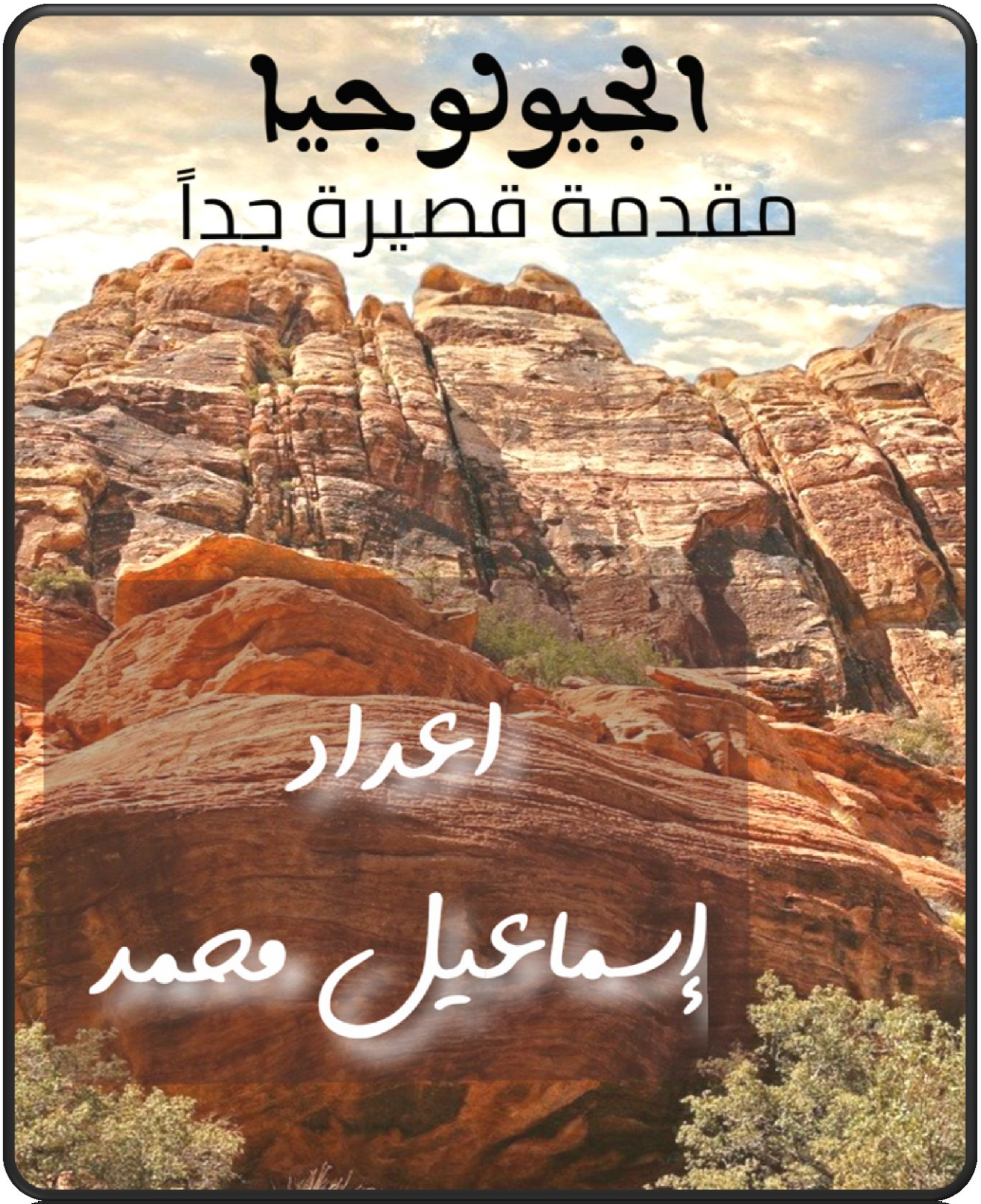

الجيولوجيا
مقدمة قصيرة جداً
اعداد
إسماعيل محمد

بسم الله الرحمن الرحيم

مقدمة :

بسم الله والحمد لله والصلاة والسلام علي رسول الله ، وعلي آله وصحبه ومن والاه وبعد :

علم الارض أو الجيولوجيا هو علم يدرس كوكب الارض من جميع النواحي من حيث النشأة ، والحياة ، والتربة والتضاريس والموارد الطبيعية والقشرة الارضية وما تحتويه من عناصر كيميائية وغيرها ، لذا سنجد ان علم الجيولوجيا متصل بالعديد من العلوم الاخري فهو علم متفرع بدرجة كبيرة ، فنجده علي علاقة وثيقة بعلم الفلك ، وعلم الكيمياء وعلوم الطبيعة وعلم الاحياء ، لذلك كان من الاهمية بمكان ما ان نلقي الضوء علي ذلك العلم بطريقة مختصرة ، ربما تكون ذات فائدة لأبناء الوطن العربي في معرفة ذلك العلم دون الغوص فيه ، او تكون مقدمة لمن يرغب في دراسة ذلك العلم المشوق الرائع ، ونسأل الله ان يجعله خالصا لوجهه الكريم .

اسماعيل محمد

معلم العلوم والتاريخ الطبيعي

٠١٠١٩١٩٥٣١٧

فهرس :

الفصل الاول : علم الجيولوجيا

الفصل الثاني : الارض جزء من الكون

الفصل الثالث : نظرية تكتونية الالواح

الفصل الرابع : نظرية الانفجار العظيم

الفصل الخامس : الزلازل والبراكين

الفصل السادس : علم المتحجرات

الفصل السابع : البلورات والمعادن

الفصل الثامن : العصور الجيولوجية

الفصل الأول

علم الجيولوجيا

- **الجيولوجيا أو علم طبقات الارض :**

هو احد فروع العلوم المختصة بدراسة الارض ، وهو العلم المختص بدراسة بنية الارض الصلبة ، والتي تشمل المواد التي تركبت منها والعمليات المتنوعة التي شكلت الارض .

وكلمة جيولوجيا كلمة ذات اصل اغريقي ، او لاتيني وتعني جيو الارض ولوجيا تعني علم ،وبذلك تكون علم الارض .

يقوم الجيولوجي بدراسة المعادن وكيفية تشكلها والعمليات التي تركز تلك المعادن وتبلور تلك المعادن والاشكال التي توجد فيها تلك البلورات ، وتقوم شركات التعدين باستخدام الجيولوجيين للبحث عن الرواسب المعدنية القيمة .

كذلك تكمن اهمية الجيولوجيين في قدرتهم علي تحديد رواسب النفط والغاز والفحم التي هي بمثابة المصدر الرئيسي للطاقة بالنسبة للمجتمع ، كذلك يوفر الجيولوجيون معرفة قيمة حول كيفية تقليل المجتمع من مخاطر العمليات الارضية الخطرة مثل الفيضانات والانزلاقات الارضية والزلازل والانفجارات البركانية .

من الممكن أن يشير علم طبقات الأرض أيضًا إلى دراسة ميزات الأرض الصلبة لأي كوكب أرضي (مثل المريخ أو القمر).

يصف علم طبقات الأرض بنية ما تحت سطح الأرض، والعمليات التي شكلت تلك البنية، كما يوفر علم طبقات الأرض الأدوات اللازمة لتحديد الأعمار النسبية والمطلقة للصخور الموجودة في موقع معين، وكذلك لوصف تاريخ تلك الصخور.

ومن خلال الجمع بين هذه الأدوات، يستطيع علماء علم طبقات الأرض تأريخ التاريخ الجيولوجي لكل لأرض، وتحديد عمرها، ويوفر علم طبقات الأرض الدليل الأساسي للصفائح التكتونية، والتاريخ التطوري للأرض، والمناخات الماضية للأرض.

يستخدم الجيولوجيون مجموعة واسعة من الطرق لفهم بنية الأرض وتطورها، بما في ذلك العمل الميداني، ووصف الصخور، والتقنيات الجيوفيزيائية، والتحليل الكيميائي، والتجارب الفيزيائية، والنمذجة العددية. أما من الناحية العملية، يعد علم طبقات الأرض مهم للتنقيب عن المعادن والهيدروكربونات واستغلالها، وتقييم الموارد المائية، وفهم المخاطر الطبيعية، ومعالجة المشاكل البيئية، وتوفير رؤى حول تغير المناخ. كما يلعب علم طبقات الأرض، ذا التخصصات الأكاديمية الواسعة دورًا كبيرًا في الهندسة الجيوتقنيّة.

ينقسم علم الجيولوجيا الي قسمين رئيسيين هما :

١- الجيولوجيا الطبيعية أو الفيزيائية :

وهو القسم الذي يقوم بدراسة طبيعة وخواص وتوزيع المواد المكونة للأرض والطرق التي ساعدت علي تكوين تلك المواد واسلوب تغيرها وطرق نقلها ، وتشمل كذلك تكوين سطح الارض والعوامل المؤثرة فيه .

٢- الجيولوجيا التاريخية :

وتشمل دراسة التغيرات التي حدثت علي سطح الارض من ناحية توزيع المياه ومناطق اليابسة منذ اول نشوء للأرض قبل ما يقرب من ٤.٦ بليون سنة الي الآن وكذلك دراسة علاقة الارض بالمجموعة الشمسية والكون .

كذلك يدرس هذا القسم آثار وبقايا الحياة القديمة علي الارض منذ نشأة الحياة قبل حوالي بليوني سنة والي الوقت الحاضر وتقع ضمنها دراسة الانسان .

- **علاقة علم الجيولوجيا بالعلوم الاخري :**

١- علم الفلك : هناك علاقة وطيدة بين علم الفلك وعلم الارض ، لأنه لكي نقوم بدراسة تاريخ الارض يجب اولا دراسة طريقة نشوئها وكذلك موضع الارض بالنسبة للمجموعة الشمسية ، وموضعها بالنسبة للكون .

٢- علم الكيمياء : هناك علاقة وطيدة بين علم الكيمياء والجيولوجيا ، لأن الارض تتكون من عناصر مختلفة وهذه العناصر بعضها معادن وهذه المعادن والعناصر ما هي الا مكونات كيميائية او عناصر كيميائية ، كذلك تدخل الكيمياء في علم البلورات وهي البلورات المؤلفة للصخور في الارض .

٣- علم الفيزياء : يوضحعلم الفيزياء فهم القوي والتأثيرات التي تعرضت لها الصخور مما ادي الي التشوهات والالتواءات والتراكيب الجيولوجية المختلفة .

٤- علم الاحياء : يدخل في دراسة الكائنات الحية التي توجد في الاحافير وفهم طبيعتها ونشأتها ،

٥- علم الانسان : عن طريق فحص الهياكل العظمية للانسان وآثاره وفهم التطور الحضاري للانسان .

- **فروع علم الارض :**

تعددت فروع علم الجيولوجيا نتيجة التقدم العلمي والبحثي في جميع المجالات مما ساهم ذلك في تطور علم الجيولوجيا بشكل كبير وادي ايضا الي تعدد فروعه وهي :

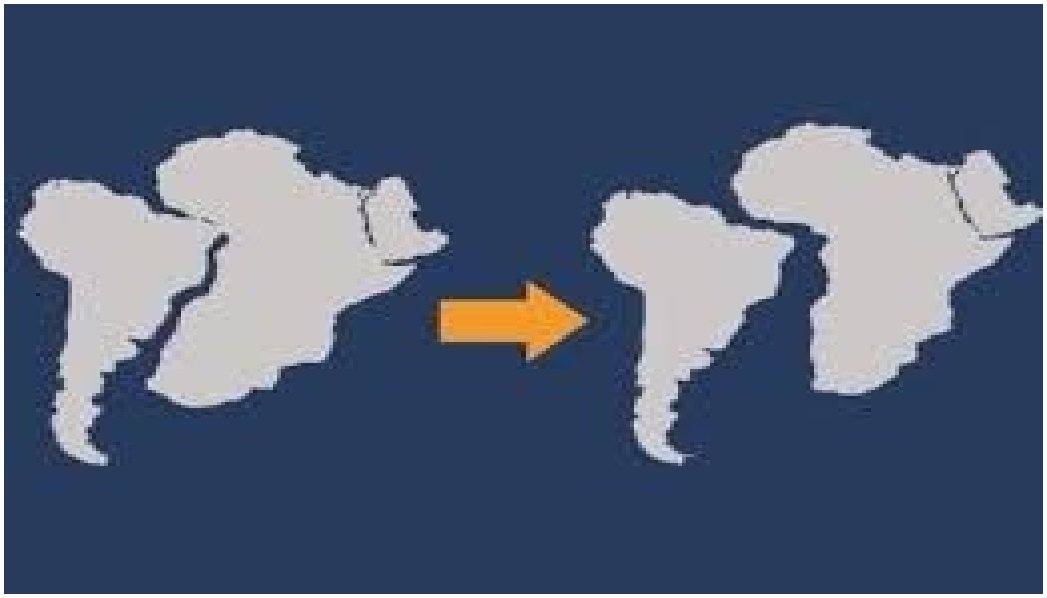
١- العلوم الخاصة بدراسة مكونات القشرة الارضية

مثل علم البلورات ، علم المعادن ، علم الجيوكيمياء ، علم الصخور

بلورة معدن الباريت

٢- العلوم الخاصة بدراسة التراكيب الجيولوجية المكونة للقشرة الارضية :

مثل علم الحركات الارضية و الجيولوجيا التركيبية



٣- العلوم الخاصة بدراسة تاريخ تطور القشرة الارضية

مثل : علم الحفريات ، وعلم الطبقات والجيولوجيا التاريخية

حفرية علي احد الصخور

٤- العلوم الخاصة بدراسة تضاريس سطح القشرة الارضية

مثل : علم الجيورفولوجيا ، علم المساحة ، الجيولوجيا الفيزيائية

- **أهمية علم الجيولوجيا :**

أهمية علم الجيولوجيا كبيرة فهي التي تمكننا من دراسة الأرض التي نحيا عليها، الجيولوجيا هي دراسة الأرض والمواد التي خلقت منها وبنية تلك المواد والعمليات التي تعمل عليها، و يتضمن دراسة الكائنات الحية التي سكنت كوكبنا منذ ملايين السنين وحتى الآن، وهناك جزء مهم من الجيولوجيا هو دراسة كيفية تغير مواد الأرض وهياكلها وعملياتها وكائناتها بمرور الوقت.

يعمل الجيولوجيون على فهم تاريخ كوكبنا وهي أهم جوانب توضيح أهمية علم الجيولوجيا، كلما تمكنوا من فهم تاريخ الأرض بشكل أفضل ، كان بإمكانهم التنبؤ بشكل أفضل بكيفية تأثير أحداث وعمليات الماضي في المستقبل، وهنا بعض الأمثلة:

١-دراسة عمليات الأرض

العديد من العمليات مثل الانهيارات الأرضية والزلازل والفيضانات والانفجارات البركانية يمكن أن تكون خطرة على الناس، ويعمل الجيولوجيون على فهم هذه العمليات جيدًا بما يكفي لتجنب بناء هياكل مهمة حيث قد تتضرر وهو ما يبين أهمية علم الجيولوجيا.

٢-إذا تمكن علماء الجيولوجيا من إعداد خرائط للمناطق التي غمرتها المياه في الماضي ، فيمكنهم إعداد خرائط للمناطق التي قد تغمرها المياه في المستقبل، و يمكن استخدام هذه الخرائط لتوجيه تنمية المجتمعات وتحديد الأماكن التي تتطلب الحماية من الفيضانات أو التأمين ضد الفيضانات.

٣-دراسة مكونات الأرض

جميعنا نستخدم مكونات الأرض كل يوم، حيث نستخدم النفط الذي يتم إنتاجه من الآبار والمعادن التي يتم إنتاجها من المناجم والمياه التي يتم سحبها من الجداول أو من تحت الأرض، ويقوم الجيولوجيون بإجراء دراسات تحدد مواقع الصخور التي تحتوي على معادن مهمة ، وتخطيط المناجم التي تنتجها ، والطرق المستخدمة لإزالة المعادن من الصخور، يقومون بعمل مماثل لتحديد وإنتاج النفط والغاز الطبيعي والمياه الجوفية وهنام تعرف أهمية علم الجيولوجيا من ناحية الثروات.

٤-دراسة تاريخ الأرض

اليوم قد نكون قلقون بشأن تغير المناخ وما يحدث بشأن الاحتباس الحراري، حيث يعمل العديد من الجيولوجيين لمعرفة المزيد عن المناخات السابقة للأرض وكيف تغيرت عبر الزمن، هذه المعلومات الإخبارية الجيولوجية التاريخية ذات قيمة لفهم كيف يتغير مناخنا الحالي وماذا يمكن أن تكون النتائج.

٥-البناء و اعمار الأرض

من بين ما يبين لنا أهمية علم الجيولوجيا، أنه يتم استخدامه في دراسة طبيعة الأرضة كذلك هي فرع أساسي في دراسة الهندسة المعمارية، حيث أن هذا الجانب يمكنك من فهم الأرض وكذلك الأماكن التي تصلح للإنشاءات المعمارية، واختبارها من حيث الصلابة وعدم وجود أبار وفحص الطبقات الأرضية وكذلك إمكانية حدوث زلازل في تلك الأماكن وغيرها العديد من الأمور الأخرى التي يمكن الاعتماد عليها في الانشاءات والحفر وتركيب أفاق وغيرها.

- **تطور علم الارض :**

أولا : العصور القديمة

في العصور القديمة كانت تدور بعض الأفكار الجيولوجية الأولى حول نشأة الأرض، وقد كانت لليونان القديمة بعض المفاهيم الجيولوجية الأساسية المتعلقة بنشأة الأرض، إضافة إلى ذلك، سجل أرسطو في القرن الرابع قبل الميلاد ملاحظات هامة عن بطء وتيرة التغير الجيولوجي ،فقد رصد تكوين الأرض وصاغ نظرية تشير إلى أن الأرض تتغير ببطء، وأن هذه التغيرات لا يمكن للإنسان ملاحظتها على مدار حياته كلها، ووضع أرسطو أول المفاهيم القائمة على الإثباتات المرتبطة بعالم الجيولوجيا فيما يتعلق بمعدل تغير طبيعة الأرض.

ومع ذلك، فالفضل يرجع إلى خليفته في معهد الليسيوم، الفيلسوف ثيوفراستوس ،الذي حقق تقدمًا كبيرًا في العصور القديمة في كتابه عن الأحجار ،فقد وصف الكثير من المعادن والخامات وكلها من المناجم المحلية مثل مناجم منطقة لافريو قرب أثينا، وغيرها، كما ناقش بطبيعة الحال أنواع الرخام ومواد البناء مثل الحجر الجيري وحاول عمل تصنيف بدائي للمعادن بحسب خصائص مثل الصلادة.

وبعد ذلك بكثير في العصر الروماني، قدم بلينيوس الأكبر تفصيلاً لمعادن ومواد أخرى كثيرة استخدمت على نطاق واسع في الأغراض العملية، وكان من بين أوائل من قدموا تفسيرًا صحيحًا لنشأة الكهرمان الذي يعد من الراتنجات المستحثة المأخوذة من الأشجار بمراقبة الحشرات المحبوسة في أجزاء منها. ووضع كذلك أساس علم البلورات من خلال التعرف على التركيب ثماني السطوح لـالألماس.

ثانيا :العصور الوسطى

كان أبو الريحان البيروني (٩٧٣-١٠٤٨) من أوائل الجيولوجيين المسلمين الذين تضمنت أعمالهم الكتابات الأقدم على الجيولوجيا في الهند وافترضوا أن شبه القارة الهندية كانت مرة واحدة في البحر.

كذلك قدم ابن سينا (ابن سينا، ٩٨١-١٠٣٧) إسهامات كبيرة في الجيولوجيا والعلوم الطبيعية ،إلى جانب فلاسفة طبيعيين آخرين مثل اخوان الصفا وغيرها الكثير، كتب ابن سينا عملا موسوعيا بعنوان "كتاب الشفاء" (كتاب الشفاء أو الشفاء أو الانتصاف من الجهل) حيث يحتوي القسم ٥ من الجزء ٢ منه على شرحه لعلم المعادن والأرصاد الجوية في أرسطو في ستة فصول: تكوين الجبال، مزايا الجبال في تشكيل الغيوم. مصادر المياه؛ أصل الزلازل؛ تشكيل المعادن؛ تنوع تضاريس الأرض.

كذلك في الصين في العصور الوسطى كان واحدا من أكثر علماء الطبيعة إثارة للاهتمام هو شين كو (١٠٣١-١٠٩٥) وهو شخصية بوليمث الذي داس في العديد من مجالات الدراسة في عصره من حيث الجيولوجيا، شين كو هو واحد من أول علماء الطبيعة التي وضعت نظرية الجيومورفولوجيا واستند ذلك إلى ملاحظاته المتعلقة بالترسبات الرسوبية وتآكل التربة وترسب الطمي والحفريات البحرية الموجودة في جبال تايهانغ الواقعة على بعد مئات الأميال من المحيط الهادئ كما صاغ نظرية لتغير المناخ التدريجى بعد ملاحظته للمغامرات القديمة المتحجرة التي عثر عليها في حالة محفوظة تحت الارض بالقرب من يانتشو (يانان الحديثة) في المناخ الشمالى الجاف لمقاطعة شنشى وقد وضع فرضية لعملية تكوين الأرض: استنادا إلى ملاحظته للقذائف الأحفورية في طبقة جيولوجية في جبل على بعد مئات الأميال من المحيط واستنتج أن الأرض تشكلت من خلال تآكل الجبال وترسب الطمي.

ثالثا :القرن ال ١٧

لم يكن حتى القرن السابع عشر أن الجيولوجيا قطعت أشواطا كبيرة في تطورها، في هذا الوقت، أصبحت الجيولوجيا كيان خاص بها في عالم العلوم الطبيعية وقد اكتشف العالم المسيحي أن الترجمات المختلفة للكتاب المقدس تحتوي على نسخ مختلفة من النص التوراتي والكيان الذي ظل ثابتا من خلال جميع التفسيرات هو أن الطوفان شكل الجيولوجيا والجغرافيا في العالم.

