان كل واحد منها ثلاثة أميال كانت للجزء الواحد خمسة وخمسين ميلاً، وكل ميل خمسة آلاف وثلاثمائة وثلاثة وثلاثين ذراعاً وثلث. وبحسب قول هرمس خمسة وعشرين فرسخاً، تكون خمسة وسبعين ميلاً، كل واحد أربعة آلاف ذراع. ثم زعم الفزاري أن بعض الحكماء قدر لكل جزء مائة ميل، فصارت استدارة الأرض اثني عشر ألف فرسخ».

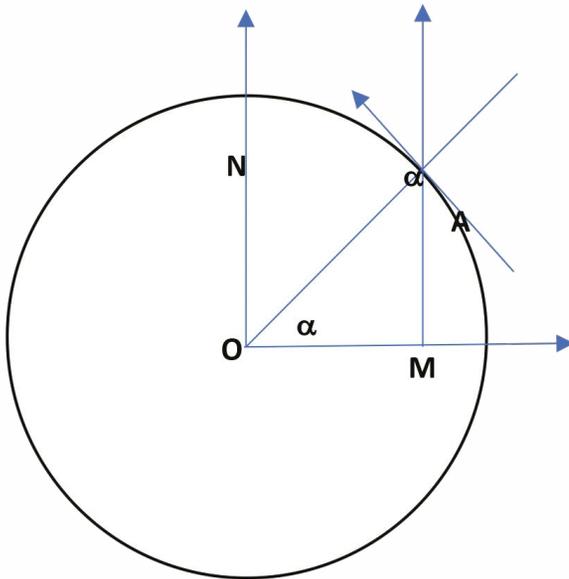
مع التوصل إلى توافق بين رأيي فيثاغورس وأرسطو بشأن شكل الأرض على أنه كروي، تحول التركيز إلى تقدير حجمها. وأفاد أرسطو أن الجهود قد





بذلت بالفعل لحساب المحيط - ربما من خلال المواضع المختلفة للنجوم عند النظر إليها من خطوط عرض مختلفة - وقدم لنا أحد أقدم تقديرات موجود وهو (400000 ستاد). وإذا اعتبرنا أن قيمة الستاد نحو 500 قدم (كما ذكرنا هذه نقطة خلافية لأن القياسات لم تكن موحدة)، سنحصل على القيمة 39000 أو 40000 ميل (62400-64000 كيلومتراً) عند خط الاستواء.

ويمكن تلخيص طريقة أرسطو في حسابه لمحيط الأرض كما يأتي: بفرض أن كوكب الأرض كرة تامة التكوّر، وأن النجوم تدور حولها على بُعد كبير عنها، حول محور يمرّ في كل من نجم القطب الشمالي الثابت، ومركز الأرض الثابت، عندها فإن الزاوية التي يصنعها تقاطع هذين المحورين عند نقطة ما على سطح الأرض (النقطة A) هي:



$$\alpha + \angle MAO = 90^\circ$$

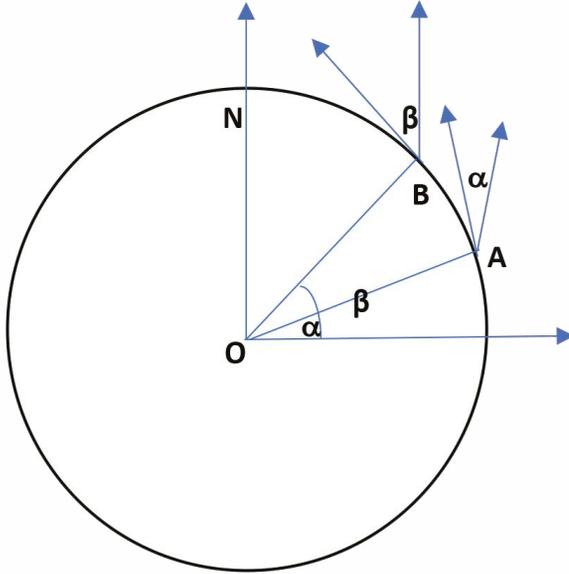
$$\angle AOM + \angle MAO = 90^\circ$$

$$\angle AOM = \alpha$$



شكل الأرض وحركتها

وإذا نظرنا إلى النقطتين (A, B) على خط طول واحد على سطح الأرض، وبقياس الزاويتين اللتين يصنعهما نجم القطب مع الأفق عند هاتين النقطتين.



$$\theta = \beta - \alpha$$

$$\frac{AB}{C} = \frac{\theta}{2\pi}$$

$$C = \frac{2\pi(AB)}{\beta - \alpha}$$

حيث:

C محيط الأرض.

θ الزاوية التي يقطعها المسافر من النقطة A إلى النقطة B.

وبذلك وصل **أرسطو** إلى أن نصف قطر الأرض هو (400000 ستاد)، في حين قدره **أرخميدس** بالقيمة (300000 ستاد).





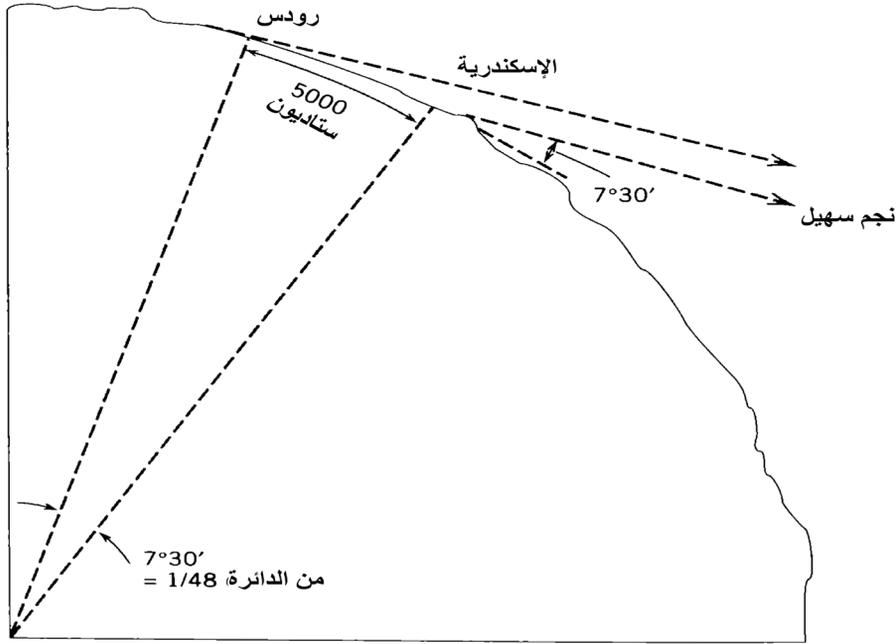
بعد قرن من قياس **إيراتوستثيس** قام **بوسيدونيوس** Poseidonius (توفي 51 ق.م) بإجراء قياس آخر لنصف قطر الأرض. لكنه استخدم أسلوباً مختلفاً وجيداً مفترضاً بالتأكيد أن الأرض كروية للحصول على قيمة قريبة من (240 ألف ستاد). فقد لاحظ أن **نجم سهيل** Canopus كان في الأفق عند مشاهدته من **جزيرة رودس**، بينما كان ارتفاعه في الإسكندرية 48/1 من الدائرة (30°، 7°). حيث قدرت المسافة بين المدينتين بـ (5000 ستاد)، ولكن بما أن المياه تفصل بينهما، فقد يكون هذا ناتجاً فقط عن تقديرات البحارة. كما هو الحال مع **إيراتوستثيس**، كانت الزاوية التي استخدمها **بوسيدونيوس** خاطئة بشكل كبير، في الواقع بنسبة 2، وكانت المسافة بعيدة بنحو 30% إلى 40%. ومع ذلك، كانت الأخطاء تعويضية، أي جُمع بين الزاوية الصغيرة جداً والمسافة الطويلة جداً لإعطاء نتيجة مقبولة بالصدفة. ويروي **سترابون** أن نتيجة قياس **بوسيدونيوس** كانت (180 ألف ستاد)، أي أقل مما ذكر أعلاه.





شكل الأرض وحركتها

المحيط
= 48×5000
= 240000 ستاديون



اعتمد بوسيدونيوس على نجم سهيل بدلاً من الشمس في قياسه لمحيط و قطر الأرض

نظراً لاعتقاد العالم الهندي **براهما سيدهانتا** أو **براهما جوبتا** Brahma Siddhanta (**توفي نحو 668م**) بكونية الأرض، فقد قدر أن محيطها هو (**5000 يوجانا**)، وتعادل اليوجانا Oyojana الواحدة (**7.2 كيلو متراً**)، أي أن قيمة محيط الأرض وفق حساباته هي (**36000 كيلو متراً**) ومن ذلك يمكن حساب اختلاف المنظر الأفقي للقمر والمسافة من الأرض، فالأخير هو (**51566 يوجانا**) \approx حوالي **404800 كيلو متراً**)، وهو رقم جيد بشكل ملحوظ مقارنةً بالقيمة الحالية.





من الناحية الهندسية البحتة، فقد خصَّ العلماء العرب دراسة الأشكال المختلفة للكرة بعلم قائم بذاته هو (علم الأكر)، وقد لاحظت أن العلماء العرب والمسلمين كانوا يستخدمون في كل كتاباتهم مصطلح (دور الأرض) ليعبروا به عن مصطلح (محيط الأرض) المتداول حالياً.

حسب تقديرات معظم المؤرخين الذي درسوا بدقة ما قام به العلماء العرب والمسلمين في قياس محيط وقطر الأرض، فإن العرب نجحوا إلى حد بعيد باستخدام تقنياتهم الرصدية وطرائقهم الحسابية بشكل أفضل من أسلافهم الفرس والهنود واليونانيين. ويرى بعض الباحثين أن القياسات العربية لمحيط الأرض كانت أدق من القياسات اليونانية، فقد زاد تقديرهم لدرجة العرض عن الحقيقة بنحو 877 متراً، في حين زاد قياس إيراتوستثيس لدرجة العرض عن الحقيقة بنحو 1575 متراً.

ويعتقد بعض الباحثين أن جميع العلماء العرب اعتمدوا الطريقة الجيوديسية التي تتلخص بتعيين طول قوس من خط الطول في عروض مختلفة. والتي استبدلت لاحقاً من قبل الأوروبيين فيما بعد بطريقة (التثليث) أي حساب المثلثات غير المباشرة، التي وضعها عالم الفلك والفيزيائي الفرنسي جان بيكار J. Picard (توفي 1682م). ومن ثم أدخلت طريقة الجاذبية التي تعتمد على حساب فروقات الجاذبية بين مختلف الأماكن على سطح الأرض لكن البحوث الحديثة أثبتت أن البيروني كان على معرفة تامة بطريقة (التثليث)، وقد طبقها عملياً بين بغداد وغزنة.

يعدّ تقدير قطر الأرض عند يعقوب بن طارق (توفي 179هـ / 796م) من أوائل التقديرات العربية التي وصلتنا قبل بعثة فريق المأمون بأكثر من عشرين سنة.





حيث إنه افترض أن قطرها (21000 فرسخ)، ومحيطها (6597 فرسخاً). على اعتبار أن طول الفرسخ (16000 ذراع) أي نحو (8 كيلومترات) (سزكين - تاريخ التراث العربي).

نعلم جميعاً أن **المأمون** (توفي 218هـ / 833م)، قد قام باستكمال مسيرة العلم وتطبيقاته التي سبق وأن بدأها عمه الخليفة **أبو جعفر المنصور** (توفي 158هـ / 775م) ووالده **هارون الرشيد** (توفي 193هـ / 809م)، ولكن بزخم أكبر مما كان عليه الحال في عهدهما. ذكرنا سابقاً أن تقديرات محيط الأرض وقطرها كانت معروفة في الحضارات السابقة وحتى عند بعض العلماء العرب مثل **يعقوب بن طارق**. حتى إن عم المأمون جعفر المنصور، قد سبق وأن قام بتجربة لقياس الدرجة الأرضية والاستفادة منها في تحديد حجم الأرض ومحيطها (عفيضي 1977). لكن أخبار هذه التجربة وفريق العمل الذي قام بها والقيمة التي توصلوا إليها غير معروفة بالوثائق بالنسبة لنا.

ذات يوم رغب **المأمون** أن تجري عملية القياس لمحيط الأرض وقطرها. ويبدو أن الدوافع الكامنة وراء تلك الرغبة كانت:

- التحقق من قيمة خط الطول المقابل لدرجة واحدة التي سبق وأن وردت عند اليونانيين.
- ضبط قيمة (الستاديا) التي وردت عند أرسطو.
- التحقق من كروية الأرض بالقياس.
- ومن نتيجة القياسات السابقة حساب المسافة بين مكة وبغداد بشكل دقيق.





وهي أهداف علمية وتطبيقية كما نلاحظ، وهي تضاهي - دون مبالغة - البعثة الفرنسية التي ستقوم بها الأكاديمية الفرنسية بعد عمل المأمون بنحو 900 سنة.

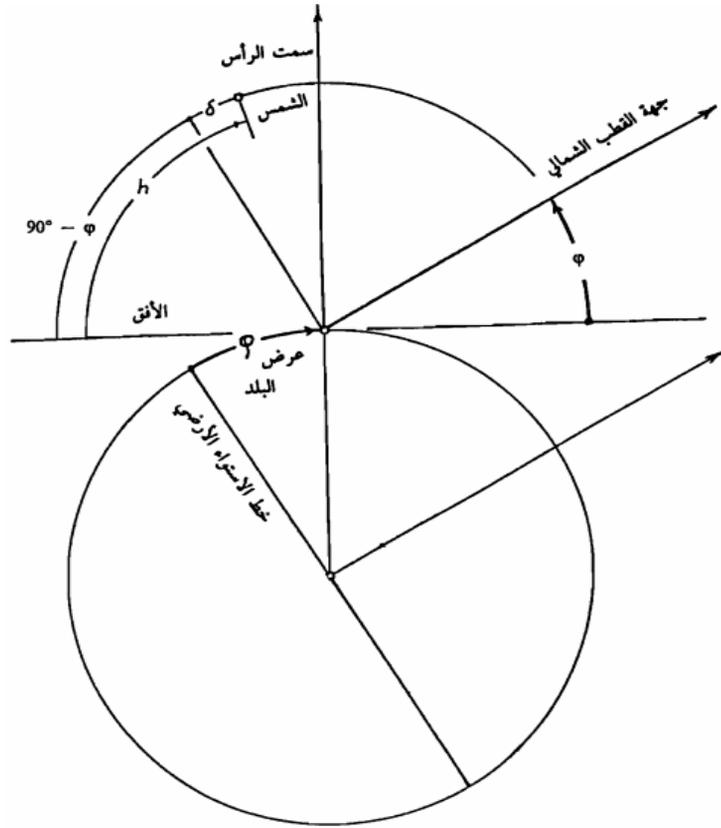
اشترك في فريق الإشراف **محمد بن موسى الخوارزمي** (توفي 232هـ / 846م)، مؤسس علم الجبر الشهير. وقد أكد **البيروني** مشاركة **الخوارزمي** ضمن فريق الرصد الذي شكله المأمون، إضافة لأبناء **موسى بن شاكر (البيروني 1992)**. طبعاً بدأت عملية القياس بالانطلاق من نقطة مركزية، حيث اتجهت المجموعة الأولى نحو الشمال واتجهت المجموعة الثانية نحو الجنوب وبذلك تغيرت الزوايا الرأسية للنجم القطبي بمقدار 1° . وقد جرى قياس المسافات باستخدام حبال طويلة معقودة، ويشير مؤرخون آخرون إلى قياس المسافة التي قطعها **الفرسان** في وقت معين. وقد جرى قياس المسافات بالأميال العربية بنتيجة مقبولة تبلغ 56 أميال عربية لـ 1° ، والمكافئ لذلك (111073 كيلومتراً) أي أن محيط الأرض وفقاً لقياساتهم بآلاتهم العلمية في ذلك الوقت قد بلغ (39986 كيلو متراً)، وهي قريبة جداً من القيمة الحالية (40000 كيلو متراً) بفارق بسيط جداً قدره (14 كيلو متراً فقط).