ولإثبات صحة الكتاب المقدس، شعر الأفراد بالحاجة إلى إثبات الأدلة العلمية التي تفيد بأن الفيضانات الكبرى قد حدثت فعلا،مع هذه الرغبة المعززة للبيانات جاءت زيادة في الملاحظات من تكوين الأرض، مما أدى بدوره إلى اكتشاف الأحافير وعلى الرغم من أن النظريات التي نتجت عن الاهتمام المتزايد بتكوين الأرض كثيرا ما تم التلاعب بها لدعم مفهوم الطوفان إلا أن النتيجة الحقيقية كانت ذات أهمية أكبر في تكوين الأرض.

نظرا لقوة المعتقدات المسيحية خلال القرن السابع عشر وكانت نظرية أصل الأرض التي كانت مقبولة على نطاق واسع نظرية جديدة للأرض نشرت في ١٦٩٦، من قبل ويليام ويستون، واستخدم ويستون المنطق المسيحي "لإثبات" أن الفيضان الكبير قد وقع وأن الفيضانات شكلت طبقات الصخور من الأرض.

خلال القرن السابع عشر أثار النقاش الدائر بين الدين والعلوم على أصل الأرض اهتماما بالغا في الأرض وأسفر عن تقنيات أكثر منهجية لتحديد طبقات الأرض، ويمكن تعريف طبقات الأرض بأنها طبقات أفقية من الصخور لها نفس التكوين تقريبا في جميع أنحاء كان رائد نيكولاس ستينو رائد في العلم وتم تدريب ستينو في النصوص الكلاسيكية حول العلوم ومع ذلك بحلول عام ١٦٥٩ شكك بجدية في المعرفة المقبولة للعالم الطبيعي.

والأهم من ذلك، انه تساءل عن فكرة أن الحفريات نمت في الأرض فضلا عن تفسيرات مشتركة لتشكيل الصخور وقد أدت تحقيقاته واستنتاجاته

اللاحقة حول هذه الموضوعات العلماء إلى اعتباره واحدا من مؤسسي الطبقات الحديثة والجيولوجيا.

رابعا :القرن ال ١٨

ومن هذا الاهتمام المتزايد بطبيعة الأرض ومنشأها أتى اهتمام متزايد بالمعادن والمكونات الأخرى لقشرة الأرض وعلاوة على ذلك فإن الأهمية الاقتصادية المتزايدة للتعدين في أوروبا خلال منتصف إلى أواخر القرن الثامن عشر جعلت من حيازة معرفة دقيقة عن الخامات وتوزيعها الحيوي الحيوية.

بدأ العلماء دراسة تركيبة الأرض بطريقة منهجية مع مقارنات مفصلة ووصف ليس فقط للأرض نفسها، ولكن من المعادن شبه الثمينة التي تحتوي عليها، والتي كانت ذات قيمة تجارية كبيرة.

على سبيل المثال، في عام ١٧٧٤ نشر أبراهام غوتلوب فيرنر كتاب فون دن (على الأحرف الخارجية للمعادن) والتي جلبت له اعتراف واسع النطاق لأنه قدم نظاما مفصلا لتحديد المعادن محددة على أساس الخصائص الخارجية.

ويمكن تحديد الأراضي المنتجة بشكل أكثر كفاءة من أجل التعدين، ويمكن العثور على المعادن شبه الثمينة، يمكن توفير المزيد من الأموال وهذا محرك الأقراص لتحقيق مكاسب اقتصادية دفع الجيولوجيا إلى الأضواء وجعلها موضوعا شعبيا لمتابعة مع زيادة عدد الناس يدرسون ذلك وجاء ملاحظات أكثر تفصيلا والمزيد من المعلومات حول الأرض.

أيضا خلال القرن الثامن عشر أصبحت جوانب من تاريخ الأرض – وهي الاختلافات بين المفهوم الديني المقبول والأدلة الواقعية – موضوعا شائعا للمناقشة في المجتمع.

في عام ١٧٤٩ نشر عالم الطبيعة الفرنسي جورج لويس ليكلير كومت دي بوفون كتابه "هيستوير ناتوريل" حيث هاجم حسابات الكتاب المقدس الشعبية التي قدمها ويستون وغيرهم من المنظرين الكنسيين في تاريخ الأرض.

من التجربة مع الكرات الباردة، وجد أن عمر الأرض ليس فقط ٤٠٠٠ أو ٥,٥٠٠ سنة على النحو المستدل من الكتاب المقدس ولكن بدلا من ٧٥,٠٠٠ سنة. شخص آخر وصف تاريخ الأرض مع الإشارة إلى الله ولا الكتاب المقدس كان الفيلسوف إيمانويل كانت، الذي نشر له التاريخ الطبيعي العالمي ونظرية السماوات (ألجمين ناتورجشيشت وثوري ديس هيملز) في عام ١٧٥٥.

من أعمال هؤلاء الرجال المحترمين فضلا عن الآخرين، أصبح من المقبول بحلول منتصف القرن الثامن عشر للتشكيك في سن الأرض ويمثل هذا التساؤل نقطة تحول في دراسة الأرض. وقد أصبح من الممكن الآن دراسة تاريخ الأرض من منظور علمي دون تصورات دينية مسبقة.

مع تطبيق الأساليب العلمية للتحقيق في تاريخ الأرض ودراسة الجيولوجيا يمكن أن تصبح مجالا متميزا للعلوم وللبدء كان لا بد من صياغة المصطلحات والتعريف لما يشكل دراسة جيولوجية وقد استخدم مصطلح "الجيولوجيا" لأول مرة من الناحية الفنية في المنشورات من قبل اثنين من علماء الطبيعة جينيفان جان أندريه ديلوك وهوراس-بينيديكت دي سوسور، على الرغم من أن "الجيولوجيا" لم يكن استقبالا حسنا كمصطلح حتى تم تناوله في مؤثر جدا خلاصة وافية، الموسوعة، التي نشرت في عام ١٧٥١ من قبل دينيس ديديروت وبمجرد أن يتم تحديد المصطلح للدلالة على دراسة الأرض وتاريخها أصبحت الجيولوجيا ببطء أكثر اعترافا كعلوم متميزة يمكن تدريسها كمجال للدراسة في المؤسسات التعليمية. في عام ١٧٤١، أنشأت المؤسسة الأكثر شهرة في مجال التاريخ الطبيعي المتحف الوطني للتاريخ الطبيعي في فرنسا أول موقع تعليمي مخصص خصيصا للجيولوجيا. وكانت هذه خطوة هامة في زيادة تعزيز المعرفة بالجيولوجيا كعلم واعتراف بقيمة نشر هذه المعارف على نطاق واسع.

بحلول عام ١٧٧٠ بدأت الكيمياء تلعب دورا محوريا في الأساس النظري للجيولوجيا ونظريتين متقابلتين مع ظهور أتباع ملتزمين وهذه النظريات المتناقضة قدمت تفسيرات مختلفة لكيفية تشكيل طبقات الصخور من سطح الأرض اقترح أحدهم أن الغمر السائل ربما مثل الطوفان التوراتي قد خلق جميع الطبقات الجيولوجية ونظمت النظرية النظريات الكيميائية التي كانت تتطور منذ القرن السابع عشر وكان يروج لها جون ووكر الإسكتلندي، يوهان غوتسشالك واليريوس في السويد وأبراهام فيرنر في ألمانيا. من هذه الأسماء، أصبحت وجهات نظر فيرنر مؤثرة دوليا في حوالي ١٨٠٠. وقال إن طبقات الأرض، بما في ذلك البازلت والجرانيت، قد شكلت راسبا من المحيط الذي غطى الأرض بأكملها. كان نظام فيرنر مؤثرا، وكان أولئك الذين قبلوا نظريته المعروفة باسم ديلوفيانيستس أو نيبتونستس وكانت أطروحة النبتونية الأكثر شعبية خلال أواخر القرن الثامن عشر وخاصة بالنسبة لأولئك الذين تلقوا تدريبا كيميائيا ومع ذلك أطروحة أخرى اكتسبت ببطء العملة من ١٧٨٠s إلى الأمام وبدلا من الماء اقترح بعض علماء الطبيعة في منتصف القرن الثامن عشر مثل بوفون أن الطبقات قد تشكلت من خلال الحرارة (أو النار).

تم تعديل أطروحة وتوسيعها من قبل الطبيعة الاسكتلندية جيمس هوتون خلال ١٧٨٠s. وجادل ضد نظرية النبتونية، واقترح بدلا من ذلك نظرية على أساس الحرارة. أولئك الذين اتبعوا هذه الأطروحة خلال أوائل القرن التاسع عشر أشاروا إلى هذا الرأي كما البلوتونية:

تشكيل الأرض من خلال التصلب التدريجي للكتلة المنصهرة بمعدل بطيء من نفس العمليات التي حدثت على مر التاريخ واستمرت في الوقت الحاضر وأدى ذلك إلى استنتاج أن الأرض كانت قديمة لا يمكن قياسها ولا يمكن تفسيرها في حدود التسلسل الزمني المستنتج من الكتاب المقدس يعتقد بلوتونيستس أن العمليات البركانية كانت العامل الرئيسي في تكوين الصخور وليس الماء من الفيضانات العظمى.

خامسا :القرن ال ١٩

في أوائل القرن التاسع عشر حفزت صناعة التعدين والثورة الصناعية التطور السريع للعمود الطبقي – "تسلسل تشكيلات الصخور مرتبة وفقا لترتيبها في الوقت المناسب".

وفي إنجلترا بدءا من ١٧٩٠ وجد تجريبيا أن الحفريات كانت وسيلة فعالة للغاية للتمييز بين التشكيلات المماثلة خلاف ذلك من المشهد كما سافر البلاد العاملة على نظام القناة وأنتجت الخريطة الجيولوجية الأولى لبريطانيا وفي الوقت نفسه تقريبا أدرك عالم التشريح المقارن الفرنسي جورج كوفيه بمساعدة زميله أليكساندر بروجنيارت في مدرسة المناجم في باريس أن الأعمار النسبية للحفريات يمكن أن تحدد من وجهة نظر جيولوجية من حيث ما هي طبقة من الصخور تقع الأحافير والمسافة هذه الطبقات من الصخور هي من سطح الأرض.

من خلال توليف النتائج التي توصلوا إليها، أدرك بروغنيارت وكوفييه أن طبقات مختلفة يمكن تحديدها من قبل محتويات الأحفوري، وبالتالي يمكن تعيين كل طبقة إلى موقف فريد في تسلسل.

بعد نشر كتاب كوفييه وبرونجنيارت "الوصف جيولوجيك ديس إنفيرونس دي باريس" في عام ١٨١١، الذي حدد المفهوم، أصبح الطبقية شعبية جدا بين الجيولوجيين. العديد منهم يأملون في تطبيق هذا المفهوم على جميع صخور الأرض وخلال هذا القرن قام العديد من الجيولوجيين بمزيد من تنقيح واستكمال العمود الطبقي على سبيل المثال في عام ١٨٣٣ بينما كان آدم سيدجويك يقوم بتخطيط الصخور التي كان قد أسسها من الفترة الكمبودية، كان تشارلز ليل في مكان آخر يقترح تقسيم فرعي للمرحلة الثالثة في حين كان رودريك مورشيسون الذي رسم في ويلز من اتجاه مختلف الأجزاء العليا من سيدجويك في الكمبري إلى الأجزاء السفلى من فترة سيلوريهو كان العمود الطبقي كبيرا لأنه يوفر طريقة لتعيين سن نسبي لهذه الصخور من خلال تعيينها في مواقع مختلفة في تسلسلها الطبقي وقد خلق ذلك نهجا عالميا لتاريخ سن

الأرض، وسمح بربط علاقات أخرى من التشابهات الموجودة في تكوين قشرة الأرض في مختلف البلدان.

في أوائل القرن التاسع عشر في بريطانيا تم تكييف الكارثة بهدف التوفيق بين العلوم الجيولوجية والتقاليد الدينية للفيضان الكبير في الكتاب المقدس و في أوائل عشرينيات القرن العشرين قام الجيولوجيون الإنجليزيون بما في ذلك ويليام باكلاند وآدم سيدجويك بتفسير الرواسب "المخففة" كنتيجة لفيضان نوح، ولكن بنهاية العقد قاموا بتنقيح آرائهم لصالح الغمر المحلي تشارلز ليل تحدى الكارثة مع نشر في عام ١٨٣٠ من المجلد الأول من كتابه مبادئ الجيولوجيا التي قدمت مجموعة متنوعة من الأدلة الجيولوجية من إنجلترا وفرنسا وإيطاليا وإسبانيا لإثبات أفكار هوتون من التدرج الصحيح وقال إن معظم التغيرات الجيولوجية كانت تدريجية جدا في تاريخ البشرية وقدم ليل أدلة على التوحيدية وهو مبدأ جيولوجي أن العمليات تحدث بنفس المعدلات في الوقت الحاضر كما فعلت في الماضي، وتمثل جميع الخصائص الجيولوجية للأرض أعمال ليل كانت شعبية وقراءة على نطاق واسع وكان مفهوم التوحيدية عقد قوي في المجتمع الجيولوجي.

في نفس الوقت الذي تم فيه الانتهاء من العمود الطبقي قاد الإمبريالية عدة بلدان في أوائل القرن التاسع عشر لاستكشاف أراض بعيدة لتوسيع إمبراطورياتهم وقد أتاح ذلك الفرصة للباحثين الطبيعيين لجمع البيانات عن هذه الرحلات في عام ١٨٣١ طلب الكابتن روبرت فيتزروي، المسؤول عن بعثة المسح الساحلي التابعة لشركة همس بيجل الحصول على عالم طبيعي مناسب لدراسة الأرض وتقديم المشورة الجيولوجية وانخفض هذا إلى تشارلز داروين الذي كان قد أنهى لتوه درجة البكالوريوس، ورافق سيدجويك في رحلة رسم الخرائط الويلزية التي استمرت أسبوعين بعد أخذ دورة الربيع في الجيولوجيا.

أعطى فيتزروي مبادئ داروين ليل للجيولوجيا، وأصبح داروين التلميذ الأول ليل، ونظريا مبتكرا على مبادئ موحدة حول العمليات الجيولوجية التي شاهدها، وتحدي بعض أفكار ليل.

وقد تكهن بأن الأرض توسعت لتفسير الارتقاء، ثم على أساس الفكرة القائلة بأن مناطق المحيطات غرقت مع الارتقاء بالأرض، نظريا أن الجزر المرجانية نمت من تهديب الشعاب المرجانية التي تغرق الجزر البركانية.

وقد تأكدت هذه الفكرة عندما قام بيجل بمسح جزر كوكوس (كيلينغ) ونشر في عام ١٨٤٢ نظريته حول هيكل وتوزيع الشعاب المرجانية وساعد اكتشاف داروين للحفريات العملاقة على تأسيس سمعته كجيولوجي ونظرته حول أسباب انقراضه أدت إلى نظريته للتطور عن طريق الانتقاء الطبيعي الذي نشر في "أصل الأنواع" في عام ١٨٥٩.

وقد دفعت الدوافع الاقتصادية للاستخدام العملي للبيانات الجيولوجية الحكومات إلى دعم البحوث الجيولوجية وخلال القرن التاسع عشر قامت حكومات عدة بلدان من بينها كندا وأستراليا وبريطانيا العظمى والولايات المتحدة بتمويل المسح الجيولوجي الذي من شأنه أن ينتج خرائط جيولوجية لمناطق شاسعة من البلدان ويوفر المسح الجيولوجي موقع المعادن المفيدة ويمكن استخدام هذه المعلومات لصالح صناعة التعدين في البلد وبتمويل الحكومة للبحوث الجيولوجية يمكن أن يدرس المزيد من الأفراد الجيولوجيا بتقنيات وتقنيات أفضل مما يؤدي إلى توسع مجال الجيولوجيا.

في القرن التاسع عشر قدر البحث العلمي عصر الأرض من حيث ملايين السنين وبحلول أوائل القرن العشرين تم اكتشاف نظائر راديوجينيك وقد تم تطوير التأريخ الإشعاعي في عام ١٩١١ قام آرثر هولمز بتأليف عينة من سيلان في ١.٦ مليار سنة باستخدام نظائر الرصاص.

في عام ١٩٢١ جاء الحضور في الاجتماع السنوي للجمعية البريطانية للنهوض العلوم إلى توافق آراء تقريبي بأن عمر الأرض كان بضعة مليارات سنة وأن التعارف الإشعاعي كان موثوقا به ونشر هولمز عصر الأرض ومقدمة في الأفكار الجيولوجية في عام ١٩٢٧ الذي قدم فيه مجموعة من ١.٦ إلى ٣.٠ مليار سنة وقد احتلت التلاوة اللاحقة عصر

الأرض نحو ٤.٥٥ بليون سنة ولم يعد من الممكن قبول النظريات التي لا تمتثل للأدلة العلمية التي تثبت سن الأرض.

سادسا : القرن ال ٢٠

في عام ١٨٦٢ نشر الفيزيائي وليام طومسون البارون الأول كلفن حسابات تحدد عمر الأرض بين ٢٠ مليون و ٤٠٠ مليون سنة.

وقد افترض أن الأرض قد شكلت كائن مصهور تماما وحددت مقدار الوقت الذي يستغرقه للسطح القريب ليبرد إلى درجة حرارته الحالية مع اكتشاف الاضمحلال الإشعاعي تم دفع عمر الأرض إلى أبعد من ذلك آرثر هولمز كان رائدا في علم الجغرافيا.

في عام ١٩١٣ كان هولمز على موظفي كلية إمبريال وعندما نشر كتابه الشهير عصر الأرض الذي جادل بقوة لصالح استخدام أساليب التعارف المشعة بدلا من الأساليب التي تستند إلى الترسيب الجيولوجي أو تبريد الأرض (كثير الناس لا تزال تعلق على حسابات الرب كلفن أقل من ١٠٠ مليون سنة).

ويقدر هولمز أن أقدم صخور أرتشية تبلغ ١٦٠٠ مليون سنة ولكنها لم تكهن عن عمر الأرض، بحلول هذا الوقت كان اكتشاف النظائر تعقيدا الحسابات وقضى السنوات المقبلة تتصارع مع هذه وقد عززه الترويج للنظرية على مدى العقود القادمة لقبا لأب علم الجغرافيا الحديث. وبحلول عام ١٩٢٧، قام بتنقيح هذا الرقم إلى ٣٠٠٠ مليون سنة وفي الأربعينيات من القرن الرابع الميلادي إلى ٤٥٠٠ ± ١٠٠ مليون سنة، قياسات الوفرة النسبية لنظائر اليورانيوم التي أنشأها ألفريد أوك ناير. الطريقة العامة تعرف الآن باسم نموذج هولمز-هوترمان بعد فريتز هوترمانز الذي نشر في نفس العام ١٩٤٦ وقد تم تنقيح العمر الثابت للأرض منذ ذلك الحين ولكن لم يتغير كثيرا.

في عام ١٩١٢ اقترح ألفريد فيجنر نظرية الانجراف القاري وتشير هذه النظرية إلى أن أشكال القارات ومطابقة الجيولوجيا الساحلية بين بعض القارات تشير إلى أنها انضمت معا في الماضي وشكلت كتلة أرض واحدة تعرف باسم بانجيا؛ وبعد ذلك انفصلوا وانحرفوا مثل الطوافات فوق قاع المحيط، ووصلوا حاليا إلى موقعهم الحالي بالإضافة إلى ذلك قدمت نظرية الانجراف القاري تفسير ممكن لتشكيل الجبال لوحة تكتونية بنيت على نظرية الانجراف القاري.

لسوء الحظ لم يقدم فيجنر آلية مقنعة لهذا الانجراف ولم تكن أفكاره مقبولة عموما خلال حياته وقبلت آرثر هومز نظرية فيجنر وقدمت آلية: عباءة الحمل لتسبب القارات للتحرك ومع ذلك لم تبدأ الأدلة الجديدة حتى بعد الحرب العالمية الثانية في تراكم الانجراف القاري المدعوم وتابعت هناك فترة من ٢٠ عاما مثيرة للغاية حيث وضعت نظرية الانجراف القاري من يعتقد من قبل عدد قليل ليكون حجر الزاوية في الجيولوجيا الحديثة. ابتداء من عام ١٩٤٧ وجدت البحوث أدلة جديدة حول قاع المحيط، وفي عام ١٩٦٠ بروس هيزن نشرت مفهوم منتصف التلال المحيطات بعد ذلك اقترح روبرت ديتز وهاري هيس أشكال قشرة المحيطات وقاع البحر ينتشر على طول ارتفاعات منتصف المحيط في انتشار قاع البحر واعتبر هذا تأكيدا للحمل عباءة وهكذا تم إزالة حجر عثرة الرئيسي لنظرية.

واقترحت الأدلة الجيوفيزيائية الحركة الجانبية للقارات وأن القشرة المحيطية أصغر من القشرة القارية، هذه الأدلة الجيوفيزيائية أيضا حفزت فرضية بالوماغنيتيسم، سجل اتجاه المجال المغناطيسي للأرض المسجلة في المعادن المغناطيسية واقترح عالم الجيوفيزياء البريطاني

رونكورن مفهوم علم بالوماغنيتيسم من استنتاجه أن القارات قد تحركت بالنسبة للأقطاب المغناطيسية للأرض.

وقد أضاف توزو ويلسون الذي كان مروجا لفرضية انتشار قاع البحر والانجراف القاري منذ البداية مفهوم تحويل الأعطال إلى النموذج

واستكمال فئات أنواع الأخطاء اللازمة لجعل تنقل اللوحات على وقد عقدت ندوة حول الانجراف القاري في الجمعية الملكية في لندن في عام ١٩٦٥ يجب أن تعتبر بداية رسمية لقبول تكتونيات الصفائح من قبل المجتمع العلمي.وتصدر ملخصات الندوة كما بلاكيت، بولارد، رونكورن؛ ١٩٦٥. في هذه الندوة، أظهر إدوارد بولارد وزملاؤه في العمل حسابا حاسوبيا كيف يمكن للقارات على جانبي المحيط الأطلسي أن تتناسب على أفضل وجه لإغلاق المحيط الذي أصبح يعرف باسم "بولارد صالح" الشهير. بحلول أواخر ١٩٦٠s وزن الأدلة المتاحة رأى القاري الانجراف باعتبارها نظرية مقبولة عموما.

الفصل الثاني

الارض جزء من الكون

الأرض هي ثالث كواكب المجموعة الشمسية بعدًا عن الشمس بعد عطارد والزهرة، وتعتبر من أكبر الكواكب الأرضية وخامس أكبر الكواكب في النظام الشمسي، وذلك من حيث قطرها وكتلتها وكثافتها، ويطلق على هذا الكوكب أيضًا اسم العالم واليابس.

الأرض مسكنًا لملايين الأنواع من الكائنات الحية، بما فيها الإنسان؛ وهي المكان الوحيد المعروف بوجود حياة عليه في الكون، تكونت الأرض منذ حوالي ٤.٥٤ مليار سنة، وقد ظهرت الحياة على سطحها في المليار سنة الأخيرة.

ومنذ ذلك الحين أدى الغلاف الحيوي للأرض إلى تغير الغلاف الجوي والظروف غير الحيوية الموجودة على الكوكب، مما سمح بتكاثر الكائنات التي تعيش فقط في ظل وجود الأكسجين وتكوّن طبقة الأوزون، التي تعمل مع المجال المغناطيسي للأرض على حجب الإشعاعات الضارة، مما يسمح بوجود الحياة على سطح الأرض. تحجب طبقة الأوزون الأشعة فوق البنفسجية، ويعمل المجال المغناطيسي للأرض على إزاحة وإبعاد الجسيمات الأولية المشحونة القادمة من الشمس بسرعات عظيمة ويبعدها في الفضاء الخارجي بعيدا عن الأرض، فلا تتسبب في الإضرار بالكائنات الحية.

أدت الخصائص الفيزيائية للأرض والمدار الفلكي المناسب التي تدور فيه حول الشمس حيث تمدها بالدفء والطاقة ووجود الماء إلى نشأة الحياة واستمرار الحياة عليها حتى العصر الحالي، يعتقد العلماء بأن الشمس سوف ترتفع درجة حرارتها في المستقبل وتتمدد وتكبر حتى تصبح عملاقا أحمرا ويصل قطرها إلى كوكب الزهرة أو حتى إلى مدار الأرض، على نحو ما يروه من تطور للنجوم المشابهة للشمس في الكون عند

قرب انتهاء عمر النجم ونفاذ وقوده من الهيدروجين، عندئذ تنهي حرارة الشمس المرتفعة الحياة على الأرض، هذا إذا لم يحدث لها حدث كوني آخر قبل ذلك – كانفجار نجم قريب في هيئة مستعر أعظم – ينهي الحياة عليها.

الشمس والمجموعة الشمسية

يعيش أكثر من ٧.٧ مليار شخص على الأرض، وتعمل موارد الأرض المختلفة على إبقاء جمهرة عالمية ضخمة من البشر، الذين يقتسمون العالم فيما بينهم ويتوزعون على حوالي ٢٠٠ دولة مستقلة، وطوّر البشر مجتمعات وحضارات وثقافات متنوعة، ويتفاعلون مع بعضهم البعض بأساليب متنوعة تشمل التواصل الدبلوماسي السياحة التجارة والقتال العسكري أيضًا. ظهر في الثقافة البشرية نظريات وتمثيلات مختلفة للأرض، فبعض الحضارات القديمة جسدتها كإلهة، والبعض اعتقدها مسطحة، وقال آخرون أنها مركز الكون، والمعتقد السائد حاليًا ينص على أن هذا الكوكب هو عبارة عن بيئة متكاملة تتطلب إشراف الإنسان عليها لصيانتها من الأخطار التي تهددها، والتي من شأنها أن تهدد الإنسان نفسه في نهاية المطاف.

توجد الأرض في مجموعة كواكب المجموعة الشمسية، والمجموعة الشمسية نفسها واحدة من ضمن مئات المليارات من النجوم التي تشكل مجرة درب التبانة أو درب اللبانة.

المنطقة التي تميز كوكب الأرض حول الشمس عن غيرها هي منطقة تعرف بأنها نطاق صالح للسكن، بمعنى أن بُعد الأرض عن الشمس الذي يبلغ نحو ١٥٠ مليون كيلومتر ومدار الأرض حول الشمس في فلك دائري يجعل عليها درجات حرارة مناسبة ليست بالمرتفعة كثيرا وليست باردة جدا بحيث تلائم نشأة حياة واستمرارها عليها.

بالإضافة إلى ذلك حجم مناسب للأرض يجعلها تحتفظ بغلافها الجوي ووجود الماء عليها، ووجود غاز الأوزون في جو الأرض الذي يحمي الأحياء عليها من الأشعة فوق البنفسجية الضارة، علاوة على مجالها المغناطيسي الذي يحميها من الجسيمات الأولية السريعة التي تأتي مع الرياح الشمسية فتهدد سلامة الأحياء على الأرض.

ينقسم السطح الخارجي للأرض إلى عدة أجزاء:

القشرة الأرضية الصلبة، التي تصل إلى عمق نحو خمسين كيلومتر، والغلاف الأرضي الذي تصل سماكته إلى ٤٠٠٠ كيلومتر، ونواة الأرض المركزية الصلبة المكونة من الحديد والنيكل.

ويوجد الغلاف الأرضي في حالة سائلة موصلة للكهرباء متحركة بحيث ينشأ عن حركتها المجال المغناطيسي للأرض، وتتسم القشرة الأرضية بأنها تطفو فوق الغلاف الأرضي المنصهر.

وتنقسم القشرة الأرضية إلى عدد من الصفائح التكتونية العظيمة، ظهرت تدريجيًا على سطح الأرض بسبب برودتها بالتدريج عبر ملايين السنين. تطفو تلك القشرة الرقيقة نسبيا فوق ما يسمى بالغلاف الأرضي وهو الجزء الكبير من كتلة الأرض ويتكون من صهارة شديدة السخونة توجد تحت القشرة بدرجة حرارة تبلغ نحو ١٧٠٠ درجة مئوية ويزداد معدلها مع الاقتراب من مركز الأرض الحديدي.

تنفذ تلك الصهارة في جهات مختلفة على الأرض من القشرة مكونة ما يعرف بالبراكين، تغطي المياه نحو ٧١% من سطح الأرض في المحيطات وهي مياه مالحة تعم بالحياة المائية، بينما يتكون الجزء الباقي من القارات، والجزر، والأنهار، ذات المياه العذبة الضرورية للحياة على اليابسة بجميع أشكالها من نبات وحيوان.

تكتونية الصفائح

ولم تثبت حتى الآن وجود حياة على سطح أي كوكب من الكواكب الأخرى، إلا أن المسبارات التي هبطت على سطح كوكب المريخ ربما تنوه بوجود حياة في صورة كائنات بدائية لم تتطور كثيرا قبل أن تنتهي الحياة المزعومة على سطح المريخ بعد تدهور الأحوال الجوية عليه.

ويفسر بعض العلماء صور المسبار بقولهم أن هناك احتمال لوجود الحياة على المريخ في الماضي، ولكن الفصل في هذا الشأن يحتاج إلى مجهودات ضخمة، وأرسال أجهزة ومعدات في استطاعتها القيام بتحليل العينات أو العودة بها إلى الأرض لدراستها وتحليلها.

يحتوي باطن الأرض النشط على طبقة وسطى سميكة، تصل في سمكها إلى حوالي ٤٠٠٠ كيلومتر، وهي تشكل الغلاف الأرضي، وهو سائل صلب نسبيًا، ويقسمه العلماء إلى لب خارجي سائل عالي اللزوجة، يخرج أحيانا في صورة صهارة إلى سطح الأرض عندما تنشط البراكين.

ويوجد ذلك اللب الخارجي في حركة دائمة تعمل على توليد المجال المغناطيسي للأرض، أما اللب الداخلي فصلب شديد الكثافة، وتزداد نسبة كثافته مع ازدياد الاقتراب من النواة المركزية للأرض، وهي تصل إلى حوالي ٧ غرامات/سنتيمتر مكعب، ويتكون اللب الداخلي من الحديد والنيكل بشكل أساسي، وتتخذ نواة الكرة الأرضية شكلاً كرويًا يصل نصف قطرها إلى حوالي ٢٠٠٠ كيلومتر.

بالإضافة إلى ذلك، فإن كوكب الأرض يتأثر مع الكواكب الموجودة في الفضاء الخارجي وبصفة خاصة الشمس حيث يدور في فلكها والقمر، الذي يدور في فلك حول الأرض، وفي الوقت الحاضر، تدور الأرض حول الشمس مرة كل ٣٦٥.٢٦ يوم، وذلك بالإضافة إلى دورانها حول محورها.

ويطلق على هذه الفترة من الوقت لدورتها حول الشمس "السنة الفلكية" التي تعادل ٣٦٥.٢٦ يوم شمسي ،هذا ويميل محور دوران الأرض حول نفسها بمقدار ٢٣.٤ درجة عن العمودي على مستوى مدارها حول الشمس، مما ينتج عنه تنوع الفصول على سطح الكوكب.

تتميز الأرض بوجود تابع طبيعي وحيد لها هو "القمر"، الذي بدأ في الدوران حولها منذ ٤.٥٣ مليار عام.

ويترتب على دوران القمر حول الأرض بروز ظاهرة المد والجزر، الذي يحدث في المسطحات المائية، والحفاظ على ثبات ميل محور الأرض والبطء التدريجي في دورانها.

تأثر سطح الأرض بالكويكبات التي سقطت عليه خلال الفترة الممتدة بين ٤.١ و ٣.٨ مليارات سنة تقريبًا مما أدى إلى تغيرات في بيئة السطح.

هذا وتعتبر الموارد المعدنية لكوكب الأرض والموارد الموجودة في نطاق الغلاف الحيوي من المصادر المساهمة في توزيع السكان على الأرض. يتركز سكان الأرض في حوالي ٢٠٠ دولة تتمتع كل منها بسيادة مستقلة لأراضيها، وتتعامل هذه الدول مع بعضها البعض من خلال العلاقات الدبلوماسية والسياحية والتبادل التجاري والعلاقات العسكرية.

وهناك العديد من وجهات النظر التي تبنتها الثقافات البشرية المختلفة عن كوكب الأرض، من بينها تقديس الأرض إلى حد العبودية. وساد في الماضي الاعتقاد بأن الأرض مسطحة، ولم يكتشف الإنسان كروية الأرض إلا في العصور الوسطى بعدما تحسنت وسائله العلمية، رغم أن علماء المسلمين قاطبة أجمعوا على أن الأرض كروية حيث يقول ابن حزم (ت ٤٥٦ هـ):

«وجوابنا وبالله تعالى التوفيق إن أحداً من أئمة المسلمين المستحقين لاسم الإمامة بالعلم لم ينكروا تكوير الأرض ولا يحفظ لأحد منهم في دفعه كلمة بل البراهين من القرآن والسنة قد جاءت بتكويرها» – الفصل في الملل والأهواء والنحل (٢/ ٧٨)

وتَسمح البيئة على الأرض بالحياة بسبب بعدها المناسب عن الشمس، ووجود الماء والأكسجين والكربون والنيتروجين التي تكون المادة الحية، وهي بيئة متكاملة تحتاج إلى الحفاظ عليها، وعدم اضرارها فتفقد حياة البشر نضورها وقوتها على البقاء، وقد تختفي أيضا بعض الأحياء الأخرى بسبب استغلال الإنسان لثروات الأرض بدون حساب.

- **التسلسل الزمني للأحداث التي وقعت على كوكب الأرض**

استطاع العلماء جمع معلومات مفصلة عن العهود الماضية لكوكب الأرض؛ حيث يرجع تاريخ بداية النظام الشمسي إلى حوالي ٤.٥٦٧٢±٠.٠٠٠٦ مليار سنة، ومنذ ٤.٥٤ مليار عام(وهذه المعلومة غير مؤكدة بنسبة ١%) تكونت الأرض والكواكب الأخرى الموجودة في

النظام الشمسي من سديم شمسي – عبارة عن كتلة قرصية الشكل من الغبار والغاز تبقت من تكون الشمس.

وقد اكتمل تكوّن الأرض عن طريق هذه الأجزاء الخارجية في غضون فترة تتراوح ما بين ١٠ و ٢٠ مليون عام ، وفي بادئ الأمر كانت الأرض منصهرة، ثم بردت طبقتها الخارجية؛ لكي تكوّن قشرة صلبة وذلك عندما بدأت المياه تتراكم في الغلاف الجوي للأرض.

ثم تكوّن القمر بعد ذلك بوقت قريب، وذلك عندما اصطدم جرم سماوي - في حجم كوكب المريخ (أحيانًا يطلق عليه "فرضية تأثير الارتطام بالجسم العملاق") تمثل كتلته ١٠% من كتلة كوكب الأرض، - بالأرض في صدمة عارضة.

وبعد ذلك اندمجت أجزاء من هذا الجرم السماوي مع كوكب الأرض، وتناثرت أجزاء منه في الفضاء، ولكن أجزاء من هذا الجرم استقرت في مدار وكونت القمر.

وقد نتج عن النشاط البركاني وانبعاث الغازات من كوكب الأرض تكون الغلاف الجوي الأساسي للكوكب.

وقد تكونت المحيطات من تكثف بخار الماء الذي يزيد بفعل الثلوج والمياه السائلة التي تحملها الكويكبات والكواكب الأصلية الأكبر حجمًا والمذنبات وأي كوكب في النظام الشمس يدور حول الشمس على مسافة أبعد من نبتون.

هذا وقد تم اقتراح احتمالين أساسيين لشكل تطور القارات: الأول هو التطور الثابت الذي ما زال مستمرًا حتى العصر الحالي، والثاني هو تطور سريع مبدئي حدث في فترة مبكرة من تاريخ الأرض. وقد أوضحت الأبحاث أن النظرية الثانية هي الأقرب للصواب، فقد حدث تطور سريع ومبدئي لقشرة القارات الأرضية، تلاه تطور ثابت على المدى البعيد للمنطقة القارية.

وإذا قيس ذلك بمقياس الزمن، فإنه قد استمر على مدى مئات الملايين من السنين؛ حيث أن سطح كوكب الأرض قد أعاد تشكيل نفسه بشكل مستمر حيث تكونت القارات، ثم انفصلت بعد ذلك.

فالقارات تباعدت وتزحزحت على سطح الأرض ولكنها كانت تتجمع في بعض الأحيان مرة أخرى لكي تكوّن قارة كبيرة. وتعتبر قارة "رودينيا" إحدى أقدم القارات الكبيرة التي ظهرت منذ ٧٥٠ مليون سنة تقريبًا، ثم بدأت أجزائها في الانفصال. ثم بعد ذلك تجمعت القارات مرة أخرى لكي تكون القارة العظمى "بانوتيا"، وذلك خلال الفترة الممتدة بين ٦٠٠ و ٥٤٠ مليون عام، ثم تكونت في النهاية قارة بانجيا، التي انفصلت أجزاؤها منذ ١٨٠ مليون عام مضت.

- نشأة الحياة على كوكب الأرض

يعتبر كوكب الأرض، حتى الوقت الحالي، الكوكب الوحيد الذي توجد عليه بيئة عامرة بأسباب الحياة، إن التخليق الضوئي (تخليق مركبات كيميائية في الضوء) يسمح باستغلال الطاقة الناتجة عن الشمس بشكل مباشر في الحياة بجميع أشكالها؛ حيث يتراكم الأكسجين الناتج عن هذه العملية في الغلاف الجوي مكونًا طبقة الأوزون (O3) في الجزء العلوي من الغلاف الجوي، هذه النظرية توضح أصل الميتوكندوريا والبلاستيدات (أجزاء الخلايا النباتية المحتوية على الكلوروفيل) والتي تعتبر وحدات فرعية مكونة لخلايا إيوكاريوت (التي تفتقر إلى النواة والغشاء النووي).

ينتج عن اندماج الخلايا الصغيرة داخل الخلايا الكبيرة تكوين خلايا معقدة يطلق عليها خلايا حقيقية النواة (أي أنها تتميز بنواة واحدة). وتتخذ الكائنات ـ متعددة الخلايا الحقيقية ـ والتي تكونت في شكل خلايا داخل مستعمرات سمات أكثر خصوصية.

خلال عقد الستينات من القرن العشرين، افترض بعض العلماء أن عاصفة ثلجية شديدة قد هبت على الأرض خلال الفترة الممتدة بين ٧٥٠ و ٥٨٠ مليون سنة، وذلك أثناء العصر الفجري الحديث، مما أدى إلى تغطية معظم أجزاء الكوكب بصفائح أو ألواح من الجليد.

وقد تم إطلاق مصطلح "الأرض كرة ثلجية" على هذا الافتراض، ويحظى هذا الحدث باهتمام كبير؛ لأنه يسبق الإنفجار الكمبري، أي عندما بدأت الكائنات متعددة الخلايا في الظهور على سطح كوكب الأرض.

وعقب الانفجار الذي حدث في العصر الكمبري، منذ حوالي ٥٣٥ مليون سنة، حدثت خمسة حالات انقراض كبرى، وكان آخر حدث انقراض قد

وقع منذ ٦٥ مليون سنة، عندما أدى اصطدام حجر نيزكي بالأرض إلى انقراض الديناصورات والزواحف الأخرى الكبيرة، ولكن بقيت الحيوانات الصغيرة مثل الثدييات، التي كانت تشبه في ذلك الوقت الزبابة (حيوانات آكلة الحشرات شبيهة بالفأر).

وقد اختلفت وتنوعت أشكال الثدييات على مدى ٦٥ مليون سنة، فقد استطاعت إحدى أسلاف الإنسان، الشبيه بالقرود، الوقوف على ساقيها منتصبةً منذ ملايين السنيين وفقًا لنظرية داروين، وقد أدى ذلك إلى تطور مقدرتها على استخدام الأدوات وتشجيع التواصل بين الأفراد منها ـ مما ساهم بدوره في ارتفاع كفائة توفير الغذاء وأوجد التحفيز الملائم، الذي ساعد في نهاية المطاف على زيادة حجم المخ، ووصول الإنسان إلى ما هو عليه اليوم وفق هذه النظرية. وفي الوقت نفسه، أدى ظهور النشاط الزراعي والحضارات إلى أن يخلف الإنسان تأثيرًا كبيرًا على الأرض خلال فترة قصيرة، لم يحدث أن مثلها من قبل ـ الأمر الذي أدى تباعًا إلى التأثير على أشكال الحياة الأخرى من حيث الطبيعة والكم.

بدأ النمط الحالي للعصور الجليدية منذ حوالي ٤٠ مليون سنة، ثم تكاثف خلال العصر الحديث الأقرب منذ حوالي ٣ ملايين سنة. ومنذ ذلك الحين خضعت المناطق القطبية لدورات متكررة من هطول وذوبان للجليد، تتكرر خلال فترة تمتد بين كل ٤٠ و ١٠٠.٠٠٠ عام، وقد انتهى العصر الجليدي الأخير منذ ١٠,٠٠٠ سنة.

المستقبل

يرتبط مستقبل كوكب الأرض بشكل كبير بمستقبل الشمس، فمثلاً، يترتب على التراكم المطرد لعنصر الهيليوم والعناصر الثقيلة الأخرى في جوف الشمس زيادة بطيئة في الإضاءة الكلية للشمس؛ حيث ستزيد إضاءة

الشمس بنسبة ١٠% على مدى ١.١ مليار سنة قادمة، وبنسبة ٤٠% على مدى ٣.٥ مليارات سنة قادمة ان شاء الله .

وجدير بالذكر أن الأبحاث المتعلقة بالأحوال المناخية تدل على أن ارتفاع نسبة الإشعاعات التي تصل إلى الأرض قد ينتج عنها عواقب وخيمة، ومن بين هذه العواقب الفقد المحتمل للمسطحات المائية الموجودة على كوكب الأرض.

يعمل ارتفاع درجة حرارة سطح الأرض على تسريع دورة ثاني أكسيد الكربون غير العضوية والتقليل من مستوى تركيزها ليصل بها إلى مستويات تؤدي إلى هلاك النباتات (١٠ أجزاء في المليون - PPM- للتمثيل الضوئي C4) في غضون ٩٠٠ مليون سنة.

بالإضافة إلى ذلك، فإن عدم وجود نباتات على سطح الأرض سيؤدي إلى انعدام الأكسجين في الغلاف الجوي، وبذلك، فإن الحيوانات ستنقرض في خلال عدة ملايين أخرى من السنيين.

ولكن حتى إذا كانت الشمس خالدة ولن تمر بأية تغيرات، فإن التبريد المستمر الذي يحدث لجوف الأرض سيؤدي إلى فقدها لمعظم غلافها الجوي والمحيطات الموجودة عليها، وذلك نتيجة قلة النشاط البركاني. وبعد مرور مليار سنة أخرى فإن جميع المسطحات المائية ستختفي، وسيصل الحد الأدنى لدرجة حرارة الكون إلى ٧٠ درجة مئوية.

ومن المتوقع أن تصبح الأرض صالحة للحياة عليها لمدة حوالي ٥٠٠ مليون سنة أخرى فقط ان شاء الله تعالي .

دورة حياة الشمس.

يقول العلماء أن الشمس ستصبح نجمًا عملاقًا أحمر، كجزء من تطورها، في غضون ٥ مليارات سنة.