ويرى بعض المؤرخين أن **كريستوف كولومبوس** قد استخدم نتيجة فريق بعثة **المأمون** لكنه افترض أنه أخذها بالأميال الإيطالية (الرومانية) وليس بالأميال العربية، لأن الفرق بينهما حوالي 25% وهو صغير جداً. وبالتالي، فإن الإبحار غرباً من أوروبا نحو أمريكا باستخدام أرقامه سيتطلب السفر فقط 60° خط طول و 2750 ميلاً، بينما كان ينبغي أن يكون 220° و 12000 ميل. يمكن وضع العديد من السيناريوهات الأخرى، لكنها تشير ضمناً إلى أن المسافة المتجهة



شكل الأرض وحركتها

غرباً كانت أقصر بكثير بينما كانت في الواقع أطول بكثير. من المحتمل أن **كولومبوس** لم يقلل من حجم الأرض فحسب، بل بالغ أيضاً في تقدير حجم المنطقة المعروفة باسم **العالم الصالح للسكن** (Smith1997).



يساوي ارتفاع نقطة الأوج في دائرة الاستواء السماوي تمام ارتفاع القطب الشمالي، وارتفاع القطب الشمالي يساوي عرض البلد. ولتحديد خط العرض φ يجب أن نعلم h ارتفاع الشمس الزوالي (أي ارتفاع الشمس عند مرورها فوق خط زوال مكان الراصد في يوم معين)، وكذلك يجب أن نعلم ميل الشمس δ في لحظة الرصد، ومن ثم يُحسب خط العرض من المعادلة الآتية التي تتحقق في مناطق الكرة الشمالية من الأرض $(\delta - h) - 90^\circ = \phi$





في الواقع، لقد طلب **المأمون** من فريق البعثة قياس عدة خطوط (ربما 4 خطوط) حول بغداد والرقعة. ويرى الباحث أنور العقاد أن سبب طلب المأمون القيام بأكثر من قياس هو اعتقاده بأن «الأرض كرة غير منتظمة»، مخالفاً بذلك اعتقاد **إيراتوستينيس** الذي قال بأن الأرض كرة نموذجية (العقاد 1983). وإذا كان المأمون يقصد بها حالة التفلطح فعلاً، فإنه سيكون بهذا الافتراض قد سبق **إسحق نيوتن**، كما سبقه **ثابت بن قرة** أيضاً، مع فارق تحديد السبب بينهما؛ فقد قال **نيوتن**: «إن مادة الأرض لا تتأثر بالجاذبية نحو مركزها فحسب، وإنما تتأثر أيضاً بالقوة الطاردة المركزية الناشئة عن دورانها حول نفسها، وهذا القوة تبلغ ذروتها عند خط الاستواء».

قدّر **محمد بن أحمد الخوارزمي** (توفي نحو 387هـ / 997م) أن «قطر الأرض سبعة آلاف فرسخ». أي (41433 كيلومتراً)، في حين أن قطر الأرض وفق بعثة فريق **المأمون** هو (12734.3949 كيلومتر) وهي كما نلاحظ أنه يزيد بـ (3.25 مرة). أيضاً لا نجد مبرراً لعدم اعتماد **الخوارزمي** لقيمتهم التي حسبوها لمحيط الأرض، وإنما اعتمد قيمة **أرخميدس** (7036 فرسخاً).

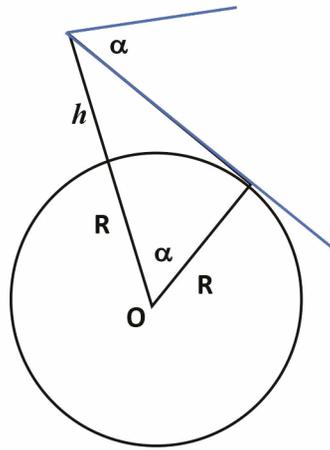
قال **إخوان الصفا**: «وبعد الأرض من السماء من جميع جهاتها متساو، وأعظم دائرة في بسيط الأرض (25455 ميلاً و6855 فرسخاً)، وقطر هذه الدائرة هو قطر الأرض (6551 ميلاً و2167 فرسخاً) بالتقريب». وهذا يعني أن **إخوان الصفا** قد قدروا قيمة قطر الأرض بـ (12826.473 كيلو متراً) وهي قريبة من القيمة الحديثة (12668 كيلو متراً)، وقريبة من قيمة بعثة المأمون.

مع كل الجهود الكبيرة التي قام بها فريق بعثة **المأمون** في قياس محيط الأرض، فإن **أبا الريحان البيروني** (توفي 440هـ / 1048م) لم يكن راضٍ عنها.





فقد اطلع على كل الروايات التي تحدثت عن جهود فريق **البيروني**، وقارن فيما بينها وحاول أن يتحقق منها ووصل إلى نتيجة مفادها أنهم غير متفقين على رأي واحد. ولعل هذا هو السبب الذي دفع **البيروني** لوضع طريقته (التي تسمى حالياً طريقة **انحطاط الأفق المرئي Horizon Depression Method**) (**السويسبي 1985**). لقياس نصف قطر الأرض في كتابه (تحديد نهايات الأماكن لتصحيح مسافات المساكن) ويقصد بالانحطاط: الزاوية التي تقع تحت خط الأفق. وقد اختار وقت قياسها عند مغيب الشمس، حيث تكون حدة أشعة الشمس مكسورة تماماً، إضافةً لتجنب أخطاء الرصد الناجمة عن انكسار أشعة الضوء في الغلاف الجوي للأرض. وقد افترض وجود جبلٍ بمحاذاة البحر، وعندما تغيب الشمس يمكن للمرء قياس الزاوية التي يصنعها رأس الجبل مع خط الأفق (α). ثم يقيس الارتفاع العمودي للجبل (h)، ومنه يستخرج نصف قطر الأرض كما يأتي:



$$\cos \alpha = \frac{R}{R + h}$$

$$R \cdot \cos \alpha + h \cdot \cos \alpha = R$$

$$R = \frac{h \cdot \cos \alpha}{1 - \cos \alpha}$$



وبعد إجراء تطبيق عملي حصل **البيروني** على القيمة: **25000 ميل**، وهي قيمة قريبة من القيمة الحالية (غصيب) لأن **البيروني** اعتبر أن كوكب الأرض كرة مثالية، في حين أنها بيضوية الشكل وليست تامة الكروية.

وقد اكتشف الباحث **رايموند ميرسر** أن **البيروني** ما كان لينجح في حساباته لمحيط الأرض لولا أنه طبّق طريقة التثليث - التي سُنّسب إلى الفرنسي **جان بيكارد** لاحقاً - عندما أراد تحديد خط طول مدينة غزنة، معتمداً على معرفته لقيمة خط العرض والمسافات التي قدمها له المسافرون. فقد تمكّن **البيروني** من القيام بالتحويل المثلثاتي للمسافات التي قدمها له المسافرون إلى إحداثيات حقيقية .

ان المَعْلَمَ الحقيقي في تطوير طريقة التثليث كان التقنية التي استخدمها **ويلبرد سنيل** W. Snellius (توفي في 1626م) في عشرينيات القرن السادس عشر. وقد لاحظ **سنيل** أن بين **بيرخن أوب زووم وألكمار** في هولندا، مخطط تثليث مع خمسة خطوط أساسية في محيط ليدن. انحرفت هذه التقنية عن جميع المقاييس القوسية السابقة حيث يمكننا تحديد المسافة بين النقاط الطرفية بشكل غير مباشر وليس بشكل مباشر. أي بدلاً من قياس أكثر من **100 كيلو متراً** بواسطة شريط أو حبل، كل ما هو مطلوب هو قياس خط واحد على الأقل بدقة شديدة (في حالة سنيل، متوسط الخطوط **1300 متر**) لحساب طول قوس يبلغ نحو **130 كيلو متراً**.

بحلول نهاية القرن السادس عشر وأوائل القرن السابع عشر، جرت العديد من القياسات والحسابات المتضاربة فيما يتعلق بشكل الأرض في أوروبا، وقد أثر هذا التضارب بدوره على تقديرات حجم الأرض. بالتزامن مع تأسيس



الجمعية الملكية في لندن والأكاديمية الملكية للعلوم في باريس، توجهت البعثات الأوروبية إلى الخارج. كان لها اختصاصات واسعة، مثل ملاحظات اهتزازات الرِّقاص (البندول) على ارتفاعات مختلفة وفي خطوط عرض مختلفة، والتغير في سرعة الصوت وتغير الضغط الجوي مع الارتفاع. اقترحت هذه الملاحظات، جنباً إلى جنب مع نظريات إسحاق نيوتن، أن الأرض يجب أن تكون مسطحة عند القطبين ومنتفخة عند خط الاستواء. بالتوازي مع هذه الأنشطة تقريباً، جرى قياس العديد من الأقواس الطويلة في فرنسا. اقترحت جميع قياسات القوس الفرنسي تسطيحاً استوائياً بدلاً من التسطيح عند القطبين.





مفهوم شكل الأرض عند الحضارات القديمة

أمكن للكثير من العلماء ومن كل الحضارات - الاستدلال على كروية كوكب الأرض من خلال مجموعة من الأدلة الواقعية.

• البابليون

بعيداً عن الخرافات والأساطير، تعود فكرة الأرض المسطحة إلى واحدة من أقدم الحضارات في تاريخ العالم. إنها الحضارة البابلية التي ظهرت في بلاد ما بين النهرين، وهي الأرض الواقعة بين **نهر دجلة والفرات** (من نحو 4500 إلى 500 ق.م). فقد تصوّر **البابليون** (الدولة البابلية الأولى 1595-1880 ق.م) أن الأرض عبارة عن قبة مقلوبة وطافية على **الأوقيانوس** (المحيط)، وقد وضعوا أقدم خريطة في العالم تصف طبقات الأرض السبع، وهي منقسمة إلى أربعة قطاعات.





اتخذت الأرض عند البابليين شكل قرص دائري مسطح تماماً، هذه الخريطة الأقدم للعالم، وهي محفوظة في المتحف البريطاني بلندن، برقم (BM 92687).

لكن يرى بعض الباحثين أن فكرة كروية الأرض كانت موجودة لدى البابليين أيضاً، وليس الأرض المسطحة فقط. فقد ظهر في حفريات (تل حرملة) الواقع شمال بغداد لوحات فخارية تشير ترجمتها إلى أن سكان تلك المنطقة كانوا يعلمون بكروية الأرض، وأنهم كانوا يعلمون أبناءهم على ذلك (العقاد 1983). وربما نتيجة للتبادل الثقافي الذي كان قائماً بين الحضارتين اليونانية والبابلية، انتقل لليونانيين كلا المفهومين عن شكل الأرض، أي المسطح والكروي.





المصريون القدماء

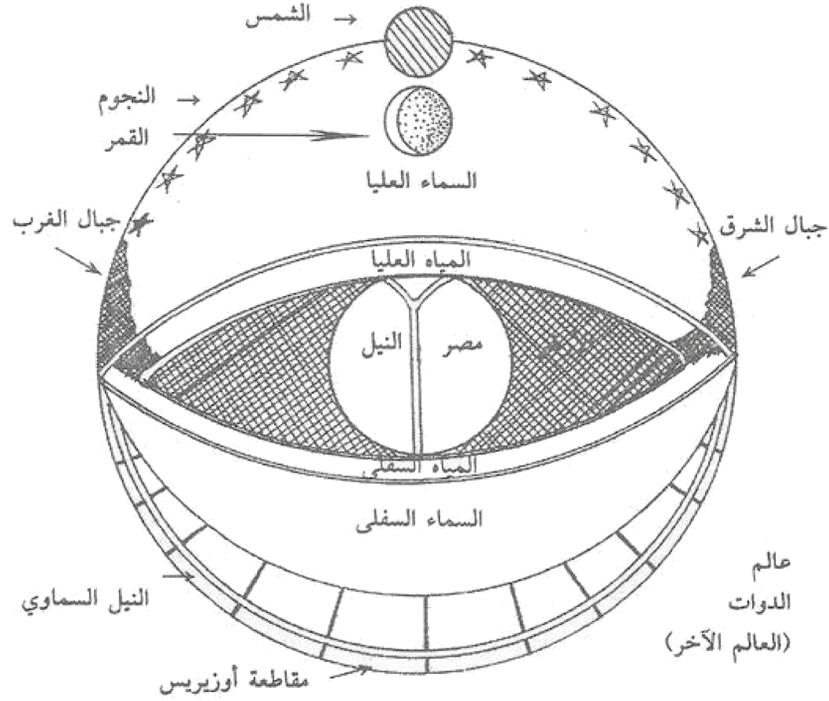
من بين المعتقدات الكونية المتنوعة التي كان يؤمن بها **المصريون القدماء** يوجد نظام واحد يدعم بشكل مباشر نظرية الكون المربع. فقد كان معروفاً بشكل عام ولفترة طويلة أنهم يعتبرون الكون صندوقاً مستطيلاً، مع امتداد الجوانب الأطول في الاتجاه من الشمال إلى الجنوب. ويُفترض أنه في وقت سابق كان مربعاً، وأن هذا الشكل قد خضع لعملية استطالة لجعله يتناسب مع الخصائص المعروفة **للجغرافيا المصرية**. ووفقاً للبعض، كان السقف مسطحاً ومدعوماً بأربعة أعمدة ضخمة أو أربع قمم عالية عند النقاط الأساسية التي كانت متصلة بسلسلة جبال متصلة. على الحافة، أسفل القمم بقليل، يتدفق نهر (أور- نيس Ur-nes) السماوي حول الأرض، حاملاً قوارب الشمس والآلهة الأخرى؛ وفي الجزء الشمالي يتدفق النهر عبر (وادي داي)، المملوء بالظلام والمخبأ بالجبال.

إذاً فقد طبق **المصريون** الترتيب المكون من ثلاثة طوابق، حيث تركز السماء على أربعة أعمدة، أو أعمدة متشعبة أو قمم جبلية ترتفع من زوايا الأرض المسطحة تحتها. ومع أن النظام المصري اختلف في التفاصيل عن هيئة العالم البابلية، إلا أنه جسد أيضاً الظواهر الطبيعية، حيث يمثل الأرض على أنها إله الأرض (جب) ممدداً ليصنع السطح. في هذه الأثناء، كانت السماء هي الإلهة (نوت)، والدة إله الشمس (رع)، والتي جرى تصويرها على أنها بقرة عملاقة واقفة أو امرأة شابة مقوسة فوق الأرض مثل المظلة. وهكذا بقي الوضع إلى أن قام المصريون في وقت لاحق برحلات إلى ما يسمى بأرض (بونت)، التي يُعتقد أنها على طول ساحل شرق إفريقيا، وتشير أدلة أخرى إلى أنهم طافوا حول القارة، لكن لم يكن لمثل هذه التجارب أي تأثير في الأفكار حول هيئة الأرض.





شكل الأرض وحركتها



كانت الأرض عند المصريين منبسطة تقع مصر في مركزها وهي محاطة من الأعلى والأسفل بالماء، ويربط بين المياه العليا والسفلى نهر النيل الذي يمثل روح الأرض (الماجدي 2001)





• الهنود

تعددت أشكال وهيئات الأرض عند الهنود بشكل كبير. فقد ذكر لنا **أبو الريحان البيروني** (توفي 440هـ / 1048م) أن بعض الهنود كان يعتقد بكروية الأرض، بحيث إن نصفها الشمالي جاف ونصفها الجنوبي مغمور بالمياه، وقد كان حجمها عند الهنود ضعف حجمها عند اليونانيين. ويذكر **البيروني** اسم جبل (ميرو)، وهي التسمية التي سبق وصادفناها عند البابليين، الأمر الذي يجعلنا نطرح تساؤلاً: هل تأثر النظام الهندي بالنظام البابلي فيما يتعلق بهيئة الأرض؟ مع وجود فارق هو أن الهنود حددوا وظيفة لجبل (ميرو) الذي يقع تحت القطب الشمالي وهي مسؤوليته عن دوران الأرض. كما ذكر لنا البيروني رأي البعض الآخر واعتقادهم بأن الأرض تتوضع على ظهر سلحفاة (البيروني 1982).