فقد أوضحت الدراسات أن الشمس سيتمدد حجمها بنسبة تعادل حوالي ٢٥٠ مرة من نصف قطرها الحالي، أي ما يعادل تقريبًا حوالي وحدة فلكية واحدة (١٥٠,٠٠٠,٠٠٠ كم)، أي أن نصف قطرها سوف يطل على الأرض، ولكن بحلول ذلك الوقت ستكون الحياة على الأرض قد انتهت منذ مئات ملايين السنين، ذلك لأن الحياة على الأرض لا تتحمل ارتفاع كبير في دراجات الحرارة يفوق تلك الموجودة حاليًا.

وبما أن الشمس ستصبح نجمًا عملاقًا أحمر، فإنها ستفقد تقريبًا ٣٠% من كتلتها، وبذلك فمن غير وجود تأثيرات مدية وجزرية، ستتحرك الأرض إلى مدار يقع على بعد ١.٧ وحدات فلكية (٢٥٠.٠٠٠.٠٠٠ كيلومتر) من الشمس عندما يصل النجم إلى أقصى نصف قطر له. وبناءً على ذلك، فإنه من المتوقع، أن تهرب الأرض من الغلاف المحيط بها وذلك بفعل تمدد الغلاف الجوي الخارجي غير الكثيف الذي يحيط بالشمس.

وبذلك فإن معظم، إن لم يكن كل، مظاهر الحياة المتبقية على سطح الأرض ستتدمر بسبب ضوء الشمس المتزايد.

بينما أشارت دراسة أحدث من الدراسة السابقة، إلى أن مدار الأرض سيهلك بسبب تأثيرات المد والجزر على الأرض مما سيؤدي إلى دخولها إلى الغلاف الجوي للنجم الأحمر العملاق وهلاكها.

- **تكوين كوكب الأرض وتركيبه :**

تعتبر الأرض كوكبًا أرضيًا، مما يعني أنها عبارة عن جسم صخري، وليست جسمًا غازيًا عملاقًا مثل كوكب المشتري.

كما أنها تعتبر أكبر الكواكب الأرضية الأربعة الموجودة في النظام الشمسي، من حيث الحجم والكتلة.

بالإضافة إلى ذلك، فإن كوكب الأرض يتمتع من بين هذه الكواكب الأربعة أيضًا بأعلى نسبة كثافة وأعلى مستوى من الجاذبية على سطحها وأقوى مجال مغناطيسي وأسرع دوران.

فضلاً عن أنه الكوكب الأرضي الوحيد التي توجد عليه ألواح تكتونية نشطة.

- **شكل كوكب الأرض**

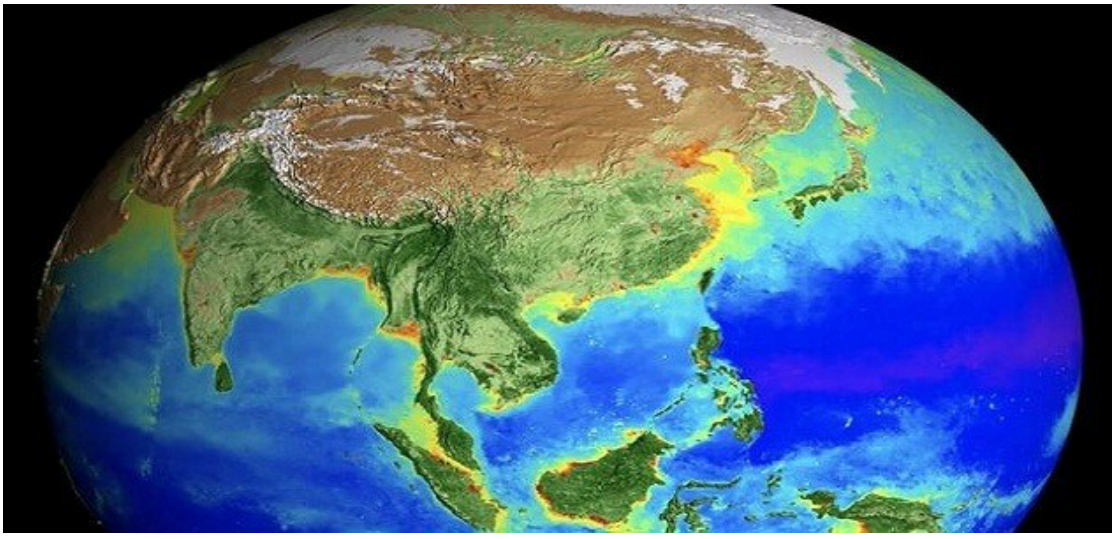
إن شكل كوكب الأرض قريب جدًا من الشكل الكروي المفلطح، فهي جسم كروي مفلطح عند القطبيين، ومنبعج عند خط الاستواء.

وينتج عن هذا الانبعاج دوران كوكب الأرض، كما أنه يتسبب في أن قطر الأرض عند خط الاستواء يكون أكبر من قطرها عند القطبين بحوالي ٤٣ كم. هذا ويكون متوسط قطر الجسم الكروي المرجعي حوالي ١٢,٧٤٢ كم، الذي يعادل تقريبًا ٤٠,٠٠٠ كم/TT؛ حيث أن المتر كان يساوي في الأصل ١/١٠.٠٠٠.٠٠٠ من المسافة الواقعة بداية من خط الاستواء وحتى القطب الشمالي عبر مدينة باريس في فرنسا.

وجدير بالذكر أن الطبوغرافيا المحلية تختلف عن هذا الشكل الكروي المثالي، على الرغم من أن هذه الاختلافات بسيطة على النطاق الكوني: فالأرض لها معدل تفاوت حوالي جزء من أصل ٥٨٤، أو ٠.١٧% من الجسم الكروي المرجعي، وهي نسبة أقل من ٠.٢٢% من نسبة التفاوت المسموح بتواجده بين كرات البلياردو.

هذا وتتمثل أكبر معدلات تفاوت أو انحراف محلية في السطح الصخري لكوكب الأرض في قمة إيفرست (التي يصل ارتفاعها إلى ٨,٨٤٨ متر عن سطح البحر)، وكذلك في منخفض ماريانا (الذي يصل انخفاضه إلى ١٠,٩١١ متر تحت سطح البحر).

وبسبب انبعاج الكرة الأرضية عند خط الاستواء، فإن جبل شيمبورازو الذي يقع في الإكوادور يعتبر أبعد جزء عن مركز الأرض.



- التكوين الكيميائي لكوكب الأرض

تزن كتلة كوكب الأرض حوالي ٥.٩٨×١٠٢٤ كيلوغرام تقريبًا، ويتكون معظمها من الحديد (٣٢.١%) والأكسجين (٣٠.١%) والسليكون (١٥.١%) والماغنسيوم (١٣.٩%) والكبريت (٢.٩%) والنيكل (١.٨%) والكالسيوم (١.٥%) والألمونيوم (١.٤%)، أما الجزء المتبقي، الذي يمثل ١.٢%، فيتكون من كميات قليلة من عناصر أخرى.

وحيث أن العناصر الأثقل حجمًا تنجذب نحو المركز في حين أن العناصر الأخف حجمًا تبعد نحو المركز فيما يعرف باسم "الفصل بين النجوم" أو "إعادة توزيع النجوم"، يعتقد البعض أن عنصر الحديد هو المكون الأساسي للب الأرض؛ حيث تصل نسبته إلى ٨٨.٨%، وذلك مع كميات قليلة من النيكل بنسبة ٥.٨% والكبريت بنسبة ٤.٥% وأقل من ١% من عناصر أخرى.

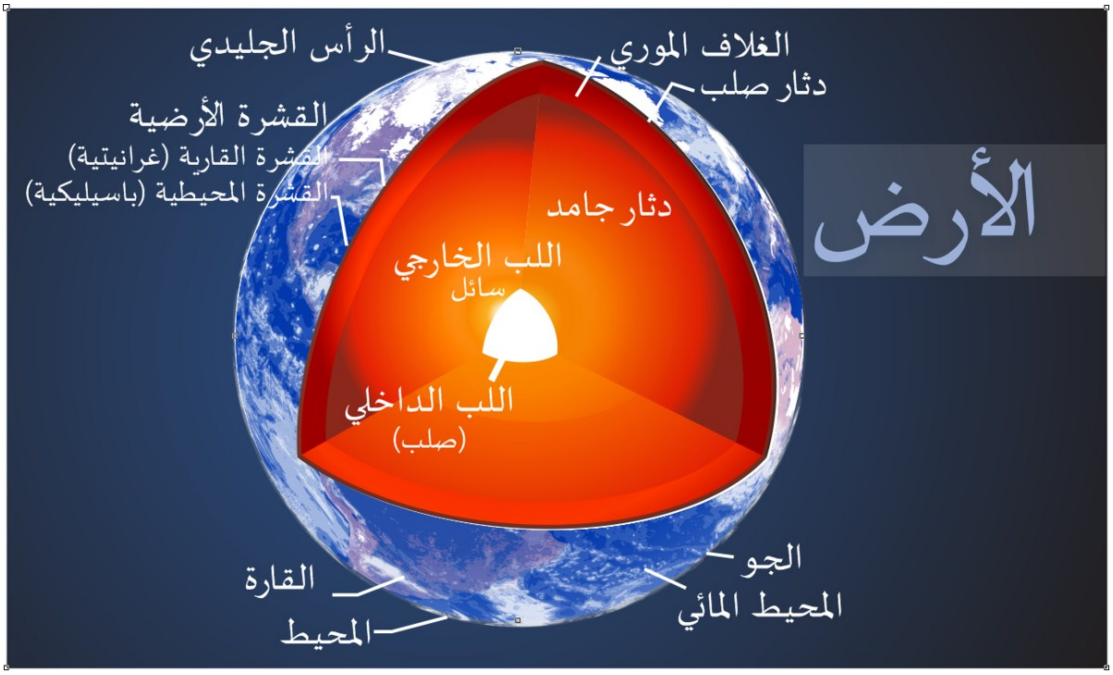
هذا وقد أوضح عالم الكيمياء الأرضية "فرانك ويغلسورث كلارك" أن أكثر من ٤٧% من القشرة الأرضية يتكون من الأكسجين.

وتعتبر كل المكونات الصخرية الأكثر شيوعًا والتي تتكون منها القشرة الأرضية هي عبارة عن أكسيدات تقريبًا، أما الكلور والكبريت والفلور فتعتبر من العناصر المهمة المستثناة من ذلك فقط، وعادة ما تمثل الكمية الإجمالية منها في أي صخرة أقل من ١% بكثير. هذا وتشتمل الأكسيدات الأساسية على السليكا والألومنيا وأكسيدات الحديد والجير والمغنيسيا والبوتاس والصودا. وجدير بالذكر أن السليكا تعمل بشكل أساسي كحمض وتساهم في تكون السليكات، كما أن كل العناصر المعدنية الشائعة في الصخور البركانية تتمتع بهذه الخصائص أيضًا. وقد استنتج كلارك، من خلال إحصائية اعتمدت على ١,٦٧٢٩ دراسة تحليلية لجميع أنواع الصخور، أن ٩٩.٢٢% من هذه الصخور يتكون من أكسيدات، بينما توجد العناصر الأخرى بكميات قليلة جدًا.

- البنية الداخلية للأرض

ينقسم الجزء الداخلي من كوكب الأرض، مثله في ذلك مثل غيره من الكواكب الأخرى، إلى عدة طبقات، وذلك طبقًا للخصائص الكيميائية أو الريولوجية (علم الجريان) - ذلك العلم المعني بحالات المادة وما يحدث فيها من حيث اللزوجة والتمدد والتلدن بتأثير العوامل الخارجية

الفيزيائية – فعند النظر إلى الطبقة الخارجية لكوكب الأرض من الناحية الكيميائية، يُلاحظ أنها عبارة عن قشرة صلبة رقيقة نسبيا يبلغ سمكها نحو ٥٠ كيلومتر، تتميز بتكونها من معادن خفيفة نسبيا أغلبها السليكات.



وتطفو تلك القشرة الخفيفة التي تحوي القارات والمحيطات والبحار فوق غلاف الأرض، وهو أشد كثافة عن مادة السطح ويتكون من مادة صلبة عالية اللزوجة.

هذا ويفصل إنقطاع موهو –انقطاع زلزالي يفصل قشرة الأرض عن الوشاح الذي تحتها، ويستدل عنه من منحنيات الزمن الارتحالية التي تبين تعرض الموجات الزلزالية إلى زيادة مفاجئة في السرعة- بين القشرة الأرضية والوشاح الأرضي، كما أن سمك القشرة الأرضية يختلف من مكان إلى آخر؛ حيث يكون متوسط سمكها تحت المسطحات المائية ٦ كيلومترات ويتراوح بين ٣٠ و ٥٠ كيلومتر في القارات.

يُطلق على كل من القشرة الأرضية والجزء السطحي من الوشاح الأرضي العلوي الذي يتسم بالبرودة والصلابة اسم "الغلاف الصخري" أو "الغلاف الحجري"، وهو الذي تتكون منه الألواح التكتونية.

ويقع أسفل الغلاف الصخري نطاق الانسياب (وهو جزء الوشاح العلوي تحت النطاق الصخري الجامد، وهذا الجزء لدن بالدرجة التي تسمح بالانسياب الصخري) الذي يعتبر بمثابة طبقة تتسم بلزوجة منخفضة نسبيًا يرتكز عليها الغلاف الصخري. هذا وقد ظهرت تغيرات مهمة في البنية البلورية التي تقع داخل الوشاح الأرضي وذلك على بُعد ٤١٠ و ٦٦٠ كيلومتر أسفل سطح الأرض، تلك المسافة التي تمثل نطاقًا انتقاليًا يفصل بين الوشاح الأرضي العلوي والوشاح الأرضي السفلي.

وأسفل الوشاح الأرضي، يوجد لب خارجي سائل يتسم بلزوجة منخفضة للغاية أعلى اللب الداخلي الصلب.

وقد يدور اللب الداخلي بسرعة زاوية (المعدل الزمني لتغير الإزاحة الزاوية) أعلى من السرعة التي تدور بها باقي أجزاء الكوكب، كما أن درجة حرارته تزيد بنسبة ٠.١ إلى ٠.٥ درجات مئوية كل عام.

- **حرارة الأرض**

تنتج الحرارة الداخلية لكوكب الأرض من الحرارة المتخلفة من حركة الكواكب (وذلك بنسبة ٢٠% تقريبًا) والحرارة الناتجة عن الاضمحلال الإشعاعي (وذلك بنسبة ٨٠% تقريبًا). هذا ويعتبر البوتاسيوم-٤٠ واليورانيوم-٢٣٨ واليورانيوم-٢٣٥ والثوريوم-٢٣٢ من النظائر الأساسية المشعة باعثة الحرارة على كوكب الأرض، والجدير بالذكر أن الحرارة في مركز الأرض قد تزيد عن ٧,٠٠٠ كلفن، وقد يصل الضغط إلى ٣٦٠ غيغاباسكال.

ونظرًا لأن معظم حرارة الأرض تنتج عن الاضمحلال الإشعاعي، فقد اعتقد العلماء أنه في فترات مبكرة من تاريخ كوكب الأرض وقبل أن تنفد النظائر التي تتسم بأعمار نصفية قصيرة، كانت الحرارة التي تنتجها الأرض أعلى مما عليه الآن بكثير.

تقدر الحرارة الكلية التي تفقدها الأرض بحوالي ٤.٢ × ١٠١٣ واط.

هذا وينتقل جزء من الطاقة الحرارية للب الأرض في اتجاه القشرة الأرضية عن طريق تصاعد الصهارة من الوشاح الأرضي، وهو نوع من أنواع الحمل يتكون من اندفاع صخور شديدة الارتفاع في درجة الحرارة. ويمكن أن يؤدي تصاعد الصهارة إلى ارتفاع درجة الحرارة في بعض المناطق وحدوث تدفق لأحجاز البازلت (أحجار بركانية) على السطح. جدير بالذكر أن الأرض تفقد حرارتها من خلال تكتونيات الألواح عن طريق اندفاع الوشاح الأرضي - الأمر الذي يصاحبه تكوين سلاسل من الجبال والتلال في وسط المحيطات. هذا ويعتبر العامل الأساسي الأخير في فقد حرارة الأرض هو انتقال الطاقة الحرارية عن طريق الغلاف الصخري (الليزوسفير) - الأمر الذي يحدث أغلبه في المحيطات لأن القشرة الأرضية تكون أقل سمكًا في المسطحات المائية عنها في سطح القارات.

- سطح كوكب الأرض

تختلف تضاريس الأرض بشكل كبير من مكان إلى آخر، فعلى سبيل المثال يُلاحظ أن حوالي ٧٠.٨% من سطح الأرض مغطى بالماء؛ حيث أن جزء كبير من الرف القاري (أو ما يُعرف باسم منطقة المياه الضحلة التي تتميز بانحدارها التدريجي من الشاطئ باتجاه البحر) يقع تحت مستوى سطح البحر.

بالإضافة إلى ذلك، فإن السطح المغمور بالماء في وسط قيعان المحيطات يتمتع بخصائص جبلية، تشمل سلاسل جبال وتلال تقع في وسط المحيطات، كما يحتوي على براكين وأخاديد محيطية وأودية تحت سطح البحر ونجود وسهول في الأعماق. هذا ويتكون الجزء الباقي الذي لا تغمره الماء، وتشكّل مساحته ٢٩.٢% من سطح الكرة الأرضية، من الجبال والصحاري والسهول والنجود ومعالم تضاريسية أخرى.

خضع سطح كوكب الأرض، وما زال، لعمليات إعادة تشكيل على مر العصور الجيولوجية، ويرجع ذلك إلى التأثيرات التكتونية وعوامل التعرية، فضلاً عن أن التغيرات التي تحدث للتضاريس الموجودة على سطح الأرض من تكوّن أو تآكل بفعل الألواح التكتونية تخضع لعوامل التعرية الدائمة من سقوط أمطار وثلوج ودورات حرارية وتأثيرات كيميائية. وعلاوة على ما سبق، فإن هطول الجليد وتآكل السواحل وتَكَوُّن سلاسل الشعب المرجانية والتأثيرات الناتجة عن سقوط النيازك على الأرض تساهم أيضًا في إعادة تشكيل سطح كوكب الأرض.

تتكون القشرة القارية من مواد قليلة الكثافة مثل: الصخور النارية كالغرانيت والأنديزايت.

وهناك أيضًا صخور غير معروفة بشكل كبير مثل البازلت، أحد الصخور البركانية شديدة الكثافة والتي تعتبر المكون الأساسي لقيعان المحيطات. كما يوجد أيضًا صخور رسوبية تكونت من الترسبات التي ضُغِطت معًا. جدير بالذكر أن حوالي ٧٥% تقريبًا من سطح الأرض مغطى بالصخور الرسوبية، على الرغم من أنها تشكل حوالي ٥% فقط من القشرة الأرضية.

أما النوع الثالث من الصخور الموجودة على سطح الأرض فهي الصخور المتحولة، التي تكونت من تحول أنواع الصخور الأخرى بفعل الضغط أو درجات الحرارة المرتفعة أو كليهما معًا. هذا ويعتبر الكوارتز والفلسبار (سليكات الألومنيوم) والأمفيبول والميكا والبيروكسين والزبرجد الزيتوني من أكثر معادن السليكات وفرة على سطح الأرض. وتشتمل

معادن الكربونات على الكالسيت (الذي يوجد في أحجار الجير) والأراجونيت والدولوميت.

تعتبر البيدوسفير آخر الطبقات الخارجية لكوكب الأرض وتتكون هذه الطبقة من التربة، كما أنها تخضع لعمليات تكوين الأخيرة. وتوجد هذه الطبقة في السطح البيني لليزوسفير (الغلاف الجوي) والغلاف الهيدروجيني والغلاف الحيوي. والجدير بالذكر أن الأراضي الصالحة للزراعة من سطح الأرض تمثل في الوقت الحالي ١٣.٣١% من إجمالي أراضي الكوكب، وهي تؤمن ٤.٧١% فقط من المحاصيل الدائمة.

هذا ويتم استغلال ما يقرب من ٤٠% من الأراضي الموجودة على سطح الأرض في الوقت الحاضر كأراضي زراعية ومراعي، أو ما يقدر بنسبة ١.٣×١٠٧ كيلومترات مربعة كأراضي زراعية و ٣.٤×١٠٧ كيلومترات مربعة كمراعي. يختلف ارتفاع سطح الأرض من مكان لآخر، فقد أظهرت بعض الدراسات التي تمت في سنة ٢٠٠٥، أن أكثر المواقع انخفاضًا هو البحر الميت (-٤١٨ متر)، وأقصاها ارتفاعًا هي قمة جبل إفرست (٨,٨٤٨ متر). والجدير بالذكر أن متوسط ارتفاع سطح الأرض فوق مستوى سطح البحر يصل إلى ٨٤٠ متر.

- **الغلاف المائي**

إن توفر كميات كبيرة من الماء على سطح الأرض يُعتبر من المعالم الفريدة التي تميز "الكوكب الأزرق" عن غيره من الكواكب في النظام الشمسي. والجدير بالذكر أن الغلاف المائي للأرض يتكون بشكل أساسي من المحيطات، ولكن من الناحية الفنية، فهو يضم كافة المسطحات المائية في العالم بما في ذلك البحار الداخلية والبحيرات والأنهار والمياه الجوفية التي تقع على عمق يصل إلى ٢,٠٠٠ متر. هذا ويعتبر "وادي

تشالنجر" في المحيط الهادئ، وبالتحديد منخفض مريانا الذي يصل عمقه إلى -١٠,٩١١.٤ متر، أعمق المواقع على سطح الأرض. يصل متوسط عمق المحيطات إلى ٣,٨٠٠ متر، وتعادل هذه النسبة أربعة أضعاف متوسط الارتفاع الموجود على سطح القارات.