نجد أيضاً عند **الهنود** فكرة الأرض الهرمية الشكل. وقد أرادوا إثبات هذا الشكل من خلال تعيين الاختلاف بين الانقلابات الشمسية، وذلك بافتراض وجود مركز أول ثانٍ للرصد. وقد وجدوا أنه لا يمكن بطبيعة الحال أن يكون ارتفاع الشمس من المركز الثاني للرصد هو **800 يوجانا** (تعادل اليوجانا الواحدة **7.2 كيلو متراً**). ربما حسب الاختلاف من خلال اعتبار الأرض هرمياً يرتفع نحو جبل (ميرو Meru) في عدد من المدرجات المتتالية.

مع تطور **شكل ميرو** و«الأوعية» من المربع إلى الدائرة، تطور مفهوم شكل الأرض عند الهنود عبر مراحل مختلفة. سرعان ما أصبح الغلاف الكروي كرة كاملة. وقد حُدِّت أن الأرض كروية من قبل علماء الفلك اللاحقين، ويبدو أن أولهم كان عالم الفلك الرياضياتي **أريابهااتا** Aryabhatiya (توفي 550م). ومع





ذلك، يبدو أن الكهنة بقوا متمسكين بمعتقدات الفيديا والبورانا. وكان على علماء الفلك الهندوس أن «يوقّفوا» بين الأفكار الجديدة والبيانات الواردة في الفيديا القديمة وغيرها من المعارف «المكتشوفة»، قبل أن يقبلوها قبولاً عاماً. هكذا يقولون: (إنّ الأرض مثل ظهر السلحفاة، ليست مستديرة من أسفل). إنهم على حق تماماً؛ لأن الأرض وسط الماء، وما يظهر فوق الماء له شكل ظهر سلحفاة). لقد اختلفت نظرة الهنود لهيئة الأرض مع تنظيمهم للعلوم على أسس عقلانية ومنطقية أكثر. وكما ذكرنا أعلاه، فقد وصف **أريابهاتا** الأرض بأنها كروية وأنها تدور حول محورها. ومع أنّ **براهما سيدهانتا** Brahma Siddhanta (توفي حوالي 668م)، كان يؤمن بكروية الأرض لكنه لم يكن يعتقد أن الأرض تدور حول نفسها أو تتحرك حول الشمس.





• اليونانيون

لقد عرف **اليونانيون** شكلي الأرض: المسطح والكروي. وكان لكل من هذين الشكلين المؤيدين والمعارضين له. لكن في النهاية انتصر أصحاب الشكل الكروي نظراً لتزايد الأدلة الطبيعية المؤيدة له، وكذلك نتيجة ترسيخ وجوده من قبل **أرسطو وبطليموس**. في الواقع ندين **لفلوطرخس** Plutarchus (توفي نحو 125م) بتقديمه موجز سريع عن أفكار اليونانيين حول شكل الأرض، فقد كان **تاليس** و**الرواقيون** ومن أخذوا عنهم يرون أن الأرض كروية. وأما **أنكسمندر** فيرى أن شكلها كأشكال الأساطين الحجرية، وإن بسائطها مقوسة. وأما **أنكسمينس** فيرى أنها على صورة المائدة. وأما **وسيبيوس** فإنه يرى أنها على صورة الطبل. وأما **ديموقريطس** فيرى أنه على صورة لجام بعرضه ومن وسطها مقعرة (فلوطرخس 1954).

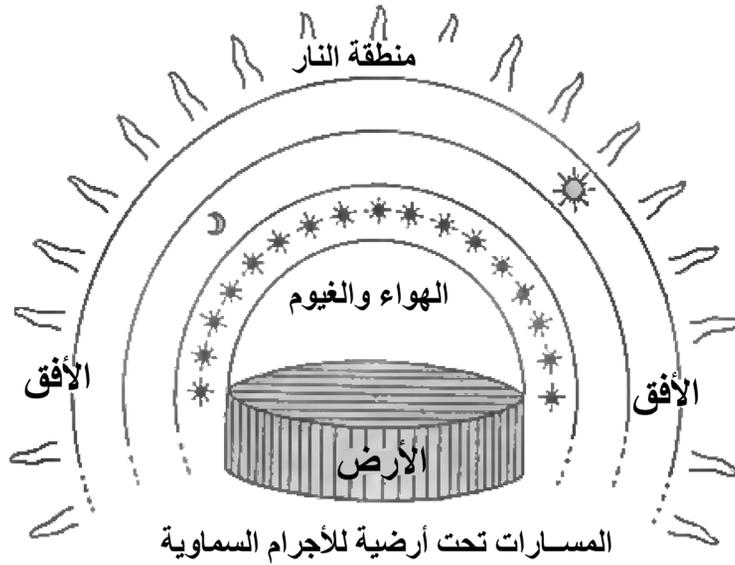
كانت مساهمات **هوميروس** Homeros (عاش حوالي 850 ق.م) في الجغرافية القديمة كبيرة ومثيرة، لكن لا يبدو أن الأفكار الكونية أصيلةً عنده. مع ذلك فقد افترض مسبقاً بأن الأرض كانت مسطحة، وأن الشمس تفرق في البحر فعلاً. ونجد عند **هوميروس** أثراً مكتوباً لفكرة سائدة بشكل واسع في عصره بأن الأرض مسطحة الشكل يغمرها المحيط من كل جانب. كان هذا الاعتقاد طبيعياً في منطقة معزولة، مثل اليونان، حيث الأفق مرئي ويطوقه البحر لذلك افترض فكرة الدائرة المسطحة، التي يتدفق حولها **الأوقيانوس** Oceanus، وهو نهر أسطوري مثل جدول ماء كبير وليس المحيط الأطلسي. كان يُعتقد أنه يحده من أعلاه نصف كرة مجوفة ينحرف إلى أسفل، وتتعاقب عبره الأجرام السماوية لراحة الإنسان ومتعته.



لقد اتفق **هسيود** مع **هوميروس** في كتابه (أنساب الآلهات) الذي يخبرنا فيه عن العالم والزمن، ويصف حروب الآلهات الأولمبية القديمة، لكن يبدو بأنه قد قبل بالمفهوم المسيطر بأن العالم قرص مسطح تقع في مركزه بلاد اليونان. افترض **تاليس** Thales of Miletus (توفي نحو 546 ق.م) أن الأرض تطفو على سطح الماء، مثل لوح من الخشب، أو سفينة: حتى أنه فسّر حدوث الزلازل من خلال تقلبات المياه الموجودة أسفلها. وأشار **أرسطو** إلى أن **تاليس** تصور الأرض على أنها مدعومة بالمياه؛ لكنه لا يشرح كيف يُدعم الماء. ومن ثم فمن الواضح أن عقيدة كروية الأرض تُسبب خطأً إلى تاليس. إن المذهب القائل بأن الأرض تطفو على الماء قد جاء به تاليس من مصر. إذ بالنسبة لتاليس كل شيء ينبع من الماء. ووفقاً للتقاليد المصرية، كان هذا الماء نوعاً من الجوهر المائي المتسامي، وعامل متحرك، لانهائي، وإلهي. ومنه ولد قرص الأرض المسطح مع دلفي كالسرّة التي طافت عليها الأرض. تكمن أهمية هذا الاعتقاد بأنه يوحي بوجود وحدة أساسية للظواهر الفيزيائية، وبالتالي، فإن الطبيعة ليست عشوائية تماماً كما تريدنا حواسنا أن نعتقد. لكن فيما يتعلق ببنية الكون، كانت أفكار **تاليس** بدائية مثل تلك الموجودة عند **هوميروس**.

يعد **أنكسيمندر** Anaximandr (توفي 546 ق.م) من أوائل الطبيعيين الذين اهتموا بتفسير الظواهر الكونية بطريقة عقلانية، أنه يعتقد أن الأرض ليست أسطوانية، ولكنها كروية الشكل (Lewis, 1862).





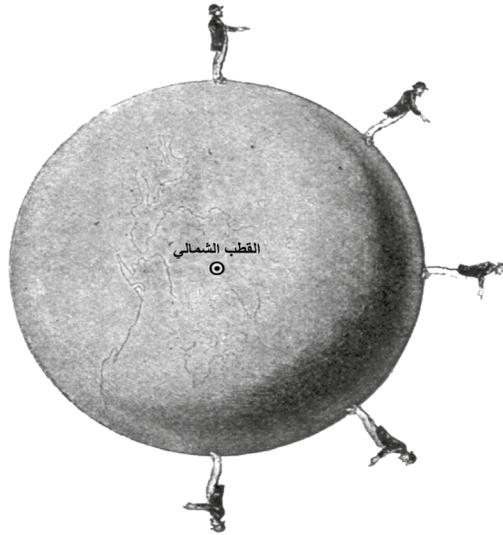
تصور الأرض المسطحة بهيئة أسطوانة حسب أنكسيمندر، وكيف تتوزع حولها الأجرام وصولاً إلى العنصر الأول (النار) الذي يحيط بالجميع (Lewis, 1862)

وقد وصلنا عن طريق أرسطو أن **أنكسيمندر** كان يعتقد أن الأرض في حالة توازن في مركز العالم، لأنه كان من المناسب ألا يكون لها ميل للسقوط في أي اتجاه معين، فهي في الوسط ولديها الارتباطات نفسها مع كل جزء من المحيط. بينما اعتقد **أنكسيمانس الملطي** Anaximenes (توفي 525 ق.م) بأن الأرض قرص مسطح، ويحمل الهواء هذا القرص، وكذلك يحمل الأقراص المسطحة للشمس والقمر، بينما كانت النجوم مثبتة في السرداب السماوي البلوري. وتكتسب الشمس حرارتها من سرعة حركتها، فالنجوم لا توفر أي حرارة بسبب بعدها الكبير (Linton 2007).



نسب الفيلسوف **أيتيوس** Aetius (القرن الأول أو الثاني للميلاد) إلى فيثاغورس معرفته بالشكل الكروي للأرض، حيث ذكر أنه وفقاً ل**فيثاغورس**، تنقسم الأرض إلى خمس مناطق. وكان **فيثاغورس** يقول إن الأرض موضوعة في وسط الكون وأنها معمورة من سائر جهاتها، لذلك فإنه يوجد ناس يقابلوننا على امتداد أحد أقطارها. فإذا رسمنا خطاً من قدم أي إنسان إلى أسفل الكرة لوقع على قدم الإنسان المقابل له **النقائص** Antipodes، ويكون ذلك الخط قطراً للكرة. وقد توصل إلى إثبات كروية الأرض اعتماداً على البراهين الهندسية. من هذه البراهين أن الشكل الهندسي الكامل هو الشكل الكروي، وذلك لكمال انتظام أجزائه بالنسبة للمركز، وبالتالي فإن الأرض والأجرام السماوية لا يمكن تصوّرها إلا وفق هذا الشكل الكامل (عفيفي 2002). ومن المحتمل أن **فيثاغورس** لم يصل للقول بكروية الأرض اعتماداً على هذا البرهان الهندسي الضعيف، بل لاحظ بعض الظواهر الطبيعية التي لاحظها غيره، حيث اتفق **أرسطو** على كروية الأرض مع **فيثاغورس**، وذلك من خلال الأدلة الآتية:

- عند حدوث خسوف جزئي للقمر، فإن مسقط ظل الأرض على القمر يكون دائرياً.
- اختلاف عروض البلدان يتسبب باختلاف منظر دوران الكرة السماوية.
- إذا تركنا جزءاً من المادة لنفسه، فإنه يتهيأ بهيئة كرة.



قد يكون فيثاغورس أول من أشار إلى حالة الأقدام المتقابلة أو (النقائض Antipodes) على الأرض الكروية، حيث يكون الغرب هو الشرق نفسه، ولدى الوصل بين أي قدمين متقابلتين فإن الخط الواصل سيكون بمثابة قطر لكرة الأرضية. هذا المثال الشهير سيظهر لدى القديس أوغسطين وأتباعه في العصور الوسطى (عيفي 2002)

ومع أن **الفيثاغورسيين** اقترحوا شكل الأرض الكروي، إلا أن المؤرخ الشهير **هيرودوت** بقي متمسكاً بنظرية الأرض المسطحة (ضاي 1982). وقد ذكر **هيرودوت** أن هناك أشخاصاً في أقصى الشمال ينامون ستة أشهر في السنة، وأن الفينيقيين، الذين من المفترض أنهم قد طافوا حول إفريقيا، كانت الشمس تقع على يمينهم أثناء الإبحار غرباً. هذه القصص، التي وجدها **هيرودوت** مذهلة، تظهر أن بعض الناس يجب أن يكونوا قادرين على إدراك عواقب كون الأرض كروية.



يعتبر **إمبيدوقليس** Empedocles (توفي في 430 ق.م) فيلسوفاً يونانياً معاصر **لهيرودوت**. وقد ارتبط اسم **إمبيدوقليس** بعدد من المذاهب المتعلقة بالأجرام السماوية. فالسماء عبارة عن كرة صلبة، مكونة من هواء مكثف «بالنار»، بحيث تفترض مادة الجليد أن مواد النار والهواء تدخل في نصفي الكرة الأرضية؛ وأن النجوم ذات طبيعة نارية، مكونة من جزيئات نار منفصلة عن الهواء؛ وأن النجوم الثابتة مثبتة في القبة البلورية، لكن الكواكب حرة الحركة؛ وأن دائرة الشمس تتطابق مع حدود الكون (Lewis 1862).

كان **سقراط** Socrates (توفي في 399 ق.م) يقول إن الأرض دائرية في وسط السماء. وأنها تبقى في مكانها بتوازنها وتشابها مع السماء الدائرية المحيطة بها. وقد ذكر **كليوميدي** Cleomed بأن نظرية كروية الأرض كانت تُدرّس من قبل أتباع سقراط. رأى **ليوسيبيوس** أن الأرض معلقة في الفضاء في المركز، وهي مثبتة هناك بواسطة الدوامة الخلاقة؛ وأن شكلها مستو دائري. وثمة رواية تقول إن **ليوسيبيوس** افترض أن شكل الأرض يشبه شكل الطبل. والطبل اليونانية كانت مثل آلة الدف الموسيقية، أو كانت نصف كروية.



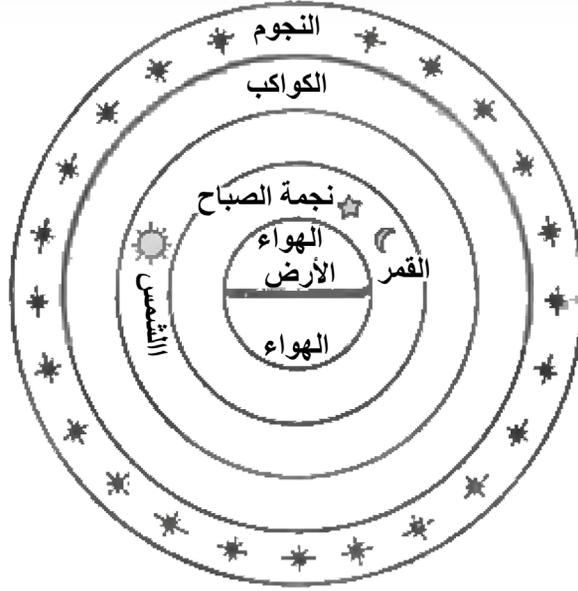


تشبه الأرض حسب ليوسيبيوس طيلة يونانية يعلوها الهواء من الأعلى فقط.

افترض **ديموقريطس** Democritus (توفي 370 ق.م) أن شكل الأرض عبارة عن قرص مستدير ومجوّف كالحوض، وهي تسبح في الهواء (فروخ 1983). ويبدو من كلامه هذا أنه متأثر بالأسطورة السومرية القديمة التي تقول إن إله الرياح قد نفخ في قرص الوجود المادي المتشكل فتفرق إلى طبقتين: السفلى أصبحت أرضاً، والعليا أصبحت سماءً (فروخ 1983) .



شكل الأرض وحركتها



الأرض مسطحة حسب ديموقريطس يحيط بها الهواء من الأعلى والأسفل (Davidson 1947).

كان شكل الأرض عند **أنكساغوراس** Anaxagoras (توفي في 428 ق.م) ، عبارة عن لوح مسطح يسبح في الفضاء (فروخ 1983) ، لأنه لا خلاء فيها، مثلها في ذلك مثل (المنطاد) المعلق يحمله الهواء نتيجة الهواء المنفوخ فيه، وهذا يعني أن الأرض جرمٌ مجوّف، وبالتالي يمكنه الطفو. وقد اتفق في ذلك مع كل من **أنكسيمينس** و **ديموقريطس**.