تُقدّر كتلة المحيطات بحوالي ١٠١٨×١.٣٥ طن متري، أو ما يعادل حوالي ١/٤٤٠٠ من الكتلة الإجمالية لكوكب الأرض، كما تشغل المحيطات مساحة ١٠٦×٣٦١.٨ كم٢. والجدير بالذكر أنه إذا تم بسط كافة الأراضي الموجودة على سطح الأرض بشكل متساوي، فإن مستوى المياه سيصل لارتفاع يزيد عن ٢.٧ كيلومترات.

إن حوالي ٣.٥% من الكتلة الإجمالية للمحيطات تتكون من الملح. وقد تكونت معظم هذه الأملاح من النشاط البركاني أو تم استخلاصها من الصخور الباردة البركانية. وتعتبر المحيطات مخزنًا للغازات المذابة في الغلاف الجوي والتي تعتبر ضرورية لبقاء العديد من الكائنات المائية. فضلاً عن أن مياه البحار تتمتع بتأثير مهم على المناخ العالمي؛ حيث أنها تعمل والمحيطات كخزانات كبيرة للحرارة. كما أن التغيرات التي تحدث في توزيع درجة الحرارة في المحيطات من الممكن أن تؤثر بشكل كبير على تغيرات المناخ على سطح البحر، وذلك مثل ظاهرة التذبذب الجنوبي المعروف باسم ظاهرة "آل نينو".

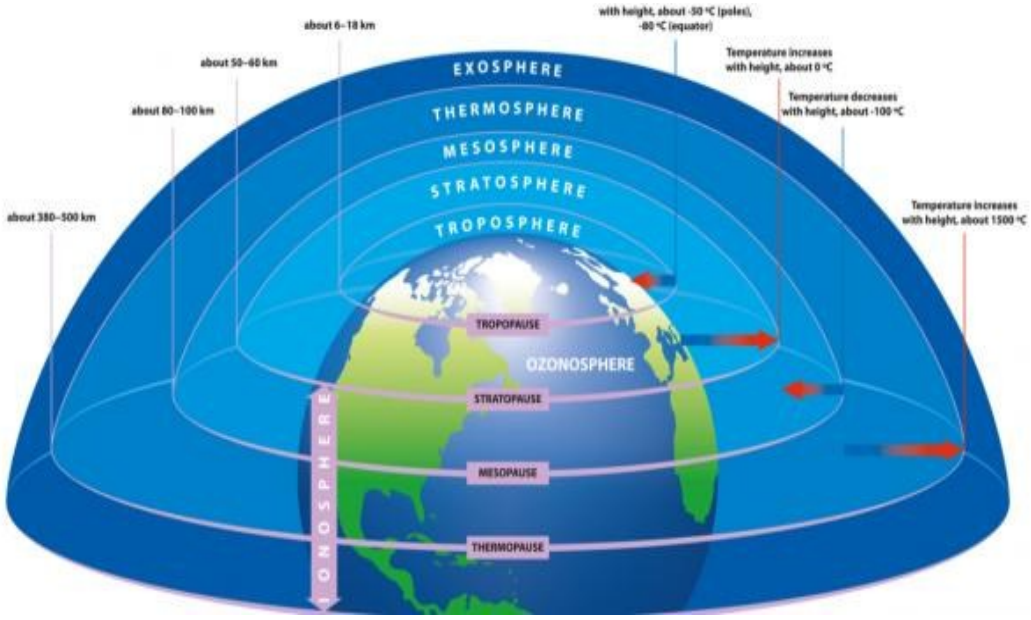
الغلاف الجوي

يصل متوسط الضغط الجوي على سطح الأرض إلى ١٠١.٣٢٥ كيلو باسكال، وذلك على ارتفاع درجي قدره ٨.٥ كيلومترات.

والجدير بالذكر أن الغلاف الجوي يتكون من ٧٨% من النيتروجين و٢١% من الأكسجين، بالإضافة إلى كميات ضئيلة من بخار الماء وثاني أكسيد الكربون وجزيئات غازية أخرى. هذا ويختلف ارتفاع التروبوسفير

(الغلاف السفلي) طبقًا لخط العرض، حيث يتراوح ارتفاعه ما بين ٨ كيلومترات عند القطبين و ١٧ كيلومتر عند خط الاستواء، وذلك مع وجود بعض الاختلافات التي ترجع إلى الطقس والعوامل الموسمية.

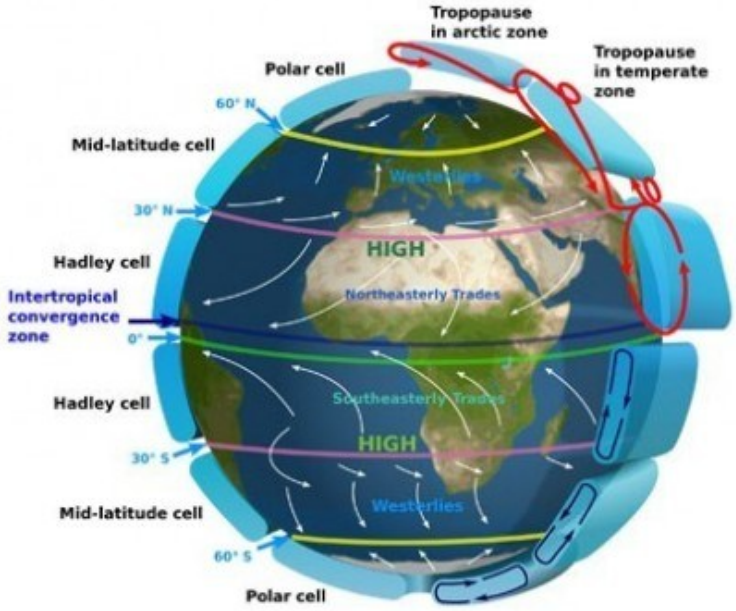
أدى وجود الغلاف الحيوي لكوكب الأرض إلى حدوث تغير في غلافها الجوي؛ حيث أن عملية التمثيل أو التخليق الضوئي التي تعتمد على الأكسجين بدأت منذ ٢.٧ مليارات سنة ـ مما أدى إلى تكوّن الغلاف الجوي الذي يتكون بشكل أساسي من الأكسجين والنيتروجين الموجودين الآن.



طبقات الغلاف الجوي

وقد أدى هذا التغير إلى تكاثر الكائنات مستنشقة الهواء، وتَكُّون طبقة الأوزون التي تعمل هي والمجال المغناطيسي لكوكب الأرض معًا على حجب أشعة الشمس فوق البنفسجية مما يسمح بوجود حياة على سطح الأرض. ومن الوظائف الأخرى المهمة التي يقوم بها الغلاف الجوي: نقل بخار الماء وتوفير الغازات المفيدة والمساعدة على حرق الشهب قبل أن تصطدم بسطح الأرض وتعديل درجة الحرارة. وتعرف الظاهرة الأخيرة من هذه الظواهر باسم "تأثير الاحتباس الحراري"؛ حيث أن الجزيئات

الضئيلة الموجودة في الغلاف الجوي تساعد في حبس الطاقة الحرارية المنبعثة من الأرض ـ مما يؤدي إلى ارتفاع متوسط درجات الحرارة على سطح الأرض. جدير بالذكر أن غاز ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء والميثان والأوزون تعتبر من غازات الدفيئة للأرض، فمن غير وجود تأثير الاحتباس الحراري، فإن معدل درجة الحرارة على سطح الأرض سيصل إلى -١٨ درجة مئوية، وقد تنعدم الحياة عندئذ.



- **الطقس والمناخ على سطح الأرض**

ليس هناك من حدود معروفة للغلاف الجوي للأرض؛ حيث أنه يصبح أقل سمكًا بالتدريج ويتلاشى في الفضاء الخارجي. هذا وتوجد ثلاثة أرباع كتلة الغلاف الجوي في الأحد عشر كيلومترًا الأولى من سطح الكوكب. وتُعرف أدنى طبقة باسم "التروبوسفير" أو "الغلاف السفلي". تقوم الطاقة المنبعثة من الشمس بتسخين هذه الطبقة والسطح الموجود تحتها مما يؤدي إلى تمدد الهواء، ثم يرتفع الهواء الساخن قليل الكثافة لأعلى ويحل محله هواء بارد أكثر كثافة. والنتيجة هي دوران الهواء في الغلاف الجوي الذي يوجه الطقس والمناخ من خلال إعادة توزيع الطاقة الحرارية. وتتكون أحزمة الدوران الأساسية الموجودة في الغلاف الجوي

من الرياح التجارية التي تهب على المنطقة الاستوائية أسفل خط عرض ٣٠° والرياح الغربية التي تهب على خطوط العرض المتوسطة بين ٣٠° و ٦٠°. كما تعتبر تيارات المحيطات من العوامل الأساسية أيضًا في تحديد المناخ، خاصة حركة المياه في أعماق المحيطات التي تساهم في توزيع الطاقة الحرارية من المحيطات الواقعة عند خط الاستواء إلى المناطق القطبية.

ينتقل بخار الماء الذي ينتج عن تصاعد الأبخرة من سطح الأرض في الجو بطريقة دورية. فعندما تسمح الأحوال الجوية بتصاعد الهواء الرطب الدافئ، فإن المياه التي يحتوي عليها هذا الهواء تتكاثف، ثم تسقط على السطح مرة أخرى على هيئة أمطار وثلوج. وبذلك فإن معظم المياه المتبخرة تعود مرة أخرى للمناطق المنخفضة من سطح الأرض عن طريق الأنهار، والتي عادةً ما تعود إلى المحيطات أو تتجمع في البحيرات. وتعتبر دورة المياه من الآليات الحيوية التي تدعم وجود الحياة على سطح كوكب الأرض، بالإضافة إلى أنها من العوامل الأولية التي تؤدي إلى تآكل التضاريس الموجودة على سطح الأرض على مَرّ الفترات الجيولوجية. وتتفاوت كميات الأمطار ما بين عدة أمتار من المياه سنويًا إلى أقل من ملليمتر. والجدير بالذكر أن دوران الهواء في الغلاف الجوي والسمات الطبوغرافية واختلاف درجات الحرارة المختلفة يسهم في تحديد متوسط كمية الأمطار التي تسقط على كل منطقة.

يمكن تقسيم الأرض إلى أحزمة ذات أحوال مناخية متجانسة تقريبًا، وذلك طبقًا لخطوط العرض. فمثلاً يمكن تقسيم الأحزمة الواقعة بداية من خط الاستواء وحتى المناطق القطبية إلى مناطق استوائية وشبه استوائية ومعتدلة وقطبية. كما يمكن تصنيف المناخ أيضًا طبقًا لدرجات الحرارة وكميات سقوط الأمطار وكذلك تصنيف الأقاليم المناخية وفقًا لكتل هوائية منتظمة. يتكون نظام تصنيف المناخ لكوبن (وفقًا للتعديل الذي أجراه والدمير كوبن تلميذ "رودولف جيير") من خمسة مجموعات كبيرة ألا وهي: المناطق الاستوائية الرطبة والجافة والمناطق الرطبة، التي تقع

في منتصف خطوط العرض، والمناطق القارية والمناطق القطبية الباردة، والتي تم تقسيمها فيما بعد إلى مناطق أكثر تحديدًا.

- **الغلاف الجوي العلوي**

ينقسم الغلاف الجوي فوق طبقة التروبوسفير عادة إلى الاستراتوسفير (الجزء العلوي من الغلاف الجوي والميزوسفير (الغلاف الجوي الأوسط) والثيرموسفير (الغلاف الحراري). وتتميز كل طبقة من الطبقات سالفة الذكر باختلاف في انخفاض معدل درجة الحرارة - الأمر الذي يوضح مدى التغير في درجات الحرارة وفقًا للارتفاع. هذا وتتلاشى طبقة الإكسوسفير (الطبقة الأخيرة في الغلاف الجوي) خلف هذه الطبقات في الغلاف المغناطيسي؛ حيث تعتبر هذه هي النقطة التي يتفاعل فيها المجال المغنطيسي مع الرياح الشمسية. تعتبر طبقة الأوزون جزءًا مهمًا من الغلاف الجوي لاستمرار الحياة على سطح كوكب الأرض، وتعد هذه الطبقة أحد مكونات الاستراتوسفير (الغلاف الطبقي) الذي يحمي سطح الأرض بشكل جزئي من الأشعة فوق البنفسجية. هذا ويتم إطلاق اسم "خط كارمان" على المنطقة الواقعة فوق سطح الأرض بحوالي ١٠٠ كيلومتر، وهي التي تفصل بين الغلاف الجوي والفضاء.

ونظرًا لوجود الطاقة الحرارية على كوكب الأرض، فإن بعض الجزيئات الموجودة على الحافة الخارجية للغلاف الجوي لكوكب الأرض تزيد سرعتها لدرجة أنها تهرب من نطاق جاذبية الكوكب.

وهذا يؤدي إلى التسرب أو الهروب من الغلاف الجوي إلى الفضاء بشكل بطيء، وإن كان دائمًا. ونظرًا لأن غاز الهيدروجين يكون خفيفًا وذا وزن جزيئي منخفض، فإن سرعة هروبه في الفضاء تكون أكبر، كما أن معدل هروبه يكون أكبر من معدل هروب الغازات الأخرى.

هذا ويعتبر تسرب غاز الهيدروجين في الفضاء الخارجي من العوامل المساهمة في تغير وضع الأرض من حالة الاختزال الأولية إلى حالة الأكسدة الحالية.

جدير بالذكر أن عملية التمثيل الضوئي تعتبر مصدرًا للأكسجين الحر، ولكن يعتقد البعض أن فقد عوامل الاختزال مثل غاز الهيدروجين يعتبر شرطًا مسبقًا ضروريًا لتراكم غاز الأوكسجين في الغلاف الجوي على نطاق واسع. ومن ثم فإن قدرة غاز الهيدروجين على الهروب من الغلاف الجوي لكوكب الأرض ربما تكون قد أثرت على طبيعة الحياة على الكوكب. أما في الوقت الحالي، فإنه في ظل وجود الغلاف الجوي الغني بغاز الأكسجين، فإن معظم غاز الهيدروجين يتحول إلى ماء قبل أن تتاح له فرصة الهروب من الغلاف الجوي إلى الفضاء الخارجي. ولكن يرجع فقدان معظم غاز الهيدروجين إلى تدمير غاز الميثان في الغلاف الجوي العلوي.

- المجال المغناطيسي

يتشكل مغناطيسية أرضية على هيئة مجال مغناطيسي ثنائي القطب تقريبًا، وذلك مع تقارب قطبي المجال المغناطيسي في الوقت الحالي من القطبين الجغرافيين للكوكب. وطبقًا لنظرية الدينامو، فإن المجال المغناطيسي لكوكب الأرض يتوالد داخل طبقة اللب الخارجي المنصهرة؛ حيث أن الحرارة في هذا المكان تؤدي إلى وجود حركات حمل حراري للمواد الموصلة للحرارة، مما يؤدي إلى توليد تيارات كهربائية. ويؤدي هذا الأمر بدوره إلى توليد المجال المغناطيسي لكوكب الأرض.

والجدير بالذكر أن حركات الحمل الحراري في لب الأرض تتسم بطبيعة عشوائية وتغير دوري في محاذاتها. ويؤدي هذا الأمر بدوره إلى انعكاسات في المجال المغناطيسي على فترات فاصلة غير منتظمة تحدث بمتوسط عدد قليل من المرات كل مليون سنة. والجدير بالذكر أن آخر انعكاس في المجال المغناطيسي قد حدث منذ ما يقرب من ٧٠٠,٠٠٠ سنة.

هذا ويُكوّن المجال المغناطيسي للأرض الماجنتوسفير غلافها المغناطيسي الذي يساعد في انحراف الجسيمات الدقيقة الموجودة في الرياح الشمسية عن كوكب الأرض. وتبعد الحافة المواجهة للشمس والخاصة بالحد الفاصل بين الغلاف المغناطيسي والوسط المحيطي بمقدار ١٣ مرة من نصف قطر كوكب الأرض. كما ينتج عن الاصطدام الذي يحدث بين المجال المغناطيسي للأرض والرياح الشمسية ما يسمى بأحزمة "فان آلين" الإشعاعية ومنطقتين متحدتي المركز ومناطق مستديرة ذات نتوءات تتواجد بها جسيمات دقيقة مشحونة بالطاقة. وعندما تدخل البلازما (غازات عالية التأين) إلى الأقطاب المغناطيسية، يتكون الشفق.

- **مدار ودوران كوكب الأرض**

اولا :الدوران

تُقَدّر مدة دوران الأرض حول محورها بالنسبة للشمس – أي اليوم الشمسي المتوسط – بحوالي ٨٦,٤٠٠ ثانية من الوقت الشمسي المتوسط.

جدير بالذكر أن كل ثانية من هذه الثواني تعتبر أطول من مدة الثانية الموجودة في النظام الدولي للوحدات بقليل؛ لأن اليوم الشمسي أصبح الآن أطول بقليل من اليوم الشمسي خلال القرن التاسع عشر، وذلك بسبب تسارع حركة المد والجزر.

إن فترة دوران الأرض حول محورها وفقًا للنجوم الثابتة، والتي أطلقت عليها هيئة اسم اليوم النجمي المتوسط.

تُقدر بحوالي ٨٦١٦٤.٠٩٨٩٠٣٦٩١ ثانية من التوقيت الشمسي المتوسط (UT1) أو (٢٣س ٥٦د ٤.٠٩٠٥٣٠٨٣٢٨٨ث). أما بالنسبة لفترة دوران الأرض حول نفسها وفقًا للاعتدال الربيعي المتوسط والمتقدم، والتي يسميها البعض خطأً "اليوم النجمي" أو "الفلكي"، فإنها تقدر بحوالي ٨٦١٦٤.٠٩٠٥٣٠٨٣٢٨٨ ثانية من الوقت الشمسي

المتوسط (٢٣س ٥٦د ٤.٠٩٠٥٣٠٨٣٢٨٨ث). وبذلك فإن اليوم الفلكي أقصر من اليوم النجمي بحوالي ٨.٤ جزء من الثانية. هذا ويمكن تحديد طول اليوم الشمسي المتوسط عن الفترات الممتدة بين أعوام ١٦٢٣-٢٠٠٥ و١٩٦٢-٢٠٠٥. عن طريق اللجوء إلى "مراجع هيئة قياس دوران الأرض العالمية".

وبصرف النظر عن الشهب التي تدخل نطاق الغلاف الجوي والأقمار التابعة التي تدور في مدارات منخفضة، فإن الحركات الرئيسية الظاهرة للأجرام السماوية الموجودة في سماء كوكب الأرض تحدث ناحية الغرب بمعدل ٥٥°/س = ١٥'/د. جدير بالذكر أن هذه النسبة تعادل القطر الحقيقي للشمس أو القمر والذي يتم حسابه كل دقيقتين؛ حيث أن الحجم الظاهر للشمس والقمر يكون متساويًا تقريبًا.

ثانيا :المدار

يدور كوكب الأرض حول الشمس على بُعد مسافة ١٥٠ مليون كيلومتر تقريبًا كل ٣٦٥.٢٥٦٤ يوم شمسي متوسط أو سنة فلكية، الأمر الذي يجعل الشمس تبدو للناظر من الأرض، تتحرك شرقًا بالنسبة للنجوم بمعدل ١°/يوم أو قطر الشمس أو القمر كل ١٢ ساعة. ونظرًا لهذه الحركة، فإنه في المتوسط تستغرق الأرض ٢٤ ساعة – أي ما يعادل يوم شمسي – كي تتم دورة كاملة حول محورها وذلك حتى تعود الشمس إلى دائرة خط الزوال.

هذا ويُقدر متوسط السرعة المدارية لكوكب الأرض بحوالي ٣٠ كيلومتر/ثانية (١٠٨,٠٠٠ كيلومتر/ساعة)، وهي تعتبر سرعة كافية لكي تغطي مسافة قطر الكوكب (حوالي ١٢,٦٠٠ كيلومتر) في سبعة دقائق والمسافة إلى القمر (٣٨٤,٠٠٠ كيلومتر) في أربعة ساعات.

هذا ويدور القمر مع الأرض حول مركز الكتلة كل ٢٧.٣٢ يوم، وذلك وفقًا للنجوم الموجودة في الخلفية. وعندما يُضاف ما سبق إلى دوران الأرض والقمر حول الشمس، تكون فترة الشهر القمري (تلك الفترة التي تمتد بين تكوّن قمرين) حوالي ٢٩.٥٣ يوم.

يُلاحظ الناظر للأرض من القطب الشمالي السماوي، أن حركة الأرض والقمر ودورانهما المحوري يكونوا جميعًا عكس عقارب الساعة.

أما إذا نظر المرء إليها من نقطة أفضل أعلى القطبين الشماليين للشمس والقمر، فستبدو الأرض وكأنها تدور حول الشمس عكس عقارب الساعة.

كما أن المستويات المدارية والمحورية لا تكون مستقيمة تمامًا؛ حيث أن محور الأرض يميل ٢٣.٥ درجة من تعامده على مستوى الأرض والشمس، ويميل مستوى الأرض والقمر حوالي ٥ درجات بعيدًا عن مستوى الأرض والشمس. ودون هذا الميل، فإنه سيكون هناك كسوف وخسوف كل أسبوعين، وذلك بالتعاقب بين خسوف القمر وكسوف الشمس. يقدر نصف قطر منطقة نفوذ جاذبية الأرض بحوالي ١.٥ جيغا متر (١,٥٠٠,٠٠٠ كيلو متر). وتعتبر هذه هي المسافة القصوى التي يكون تأثير جاذبية الأرض فيها أقوى من الشمس والكواكب الأبعد مسافة. والجدير بالذكر أن الأجسام يجب أن تدور حول الأرض في نطاق نصف القطر هذا، أو أنها تصبح غير محكومة بسبب اضطراب جاذبية الشمس.

- الفصول وميل محور الأرض

نظرًا لميل محور الأرض، فإن كمية ضوء الشمس التي تصل إلى أي نقطة على سطح الأرض تختلف على مدى شهور العام؛ حيث يحل فصل الصيف في نصف الكرة الأرضية الشمالي عندما يتجه القطب الشمالي ناحية الشمس، ويحل فصل الشتاء عندما يتجه القطب بعيدًا عن الشمس. خلال فصل الصيف، يستمر اليوم لفترة أطول وتكون الشمس أعلي في السماء، أما في فصل الشتاء فيصبح المناخ أكثر برودة بوجه عام ويصبح النهار أقصر. وفوق الدائرة القطبية الشمالية، يصبح الوضع متطرفًا، إذ لا تشرق الشمس على الإطلاق ـ بل يحل الليل القطبي طيلة ٦ شهور. أما في النصف الجنوبي من الكرة فيكون الوضع معكوسًا تمامًا؛ حيث يكون القطب الجنوبي في اتجاه معاكس لاتجاه القطب الشمالي.

وطبقًا للقواعد الفلكية، يتم تحديد الفصول الأربعة عن طريق الانقلابين (نقطة في مدار أقصى ميل محوري باتجاه الشمس أو بعيدًا عنها) وكذلك الاعتداليين عندما يكون اتجاه الميل والاتجاه نحو الشمس عموديًا. جدير بالذكر أن الانقلاب الشتوي يحدث في ٢١ ديسمبر والانقلاب الصيفي يحدث في ٢١ يونيو تقريبًا، أما الاعتدال الربيعي فيحدث في حوالي ٢٠ مارس، بينما يحدث الاعتدال الخريفي في ٢٣ سبتمبر. هذا وتكون زاوية ميل الأرض ثابتة نسبيًا على مدى فترات طويلة من الزمن. ومع ذلك، فإن المحور يخضع أيضاً للترنح (رجف أو حركات غير منتظمة تحدث في محور الأرض بفعل الشمس والقمر) كل ١٨.٦ سنة. كذلك فإن اتجاه محور الأرض (وليس الزاوية) يتغير أيضًا بمرور الوقت متحركًا في شكل دائرة ليتم دورة كاملة كل ٢٥,٨٠٠ دورة سنوية وتسمى هذه الظاهرة مبادرة محورية، وهذا التقدم الدائري هو سبب الاختلاف بين السنة الفلكية والسنة المدارية. وتحدث هاتان الحركتان بسبب اختلاف تجاذب الشمس والقمر عند الانبعاج الموجود في خط استواء كوكب الأرض. وإذا نظر المرء إلى القطبين من الأرض فإنه يلاحظ أن القطبين يتزحزحان أيضًا أمتارًا قليلة على سطح الأرض. وهذه الحركة القطبية تتألف من مكونات عديدة دورية يُطلق عليها جميعًا اسم الحركة شبه الدورية. وبالإضافة إلى المكون السنوي لهذه الحركة، توجد هناك دورة تحدث كل ١٤ شهر تعرف باسم "ترنح تشاندلر"، وهي حركة تنتاب دوران محور الأرض وتدوم نحو ١٤ شهرًا. هذا وتتفاوت سرعة دوران الأرض مما ينتج عنه ظاهرة تعرف باسم اختلاف طول فترة النهار.

أما في الوقت الحالي، فإن الحضيض الشمسي (أقرب نقطة في مدار الكوكب أو أي جرم سماوي آخر إلى الشمس) لكوكب الأرض يحدث في ٣ يناير تقريبًا، بينما يحدث الأوج (وهي النقطة التي يكون فيها كوكب الأرض أبعد ما يكون عن الشمس) في ٤ يوليو.

ولكن هذه التواريخ تتغير على مدى الزمن؛ وذلك نظرًا للحركة المتقدمة والعوامل المدارية الأخرى التي تتبع أنماطًا دورية تعرف "بدورات ميلانكوفيتش". هذا وينتج عن تغير المسافة بين كوكب الأرض والشمس

زيادة الطاقة الشمسية التي تصل إلى الأرض في مرحلة الحضيض الشمسي بنسبة تقدر بحوالي ٦.٩%، وذلك مقارنة بالطاقة الحرارية التي تصل إلى الكوكب عندما يكون في مرحلة الأوج وهي أبعد نقطة ممكنة عن الشمس. وبما أن الجزء الجنوبي للأرض يميل نحو الشمس تقريبًا في الوقت نفسه التي تصل فيه الأرض لأقرب نقطة ممكنة من الشمس، فإن النصف الجنوبي من الكرة الأرضية يتلقى طاقة شمس أكبر من تلك التي يتلقاها النصف الشمالي للكرة على مدار العام. ولكن تأثير هذا الأمر يعتبر أقل أهمية من التغير الإجمالي في الطاقة والذي يحدث بسبب ميل محور الأرض، كما يتم امتصاص الطاقة الزائدة بفعل النسبة العالية من المياه الموجودة في النصف الجنوبي من الكرة الأرضية.

- **القمر**

الخصائص

القطر ٣,٤٧٤.٨ كم

٢,١٥٩.٢ ميل

الكتلة ٧.٣٤٩ ×١٠٢٢ كم

٨.١ ×١٠١٩ طن (قصير)

المحور شبه الرئيسي ٣٨٤,٤٠٠ ميل

٢٣٨,٧٠٠ ميل

الفترة المدارية ٢٧ يوم، و٧ ساعات و٣٤.٧ دقيقة

يعتبر القمر تابعًا أرضيًا كبير الحجم أشبه بالكوكب، ويصل قطره إلى ربع قطر كوكب الأرض. والقمر هو أكبر تابع في النظام الشمسي، وذلك بالنسبة لحجم الكوكب التابع له، هذا وتسمى التوابع التي تدور حول الكواكب الأخرى بالأقمار تيمنًا بقمر الأرض.

ينتج عن الجاذبية بين كوكب الأرض والقمر حدوث ظاهرة المد والجزر على سطح الأرض. وقد أدى هذا التأثير نفسه على القمر إلى الانحصار المدي: وهو تزامن الدوران أي تساوي المدة التي يستغرقها القمر في الدوران حول نفسه مع مدة دورانه حول الأرض، وذلك يفسر لنا أننا نرى القمر بوجه واحد دائماً . وأثناء دوران القمر حول الأرض، فإن الشمس تضيء أجزاءً مختلفة من وجهه، مما يؤدي إلى ظهور الأطوار القمرية المختلفة. وينفصل الجزء المضيء من القمر عن الجزء المظلم عن طريق الخط الشمسي الفاصل بين الجزء المنير والجزء المظلم. ونظرًا للتفاعلات المدية التي تحدث على سطح الأرض، فإن القمر يبعد عن الشمس بنسبة ٣٨ ملليمتر في السنة تقريبًا. وعلى مدى ملايين السنين، فإن هذه التغيرات البسيطة- بالإضافة إلى زيادة طول اليوم على كوكب الأرض بنسبة ٢٣ جزء من الثانية سنويًا- ستُحْدِث تغيرات هائلة. فعلى سبيل المثال، يُلاحظ أنه خلال العصر الديفوني (منذ ٤١٠ مليون سنة تقريبًا) كان هناك ٤٠٠ يوم في السنة وكان كل يوم يستمر ٢١.٨ ساعة.

يؤثر القمر بشكل كبير على تطور الحياة على سطح الأرض، وذلك عن طريق المساعدة في اعتدال المناخ على الكوكب. وتوضح كل من دراسات علم الأحياء القديمة وعمليات المحاكاة باستخدام أجهزة الكمبيوتر أن ثبات ميل محور الأرض واستقراره على هذا الوضع يحدث بفعل التفاعلات المدية مع القمر. ويعتقد بعض واضعي النظريات أنه دون حدوث هذا الثبات في محور الأرض في مقابل عزم الدوران الذي يحدث بفعل الشمس والكواكب الأخرى على الانبعاج الموجود عند خط الاستواء، فإن دوران المحور قد يكون غير ثابت بشكل عشوائي - مما يؤدي إلى حدوث تغيرات هائلة للكوكب على مدى ملايين السنيين، كالتي حدثت مع كوكب المريخ. وإذا حدث أن محور دوران الأرض اقترب من سطح الدائرة الظاهرية لمسير الشمس، فقد يؤدي ذلك إلى حدوث طقس قاس جدًا نتيجة الإختلافات الفصلية الكبيرة جدًا التي ستحدث؛ حيث أن أحد القطبين سيتوجه نحو الشمس مباشرة خلال فصل الصيف وسيتوجه بعيدًا عنها خلال فصل الشتاء. جدير بالذكر أن العلماء المختصين بدراسة

الكواكب والأجرام السماوية الذين قاموا بدراسة تأثير هذا الأمر على كوكب الأرض، قد تنبؤا أن هذا قد يؤدي إلى موت كل الحيوانات ذات الحجم الكبير والقضاء على الحياة النباتية. ولكن هذا الموضوع لا يزال محل جدل، وقد تحسمه الدراسات المستقبلية لكوكب المريخ – ذلك الكوكب الذي يمر بفترة دوران وميل لمحوره مثل كوكب الأرض، ولكن لا يتبعه قمر كبير الحجم، كما أن لُبّه ليس سائلاً.

يُلاحظ الناظر إلى القمر من كوكب الأرض، أنه بعيد بشكل كافٍ بحيث يظهر عل شكل قرص ذو شكل واضح مثل الشمس.

والجدير بالذكر أن الحجم الزاوي (أو الزاوية المجسمة) لهذين الجسمين تتماثل؛ لأنه على الرغم من أن قطر الشمس أكبر بحوالي ٤٠٠ مرة عن قطر القمر، فإنها أيضًا تبعد عن الأرض بمسافة تعادل ٤٠٠ مرة عن تلك المسافة التي يبعدها القمر عن الأرض. ويسمح هذا الأمر بحدوث الكسوف الكلي والكسوف الحلقي على سطح الأرض.

تعتبر نظرية تأثير ارتطام الجسم العملاق من أكثر النظريات المقبولة التي تفسر نشأة القمر.

وقد جاء في هذه النظرية أن القمر قد تكوّن نتيجة اصطدام كوكب بدائي في حجم كوكب المريخ يطلق عليه اسم "ثيا" بكوكب الأرض بسبب مداره المعاكس في مراحله الأولى.

ويفسر هذا الافتراض (من بين الافتراضات الأخرى) النقص النسبي لمعدن الحديد والعناصر الطيارة على سطح القمر، فضلاً عن الحقيقة التي تشير إلى أن تكوين القمر متطابق تقريبًا مع تكوين القشرة الأرضية.

- **المحيط الحيوي**

يُقال أحيانًا أن أشكال الحياة على كوكب الأرض تمثل الغلاف الحيوي. وعمومًا يُعتقد أن الغلاف الحيوي قد بدأ في النشأة والتكوّن منذ حوالي ٣.٥ مليارات سنة.

ويُعدّ كوكب الأرض المكان الوحيد في الكون الذي توجد عليه حياة. بل والأكثر من ذلك، يعتقد بعض العلماء أن الأماكن المناسبة للحياة مثل الأرض نادرة الوجود في الكون. ينقسم الغلاف الحيوي إلى عدد من البيئات الحيوية التي يعيش فيها عدد كبير من النباتات والحيوانات المتشابهة. ومن العوامل الفاصلة بين البيئات الحيوية دائرة خط العرض وارتفاع اليابسة عن مستوى سطح البحر. وتخلو البيئات الحيوية الأرضية الموجودة في الدائرة القطبية الشمالية أو الدائرة القطبية الجنوبية أو المرتفعات العالية من أي شكل من أشكال الحياة سواء حيوانية أو نباتية بينما توجد أكبر مجموعة متنوعة من أشكال الحياة عند خط الاستواء.

- **استغلال اليابسة والموارد الطبيعية**

توفّر الأرض الموارد اللازمة للإنسان كي يستغلها في تحقيق أهداف مفيدة. وبعضٌ من هذه الموارد غير متجدد مثل الوقود المعدني، وتتسم هذه الموارد بعدم إمكانية استعادتها في فترة زمنية قصيرة. وقد تم الحصول على كميات كبيرة من رواسب الوقود الحفري من قشرة الأرض التي تتكون من الفحم والنفط والغاز الطبيعي ومركبات غاز الميثان. وقد استخدم الإنسان هذه الرواسب لإنتاج الطاقة وكمادة خام للتفاعلات الكيميائية. وتتكون المواد الخام المعدنية أيضاً في قشرة كوكب الأرض من خلال عملية تكون ركاز أو معادن الأرض من تآكل طبقاتها وتحركات الألواح التكنونية الجيولوجية. وتعتبر هذه المواد مصادر غنية بالعديد من المعادن والعناصر المفيدة الأخرى.

يوفر الغلاف الحيوي على كوكب الأرض منتجات حيوية عديدة للإنسان، منها على سبيل المثال لا الحصر: الغذاء والخشب والعقاقير والأدوية والأكسجين وإعادة استغلال الكثير من النفايات والمخلفات العضوية. ويعتمد النظام البيئي القائم على اليابسة على وجود سطح التربة والماء النقي، أما بالنسبة للنظام البيئي الخاص بالمحيطات فيعتمد على العناصر الغذائية الذائبة التي جرفتها المياه من اليابسة. ويعيش الإنسان على

اليابسة من خلال استخدام مواد البناء الأولية في تشييد مآوي مخصصة للسكن. وفي عام ١٩٩٣، بلغت نسب استخدام الإنسان لليابسة ما يلي:

- **المخاطر الطبيعية والبيئية**

تتعرض مساحات كبيرة من الأرض لظروف مناخية قاسية مثل الأعاصير الحلزونية والزوابع المدارية والأعصاييير الاستوائية. كما تتعرض أماكن كثيرة للزلازل والانهيارات الأرضية وموجات بحرية زلزالية (تسونامي) وانفجارات بركانية وأعاصير قمعية وتَكُّون منخفضات أرضية وعواصف ثلجية وفيضانات وجفاف وغيرها من الكوارث الطبيعية الأخرى.

بالإضافة إلى ذلك، تتعرض العديد من المناطق التي سكنها الإنسان لأنواع كثيرة من التلوث التي يتسبب فيها الإنسان نفسه مثل تلوث الهواء والماء والأمطار الحمضية وتَكُّون المواد السامة واختفاء الحياة النباتية بها (وذلك يرجع لأسباب عديدة، منها الرعي الجائر وقطع الغابات والتصحر) واختفاء الحياة البرية وانقراض بعض أنواع الحيوانات وتآكل التربة ونقص بعض العناصر المفيدة بها واستنزاف التربة وبدء ظهور الكائنات الدخيلة.

يتفق العلماء على وجود ارتباط وثيق بين أنشطة الإنسان والاحتباس الحراري مردّه زيادة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من المصانع ومن عوادم وسائل النقل المتزايدة، العاملة على المحروقات. يمتلك سكان الأرض، وعددهم نحو ٦ مليارات نسمة الآن، نحو ٥٠٠ مليون سيارة وحافلة كلها تصدر ثاني أكسيد الكربون وغازات مضرّة أخرى، وكلها تعمل على زيادة تلك الغازات وتراكمها في الجو. ومن المتوقع أن يؤدي هذا إلى تغيرات جسيمة على الأرض مثل ارتفاع درجة الحرارة وذوبان الأنهار الجليدية وذوبان جليد القارة القطبية الجنوبية، الأمر الذي من شأنه أن يؤدي إلى زيادة منسوب الماء في المحيطات والبحار مما يعني أن جزرًا لا حصر لها وجميع الأراض المنخفضة مثل هولندا سيكون مصيرها الغرق. كما يعمل التغير الشديدة في درجات الحرارة على زيادة شدة الأعاصير والزوابع، وزيادة نسبة الدمار المتولد عنها بالمقابل.

- **الجغرافيا البشرية**

قارات كَوكُب الأرض السَبعة

أمريكا الشمالية ، أمريكا الجنوبي القارة القطبية الجنوبي أوروبا أفريقيا آسيا أوقيانوسيا عنت

تعتبر دراسة علم الخرائط والجغرافيا من بين العلوم التي تم تخصيصها على مر التاريخ لوصف الأرض.

وقد ظهرت عمليات المسح (تحديد الأماكن والمسافات بينها) والملاحة (تحديد مواضع الأشياء واتجاهاتها) إلى جانب هذين العلمين ـ مما عمل على توفير معلومات دقيقة. بلغ عدد سكان العالم في نوفمبر عام ٢٠٠٨ حوالي ٦.٧٤٠ مليار شخص. وتوضح المؤشرات أن الكثافة السكانية العالمية ستصل عام ٢٠١٣ إلى ٧ مليارات، وفي عام ٢٠٥٠ سيرتفع هذا الرقم إلى ٩.٢ مليار. ومن المتوقع أن تكون معظم هذه الزيادة السكانية في الدول النامية. وتختلف الكثافة السكانية من مكان إلى آخر على مستوى العالم، ولكن تزداد بشكل ملحوظ في قارة آسيا. ومن المتوقع بحلول عام ٢٠٢٠ أن يعيش حوالي ٦٠% من سكان العالم في المدن بدلاً من الأرياف.

علاوة على ذلك، من المحتمل أن تقل مساحة اليابسة إلى ثمن المساحة الحالية؛ أي لن يستطيع الإنسان أن يعيش إلا على هذه المساحة، ويرجع السبب في ذلك إلى أن ثلاثة أرباع سطح الأرض تغطيه المحيطات، بالإضافة إلى ذلك سيكون نصف اليابسة قد تحوّل إما إلى صحراء جدباء (١٤%)، والباقي سيظل عبارة عن مرتفعات وجبال (٢٧%) أو تضاريس غير مناسبة ليعيش الإنسان عليها. أقصى المستعمرات البشرية شمالاً هي مدينة ألرت في جزيرة ألزماير في نونافات في كندا، (عند خط طول ٨٢ درجة و٢٨ دقيقة)، وأقصاها جنوبًا هو محطة أمندسن سكوت في القارة القطبية الجنوبية عند (٩٠ درجة جنوبا).

تشغل الدول المستقلة ذات السيادة كل اليابسة على كوكب الأرض، عدا بعض الأجزاء في القارة القطبية الجنوبية. وفي عام ٢٠١٥، كان هناك ٢٠٦ دولة ذات سيادة مستقلة بما فيها مائة وثلاثة وتسعون دولة عضو في الأمم المتحدة تشغل اليابسة، وبالإضافة إلى ذلك، هناك دولتين عضو مراقب في منظمة الأمم المتحدة؛ وحوالي ٥٩ مقاطعة تابعة لدول وعدد من المناطق المستقلة ذات الحكم الذاتي وأراضي يختلف البشر على حكمها. ومن الناحية التاريخية، لم يحدث أن حُكمت الأرض من قبل حكومة واحدة مسيطرة على العالم بأسره على الرغم من نشوب العديد من الصراعات بين الدول من أجل السيطرة على العالم ولكن كل هذه المحاولات باءت بالفشل. تعد الأمم المتحدة منظمة عالمية تعمل على فض النزاعات بين الدول وبالتالي تجنب نشوب صراعات مسلحة، ومع ذلك، فإنها لا تعتبر حكومة عالمية. وعلى الرغم من أن منظمة الأمم المتحدة تقدم وسيلة لتطبيق قانون دولي وبالرغم أنه أحيانًا ما تكون هناك موافقة بالإجماع من أعضائها على التدخل العكسري، فهي تعتبر في الأساس منتدى للدبلوماسية الدولية. كان أول إنسان يدور حول الأرض هو يوري غاغارين في ١٢ إبريل عام ١٩٦١.

وفي عام ٢٠٠٤، قام ٤٠٠ شخص بجولات إلى الفضاء الخارجي ثم عادوا أدراجهم إلى مدار الأرض، وقد وطأت أقدام ١٢ شخصًا منهم سطح القمر.

أما الأشخاص الذين يعيشون في الفضاء لفترة طويلة فهم العاملين في محطة الفضاء الدولية، ويتم تبديل طاقم المحطة الفضائية الذي يتكون من ثلاثة أفراد كل ستة أشهر. كانت أطول رحلة قام بها الإنسان إلى الفضاء الخارجي عام ١٩٧٠ عندما قطع طاقم سفينة الفضاء أبولو ١٣، الذي يتكون من ثلاثة أفراد، مسافة ٤٠٠.١٧١ كم بعيدًا عن سطح الأرض.

الفصل الثالث
نظرية تكتونية الالواح

تعد نظرية تكتونية الالواح من اشهر النظريات الجيولوجية التي تفسر حركة الصفائح التكتونية في القارات .

اعتمد هذا النموذج النظري على مفهوم نظرية الانجراف القاري التي طُرحت في العقود الأولى من القرن العشرين، وقبلها مجتمع علوم الأرض بعد طرح مفاهيم تمدد قاع البحر في نهاية خمسينيات وبداية ستينيات القرن العشرين.

انقسم غلاف الأرض الصخري إلى عدد من الصفائح التكتونية، ففي الأرض، هناك سبع أو ثمان صفائح كبرى (يتوقف عددها على كيفية تعريف الصفيحة الكبرى) إضافة إلى العديد من الصفائح الصغرى.

وعندما تلتقي الصفائح، فإن حركتها النسبية تحدد نوع الحدود ما إذا كانت تقاربية أو تباعدية أو متحولة، تحدث الزلازل والبراكين وتتشكل الجبال والخنادق المحيطية على حدود الصفائح التكتونية،تتراوح الحركة الجانبية النسبية للصفائح عادة من صفر إلى ١٠ سم سنويًا.

تتكون الصفائح التكتونية من غلاف صخري محيطي وغلاف صخري قاري أكثر سمكًا، يعلو كل منهما قشرة أرضية خاصة بكليهما. على طول الحدود التقاربية، تغطس الصفائح إلى الدثار؛ وتعوض المادة المفقودة بتكوين قشرة محيطية جديدة عند الحدود التباعدية الناتجة عن تمدد قاع البحر. وبهذه الطريقة، تبقى مساحة الكرة الأرضية الكلية ثابتة.