يُحسب **فيلولاوس** Philolaos (القرن 5 ق.م) على أتباع المدرسة الفيثاغورية، وقد قدم رؤيته عن الكون بأنه يتكون من مركز تلتهب فيه النيران، وتدور حوله عشرة أجرام، بما فيها الأرض، وكلها كروية الشكل (العاني 2002). حسب رأيه فإن هذه الحقيقة أوضحت لماذا لا يمكن رؤية الأجسام المضادة للأرض من





الأرض؛ لأن النقائص Antipodes لم تكن معروفة له. وقد بقي النظام الكوني المنسوب إلى **فيثولالوس** يستخدم تقريباً حتى عصر أرسطو.

لقد كان لتكهنات **فيثاغورس** حول فكرة الأرض الكروية تأثير عميق في أفلاطون. وهو ما جعل أفلاطون يهتم بدراسة الحركات السماوية، وقد اقترح في محاوره (**طيماوس**) أن الكون كروي الشكل، لذلك فإن الأرض ستجاري بشكلها شكل الكون، حيث اتخذت لها موقعاً مركزياً فيه (عفيفي 2002). كما كان يعتقد بإمكانية تحرك الأرض حول محورها، أو أنها تتأرجح حول محور ممتد يمر بمركز العالم.

الأرض بالنسبة ل**أرسطو** - كما أكد ذلك في كتابه (السماء) - ليس لها حركة، لا خارجة عنها ولا في مركزها؛ لأننا إذا قبلنا بوجود حركة لكوكب الأرض وحركة لعنصر الأرض فإنه سينشأ حركتين مختلفتين: حركة الكرة السماوية وحركة الأرض. والدمج بين هاتين الحركتين سيسبب ظهور مشكلات في سير الكواكب الثابتة وشطحات على خطوط العرض، وهذا ما لم يحدث أبداً. من ناحية أخرى يرى **أرسطو** أنه لا يمكن أن تكون للأرض حركة طبيعية. لأن الحركة الطبيعية لعنصر الأرض تحمله نحو المركز وقد استدل **أرسطو** على كروية الأرض بناءً على مجموعة من الأدلة التي اعتمد فيها على **أفلاطون** مثل:

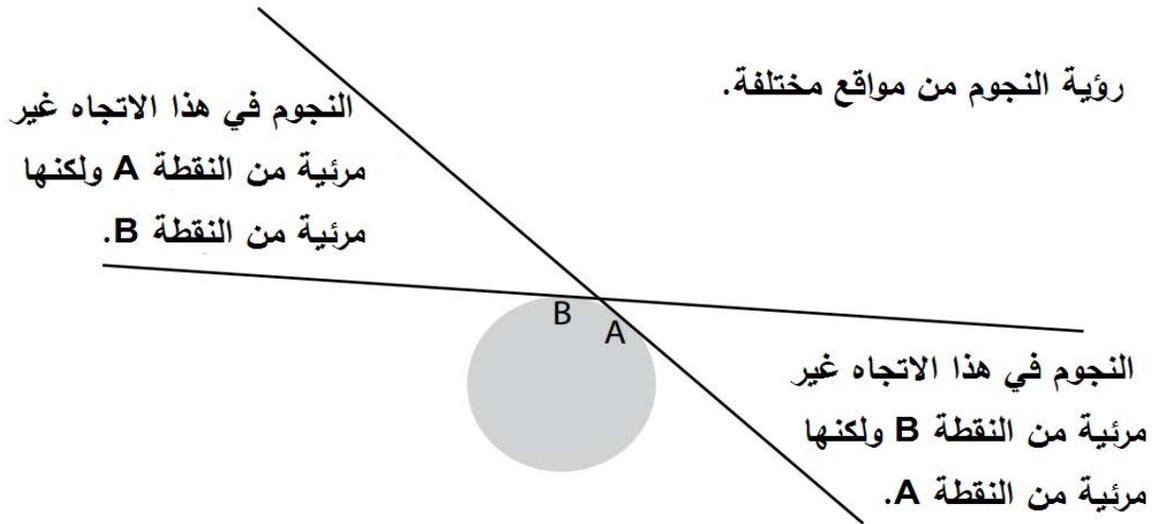
- ظهور بعض النجوم التي لا تتجاوز أبداً مدى الرؤية ولا تغيب عن الأنظار في الليل مطلقاً في أوروبا، لكنها تشرق وتغرب في مصر وقبرص.
- اختفاء النجوم تماماً وظهور نجوم جديدة عندما يتحرك المرء في اتجاه الشمال أو الجنوب.





شكل الأرض وحركتها

وقد استنتج **أرسطو** من هذه الأدلة أن قطر كوكب الأرض ليس كبيراً (مقارنةً بالأبعاد الفلكية) (غصيب 1993). ويبدو أن هذه الحجج سيكون لها تأثير على العلماء العرب والمسلمين لاحقاً، مثل: **الكندي**، **والفارابي**، **وابن سينا**، وغيرهم ممن حاول إثبات كروية الأرض.



من الحجج التي تدل على كروية الأرض والتي ذكرها أرسطو هي رؤية النجوم في الأجزاء الشمالية والجنوبية من السماء عندما يسافر المرء شمالاً أو جنوباً. عند السفر شمالاً، حيث ترتفع النجوم القريبة من الأفق الشمالي أعلى في السماء، حتى تكشف عن النجوم التي كانت تحت الأفق الشمالي عندما كان المراقب في أقصى الجنوب. وفي الوقت نفسه، تنخفض النجوم القريبة من الأفق الجنوبي في السماء، مع اختفاء بعض النجوم أسفل الأفق الجنوبي. وعندما يسافر المرء جنوباً، يكون العكس صحيحاً. لا يمكن أن يحدث هذا على أرض مسطحة، ولكن هذا ما يتوقعه المرء إذا كانت الأرض كروية (Faulkner, D)





في القرن الثاني، جُمعت نظريات ونتائج ستة قرون من البحث الفلكي معاً من قبل الجغرافيين وعالم الرياضيات والفلك اليوناني **كلوديوس بطليموس** C. Ptolemy (توفي نحو 130م)، في تجميعه الموسوعي للمعرفة القديمة، والمعروف عموماً بالاسم العربي **المجسطي** أو «الأكبر». وفيما يتعلق بكروية الأرض، فقد ذكر لنا **نصير الدين الطوسي** في شرحه على كتاب **(المجسطي)** أن **بطليموس** أورد عدة أدلة على كروية الأرض حيث قال: «ومما يدل على كروية الأرض أنا نجد الكواكب (النجوم) يختلف طلوعها وغروبها باختلاف المساكن، فإنها تطلع في المساكن الشرقية عنا قبل طلوعها في المساكن الغربية، والغروب على العكس. وإنما عرفنا ذلك بأرصاد الخسوفات القمرية، حيث ابتدأت في ساعات أقل من ساعات بلدنا في المساكن الغربية، وفي ساعات أكثر من ساعات بلدنا في المساكن الشرقية فعرفنا أن غروب الشمس في المساكن الشرقية قبل غروبها في بلدنا في المساكن الغربية بعد غروبها في بلدنا، ولو كانت الأرض مسطحة لكان الطلوع والغروب في جميع المواضع في وقت واحد. ومن ذلك أن السائر منا نحو الجنوب يظهر له من الكواكب ما كان خفياً عنا أبداً، وذلك شائع في أمر كوكب سهيل وما يقاربه، وكلما ازداد إمعانه في الجنوب ازداد ظهور الكواكب الأبدية الخفاء له ويستتر عنه بعض الكواكب التي كانت ظاهرة لنا أبداً أو يظهر لها طلوع وغروب، وهذا محال عند فرضنا الأرض مسطحة الشكل. وما يؤكد كروية الأرض حسب **بطليموس** أيضاً - هو أن النجوم إذا رُصدت من أي مكان على سطح الأرض، فإنها تُظهر القدرَ Magnitude (درجة اللمعان) نفسه، وتحافظ على المسافة نفسها بين بعضها بعضاً.



• الرومان

كتب **شيشرون** Cicero (توفي في 43 ق.م) (حلم سكيبيو The Dream of Scipio).
يصف (حلم سكيبيو) الأرض الكروية التي هي أصغر بكثير من بقية الكون.
ويُظهر الشكل المصاحب لنسخة من القرن الثاني عشر للكتاب أرضاً كروية
مقسّمة إلى مناطق مناخية مختلفة.

علم الأمازيغي **لاكتانتوس** Lactantius (توفي نحو 325م)، أتباعه في الكنيسة
أن الأرض مسطحة وليست كروية. وقد وثق ذلك في فصل من الكتاب الثالث
من (معاهداته الإلهية)، حيث سخر **لاكتانتوس** من أولئك الذين اعتقدوا أن
الأرض كروية. وكان هذه أولى الانتكاسات العلمية التي أعادت للأرض المسطحة
اعتبارها منذ عهد **أرسطو**.

اتبع **مارتيانوس كابيلا** أكثر التقاليد الكونية القديمة شيوعاً، حيث افترض
أن الأرض كجرم كروي ثابت مثل نقطة في الوسط - كانت في أدنى موضع - من
الكرة الكونية لتوفير الدعم للعالم كله. وقد أشار **مارتيانوس** إلى أن الهندسة
تؤيد عقيدة كروية الأرض. وقد قدم هنا **مارتيانوس** مزيجاً متنوعاً لمجموعة من
الأرصاء، مع دعم كل منها لاستنتاج كروية الأرض. كما قدم أربعة أنواع محددة
من الأرصاء لصالح كروية الأرض واثنان ضد تسطحها. كانت حججه السلبية
تفيد بأن:



- جميع الأجرام السماوية لا تكون مرئية بالنسبة لجميع الأشخاص في جميع الأراضي في وقت واحد.
- أن أطوال الليل والنهار في أي تاريخ معين في جميع الأماكن على الأرض ليست متماثلة. أما حججه الإيجابية، فقد استشهد بأربع أوصاف هي:
 - التباين في أوقات صعود وغروب النجوم.
 - رؤية كوكبة في السماء الشمالية متزامنة مع اختفائها عند التوجه على مسافة كبيرة نحو الجنوب.
 - الاختلاف في الوقت الذي يُلاحظ فيه كسوف الشمس أو القمر على طول خط الشرق والغرب.
 - الحاجة إلى استبدال الشاخص في الساعة الشمسية عند أي تغيير في خط العرض الأرضي لأكثر من خمسمائة ستاديا (9375 كيلومتراً) بسبب التغيير في أطوال الظل.



• الصينيون

جاء في كتاب صيني يعود للفترة الواقعة بين القرنين (7-8م) بعنوان (Sing li King Tehouche) أنه يُمثل فيه الكرة الأرضية بهيئة عنقاء، حيث تمثل جزيرة العرب جسمه، والقسطنطينية رأسه، وفارس إحدى ذراعيه، وسوريا ذراعه الآخر، وكذلك أوروبا جناح، والصين جناح آخر، وتمثل مصر إحدى رجليه، والهند رجله الأخرى.

في الواقع وبعد حدوث تفاعل بين الثقافتين الصينية والإسلامية بدأ العديد من علماء الفلك المسلمين بالتوجه للصين لتقديم خدماتهم. ففي الفترة المغولية، استقدم الإمبراطور **يوان سي زونغ** Zong Yuan C (توفي 693هـ / 1293م). عدداً من علماء الفلك المسلمين لتقديم خبراتهم العلمية، وكان من جملتهم العالم **جمال الدين الفلكي** (توفي بعد 690هـ / 1291م)، حيث أسند إليه الإمبراطور الإشراف على جميع ما يتعلق بالشؤون الفلكية في المملكة. وقد بنى هذا العالم مرصداً فلكياً في عام (669هـ / 1270م) وضع فيه آلات فلكية كثيرة ومن بينها نموذج خشبي لكرة أرضية تتوزع عليها خرائط ملونة للبحار والمحيطات واليابسة. وقد أظهر هذا النموذج كروية الأرض لأول مرة أمام الصينيين (أحمد 1432). وهذا يعني أنه حتى القرن 13م لم يكن **الصينيون** يعلمون بكروية الأرض. قد يكون للكرة الأرضية تكهنات مستوحاة من أعمال أسرة **يوان** (1368 - 1206م) و**بواكير** أسرة **مينغ** (1368-1644م) حول كروية الأرض، لكن لا أحد ممن كتبوا عن هذا الموضوع ينكر الإلهام من المصادر الإسلامية.





تفسير شكل الأرض عند العلماء العرب والمسلمين

بخصوص كروية الأرض أو تسطيحها، فإنني لم أتوصل لوثيقة أو نص (شعري أو نثري) يدلنا على معرفة أو مناقشة العرب قبل الإسلام لهذا الموضوع، ويبدو أنه لم يكن هذا الأمر يعنيه كثيرًا، وإنما كان يهتم البحث عن أماكن يتوفر المطر فيها ومياه الشرب والمرعى الذي يؤمن لهم سبل الحياة بأبسط أشكالها، في حين أننا سنجد أن الحال قد تغير بعد الإسلام مع المسلمين الأوائل الذين أدركوا أهمية شكل الأرض بالنسبة لهم كونه يؤثر في إقامة شعائر الإسلام من صلاة وحج وصيام. لذلك ومنذ السنوات الأولى لنزول القرآن الكريم فهم المسلمون من قوله تعالى ﴿يَكْوَرُ اللَّيْلُ عَلَى النَّهَارِ وَيُكَوِّرُ النَّهَارَ عَلَى اللَّيْلِ﴾ [سورة الزمر، الآية 5]، أن اتخذ الليل أو النهار شكلهما الكروي دلالةً على أنهما يسقطان على سطح كروي وليس على أي مجسم فراغي آخر، وقد جاء في (المنتخب من التفسير) الذي أصدره المجلس الأعلى للشؤون الإسلامية بالقاهرة: «تشير هذه الآية الكريمة إلى أن الأرض كروية وتدور حول نفسها، لأن مادة التكوير معناها لف الشيء على سبيل التتابع، ولو كانت الأرض غير كروية - مسطحة مثلاً - لخيّم الليل أو النهار على جميع أجزائها دفعةً واحدة». وقد كانت العرب تقول «كَوَّرَ فلانٌ عمامتهُ على رأسه» أي أن الرأس شكله كروي، واستمدت العمامة كرويتها من الرأس. فالتكوير يعني الاستدارة، ولا معنى لاستدارة الليل والذي هو الظلمة لولا كروية الأرض حيث تستدير الظلمة حول الوجه المستدير للشمس، ويستدير الضوء حول الوجه المستقبل للشمس، ولأن الأرض في حالة دوران حول نفسها اقتضى ذلك أن يتحوّل الضوء من جهة إلى جهة أخرى فيكون في الموقع الذي كانت الظلمة تغشاه، وبذلك يصبح



الموقع الذي كان الضوء يَغشاه مظلمًا، فليس لموقع الضوء ثبات كما أنه ليس لموقع الظلمة ثبات، بل كل من الليل والنهار يتعاقبان على كل من وجهي الأرض (العمرى و بصمه جى 2021).

صحيح أن مدى رؤية العين محدود جداً، مقارنة بسعة الأرض، أي إن تقوس الأرض لا يظهر للرأي على الإطلاق بالعين، وذكر التسطح لسهولة تمييزه، وفي ﴿ وَالْأَرْضُ مَدَدْنَهَا وَالْقَيْنَا فِيهَا رُوسَى وَأَنْبَتْنَا فِيهَا مِنْ كُلِّ شَيْءٍ مَّوْزُونٍ ﴾ [سورة الحجر، الآية 19]، مددناها بمعنى بسطانها، ونحن نرى الأرض مبسوطة أمامنا فلا تناقض بين القرآن الكريم وبين الظاهر الموجود. فالأرض أمامك مبسوطة... فهي مبسوطة أمام البشر جميعاً في كل موقع يوجدون فيه... وهذا لا يمكن أن يحدث إلا إذا كانت الأرض كروية، فلو كانت الأرض مسطحة أو مربعة أو مثلثة في أي شكل من الأشكال لوصلنا فيها إلى حافة، وحيث إنه لا يمكن أن تصل فيه إلى حافة فالشكل الوحيد الذي تراه مبسوطة أمامك، ولا يمكن أن تصل فيه إلى حافة هو أن تكون الأرض كروية.