وبذلك تشبه آلية تلك النظرية مبدأ عمل السير الناقل. في حين، افترضت بعض النظريات القديمة (التي لا زال لها بعض الأنصار) التقلص التدريجي (الانكماش) أو التمدد التدريجي للعالم.

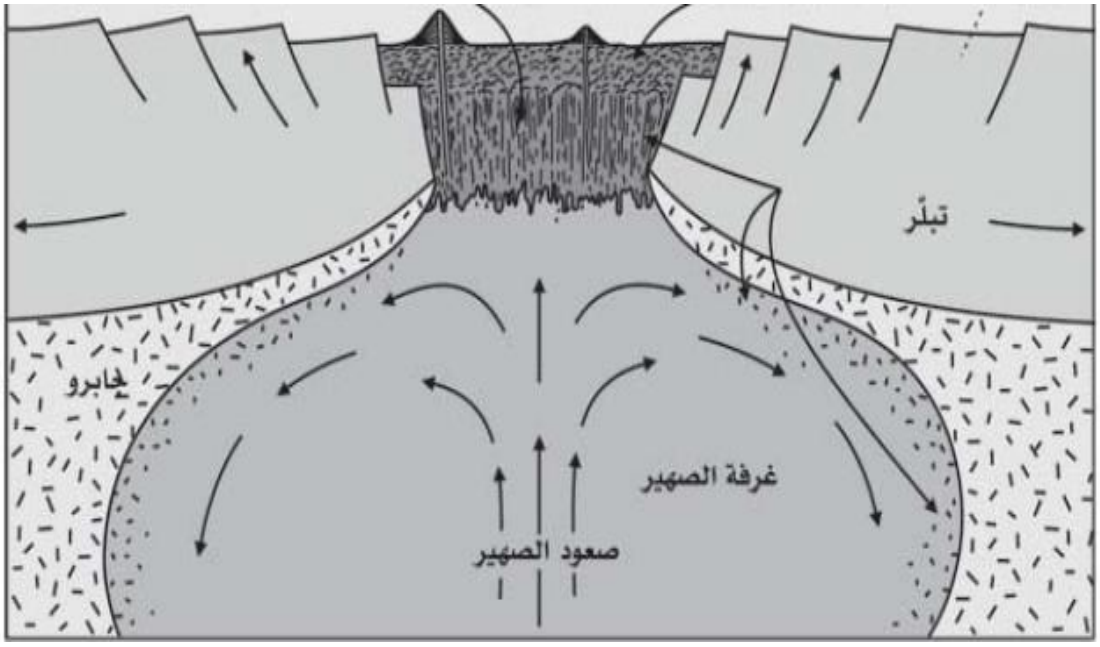
للصفائح التكتونية قدرة على التحرك لأن الغلاف الصخري للأرض أقوى من الغلاف الموري الذي يرتكز عليه، كما أن كثافة الدثار تتغير نتيجة تيارات حمل.

ويعتقد أن حركة الصفائح ترجع إلى عدة عوامل وهي حركة قيعان البحار بعيدًا عن الرصيف القاري (نتيجة التغير في طبوغرافيا وكثافة القشرة الأرضية الناتجين عن تغيرات قوى الجاذبية الأرضية) والمقاومة المائية والشفط أسفل مناطق الاندساس. ثمة تفسير مختلف، يكمن في القوى المختلفة التي تنتج عن دوران الكرة الأرضية وقوى المد والجزر للشمس والقمر، إلا أن دور كل من تلك العوامل غير واضح، ولا يزال موضوع نقاش.

كما ذكرنا من قبل ، تنقسم الطبقات الخارجية للأرض إلى غلاف صخري وغلاف موري، بحسب التغيرات في الخواص الميكانيكية وطريقة انتقال الحرارة، وميكانيكيًا، فإن الغلاف الصخري أكثر برودة وصلابة، بينما الغلاف الموري أكثر سخونة وحركته أسهل.

ومن حيث انتقال الحرارة، يفقد الغلاف الصخري الحرارة عن طريق التوصيل الحراري، في حين ينقل الغلاف الموري الحرارة من خلال تيارات الحمل بمعدل انحدار حراري ثابت تقريبًا.

ويختلف هذا التقسيم عن التقسيم الكيميائي لطبقات الأرض الذي يقسّم الأرض إلى دثار وقشرة أرضية.



المبدأ الأساسي لنظرية تكتونيات الصفائح، مبني على أن الغلاف الصخري مُقسّم إلى صفائح تكتونية منفصلة ومتميزة عن بعضها البعض، تعلو الغلاف الموري الذي يبدو كما لو كان سائلاً (طبقة صلبة ذات مرونة لزوجية). تتراوح حركة الصفائح سنويًا بين ١٠–٤٠ مم/سنة (كما في أعراف منتصف الأطلنطي التي تتحرك بسرعة نمو الأظافر)، إلى نحو ١٦٠ مم/سنة (كما في صفيحة نازكا التي تتحرك بسرعة نمو الشعر).

تتكون صفائح الغلاف الصخري التكتونية من دثار صخري يعلوه نوع أو كلا نوعين من المادة القشرية، والتي هي إما قشرة محيطية (قديمًا كانت تسمى سيما وتتكون من السيليكون والماغنسيوم) أو قشرة قارية (صخور السيال التي تتكون من السيليكون والألومنيوم).

متوسط سمك الغلاف الصخري المحيطي عادة ١٠٠ كم (٦٢ ميل)، وتوقف سمكها على عمر تلك الطبقة، فكلما مر الزمن، فإنها تبرد وتصبح أكثر سمكًا. ونظرًا لأنها تتكون عند أعراف منتصف المحيطات

ومنها تنتشر، لذا فإن سمكها يتدرج كلما اقتربنا من أعراف منتصف المحيط التي بدأت تتكون من عندها. وعادة ما تتحرك طبقة الغلاف الصخري المحيطي قبل أن تندس، ويتراوح سمكها بين حوالي ٦ كم (٤ ميل) عند أعراف منتصف المحيط إلى أكثر من ١٠٠ كم (٦٢ ميل) عند مناطق الاندساس.

أما الغلاف الصخري القاري فيكون سمكه عادة نحو ٢٠٠ كم، وإن كانت أيضًا تتغير بين الأحواض وسلاسل الجبال والبقع الداخلية المستقرة في القارات. ويختلف أيضًا نوعي القشرة الأرضية في السمك، فالقارية أكثر سمكًا من المحيطية (٣٥ كم مقابل ٦ كم).

يعرف مكان التقاء صفيحتان باسم حد الصفيحة، وعادة ما تكون حدود الصفائح مرتبطة ببعض الظواهر الجيولوجية كالزلازل ونشأة بعض الملامح الطبوغرافية كالجبال والبراكين وأعراف منتصف المحيطات والخنادق المحيطية. معظم براكين العالم النشطة تنشأ على حدود الصفائح، ومنها منطقة الحزام الناري التي تعد الأشهر والأكثر نشاطًا. بعض البراكين تحدث داخل الصفائح، وتكون سبب التشوهات الداخلية للصفائح.

من الممكن أن تحتوي الصفائح التكتونية على قشرة قارية أو محيطية، ومعظمها يحتوي على كليهما.

فعلى سبيل المثال، الصفيحة الأفريقية تشمل قارة أفريقيا وأجزاء من أرضيتي المحيط الأطلسي والمحيط الهندي. ويمكن التفريق بين القشرة المحيطية والقشرة القارية وفقًا لطريقة تشكلهما، فالقشرة المحيطية تتكون في قاع البحار وتنتشر من منتصفها، بينما تنشأ القشرة القارية من خلال الأقواس البركانية ونمو التضاريس من خلال عمليات تكتونية.

والقشرة المحيطية هي أكثر كثافة من القشرة المحيطة نظرًا لاختلافهما في التركيب حيث تحتوي القشرة المحيطية على سيليكون أقل وعناصر ثقيلة أكثر (معادن قاتمة) من القشرة القارية. ونتيجة لهذا التقسيم بحسب الكثافة، فالقشرة المحيطية تقع عامةً تحت سطح البحر (مثل

معظم صفيحة المحيط الهادي)، بينما تعلو القشرة القارية لتستقر فوق مستوى سطح البحر.

- **أنواع حدود الصفائح**

أنواع حدود الصفائح الثلاث.

هناك ثلاثة أنواع رئيسية من حدود الصفائح، يضاف إليها نوع رابع خليط، تتحدد وفق الطريقة التي تتحرك بها الصفائح نحو بعضها البعض، ويصاحبها أنواع مختلفة من الظواهر السطحية.

أما عن أنواع حدود الصفائح فهي:

الحدود المتحولة (المتوازنة) :

تحدث عندما تنزلق الصفائح أو بالأحرى عندما تتآكل أطراف الصفائح عند تصادمها مع بعضها على طول مناطق أخطاء التحول. الحركة النسبية لصفيحتين هي إما يسارية أو يمينية. ويعد صدع سان أندرياس في ولاية كاليفورنيا أحد الأمثلة على الحدود المتحولة ذات الحركة اليمينية.

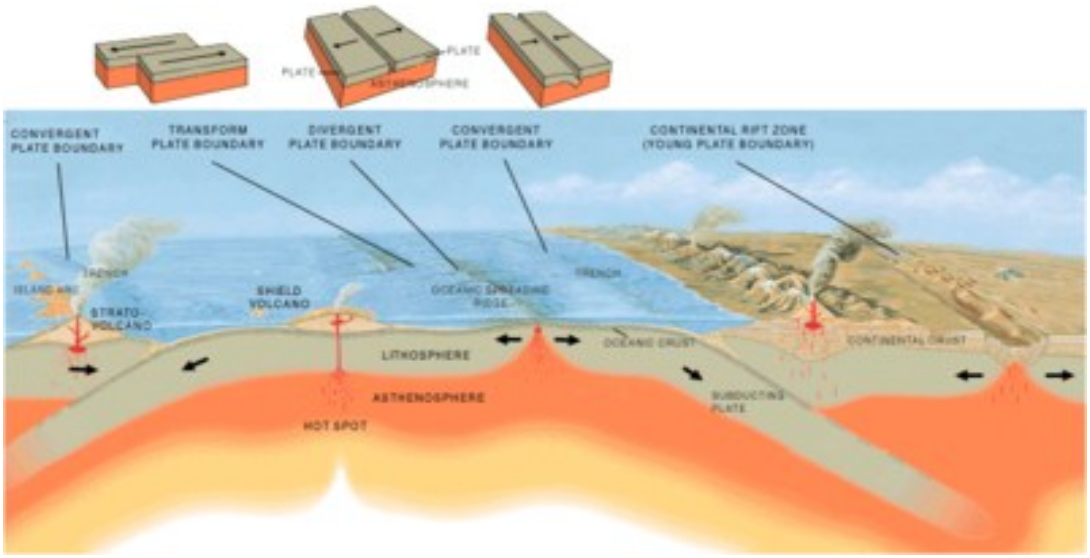
الحدود المتباعدة (البناءة) :

تحدث عندما تنزلق صفيحتين بعيدًا عن بعضهما البعض. تتشكل تلك الحدود المتباعدة عند تصدعات منتصف المحيطات نتيجة تمدد قيعان البحار. وعند انفصال القارات، تتشكل الأعراف عند المنتصف، فتتمدد أحواض المحيطات، فتتوسع الصفائح متسببة في وجود بعض البراكين البسيطة والزلازل الضعيفة. وعند المناطق الفاصلة بين القارات، قد تتسبب الحدود المتباعدة في نشأة أحواض محيطية جديدة عند انقسام القارات وتحركها.

ومن أمثلة الحدود المتباعدة، المناطق الصدعية النشطة في منتصف المحيطات مثل أعراف منتصف الأطلسي وأعراف شرق المحيط الهادئ، وأصداع ما بين القارات مثل صدع شرق أفريقيا والبحر الأحمر.

الحدود المتقاربة (المدمرة) (أو الحدود النشطة):

تحدث عندما تنزلق صفيحتان تجاه بعضهما البعض، لتشكلان عادةً إما منطقة اندساس (إذا تحرك صفيحة لتنزلق تحت الأخرى) أو تصادم قاري. في بعض مناطق اندساس ما بين القارات مثل مناطق غرب أمريكا الجنوبية وجبال كاسكيد غرب الولايات المتحدة اندسّ الغلاف الصخري المحيطي الأكثر كثافة تحت أطراف القارة الأقل كثافة، فتكونت مناطق زلزالية في مناطق الاندساس، وانصهرت الصفيحة المندسة جزئيًا مكونة صهارة صعدت إلى السطح في صورة براكين قارية. وفي بعض مناطق الاندساس الأخرى مثل جبال الأنديز في أمريكا الجنوبية وجزر ألوشيان وجزر ماريانا وقوس الجزر اليابانية، انزلقت القشرة الأرضية الأقدم والأبرد والأكثر كثافة تحت قشرة أرضية أقل كثافة، مما تسبب في تكوّن زلازل وخنادق قوسية الشكل وعميقة. بعد ذلك، ارتفعت حرارة السطح العلوي للصفيحة المندسة، وصعدت صهارة إلى السطح مكونة سلاسل جزر بركانية قوسية الشكل.



أما الخنادق البحرية العميقة فتكون عادةً مصحوبة بمناطق اندساس، وغالبًا ما تسمى الأحواض التي تنشأ على طول الحدود النشطة باسم "أحواض رأس البر". تحتوي الألواح المنزلقة على العديد من المعادن

المائية التي تفقد مائها بالتسخين، مما يتسبب في صهر الدثار، فتنتج البراكين. وقد تنغلق تلك الأحواض المحيطية في المناطق الحدودية بين القارات مثل جبال الهيمالايا والألب التي نتجت عن تصادم الأغلفة الصخرية القارية الجرانيتية التي لا يمكنها الاندساس تحت بعضها البعض، مما تسبب في انضغاط أطراف الصفائح وانطوائها لتتكون تلك الجبال.

مناطق حدود الصفائح تحدث عندما تكون آثار التفاعلات بين الصفائح غير واضحة، وتحدث تلك الحدود عادةً على طول حزام واسع غير واضح الحدود، ويمكن أن تحدث به حركات متعددة في فترات مختلفة.

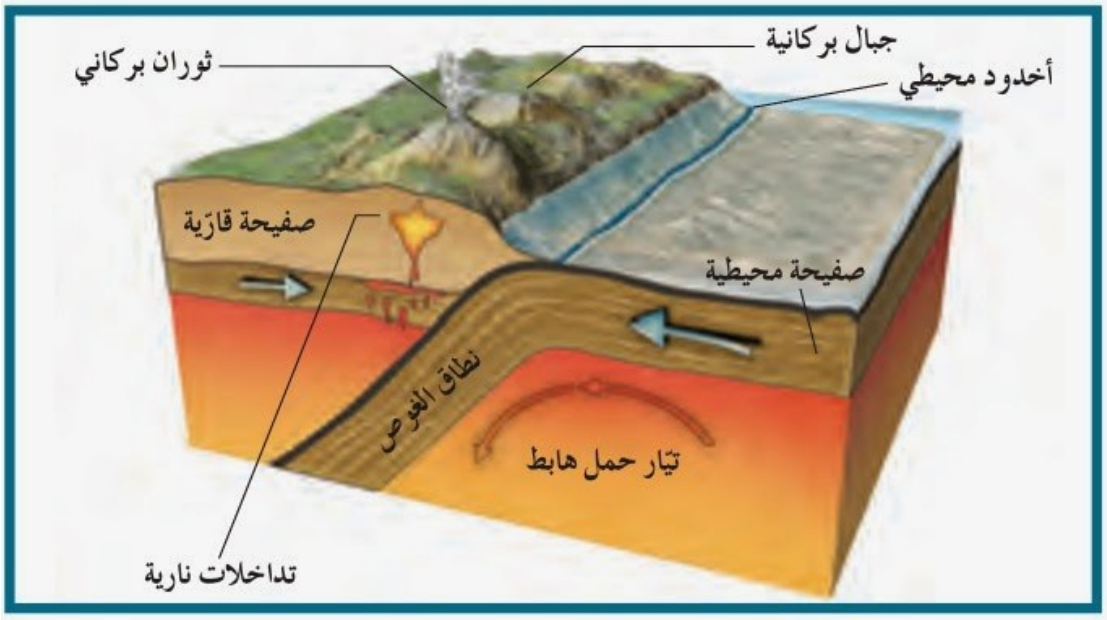
- **القوى الدافعة لحركة الصفائح**

تعد تكتونيات الصفائح في الأساس ظاهرة حركية، حيث اتفق علماء الأرض بناءً على الملاحظات والاستنتاجات أن تحركات الصفائح مرتبطة ببعضها، لكنهم تناقشوا وتجادلوا حول كيف ومتى تم ذلك. ولا يزال هناك تساؤل كبير حول الآلية الجيوديناميكية التي دفعت الصفائح للحركة. لذا، فقد انقسمت آراء العلماء إلى نظريات مختلفة.

هناك اتفاق حول قدرة الصفائح التكتونية على الحركة، نظرًا لاختلاف الكثافة النسبية للقشرة الأرضية المحيطية وضعف الغلاف الموري نسبيًا. ومن المسلم به، أن فقد الدثار للحرارة هو المصدر الأساسي للطاقة الدافعة لتكتونيات الصفائح، من خلال تيارات الحمل الحراري أو عمليات تصاعد الصهارة وترسّبها.

ونتيجة لذلك، فمن المتفق عليه الآن، وإن كان الأمر ما زال مثار بعض الجدل، أنه نظرًا لكثافة القشرة الصخرية المحيطية العالية، فإنها تندس في مناطق الاندساس، فيكون ذلك مصدرًا قويًا لحركة الصفائح. وعندما تتكون قشرة أرضية جديدة في أصداع منتصف المحيطات، فإن هذه القشرة المحيطية تكون في البداية أقل كثافة من الغلاف الموري الواقع أسفل منها، لكن كثافتها تزداد مع الوقت، لأنها تبرد وتتكاثف.

وكلما زادت كثافة القشرة الأرضية القديمة مقارنةً بالغلاف الموري تحتها، كانت لها القدرة على أن تغطس إلى أعماق الدثار في مناطق الاندساس، فتكون سببًا لمعظم القوى الدافعة لحركة الصفائح. ونظرًا لضعف طبقة الغلاف الموري، فإن حركة الصفائح التكتونية نحو منطقة الاندساس تصبح أسهل.



وعلى الرغم من الاعتقاد بأن الاندساس هو أكبر القوى الدافعة لحركة الصفائح، إلا أنه ليس القوة الوحيدة حيث أنه هناك صفائح كصفيحة أمريكا الشمالية لا تزال تتحرك، رغم أنه لم يعد هناك اندساس، وهو ما ينطبق على صفيحة أورآسيا الضخمة.

وتخضع مصادر حركة الصفائح لبحث كثيف ونقاشات موسعة بين علماء الأرض. أحد أهم تلك النقاط البحثية، هي أن النموذج الحركي لحركة الصفائح يجب أن يفصل عن الآلية الجيوديناميكية لحركة الصفائح التي تعد القوة الدافعة للحركات المعروفة، حيث أن بعض النماذج يمكن تفسيرها بأكثر من آلية واحدة. وعمومًا، يمكن تقسيم القوى الدافعة لحركة الصفائح إلى ثلاث فئات:

قوى تنشأ عن حركة الدثار، وقوى تنشأ عن الجاذبية (معظمها قوى ثانوية)، وقوى تنشأ عن دوران الأرض.

القوى الدافعة الناشئة عن حركة الدثار

في الربع الأخير من القرن العشرين، كان هناك نظرية سائدة تقول بأن تيارات الحمل الحراري الكبرى في أعلى الدثار هي القوة الدافعة الرئيسية لحركة الصفائح التكتونية.

وضع آرثر هولمز وبعض الرواد تلك النظرية في ثلاثينيات القرن العشرين، واعتبرت على الفور سببًا مقبولاً لحركة الصفائح التكتونية منذ أن أثار ألفريد فيجنر التساؤلات حول سبب حركة الصفائح التكتونية في السنوات الأولى من القرن العشرين.

ورغم القبول بها، تناولتها نقاشات طويلة، بسبب اعتقاد الكثيرين في النظرية القديمة التي تزعم أن الأرض ثابتة وأن القارات لا تتحرك، حتى سقوط تلك النظرية في مطلع الستينات. ويُظهر التصوير الثنائي والثلاثي الأبعاد لباطن الأرض أنه هناك تفاوت في كثافة الدثار من نقطة إلى أخرى، هذه التغيرات في الكثافة قد تكون اختلافات في المواد (من وجهة نظر كيمياء الصخور) أو المعادن (نظرًا لتغير البنية المعدنية) أو الحرارة (عن طريق التمدد أو الانكماش الحراري الناتج عن الطاقة الحرارية).

ونتيجة لهذا التفاوت في الكثافة، نتجت تيارات حمل حراري للدثار بفعل قوى الطفو.

ويعد الارتباط المباشر وغير المباشر بين تيارات الحمل الحراري للدثار وحركة الصفائح محورًا لدراسات ونقاشات معاصرة بين علماء الجيوديناميكيا. فلابد أن تنتقل تلك الطاقة بطريقة ما عبر القشرة الأرضية للصفائح التكتونية لتحركها.

وهناك نوعان أساسيان من القوى التي يعتقد أنها تؤثر في حركة الصفائح وهما قوى الاحتكاك والجاذبية. تتسبب تيارات الحمل الحراري

في الاحتكاك بين الغلاف الموري والغلاف الصخري الأقسى الذي يعلوه، فتدفع الصفائح للحركة.

أما قوى الجاذبية فقد تنتج عن تيارات حمل حراري موضعية بتسحب الصفائح بقوة لأسفل في مناطق الاندساس في خنادق المحيطات.

في الآونة الأخيرة، أصبحت نظرية الحمل الحراري مثار جدل كبير، حيث أن التقنيات الحديثة ثلاثية الأبعاد للتصوير المقطعي للزلازل فشلت في رصد أي من تيارات الحمل الحراري تلك، لإثبات صحة هذه النظرية.