ومن الإشارات القرآنية الواضحة على كروية الأرض إشارة القرآن إلى تعدد المشارق والمغارب في قوله تعالى: ﴿ رَبِّ الْمَشْرِقِ وَالْمَغْرِبِ ﴾ [سورة المعارج، الآية 40]، فلا يحصل هذا التعدد إلا بكروية الأرض، إذ تشرق وتغرب في كل وقت على أماكن مختلفة بصفة مستمرة ومتكررة.

وكما ورد في القرآن الكريم أيضاً لفظ «دَحَاهَا» وهو أبلغ لفظ لوصف حالة الفلطح أو الشكل الإهليجي الحقيقي الذي هو عليه شكل الأرض، مع أن قواميس اللغة تفسر كلمة «دحاهها» بمعنيين الأول: سطحها، والثاني: كورها؛ لكن المعنى الذي يعبر عن حقيقتها الفعلية هو أنها كثرية الشكل (على شكل إجاصة)، أو لها شكل إجاصة مفلطح، وليست كروية تماماً.





فالعرب أدركوا منذ نزول القرآن الكريم عليهم كروية الأرض، أي قبل عصر الترجمة بمائة سنة على الأقل، كما أننا سنجد أنّ بعضهم بقي متمسكاً بفكرة الأرض المسطحة الوافدة من اليونانية ولم يتخل عنها حتى بعد نقل أدلة كروية الأرض عن **فيثاغورس** و**أرسطو** و**بطليموس** وشيوخها .

في الواقع وجدنا أنه ظهر اتجاهان لدى العلماء العرب المسلمين:

الاتجاه الأول: هو قولهم بالأرض المسطحة، وهو ما نجده عند قلة قليلة من علماء الكلام أمثال **أبو علي الجبائي** وتلميذه **أبو رشيد النيسابوري**، وقد لاحظنا أن هذا الاتجاه قد أفل نجمه لأكثر من 700 سنة، ثم عاد للظهور مع نشر كتاب **جلال الدين السيوطي** (الهيئة السنية في الهيئة السنية) وشروحات أتباعه عليه، أمثال **مرعي بن يوسف الكرمي المقدسي** (توفي 1033هـ / 1623م) في كتابه (بهجة الناظرين وآيات المستدلين)، و**إبراهيم القرمانى الأمدي** (كان حياً عام 1046هـ / 1654م) في كتابه (علم الهيئة على اعتقاد أهل السنة والجماعة دون الفلاسفة)، إذ كان حينها الإنتاج العلمي العربي في علم الفلك النظري والرصدي قد تراجع بشكل جاد، ليحل البديل النقلي عنه، بحيث يمكن للأجيال الجديدة فهم الكون وأسواره من خلاله.

أما الاتجاه الثاني: فهو الذي اعتمد كروية الأرض وساق كل الأدلة العلمية والواقعية الممكنة على حقيقتها، وهو الاتجاه الذي تبناه السواد الأعظم من علماء الفلك والجغرافيا والطبيعة وحتى علماء الدين الذين لم يقتنعوا بتوجهات علماء الكلام أو السيوطي وأتباعه، وذلك بدءاً من القرن 8م وحتى أواخر القرن 19م. وسنقوم باختصار بتقديم كل ما وصلنا من آراء للعلماء العرب والمسلمين مع النصوص التراثية القصيرة حول كروية الأرض.





شكل الأرض وحركتها

ناقش **أبو إسحق الكندي** (توفي 252هـ / 866م) موضوع كروية الأرض في ثلاث رسائل الأولى: (كتاب الكندي في الصناعة العظمى)، والثانية: هي (رسالة الكندي إلى **أحمد بن المعتصم** في أنّ العناصر والجرم الأقصى كروية الشكل)، والثالثة: هي (رسالة في أنّ سطح ماء البحر كروي) (ابن النديم، 1997م). بينما تناول **أبو بكر الرازي** (توفي 311هـ / 923م) موضوع كروية الأرض في كتابه (هيئة العالم) (ابن أبي أصيبعة، 1965م)، كما توصل في كتابه (سبب تحرك الفلك على استدارة) إلى كروية الأرض وأنّ الأرض تفوق بحجمها القمر، في حين أنّ حجمها يقلّ كثيراً عن حجم الشمس.

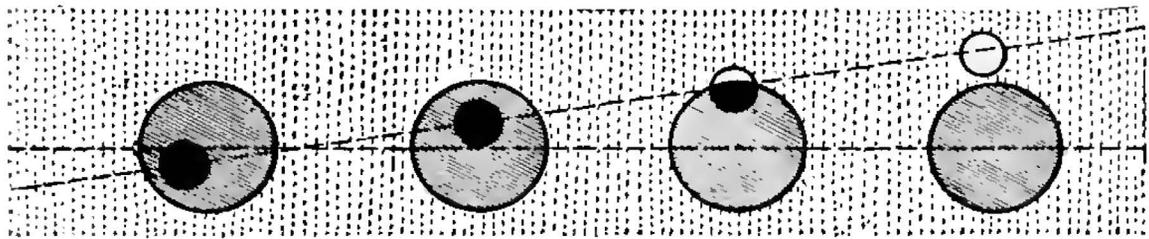
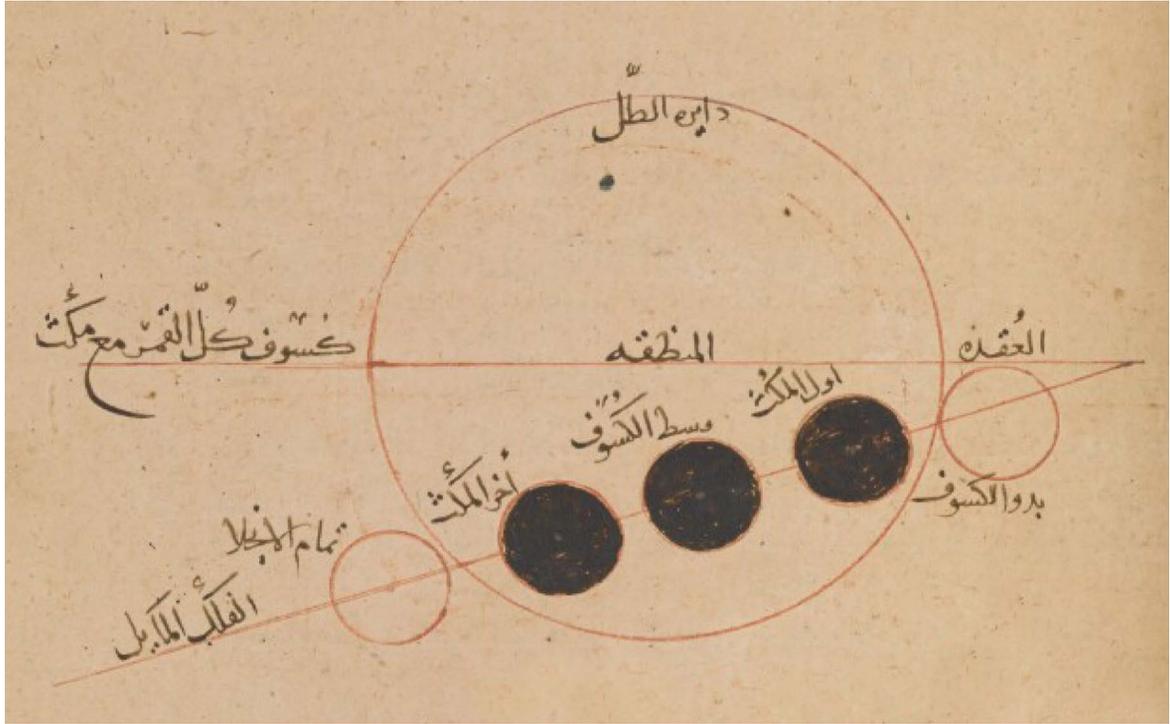
قرر **أبو القاسم عبيد الله بن أحمد بن خرداذبة** (توفي نحو 280 هـ / نحو 893م) أنّ «صفة الأرض أنها مدوّرة كتدوير الكرة، موضوعة في جوف الفلك كالمحّة في جوف البيضة والنسيم حول الأرض وهو جاذب لها من جميع جوانبها إلى الفلك». لكنه لم يورد في كتابه أي دليل على كروية الأرض.

وثق لنا **الإمام فخر الدين الرازي** (توفي 606هـ / 1210م) مناقشة علمية دقيقة منسوبة إلى ثابت بن قرة (توفي 288هـ / 901م) تتعلق بكروية الأرض. إذ مضى ثابت بشكل أعمق من الآخرين، سواء منهم السابقين أو اللاحقين، حول منشأ كروية الأرض أصلاً، وليس البحث في أدلة كرويتها. وقد توصل بعد تفكير منطقي أنّ الجاذبية هي المسؤول الأول عن تكوّرها. وهذا تقدم قوي في نظرية كروية الأرض؛ إذ لم يسبق لأحد أن أشار بشكل مباشر إلى دور قوة الجاذبية في تكوّن الأرض، وهو الدور الذي سيعود له **نيوتن** لاحقاً ليرزه مرة أخرى في القرن 18م.





اقتنع **ابن الحائك الهمداني** (توفي 334هـ / 945م) بأن الأرض كروية، قال الهمداني: «اعلم أن الأرض ليست بمنسوحة، ولا ببساط مستوي الوسط والأطراف، ولكنها مقببة، وذلك التقبيب لا يبين مع السعة، إنما يبين تقبيبها بقياساتها إلى أجزاء الفلك، فيقطع منها أفق كل قوم على خلاف ما يقطع عليه أفق الآخرين طولاً وعرضاً في جميع العمران، ولذلك يظهر على أهل الجنوب كواكب لا يراها أهل الشمال، ويظهر على أهل الشمال ما لا يراه أهل الجنوب ويكون عند هؤلاء نجوم أبدية الظهور والمسير حول القطب، وهي عند أولئك تظهر وتغيب، وسأضع لك في ذلك مقياساً بيناً للعامة، من ذلك أن ارتفاع سهيل بصنعاء وما سامتها إذا حلق، زيادة على عشرين درجة، وارتفاعه بالحجاز قرب العشر، وهو بالعراق لا يُرى إلا على خط الأفق، ولا يُرى بأرض الشمال، وهناك لا تغيب بنات نعش، وهي تغيب على المواضع التي يُرى فيها **سهيل**، فهذه شهادة العرض. وأما شهادة الطول فتفاوت أوقات بدء الكسوفات ووسطها وانجلائها على خط فيما بين المشرق والمغرب، فمن كان بلده أقرب إلى المشرق كانت ساعات هذه الأوقات من أول الليل والنهار أكثر؛ ومن كان بلده أقرب إلى المغرب كانت ساعات هذه الأوقات من آخر الليل وآخر النهار منكوساً إلى أولهما أكثر، فذلك دليل على تدوير موضع المساكن والأرض، وأن دوائر الأفق متخالفة في جميع بقاع العامر، ولو كان سطح الأرض صفيحة، لكان منظر **سهيل** وبنات نعش واحداً».



استدل الهمداني وغيره من العلماء العرب والمسلمين على كروية الأرض من خلال سقوط ظل القمر عند الخسوف على الأرض (هي حجة سبق وأن طرحها فيثاغورس وأرسطو من قبل)، حيث يبدو الظل قرصاً دائرياً طبعاً يحدث خسوف القمر فقط عند اكتمال القمر، عندما يظهر القمر في مواجهة الشمس في السماء. في حين أن اكتمال القمر هو شرط ضروري لخسوف القمر، إلا أنه ليس شرطاً كافياً، لأن خسوف القمر لا يحدث عند كل اكتمال للقمر. لماذا هذا؟ يميل المستوى المداري للقمر بما يزيد قليلاً على خمس درجات إلى مستوى مدار الأرض حول الشمس (نسمي المستوى المداري للأرض مسار الشمس (The ecliptic) (Faulkner, D).



اعتمد **أبو نصر محمد الفارابي** (توفي عام 339 هـ / 950م) في إثباته لكروية الأرض على كروية العناصر الأربعة (التراب، الماء، الهواء، النار) التي تقع بين كرة الأرض وكرة القمر؛ حيث قال: «وشكل كل واحد من الأربعة على شكل كرة»، ويتابع: «والعالم يركب من بسائط صائرة كرة واحدة».

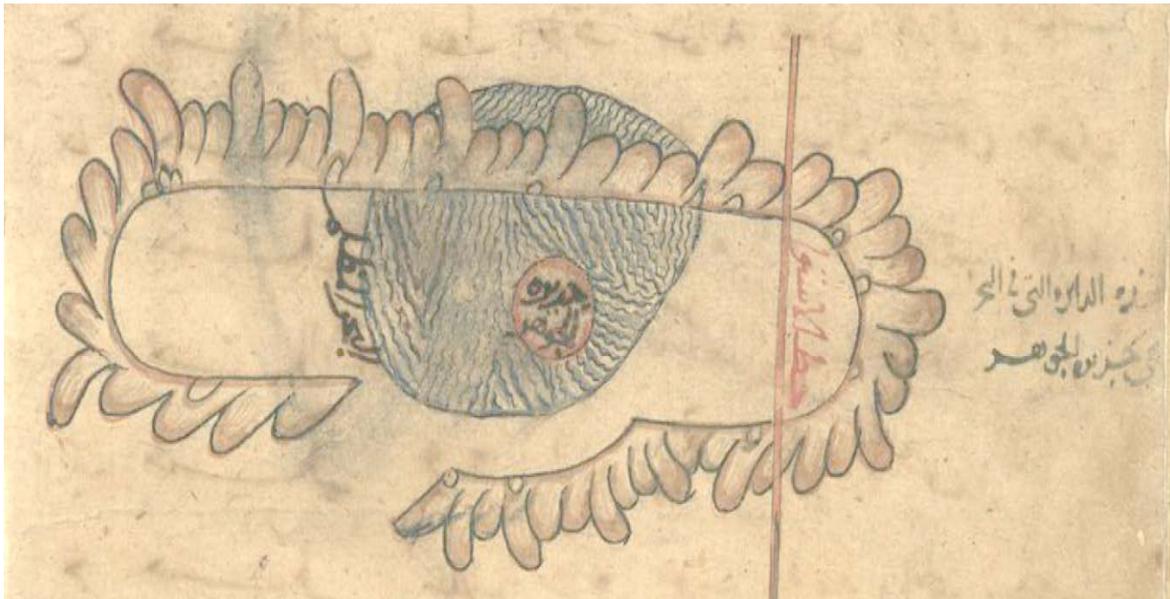
اقتنع **ابن الحائك الهمداني** (توفي 334 هـ / 945م) بأن الأرض كروية، وقد ساق الأدلة المعروفة في ذلك، لكنه حاول تطبيقها في حالة البلدان العربية بدلاً من إطلاق الأدلة بشكل عام. بينما قال **الهمداني**: «اعلم أن الأرض ليست بمنسوحة، ولا ببساط مستوي الوسط والأطراف، ولكنها مقببة، وذلك التقبيب لا يبين مع السعة، إنما يبين تقبيبها بقياساتها إلى أجزاء الفلك، فيقطع منها أفق كل قوم على خلاف ما يقطع عليه أفق الآخرين طولاً وعرضاً في جميع العمران، ولذلك يظهر على أهل الجنوب كواكب لا يراها أهل الشمال، ويظهر على أهل الشمال ما لا يراه أهل الجنوب ويكون عند هؤلاء نجومٌ أبديةٌ الظهور والمسير حول القطب، وهي عند أولئك تظهر وتغيب،

تعرفنا على رأي **محمد بن أحمد الخوارزمي** (توفي نحو 387 هـ / 997م) عن كروية الأرض من خلال ما كتبه عنه **تقي الدين المقرئزي** (توفي 845 هـ / 1442م) إذ قال: «وقال **محمد بن أحمد الخوارزمي**: الأرض في وسط السماء، والوسط هو السفلي بالحقيقة، وهي مدورةٌ مخرسةٌ من جهة الجبال البارزة والوهاد الغائرة، وذلك لا يخرجها عن الكرية إذا اعتبرت جملتها لأن مقادير الجبال وإن شمخت يسيرة بالقياس إلى كرة الأرض، فإن الكرة التي قطرها ذراع، أو ذراعان مثلاً إذا أنتأ منها شيء أو غار فيها لا يخرجها عن الكرية، ولا هذه التضاريس لإحاطة الماء بها من جميع جوانبها وغمرها، بحيث لا يظهر منها شيء» (المقرئزي، 1997م).



ويشير هنا **الخوارزمي** إشارةً مهمةً وهي أنّ التضاريس والمعالم الطبيعية المنتشرة على سطح الأرض لا تمنع أنّ تجعل الأرض كروية الهيئة، ويستعين لتأكيد هذه الفكرة بتشبيهه مبسّط هو أنّ الكرة التي قطرهما نحو **50 سنتيمتراً** لن تؤثر النتوءات التي تنتشر على سطحها في كرويتها في شيء.

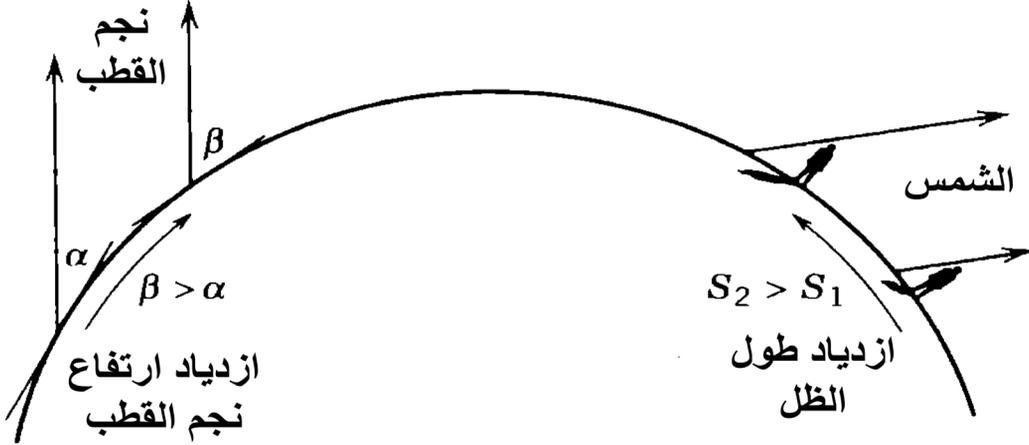
كان **محمد بن موسى الخوارزمي** (توفي في 232هـ / 846م) يقرّ بكروية الأرض، وإن لم أعر على نص صريح له بذلك، لكنني استنتجته من كتابه (صورة الأرض) الذي اعتمد فيه على جغرافية **بطليموس**. إذ كثيراً ما يكرر عبارة (كرة الأرض) في عناوين الكتاب.



هيئة الأرض كما رسمها الخوارزمي في كتابه (صورة الأرض). حيث تحيط البحار باليابسة المدوّرة في الوسط



أورد أحمد بن محمد بن كثير الفرغاني (توفي بعد 237هـ / 851م) عدداً من الأدلة التي أثبت فيها كروية الأرض. وهي أدلة ورد بعضها عند فيثاغورس وأرسطو وبطليموس، لكن الدليل الجديد الذي أضافه الفرغاني ذلك المتعلق بالشهب. حيث إنه وجد أن رصده يختلف بين الراصد الذي يكون في المشرق والآخر الذي يكون في المغرب (الفرغاني 1970).



عند السفر نحو الشمال

من الأدلة التي أوردها الفرغاني على كروية الأرض أنه عند السفر نحو الشمال فإن طول ظل الشخص الواقف تحت أشعة الشمس يزداد. ولكن إذا سافر الشخص نحو الشرق أو الغرب فإن نجم القطب سيبقى كما هو على الارتفاع نفسه، لكن لو سافر نحو الشمال فإنه يصبح أكثر أو الجنوب فإنه يصبح أقل (Smith 1997)

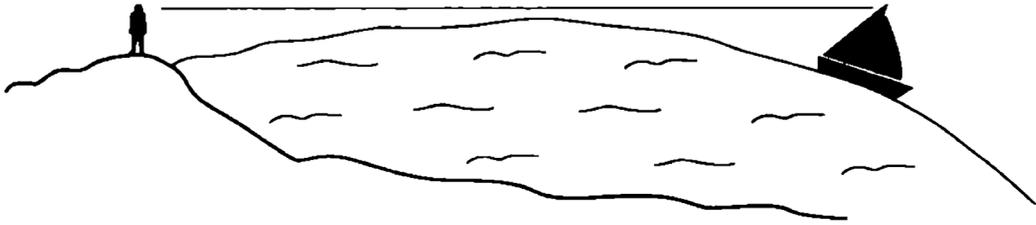


استدلَّ أبو بكر محمد حسن الكرجي (توفي بعد 406هـ / 1015م) على كروية الأرض عملياً من خلال البحار، وقد برهن على ذلك منطقياً من خلال موازنة سطح البحر لسطح اليابسة ولم يكن هناك أي جريان أو تدفق للمياه نحو اليابسة. ثم قدم لنا الكرجي رده على أن تكوّر الأرض يقتضي حركتها بشكل أبدي، وبالتالي فإن الماء الموزع على سطحها يتحرك أيضاً بشكل أبدي. حيث قال: إن تضرّس سطح الأرض هو السبب في سكونها وعدم حركتها. لكن ووجدنا أن الخوارزمي لم يُعر أيّة أهمية لمسألة التضاريس وتأثيرها في شكل كروية أو سكونها وحركتها.

قام الحسن بن الهيثم (توفي نحو 430هـ / نحو 1038م) بتكرار الرأي نفسه حول كروية الأرض وانتشار التضاريس على سطحها وسكونها في مركز العالم، حيث قال: «شكل الأرض بكليتها وجميع أجزائها شبيه بالكرة، لكن سطحها ليس بصحيح الاستدارة بل فيه تضاريس ليس للذي يعرض فيه من تأثيرات الأجرام السماوية، إلا أن ذلك ليس بمبطلٍ لكرويتها ولا يخرجها عن شكلها، بل هي بالإضافة إلى جملتها كالخشونة العارضة في سطح بعض الأكر الصغار؛ فالأرض بجملتها كرةٌ مستديرةٌ مركزها مركز العالم وهي مستقرّة في وسطه، ثابتةٌ فيه غير منتقلةٍ إلى جهةٍ من الجهات، ولا متحركةٍ بضربٍ من ضروب الحركات بل هي دائمة السكون.

قرّر ابن سينا (توفي 428هـ / 1037م) كروية الأرض، لأنّ «الأجسام الفلكية تعمّها جميعاً الجسمية والشكل المستدير والحركة على الاستدارة، وإنّ فعالها بالطبيعة لا بالقصد، فإن ما يقع عنها إنّما يقع من طبيعة حركاتها وقواها، إلا أنها عالمة بما يقع من حركاتها وشكلها بأشكالها المختلفة وممازجاتها.





أعاد ابن سينا حجة أرسطو في اختفاء السفينة بعد خط الأفق عندما ينظر إليه مراقب من الشاطئ وهي تبحر مبتعدة عنه (Smith 1997)

بينما ردّ أبو الريحان البيروني (توفي 440هـ / 1048م) على من يقول إنّ شكل الأرض أسطوانياً، سواءً من الهنود أو اليونانيين، وقال بأنّ هذا غير ممكن، وإلا لبرز الربع الجنوبي المقاطر للربع الشمالي عن الماء (البيروني، تحديد نهايات الأماكن لتصحيح مسافات المساكن، 1962م)، وهو ما لم نشاهده في الواقع، ثم أورد البيروني أدلة بطليموس في إثبات كروية الأرض، ويبدو أنّه كان مقتنعاً بها نظراً لمنطقها العقلي السليم، فهو لم يقدم أي اعتراض عليها (البيروني، القانون المسعودي، 1954م). كما أننا نلاحظ أنّ البيروني قد تبني رأي محمد بن أحمد الخوارزمي في شكل الأرض وتوزيع المعالم الجغرافية عليها.

أشار البيروني أيضاً إلى حالات التقعر والتحدّب والاستقامة التي يُستدلّ من خلالها على كروية الأرض، وقد أثبت أن الامتداد في اتجاهات الشرق والغرب والجنوب والشمال محدّد الشكل وليس مستقيماً ولا مقعراً. إذ لو كان الامتداد



من الشرق إلى الغرب مستقيماً لشاهد جميع سكان البلاد القاطنين في هذا الاتجاه شروق الأجرام السماوية في الوقت نفسه، ولو كان الامتداد مقعراً، أي منحنيّاً إلى الداخل لاختلفت أوقات الشروق بشكل فعلي بين بلدٍ وآخر، ولكان سكان البلاد الغربية سيشاهدون شروقها قبل البلاد الشرقية؛ وفي حال التحديب الشبيه بسطح كرة فإن ما يحدث هو مشاهدة سكان البلاد الشرقية للأجرام قبل الغربية (أحمد، 1960م).

قدم لنا **محمد بن أبي بكر الزهري الفرناطي** (توفي بعد 541هـ / 1154م) أدلة كروية الأرض، سواء النقلية منها أو العقلية. وهي بمجملها تكرر لما سبق وأن طرحه العلماء السابقون.

قال **الزهري الفرناطي**: «لأن الأرض كروية، والجغرافية بسيطة، لكنهم بسطوا **الإسطرلاب**، وكما بسطوا هيئات الكسوف في دواوينهم، ليعلم الناظر فيها جميع أجزائها وأصقاعها وحدودها وأقاليمها وبحارها وأنهارها وجبالها ومعمورها وقفرها وحيث تقع كل مدينة من مدائنها في شرقها وغربها وبنظر الناظر مكان أعاجيبها وما في كل جزء من الأعاجيب المشهورة والمباني الموصوفة بالقدم في أقطارها». وقد «اختلف الناس ممن سلف وخلف أن الأرض كروية. ومنهم من قال إنها سطح. فأما من قال إنها سطح فلا يقوم له برهان، غير أنه تعلق بقوله تعالى: ﴿وَالْأَرْضَ بَعْدَ ذَلِكَ دَحَاهَا﴾ [سورة النازعات، الآية 30]، تأويل هذه الآية لا يفقهه إلا أهل العلم. ولو أن الله تعالى دحى الأرض لما استقر عليها أحد. وهو قوله عز وجل: ﴿لَتَسْلُكُنَّ مِنْهَا سُبُلًا فِجَاجًا﴾ [سورة نوح، الآية 20]، وأما من قال إنها كروية فله في ذلك البراهين الواضحة والدلائل البينة منها:





- جري الماء على الأرض،
- واختلاف النظر في الفلك،
- وقصر الظل،
- وقصر الليل وطول النهار وإيلاج بعضها في بعض،
- واختلاف درج المطالع،

ولو كانت الأرض سطحية لم يكن في الفلك من هذا كله شيء ولكان الليل والنهار على حدٍّ واحد طول الدهر. واختصرنا الكلام في هذا إذ هذا موضعه»

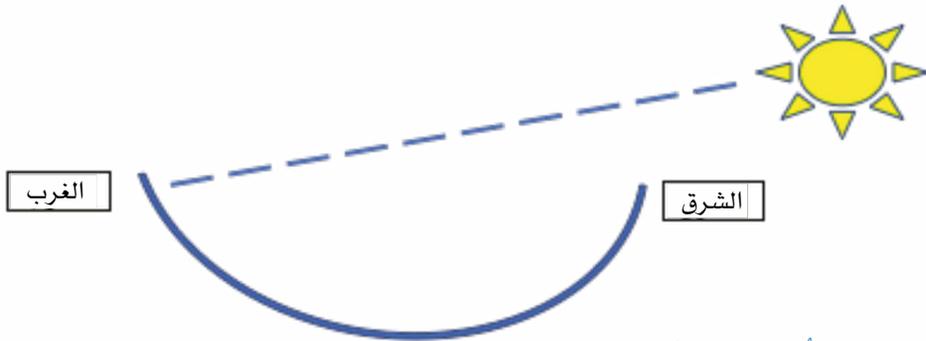
لخص الجغرافي البارز محمد بن محمد بن عبد الله بن إدريس الإدريسي (توفي 560هـ / 1165م) أقوال السابقين حول كروية الأرض دون أن يقدم لنا الجديد، وقال: «إن الذي تحصل من كلام الفلاسفة وجلة العلماء وأهل النظر في علم الهيئة أن الأرض مدورة كتدوير الكرة والماء لاصقٌ بها وراكد عليها ركوداً طبيعياً لا يفارقها والأرض والماء مستقران في جوف الفلك كالمحة في جوف البيضة ووضعهما وضع متوسط والنسيم محيطٌ بهما من جميع جهاتهما وهو لهما جاذب إلى جهة الفلك أو دافع لهما والله أعلم بحقيقة ذلك» (الإدريسي، 1989م).



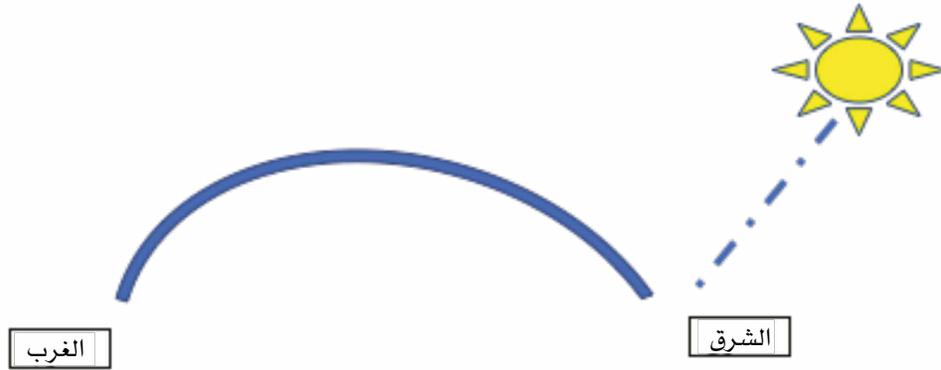
شكل الأرض وحركتها



في حال كانت الأرض مسطحة فإن جميع السكان يشاهدون الشروق في الوقت نفسه



لو كانت الأرض مقعرة الشكل لشاهد سكان البلاد الغربية الشروق قبل سكان البلاد الشرقية



باعتبار أن الأرض محدبة الشكل فإن سكان الشرق يشاهدون الشروق قبل سكان الغرب





أورد الجغرافيا في الشهير **ياقوت الحموي** (توفي 626هـ / 1229م) آراء من سبقه حول شكل الأرض، سواءً من اليونانيين أو العلماء العرب والمسلمين وعلى مختلف فرقهم: فلاسفة ومتكلمين؛ لكنه يميل لتبني رأي **محمد بن أحمد الخوارزمي** فقط، وهو أنّ الأرض كروية تنتشر عليها التضاريس والمعالم الصخرية المختلفة التي تسمح بتوزيع الماء بشكلٍ مختلفٍ على سطحها (الحموي، 1995م).

ناقش **قطب الدين الشيرازي** (توفي 710هـ / 1310م) كروية الأرض وما يحيط بها من الماء بشكل موسّع ومفصّل في كتابه (نهاية الإدراك في دراية الأفلاك). لكنه في البداية انطلق من فرضيات أنها غير مكورة، ثمّ نقضها، ثم بين أنها كروية. وقد كان عرضه أفضل من عرض الكثيرين الذين سبقوه؛ لأنه اعتمد البرهان بطريقة نقض الفرض، وهي طريقة منطقية تجعل من الحجة قوية.

كان **محمد بن إبراهيم بن يحيى بن علي الأنصاري الكتبي**، المعروف **بالوطواط** (توفي 718هـ / 1318م) مقتنعاً بكروية الأرض والسماوات وكل الأجرام السماوية، وقد استقى براهينه من العلماء السابقين. فقد ركّز على مثالي تأخر رؤية الخسوف بين الراصد المشرق والمغربى، واختلاف منظر النجوم المرصودة في المكان نفسه.

أقرّ الشيخ **شمس الدين أبو عبد الله محمد بن أبي طالب الأنصاري** الدمشقي المعروف **بشيخ الربوة** (توفي 727هـ / 1327م) بأن الأرض كروية فهي «كروية الشكل بالكلية، مضرّسة بالجزئية من جهة الجبال البارزة والوحدات الغائرة، ولا يخرجها ذلك من الكروية» (شيخ الربوة 1865). وأثر **الخوارزمي** واضح في طروحاته. ثم أورد أدلة كرويتها حسب ما وصله ممن سبقه: قالوا



والدليل على أن الأرض كروية الشكل مستديرة أن الشمس والقمر وسائر الكواكب لا يوجد طلوعها ولا غروبها على جميع النواحي في وقت واحد، بل يُرى طلوعها في النواحي المشرقية من الأرض قبل طلوعها على النواحي المغربية، وغيوبتها عن المغربية.

انضم أبو الفداء **إسماعيل بن علي أبو الفداء** (توفي 732هـ / 1331م) إلى القائلين بكروية الأرض، وقد ثبت له ذلك «بعده أدلة منها: أن تقدم طلوع الكواكب، وتقدم غروبها للمشرقيين على طلوعها وغروبها للمغربيين يدل على استدارتها شرقاً وغرباً، وارتفاع القطب والكواكب الشماليّة وانحطاط الجنوبيّة للواغليين في الشمال، وارتفاع القطب والكواكب الجنوبيّة وانحطاط الشماليّة للواغليين في الجنوب.

أشار الفلكي **محمود بن محمد بن عمر الجفميني** (توفي 745هـ / 1345م) إشارة مهمة تتعلق بكروية الأشياء عموماً، وكروية الأرض خصوصاً. وقد استنتج **الجفميني** أن الأرض كرة كاملة الاستدارة، لكنها مضرّسة بشكل جزئي بسبب الوهاد والجبال، لكن هذا التضريس لا يخرجها من كونها كروية نظراً لصغر الجبال مهما ارتفعت، فهي لن تكون أكثر من حبة شعير على بيضة.

انطلاقاً من ثقة **عبد الرحمن بن خلدون** (توفي 808هـ / 1406م) بأراء علماء الطبيعة نراه يُقرّ بكروية الأرض، ويحاول أن يصحح فكرة انتشار الماء على سطحها الخارجي تحديداً وليس تحتها. قال **ابن خلدون**: «اعلم أنه تبين في كتب الحكماء الناظرين في أحوال العالم أن شكل الأرض كرويٌّ وأنها محفوفةٌ بعنصر الماء كأنّها عنبةٌ طافيةٌ عليه فانحسر الماء عن بعض جوانبها لما أراد



اللّٰه من تكوين الحيوانات فيها وعمرانها بالنوع البشري الذي له الخلافة على سائرها، وقد يتوهم من ذلك أنّ الماء تحت الأرض وليس بصحيح وإنّما تحت الطبيعي قلبُ الأرض ووسط كرتها الذي هو مركزها والكل يطلبه بما فيه من الثقل وما عدا ذلك من جوانبها، وأمّا الماء المحيط بها فهو فوق الأرض وإن قيل في شيء منها إنه تحت الأرض فبالإضافة إلى جهة أخرى منه» (ابن خلدون، 2004م).

تأرجح رأي أحمد بن علي بن عبد القادر المقرئزي (توفي 845هـ / 1441م) بين أن تكون الأرض كروية الأرض وقد لا تكون كروية، ولم يستقر على رأي محدد، لكنه يقرّ بأنها واقفة في مركز العالم. قال المقرئزي: إن الأرض «جسمٌ مستدير كالكرة، وقيل: ليست بكروية الشكل وهي واقفة في الهواء بجميع جبالها وبحارها وعامرها وغامرها، والهواء محيط بها من جميع جهاتها كالمح في جوف البيضة وبعدها من السماء متساو من جميع الجهات وأسفل الأرض ما تحقيقه هو عمق باطنها مما يلي مركزها من أي جانب كان. ذهب الجمهور إلى أن الأرض كالكرة موضوعة في جوف الفلك كالمح في البيضة، وأنها في الوسط وبعدها في الفلك من جميع الجهات على التساوي» (المقرئزي 1997).





مفهوم شكل الأرض عند الأوربيين

لقد رسم **كوسماس إنديكوبليوتس** Cosmas Indicopleustes (توفي 550م)، وهو يوناني من الإسكندرية، الأرض كمستطيل، أي أنّ طولها (شرقاً وغرباً) ضعف عرضها (شمالاً وجنوباً)، وهي الفكرة التي نشأ منها مفهوم خط الطول (الطول) وخط العرض (العرض)؛ ومن الزوايا الأربع لهذه الأرض المستطيلة نشأت أعمدة وردية لدعم قبة السماء. ربما استوحى ذلك من المعتقدات المصرية القديمة القائمة على الفكرة نفسها.

أعلن **بيدي المكرّم** The Venerable Bede (توفي 735م) عام 700م أنّ الأرض على شكل بيضة تطفو في الماء ومحاطة بالنار في كل مكان. وفي كتابه (حول حساب الوقت)، علّم بيدي بوضوح عن الأرض كروية.

اختلف **جوانز إكسارخ** Joannes Exarch (توفي في القرن 10م) بشكل جذري مع وجهة النظر التوراتية حول شكل الأرض. وقد قبل وجهة نظر **أرسطو** بأن الأرض كروية. علاوة على ذلك، جادل مؤلفين مثل **كوسماس إنديكوبليوتس** الذي كان يؤكد أن الأرض مسطحة، كما وجدنا سابقاً.

كان الكون عند الفلكي البولندي **نيكولاس كوبرنيكوس** N. Copernicus (توفي 1543م)، كله كروي وليست الأرض فقط، «لأن كل شيء يتجه في العالم نحو التقيّد بهذا الشكل، كما يتضح في حالة قطرات المياه وغيرها من الأجسام السائلة، عندما تتحدد ذاتياً».





لقد بات النقاش مركّزاً، منذ منتصف القرن السادس عشر، على المواضيع والحركات المفترضة للكرة الأرضية. كان محور هذا التطور هو عمل **كوبرنيكوس**، الذي نشر كتاباً (حول دوران الأجرام السماوية Revolution Bus) عام 1543م. وبشكل مثير للصدمة، تحدى الكتاب الرؤية الباطنية الأرسطية لكون (مركزه الأرض)، وهي الفكرة التي سيطرت على علم الفلك حوالي 1500 سنة. وكبديل لذلك، افترض **كوبرنيكوس** وجود نظام (مركزه الشمس)، حيث أصبحت الأرض مجرد كوكب آخر في مدار حول الشمس، بدلاً من أن تكون المركز الثابت للكون كموضوع لخلق الله الخاص.

في عام 1616م، وإدراكاً منها للتأثير المحتمل في تفسير الكتاب المقدس، حظرت الكنيسة الكاثوليكية الكتب التي جادلت لصالح حركة الأرض. ومع ذلك، جرى استكشاف أطروحة **كوبرنيكوس** وتوسيعها من قبل عالم الرياضيات الألماني **يوهانس كيبلر** J. Kepler (توفي 1630م)، الذي اكتشف أن الكواكب لا تتبع مساراً دائرياً حول الشمس، كما كان يعتقد كوبرنيكوس، ولكنها تتحرك على مسار قطع ناقص. في هذه الأثناء، في إيطاليا، كان **غاليليو غاليلي** يستخدم التلسكوب لإجراء عدد من الاكتشافات التي تتناقض مع النظام الأرسطي ومع الدليل التجريبي على أن كون كوبرنيكوس شمسي المركز.

بعدها أشار **مارتن لوثر** M. Luther (توفي 1546م) في تعليقه على سفر التكوين، مؤكداً أن الأرض كروية. كما أنه كثيراً ما أشار إلى أرسطو في تعليقه. حيث أكد أرسطو بوضوح أن الأرض كروية،

يخلط أصحاب الأرض المسطحة باستمرار بين مركزية الشمس وكروية الأرض، ويدمجونها مع الأساطير التي نسجت حول **كولومبوس** مع قضية **غاليليو**



غاليليه بعد أكثر من قرن بقليل. ففي عام 1543م، بعد نصف قرن من رحلة **كولومبوس**، نشر **نيكولاس كوبرنيكوس** كتابه (حول دوران الأجرام السماوية)، الذي روج فيه لنظرية مركزية الشمس. وعلى عكس الاعتقاد الخاطئ الشائع، لم يُحظر على الفور من قبل الكنيسة الكاثوليكية الرومانية. وإنما قرأ عمل كوبرنيكوس على نطاق واسع وأثار الكثير من النقاش. كان **غاليليو غاليليه** أحد الذين تحولوا إلى نظرية مركزية الشمس. في عام 1610م، نشر **غاليليو** كتابه (الرسول النجمي The Starry Messenger)، حيث شارك بأرصاده التلسكوبية عن أطوار كوكب الزهرة والأقمار الأربعة التي تدور حول كوكب المشتري، التي دعمت نموذج مركزية الشمس ودحضت النموذج البطلمي المتمركز حول الأرض، جنباً إلى جنب مع الجوانب ذات الصلة بالفيزياء الأرسطية المهيمنة. أثار هذا الكتاب، مع تعليم **غاليليو** المستمر لنظرية مركزية الشمس، بعض المعارضة، ولكن ليس من قبل اللاهوتيين، كما يعتقد معظم الناس. وإنما كان من قبل العلماء الآخرين المعارضين **لغاليليو**، لأنه إذا كان نموذج مركزية الشمس صحيحاً، فإنه سيقبل النموذج البطلمي، وهو علم الكونيات السائد لمدة 15 قرناً.

نشر **غاليليو** كتابه (حوار حول نظامين) روج هذا الكتاب مرة أخرى لمركزية الشمس، وهذه المرة على شكل نقاش بين ثلاثة أشخاص، اثنان من دعاة النموذج الكوبرنيكي، وواحد مدافع عن النموذج البطلمي. حصل **غاليليو** على إذن من المسؤولين الكاثوليك الرومان لنشر الكتاب. باللغة الإيطالية للوصول إلى جمهور أكبر. وعلى الفور، لقي الكتاب رواجاً كبيراً، لكنه استجلب معارضة سريعة جداً من قادة الكنيسة. أُدين **غاليليو** بتهمة تعليم عقيدة هرطقيّة، وحُكم عليه بالإقامة الجبرية لبقية حياته. كما أُجبر على التراجع ومُنع مرة أخرى من تدريس مركزية الشمس.





بعد أن وضع إسحاق نيوتن I. Newton (توفي 1727م) قانون الجاذبية العام، شرع في تتبع بعض نتائجه على أرض الواقع. فقد رأى أن شكل الأرض يعتمد جزئياً على الجاذبية المتبادلة بين أجزائها، وجزئياً على ميل الطرد المركزي بسبب دوران الأرض، ومن شأن هذه الأفعال أن تتسبب في تسطيح القطبين. وقد دفعه ذلك لاختراع طريقة رياضية استخدمها لحساب نسبة القطر القطبي إلى القطر الاستوائي. ولاحظ أن ما يترتب على ذلك من انتفاخ للمادة عند خط الاستواء سوف يجذبها القمر بشكل غير متساو، فالأجزاء الأقرب أكثر انجذاباً؛ وبذلك يعمل القمر على إمالة الأرض عندما يكون في بعض أجزاء مداره؛ وتفعل الشمس ذلك أيضاً بدرجة أقل بسبب بعدها الكبير عن الأرض. ثم أثبت أن التأثير يجب أن يكون دورانياً لمحور الأرض على سطح مخروطي في الفضاء، تماماً كما يرسم محور القمة مخروطاً. وقد حسب المقدار بالفعل؛ وبذلك تمكن من تفسير سبب بداية الاعتدال الذي اكتشفه هيبارخوس حوالي عام 150 قبل الميلاد (Forbes, 1909).

كما وجد نيوتن أن دوران الأرض يولد قوة طرد مركزية تتسبب في انتفاخ خط الاستواء قليلاً، بحيث بلغ قطر الأرض حوالي (6374.4 كيلو متراً) عند خط الاستواء، و فقط (6345.6 كيلو متراً) عبر القطبين؛ بعبارة أخرى، فقد حدثت تسوية عند القطبين بمقدار (230/1). قوة الطرد المركزي هذه، التي تعمل عكس جاذبية الأرض، ستؤدي أيضاً إلى أن تكون الجاذبية الفعالة أصغر بشكل يمكن قياسه عند خط الاستواء، كما أوضح ريتشر. وقد استقبل زملاء نيوتن في الجمعية الملكية على الفور الفلسفة المبنية على الرياضيات المتأصلة في العمل، مع أنهم كانوا غالباً محبطين في فهم الصيغ. لكن اعتنق العلماء البريطانيون بشكل خاص مفهوم الجذب



كدليل للدراسة العامة للمادة. ومن خلال العمل بإصرار على تعقيدات الرياضيات الكثيفة **لنيوتن**، سعوا لإيجاد تطبيقات عملية لقوانين الجاذبية. وعلى النقيض من ذلك، كان الكثير من المجتمع العلمي في القارة الأوروبية متشككاً جداً في ادعاءات **نيوتن**، لا سيما في فرنسا. فقد جد العلماء هناك هذا المفهوم الجديد للجاذبية، والنتيجة الطبيعية للأرض المسطحة ذات الجاذبية المتغيرة، والتي تتعارض تماماً مع نموذج المنطق الذي تبناه قبل نصف قرن تقريباً مواطنهم **رينيه ديكارت** René Descartes (توفي 1650م). إذ وفقاً لعمل **ديكارت** الضخم (مبادئ الفلسفة (Principia Philosophiae، 1644)، فإن الأرض والقمر والكواكب والنجوم مغمورة في سائل هائل غير مرئي سماه «الأثير»، والذي وضعه الله - كما يدعي - بحركة دائرية عند الخليقة ودواماته العظيمة تستمر في الدوران.

لكن **نيوتن** هو من حظي بالثناء على نطاق واسع في الخيال الشعبي اللاحق، حيث دعمت أعماله الكلاسيكية، مثل كتاب (المبادئ 1687 Principia) و (البصريات 1709 Opticks)، الجمع بين الرياضيات وعلم الفلك. وقد أكدت البعثات الفرنسية خلال القرن الثامن عشر النتيجة التي توصل إليها (في الكتاب الثالث من كتاب المبادئ) بأن الأرض ليست كروية مثالية وإنما كروية مفلطحة تنتفخ عند خط الاستواء بسبب دورانها.

كان الفلاسفة الفرنسيون مثل **فولتير** مستحوزين على الاحتمالات التي تعدُّ بها. حيث ظهرت الطبيعة وكأنه يمكن استيعابها بالعقل، وأنها تعمل بالقوانين التي كانت تنتظر أن يكتشفها الراصد العقلاني. وبذلك فقد افترض المفكرون أن الإنسان، كجزء من الطبيعة، يجب أن يكون نتاج مبادئ مماثلة. افترض بعض الفلاسفة أن تداعيات ذلك كانت مذهلة؛ لأنه إذا كان من الممكن اكتشاف





قوانين شاملة في العالم الخارجي من حولنا، فلماذا لا يحدث ذلك في البشر والمجتمع ككل؟ وبدافع من تفسيرهم لعمل **نيوتن**، ترجمت محاولتهم لإيجاد قوانين أساسية من الرياضيات وعلم الفلك إلى الفضائل والأخلاق، بينما كان يُعتقد أن الطريق إلى هذا الاكتشاف هو العقل.

هذه العقلانية الأوربية المتأخرة للطبيعة كان **جابر بن حيان** قد سبقهم إليها منذ القرن التاسع الميلادي. فقد وجد من خلال تأسيسه (**علم الميزان**) أن يمكننا «تخليق أو تصنيع المواد» وليس انتظار الطبيعة حتى تصنعها، ثم عمم هذه الفكرة بجرأة أكبر ليشمل كل الكائنات الحية. فلو كانت الظروف والإمكانات البحثية في عصره متاحة لوجدناه يصنع مختلف المواد الكيميائية التي نصنعها اليوم، ولا أستبعد أبداً من إمكانية وصوله لعمليات الاستساخ والهندسة الوراثية (**العمرى وبصمه جي 2021**).

وإذا نظرنا إلى الوراء، يمكننا أن نرى في عمل **نيوتن** عن شكل الأرض بدايات نظرية مرضية. ومع ذلك، كان من الصعب متابعة تفسيراته، التي اعتمدت على العديد من الافتراضات التي لم تذكر بوضوح ولم تكن واضحة على الإطلاق. نعم لقد كانت نظرية **نيوتن** عن شكل الأرض - بالنسبة لمعظم قراء كتاب (المبادئ) - غير مفهومة إلى حد كبير (Linton, 2007).

للأسف بعد قرونٍ من الجهود العلمية والتقنية الكبيرة التي بُذلت لإثبات كروية الأرض، نجد حدوث انتكاسة في هذا القرن مع عودة ظهور التيار الداعم لنظرية الأرض المسطحة.

درس الفلكيون القدامى حركة القمر والكواكب لكن هذه الحركة لم تفسر





بشكل صحيح إلا في أواخر القرن السابع عشر عندما أوضح العالم الإنجليزي **أسحاق نيوتن** (1642 - 1727م) أن هناك ارتباطاً بين القوى الجاذبة للأجسام نحو الأرض وأسلوب حركة الكواكب. بنى **نيوتن** دراسته على الدراسة الدقيقة لحركة الكواكب والتي قام بها اثنان من الفلكيين في أواخر القرن السادس عشر الميلادي وهما **تيخو براهي** الدنماركي و**يوهان كيبلر** الألماني. ومن القوانين الثلاثة التي اكتشفها **كيبلر** أوضح **نيوتن** كيف أن قوة الجذب للشمس لا بد أن تقل بزيادة المسافة، وافترض أن جذب الأرض لا بد أن تسلك ذات السلوك فتمكن من حساب القوة التي تجذب القمر إلى الأرض عند سطحها. أما عالم الطبيعة الإيطالي **غاليليو غاليلي** (1642- 1564م) فقد قدم مساهمات جيدة في مراقبة الأجسام الساقطة تجاه الأرض، واستنتج أن معدل السرعة المتزايد (عجلة الجاذبية الأرضية) ثابتة بالنسبة لكل الأجسام، وأن سرعة الجسم الساقط تساوي في الثانية الأولى نصف قيمة عجلة الجاذبية في مكان سقوطه إلى سطح الأرض.







المراجع العربية

ابن خلدون، المقدمة، تحقيق: عبد الله محمد الدرويش، ط1، ج2، توزيع دار يعرب، دمشق، 2004م، ص 140.

أحمد، كرم حلمي فرحات، تأثيرات الحضارة الإسلامية في الحضارة الصينية في الرياضيات والفلك والطب والصيدلة والهندسة المعمارية والآلية، مجلة جامعة الشارقة للعلوم الإنسانية والاجتماعية المجلد 8، عدد 2، جمادى الآخرة 1432هـ / يونيو 2011م.

البيروني، أبو الريحان، تحديد نهايات الأماكن لتصحيح مسافات المساكن، تحقيق: ب. بولجاكوف، نشرها معهد المخطوطات العربية في مجلته، المجلد 8، 1962م، وقد أعاد معهد المخطوطات العربية بجامعة فرانكفورت بإعادة نشرها ضمن سلسلة الجغرافيا الإسلامية المجلد 25، 1992م.

البيروني، أبو الريحان، تحقيق ما للهند من مقولة مقبولة في العقل أو مردولة، ط2، عالم الكتب، بيروت، 1982م.

البيروني، أبو الريحان، التفهيم لأوائل صناعة التنجيم، مخطوطة موجودة في المكتبة البريطانية، رقم (Or 8349).

البيروني، أبو الريحان، القانون المسعودي، ج1، ط1، دائرة المعارف العثمانية، حيدر آباد الدكن بالهند، 1954م.

البيروني، أبو الريحان، كتاب الإسـطـرلاب، مخطوطة مكتبة الدولة، برلين، رقم (Petermann-I-672).





الحموي، ياقوت، معجم البلدان، ج2، دار صادر، بيروت، 1995م.

الخوارزمي، محمد بن موسى، كتاب صورة الأرض، تحقيق: هانس فون مزيك، دار ومكتبة بيلون، جبيل، 2009م.

الخوارزمي، محمد بن موسى، كتاب صورة الأرض، مخطوطة المكتبة الوطنية في باريس، رقم (Arabe 2185)

الإدريسي، محمد، نزهة المشتاق في اختراق الآفاق، ج1، عالم الكتب، بيروت، 1989م.

الإدريسي، محمد، نزهة المشتاق في اختراق الآفاق، مخطوطة محفوظة في مكتبة بودليان، رقم (MS. Pococke 375).

سزكين، فؤاد، تاريخ التراث العربي (الرياضيات حتى نحو 430 هـ)، مجلد5، ج1، ترجمة: عبد الله عبد الله حجازي، وحسن محيي الدين حميدة، ومحمد عبد المجيد علي، جامعة الملك سعود، الرياض، 2002م.

سزكين، فؤاد، تاريخ التراث العربي (علم الفلك حتى نحو 430 هـ)، مجلد6، ج1، ترجمة: عبد الله عبد الله حجازي، جامعة الملك سعود، الرياض، 2008م.

السويسي، محمد، آراء بعض المستشرقين حول التراث العلمي العربي والردّ عليها، بحث منشور ضمن كتاب مناهج المستشرقين في الدراسات العربية الإسلامية، ج2، صدر في إطار الاحتفال بالقرن الخامس عشر الهجري، المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم، الرياض، 1985م.

شيخ الربوة، شمس الدين، نخبة الدهر في عجائب البر والبحر، اعتنى بطبعه ونشره: م. فرين، ثم أغطس مهرن، بطرسبورغ، 1865م.





- صروف**، يعقوب، بسائط جيولوجية، وزارة المعارف العمومية، القاهرة، 1932م، ص 10.
- ضاي**، ميادة، الملامح الهندسية لعلم الأراضة في التراث العربي، رسالة ماجستير غير منشورة، 1982
- العاني**، دحام إسماعيل، موجز تاريخ العلم، ج1، مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية، الرياض، 2002م.
- العمري**، عبدالله محمد. الجيوفيزياء التطبيقية. جامعة الملك سعود. فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية- الرياض . ردمك: 978-603-507-981-5, 2021 م.
- العمري**، عبدالله محمد. وسائر بصمه جي. كروية الأرض وتطبيقاتها من المنظورين التاريخي والعلمي. جامعة الملك سعود. فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية-الرياض. ردمك: 8-9496-03-603-978, 2021 م.
- عفيفي**، زينب، الفلسفة الطبيعية والإلهية عند الفارابي، دار الوفاء، الإسكندرية، 2002م.
- عفيفي**، محمد الصادق، تطور الفكر العلمي عند المسلمين، مكتبة الخانجي، القاهرة، 1977م.
- العقاد**، أنور عبد الغني، الجغرافية الفلكية، دار المريخ، الرياض، 1983م، هامش (39)، ص 100.
- علي**، شفيق عبد الرحمن، الجغرافية الفلكية، دار الفكر العربي، القاهرة، 1978م.
- غصيب**، هشام، دراسات في تاريخية العلم، ط1، دار التتوير العلمي - المؤسسة العربية للدراسات والنشر، عمّان - بيروت، 1993م.





الفرغاني، أحمد بن محمد بن كثير، كتاب الفرغاني في الحركات السماوية وجوامع علم النجوم، بتفسير الشيخ الفاضل يعقوب غوليوس.

فروخ، عمر، تاريخ الفكر العربي إلى أيام ابن خلدون، ط4، دار العلم للملايين، بيروت، 1983م.

فلوطرخس، كتاب فلوطرخس في الآراء الطبيعية التي ترضى بها الفلاسفة، ضمن كتاب أرسطوطاليس في النفس، تحقيق: عبد الرحمن بدوي، مكتبة النهضة المصرية، القاهرة، 1954م.

فولمان، ويليام تي، وداعاً نظرية مركزية الأرض، ترجمة: أسامة فاروق حسن، ط1، مؤسسة هنداوي للتعليم والثقافة، 2015م، ص 31.

القزويني، زكريا بن محمد بن محمود، عجائب المخلوقات وغرائب الموجودات، تحقيق: محمد ابن يوسف القاضي، مكتبة الثقافة الدينية، القاهرة، 2006م، ص 142-143.

الكندي، يعقوب بن إسحق، كتاب الكندي في الصناعة العظمى، تحقيق: عزمي طه السيد أحمد، قبرص، دار الشباب، 1987م، ص 143.

كرم، يوسف، تاريخ الفلسفة اليونانية، مطبعة لجنة التأليف والترجمة، القاهرة، 1936م.

المقريزي، تقي الدين، المواعظ والاعتبار بذكر الخطط والآثار، ج1، ط1، دار الكتب العلمية، بيروت، 1997م.

الماجدي، خزعل، موسوعة الفلك، ط1، دار أسامة، عمان، 2001م.

موريه، ليون، الوجيز في الجيولوجيا، ترجمة: يوسف خوري، وعبد الرحمن حميدة، ط1، دار طلاس، دمشق، 1987م، ص 22.

الهمداني، ابن الحائك، صفة جزيرة العرب، مطبعة بريل، ليدن، 1884م.





المراجع الأجنبية

- Adams, Simon & David Lambert, (2006), Earth Science: An Illustrated Guide to Science, Chelsea House, New York.
- Charlotte Bigg, and H. Otto Sibum, Duke University press, Durham and London, 2010
- Davidson, Martin, The Stars And The Mind, Scientific Book Club, London, 1947.
- Faulkner, Danny, Falling Flat: Refutation of Flat Earth, Master Books, Green Forest, Arkansas, 2019, p. 8.
- Forbes, George, History of Astronomy, G. P. Putnam's Sons, New York, 1909.
- Harris, Rollin Arthur, (1898), Manual of tides, Part 1, Govt. Print. Off., Washington.
- Lewis, George Cornwall, An Historical survey of the astronomy of the ancients, Parker, Son, and Bourn, London, 1862.
- Linton, C.M., From Eudoxus to Einstein: A History of Mathematical Astronomy, Loughborough University, 2007
- Schiavon, Martina, Geodesy and Mapmaking in France and Algeria: Between Army Officers and Observatory Scientists, in the: the heavens on earth: Observatories and Astronomy in Nineteenth Century Science and Culture Edited by David Aubin,
- Smith, James R., Introduction to Geodesy: the history and concepts of modern geodesy, John Wiley & Sons, New York, 1997





أ.د. عبد الله بن محمد العمري

www.alamrigeo.com E.mail : alamri.geo@gmail.com Cell : +966505481215

المناصب الإدارية والفنية

- ❖ دكتوراه في الجيوفيزياء عام 1990 م من جامعة مينيسوتا - أمريكا.
- ❖ المشرف على مركز الدراسات الزلزالية- جامعة الملك سعود.
- ❖ المشرف على كرسي استكشاف الموارد المائية في الربع الخالي.
- ❖ المشرف على مركز الطاقة الحرارية الأرضية بجامعة الملك سعود.
- ❖ رئيس الجمعية السعودية لعلوم الأرض.
- ❖ رئيس قسم الجيولوجيا والجيوفيزياء - جامعة الملك سعود.
- ❖ مؤسس ورئيس تحرير المجلة العربية للعلوم الجيولوجية ATGS.
- ❖ رئيس فريق برنامج زمالة عالم مع جامعة أوريغون الحكومية ومعهد ماكس بلانك الألماني.

الاستشارات والعضويات

- مستشار مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية.
- مستشار هيئة المساحة الجيولوجية وهيئة المساحة العسكرية والدفاع المدني.
- مستشار مدينة الملك عبدالله للطاقة الذرية والمتجددة.
- مستشار هيئة الرقابة النووية والإشعاعية.
- باحث رئيس في عدة مشاريع بحثية مدعومة من مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية وشركة أرامكو.
- باحث رئيس في مشاريع مدعومة من وزارة الطاقة الأمريكية وجامعة كاليفورنيا ومعهد ليفرمور الأمريكي LLNL.
- عضو الجمعية الأمريكية للزلازل.
- عضو الاتحاد الأمريكي للجيوفيزياء.
- عضو الاتحاد الأوروبي للجيولوجيين.
- عضو لجنة كود البناء السعودي وعضو المنتدى الخليجي للزلازل GSF.
- عضو لجنة تخفيف مخاطر الزلازل في دول شرق البحر الأبيض المتوسط RELEMR.
- باحث رئيسي ومشارك في مشاريع بحثية مع جامعات الاباما وبنسلفانيا وأوريغون الأمريكية.
- ضمن قائمة (المنجزون البارزون العرب) من قبل منظمة ريفاسيمنتو الدولية.
- ضمن قائمة Who's Who في قارة آسيا للتميز العلمي.
- ضمن قائمة Who's Who في العالم للإسهامات العلمية.

النشر العلمي والتأليف

- ❖ نشر أكثر من 180 بحثاً علمياً في مجلات محكمة.
- ❖ ألف 30 كتاباً علمياً.
- ❖ أصدر موسوعة رقمية في علوم الأرض من 14 مجلداً و 107 ملفات علمية.

المشاريع البحثية

- أنجز 40 مشروعاً بحثياً محلياً و 16 مشروعاً بحثياً دولياً و 74 تقريراً فنياً.

المؤتمرات والندوات

- شارك في أكثر من 125 مؤتمراً محلياً ودولياً و 75 ندوة وورش عمل متخصصة.

التعاون الدولي

- باحث رئيسي في 13 مجموعة عمل أمريكية وألمانية.

الجوائز

- ❖ حصل على جائزة المراعي للإبداع العلمي عام 2005 م.
- ❖ حصل على جائزة التميز الذهبي من مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية عام 2006 م.
- ❖ حصل على جائزة أ بها التقديرية للإسهامات العلمية عام 2007 م.
- ❖ حصل على جائزة جامعة الملك سعود للتميز العلمي عام 2013 م.
- ❖ حصل على جائزة الاتحاد الأمريكي للجيوفيزياء للتعاون الدولي والنشاط البحثي عام 2013 م.
- ❖ حصل على جائزة جامعة السلطان قابوس للإسهامات العلمية عام 2013 م.
- ❖ حصل على جائزة الملك سعود لإدراج المجلة العربية للعلوم الجيولوجية في قائمة ISI.
- ❖ حصل على جائزة أفضل رئيس تحرير مجلة علمية عام 2017 من الناشر الألماني SPRINGER.
- ❖ حصل على جائزة ألبرت نيلسون ماركيز للإنجاز مدى الحياة عام 2018 من منظمة Who's Who العالمية.

دروع التكريم

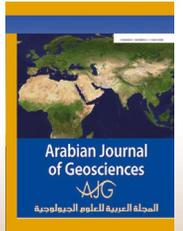
- ❖ حصل على 85 درعاً تكريمياً وشهادات تقدير من المملكة وعمان والكويت والإمارات والأردن ومصر وتونس والجزائر وألمانيا وأمريكا.

المنجزون البارزون العرب

Dr. Abdullah M.S. Al-Amri

Geophysicist & Seismologist

SAUDI ARABIA





موسوعة العمري في علوم الأرض

Al-Amri's Encyclopedia of Earth Sciences



6
المد
والجزر



5
المعادن
والتعدين



4
التركيب
الداخلي للأرض



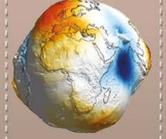
3
الاجاذبية
الأرضية وتطبيقاتها



2
شكل
الأرض وحركتها



1
تقدير
عمر الأرض



12
الأغلفة
المحيطة بالأرض



11
جيولوجية
القمر



10
البراكين
وسبل مجابقتها



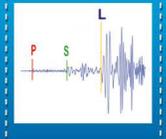
9
تقييم
مخاطر الزلازل



8
الزلازل
والتفجيرات



7
موجات
التسونامي



18
التصحّر
والجفاف



17
السيول
والسدود المائية



16
الانزلاقات
والانهيارات والفيضانات



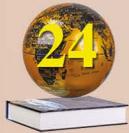
15
التشجير
التحديات والحلول



14
التغيرات المناخية
والاحتباس الحراري



13
المشاكل
البيئية وحلولها



24
كتابة الرسائل
والمشاريع الجيولوجية



23
الجيولوجيا
الطبيعية



22
الجيوفيزياء
النووية



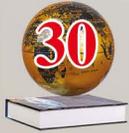
21
الجيولوجيا
السياسية



20
الطاقة
الحرارية الأرضية



19
هل انتهى
عصر النفط؟



300 سؤال وجواب
في الجيوفيزياء
التطبيقية



303 سؤال وجواب
في علم الزلازل
والزلزالية الهندسية



380 سؤال وجواب
في المخاطر
الجيولوجية



358 سؤال وجواب
في الثروات
الطبيعية



325 سؤال وجواب
في علم الصخور
والجيوكيمياة



321 سؤال وجواب
في تطور
الأرض