لذا، فقد طرحت فرضيات بديلة ، ظهرت نظرية تكتونيات الأعمدة في تسعينيات القرن العشرين، التي استخدمت مفهوم معدل عن تيارات الحمل الحراري للدثار.

وتدور فكرتها حول عن تصاعد أعمدة عملاقة من أعماق الدثار، تكون الدافع أو البديل لتيارات الحمل الحراري الرئيسية. لاقت تلك النظرية التي اعتمدت فكرتها على أفكار قديمة ظهرت في مدارس علوم الأرض الأوروبية والروسية في بداية ثلاثينيات القرن العشرين صدى في النظريات الحديثة التي ترى بأن النقاط الساخنة في الدثار لا تزال ثابتة، وأن القشرة الأرضية المحيطية والقارية للصفائح تتخطاها مع الوقت، وتترك آثارها في السجل الجيولوجي للصفائح (على الرغم من عدم اعتبار هذه الظواهر كآليات دفع حقيقية).

هناك فرضية أخرى بأن تدفقات الدثار لا تحدث في صورة تيارت حمل حراري ولا في صورة أعمدة عملاقة، وإنما على شكل سلسلة من القنوات أسفل القشرة الأرضية التي تتسبب في قوى احتكاك قاعدي في الغلاف الصخري. تسمى تلك النظرية باسم "تكتونيات التدفق"، والتي لاقت قبولاً في ثمانينيات وتسعينيات القرن العشرين بين علماء الجيوفيزياء والجيوديناميكيا.

- **ميكانيكية الألواح التكتونية**

على الرغم من أن نظرية الانجراف القارى لفاجنر قد فشلت في إعطاء التفسير المقنع للأسباب التي ادت إلى حدوث حركة القارات.

غير أن نظرية الألواح التكتونية قد قامت بهذا التفسير وذلك من خلال فرضيتين : الدثار والغلاف الصخرى الذي يرتكز على غلاف يتميز باللدونة إلى حد ما يعرف بالغلاف الوهن أو الاسينوسيفر بحيث يمكن التحرك عليه ببطء شديد.

أن الغلاف الصخرى ينقسم إلى عدة ألواح على الرغم من عدم الاتفاق حول عدد هذه الألواح إلا أنه يمكن تمييز ستة ألواح كبرى علي النحو التالي :

١- موهو الوحيد الذي يتكون معظمة من صخور محيطية خاصة الحواف الوسطى وإلى ما تحت صخور غرب أمريكا الشمالية.
٢- اللوح الأمريكية American plate للأمريكتين. مع جزء من قشرة المحيط الأطلنطى حتى حوافه الوسطى
٣- اللوح الإفريقى African Plate : ويشمل كل أفريقيا حتى الحافة الوسطى للمحيط الأطلسى ونحو نصف المحيط الهندى الغربي.
٤- اللوح الأوراسىEurasian Plate : ويمتد بين الحافة الوسطى للمحيط الأطلسى غربا والبحر المتوسط وسلسلة الجبال الالتوانية الحديثة جنوبا لتنتهى في المحيط الهادى
٥- Plate : ويشتمل على كتلة صخور قارة القطبية الجنوبية
٦-(أنتاركاتيكا) Antarcatica : وتضم القارة القطبية الجنوبية مع الأطراف الجنوبية لكل من المحيط الهادى والأطلسي والهندى.

- **حركة الألواح**

تصنف حركة الألواح بما يتضمنه كل لوح من قشرة قارية وأخرى محيطية على النحو التالي :

- **تقارب قشرة قارية مع قشرة قارية**

وينشأ عن هذا التقارب ارتطام قشرتين قاريتين لهما نفس الكثافة. وقبل حدوث هذا الارتطام أو التصادم تغوص القشرة المحيطية التي تفصل بينهما والتي تكونت أثناء فترة سابقة تحت أحد القشرتين ومع تمام عملية الغوص أو الاندساس Subduction وبعد استهلاك القشرة المحيطية ترتطم هاتان القشرتان.

وينتج عن هذا الارتطام تكون سلسلة جبلية يصاحبها عمليات طي وتصدع، بعدها تبدأ عمليات التعرية نشاطها لتشكل الملامح السطحية للحزام الجبلي

وتتميز هذه الجبال بأنها شاهقة وتعد من أشهر وأهم السلاسل الجبلية في الكرة الأرضية. ومن أهمها ما يلي : -

اصطدام لوحة الهند القارية مع النوع إذ أنه حدث منذ حوالي ٤٥ مليون سنة.

حدوث اصطدام - قبل حوالي ٣٦٠-٢٨٦ مليون عام – بين القارة الأوروبية والقارة الآسيوية لتكونان قارة أوراسيا الحالية والذي نجم عنه تكوين سلسلة جبال الأورال بين حدود اللوحتين الأوروبية والآسيوية آنذاك

تصادم اللوحة الإفريقية واللوحة الأوروبية وانغلاق بحر التيثيز (Tethys)، الذي كان يفصل قارتي لوراسيا وجندوانا لاند - وتكوين سلسلة أمريكا الشمالية لتكوين جبال الأبالاش قبل حوالي ٣٦٠-٢٨٦ مليون سنة، وعلى الرغم من أن هاتين القارتين النطاق الوهن الساخن فإن مكوناته وما يحمله من رسوبيات مشبعة بالماء تبدأ في الانصهار وبالرغم من أن هذه العملية محيطيين يغوص طرف أحدهما تحت الآخر متسببا في نشاط بركاني يشبه ذلك الذي يحدث عند ارتطام لوح محيطي بآخر قاري. غير أن مثل هذه البراكين تحدث في قيعان المحيطات بدلا من

حدوثها على اليابسة. وإذا ما استمرت هذه النشاطات البركانية فإن كتلا من اليابسة قد تبرز من أعماق المحيطات.

وفى البداية تكون مثل هذه الظاهرة على هيئة سلسلة من الجزر البركانية تسمى بقوس الجزر مثل جزر اليابان وإندونسيا والفلبين وعادة ما تقع أقواس الجزر على بعد بضع مئات من الكيلومترات من خندق محيطي. حيث لا تزال عملية غوص الغلاف الصخري مستمرة. وعلى مدى زمني طويل من النشاط البركاني تتراكم عن هذه النشاطات المختلفة قوس جزر ناضج مكون من صخور بركانية مطوية ومتحولة وصخور نارية نابطة. ومثال ذلك شبه جزيرة ألاسكا والفلبين والزيابان. انزلاقية أو انتقالية).

- **الحركة التباعدية (البناءة) Divergent Movement**

تنشأ هذه الحركة عن قوى شد مما يؤدي إلى تباعد اللوحين تدريجيا، وفي هذه الحركة يتحرك الصهارة (الماجما) من طبقة الأثينوسفير asthenosphere إلى أعلى دافعا الصفائح التكتونية للتباعد عن بعضها البعض إلى تكوين البحر الأحمر الذي يمكن أن يصبح محيطا بعد ملايين السنين.

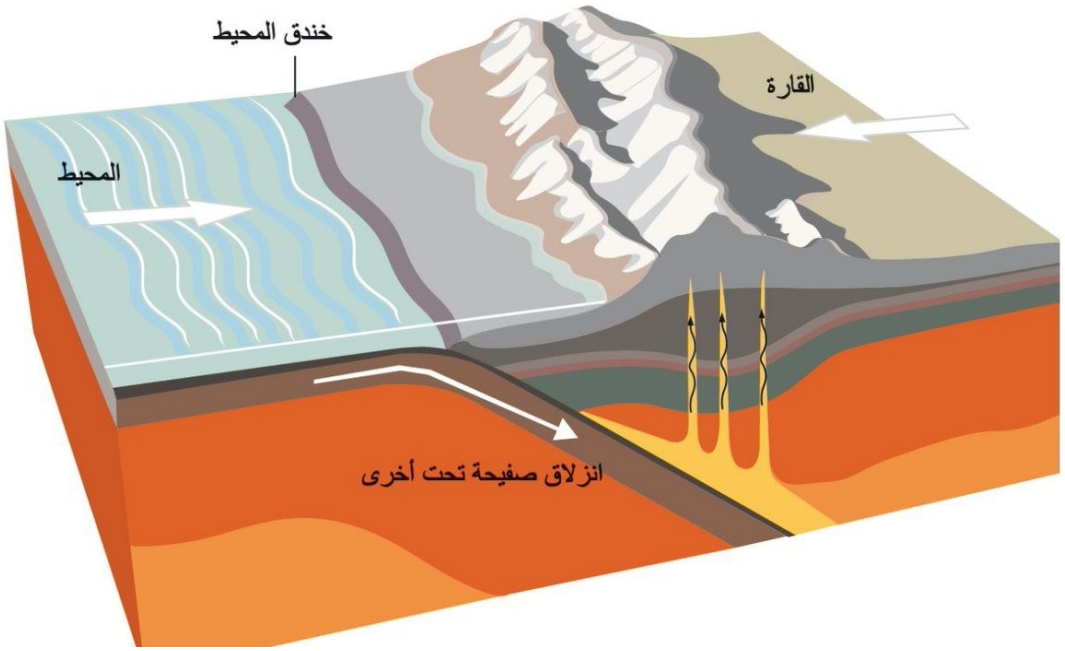
- **الحركة التقاربية (الهدامة) Convergent Movement**

تنشأ هذه الحركة عن قوى ضغط مما يؤدي إلى تقارب اللوحين تدريجيا. وتتوقف طبيعة حركة الألواح المتقاربة (المتصادمة) على نوعها (قارية كانت أم محيطية)، حيث ينزلق اللوح المحيطي تحت اللوح القاري، وذلك لأن الوزن النوعي لصخور الصفائح المحيطية أكبر من الوزن النوعي لصخور الصفائح القارية ومثال على ذلك:

إذا كان اللوحان أحدهما قاري والآخر محيطي، ينزلق اللوح المحيطي تحت اللوح القاري حيث ينصهر في الوشاح ليذوب، ولذلك تعرف هذه الحركة بالهدامة، مثال على ذلك: أخدود بيرو – شيلي غرب أمريكا. وبعيدا عن منطقة التصادم يخرج هذا الوشاح المنصهر في صورة براكين مكونة جبالا بركانية.

إذا كان اللوحان المتقاربان قارتيين، يحدث تصادم بينهما وينشأ عن ذلك سلاسل جبلية، مثل: جبال الهيمالايا وجبال زاجروس.

إذا كان اللوحان المتقاربان محيطيين، ينزلق أحدهما (ذو الوزن النوعي الأكبر) تحت الآخر (ذو الوزن النوعي الأصغر) وينتج عن ذلك انبثاق أندرياس في ولاية كاليفورنيا بالولايات المتحدة الأمريكية، وصدوع البحر الميت شمال غرب الجزيرة العربية.



- **أسباب حركة الصفائح التكتونية**

يرى العلماء أن تيارات الحمل الدورانية هي مصدر القوى التي تعتمد عليه نظرية الصفائح التكتونية التي في تفسيرها لحركة القارات ونموها وتكوين الجبال وأحواض الترسيب، حيث تنشأ تيارات حمل في منطقة الأثينوسفير المرنة نتيجة حدوث تغير في درجة الحرارة في باطن الأرض، مما يؤدي إلى وجود تيارات حمل دورانية على شكل خلايا دائرية وأن الجزر البركانية التي تقع في وسط الألواح المحيطية التي تعتبر مناطق خالية نسبيا من النشاط التكتوني، وذلك لأنها تقع فوق بقع ساخنة في المناطق العليا من لب الأرض، وتعمل الحرارة الصاعدة من هذه النقطة وبذلك تندفع المادة المنصهرة إلى السطح مكونة جزرا بركانية مثل جزر هاواي التي تقع في وسط المحيط الهادي.

الفصل الرابع

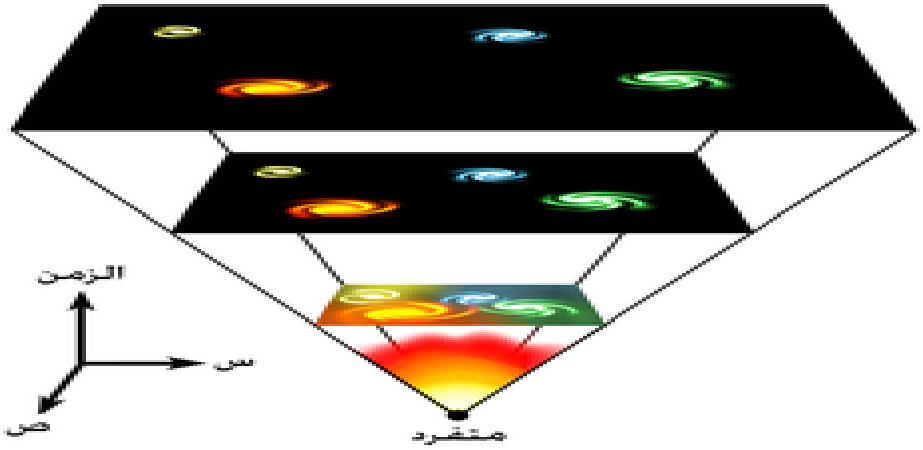
نظرية الانفجار العظيم

الانفجار العظيم في علم الكون الفيزيائي هو النظرية السائدة لتفسير نشأة الكون.

تقوم فكرة النظرية على أن الكون كان بالماضي في حالة حارة شديدة الكثافة فتمدد، وأن الكون كان يومًا جزءًا واحداً عند نشأته.

بعض التقديرات الحديثة تُقدّر حدوث تلك اللحظة قبل ١٣.٨ مليار سنة، والذي يُعد عمر الكون، وبعد التمدد الأول، بَرَدَ الكون بما يكفي لتكوين جسيمات دون ذرية كالبروتونات والنيترونات والإلكترونات.

ورغم تكوّن نويّات ذرية بسيطة خلال الثلاث دقائق التالية للانفجار العظيم، إلا أن الأمر احتاج آلاف السنين قبل تكوّن ذرات متعادلة كهربيًا.



معظم الذرات التي نتجت عن الانفجار العظيم كانت من الهيدروجين والهيليوم مع القليل من الليثيوم، ثم التئمت سحب عملاقة من تلك العناصر الأولية بالجاذبية لتُكوّن النجوم والمجرات، وتشكّلت عناصر أثقل من خلال تفاعلات الانصهار النجمي أو أثناء تخليق العناصر في المستعرات العظمى.

تُقدّم نظرية الانفجار العظيم شرحاً وافياً لمجموعة واسعة من الظواهر المرئية التي تشاهد وترصد بتلسكوبات ضخمة وتلسكوبات فضائية مختلفة، بما في ذلك وفرة من ارصاد الإشعاعات الكونية والخلفية الإشعاعية للكون والبنية الضخمة للكون وقانون هابل. ونظرًا لكون المسافة بين المجرات تزداد يوميًا، فبالتالي كانت المجرات في الماضي أقرب إلى بعضها البعض، كذلك من الممكن استخدام القوانين الفيزيائية لحساب خصائص الكون كالكثافة ودرجة الحرارة في الماضي بالتفصيل.

وبالرغم من أنه يمكن للمسرعات الكبيرة للجسيمات استنساخ تلك الظروف، لتأكيد وصقل تفاصيل نموذج الانفجار العظيم، إلا أن تلك المسرعات لم تتمكن حتى الآن إلا البحث في الأنظمة عالية الطاقة. وبالتالي، فإن حالة الكون في اللحظات الأولى للانفجار العظيم مبهمة وغير مفهومة، ولا تزال مجالاً للبحث.

كما لا تقدم نظرية الانفجار العظيم أي شرح للحالة الأولية قبل الانفجار العظيم، بل تحاول تفسير نشأة وتطور الكون منذ تلك اللحظة الأولى بعد الانفجار؛ إذ بالانفجار يبدأ الزمان والمكان، ولا ترى الفيزياء زمنا قبل الانفجار العظيم، فقد بدأ به الزمن من وجهة نظر الفيزيائيين.

- قدّم الكاهن الكاثوليكي والعالم البلجيكي جورج لومتر الفرضية التي أصبحت لاحقًا نظرية الانفجار العظيم عام ١٩٢٧.

- ومع مرور الوقت، انطلق العلماء من فكرته الأولى حول تمدد الكون لتتبُّع أصل الكون، وما الذي أدى إلى تكوّن الكون الحالي.
- اعتمد الإطار العام لنموذج الانفجار العظيم على نظرية النسبية العامة لأينشتاين، وعلى تبسيط فرضيات كتجانس نظم وتوحد خواص الفضاء.
- وقد صاغ ألكسندر فريدمان المعادلات الرئيسية للنظرية، وأضاف فيليم دي سيتر صيغ بديلة لها.
- وفي عام ١٩٢٩، اكتشف إدوين هابل أن المسافات إلى المجرات البعيدة مرتبطة بقوة بانزياحها الأحمر، استُنتج من ملاحظة هابل أن جميع المجرات والعناقيد البعيدة لها سرعة ظاهرية تختلف عن فكرتنا بأنها كلما بَعُدت، زادت سرعتها الظاهرية، بغض النظر عن الاتجاه.

ورغم انقسام المجتمع العلمي يومًيا بين نظريتي تمدد الكون ونظرية الانفجار العظيم، ومؤيد لنظرية الحالة الثابتة، إلا أن التأكيد بالملاحظة والرصد على صحة سيناريو الانفجار العظيم جاء مع اكتشاف الخلفية الإشعاعية للكون عام ١٩٦٤، واكتشاف أن طيف تلك الخلفية الإشعاعية يتطابق مع الإشعاع الحراري للأجسام السوداء. منذ ذلك الحين، أضاف علماء الفيزياء الفلكية إضافات رصدية ونظرية إلى نموذج الانفجار العظيم، وتمثيلها الوسيطي كنموذج لامبدا-سي دي إم الذي هو بمثابة إطار للأبحاث الحالية في علم الكونيات النظري.

- التضخم الكوني ونشأة الباريونات

تخضع الأطوار الأولى للانفجار العظيم للعديد من التكهنات، ففي النماذج الأكثر شيوعًا، كان الكون ممتلئًا بصورة متجانسة وقياسية بجسيمات ذات كثافة طاقة ودرجات حرارة وضغوط هائلة، وأنه تمدد وبَرُد بسرعة فائقة. وخلال ما يقرب من ١٠ −٣٧ ثانية في التمدد، تسبب تحول طوري في تضخُّم الكون

ونموه نموًا أُسيًا. وبعد توقف التضخم، تألّف الكون من بلازما كوارك-غلوونية، وغيرها من جميع الجسيمات الأولية الأخرى.

كانت درجات الحرارة في تلك الحالة مرتفعة حتى تسنّى تحرك الجزيئات عشوائيًا وفق سرعات نسبية، ونتجت أزواج ومضاداتها من كل نوع بصفة مستمرة، بل وتلاشى بعضها عبر الاصطدامات. وفي مرحلة ما، حدث تفاعل يسمى بنشأة الباريونات لم يحافظ على رقم باريون، مما أدى إلى وجود فائض صغير جدًا من الكواركات والليبتونات يفوق مضادات الكوارك ومضادات الليبتونات بنحو جزء واحد من ٣٠ مليون جزء وأدى ذلك إلى هيمنة المواد على المواد المضادة في الكون الحالي.

- التبرد

في تاريخ الكون، هناك فرضية بأن الموجات الثقالية نشأت عن التضخم الكوني الناتج عن التمدد تمامًا بعد الانفجار العظيم.

ظلت كثافة الكون وحرارته في انخفاض، وبالتالي تناقصت طاقة أي من جسيماته، ثم نقلت الأطوار الانتقالية كسر تناظر القوى الأساسية للفيزياء ومتغيرات الجسيمات الأولية إلى وضعها الحالي. ففي خلال حوالي ١٠−١١ثانية، أصبحت حالة الكون أكثر استقرارًا، حيث انخفضت طاقات الجسيمات إلى القيم التي يمكن تحقيقها في تجارب فيزياء الجسيمات. وفي حوالي ١٠−٦ ثانية، تجمّعت الكواركات والغلوونات لتكوين الباريونات مثل البروتونات والنيوترونات.

أدى فائض صغير من الكواركات مقابل مضادات الكوارك إلى فائض صغير من الباريونات مقابل مضادات الكوارك. وبانخفاض

درجات الحرارة، لم تعد درجة الحرارة تكفي لتكوين أزواج جديدة من البروتون-مضاد البروتون وكذلك أزواج النيوترونات-مضادات النيوترونات، لذا نتجت على الفور عمليات تلاشي ضخمة، تبقى منها فقط واحد من كل ١٠١٠ من البروتونات والنيوترونات الأصلية، لم يتبق أي من مضاداتها. كذلك حدثت عملية مشابهة خلال ثانية واحدة للإلكترونات والبوزيترونات. وبعد عمليات التلاشي تلك، توقفت باقي البروتونات والنيوترونات والإلكترونات عن التحرك بنسبية، وشكّلت الفوتونات غالبية كثافة طاقة الكون (مع مساهمة بسيطة من النيوترينوات).

وخلال دقائق من تمدد الكون، عندما كانت درجة الحرارة حوالي مليار كلفن والكثافة تساوي تقريبًا كثافة الهواء، توحّدت النيوترونات مع البروتونات لتشكيل ديوتريومات الكون وأنوية ذرات الهيليوم في عملية تسمى تخليق الانفجار العظيم النووي.

وظلت معظم البروتونات منفصلة كأنوية لذرات الهيدروجين. ومع تبرُّد الكون، سيطرت جاذبية إشعاع الفوتونات على كثافة طاقة الكتلة الباقية من المادة. وبعد حوالي ٣٧٩,٠٠٠ سنة، اتحدت الإلكترونات مع أنوية الذرات (معظمها من الهيدروجين)؛ وبالتالي انفصل الإشعاع عن المادة، وانطلق في الفضاء دون عوائق إلى حد كبير. وتعرف بقايا هذا الإشعاع باسم الخلفية الإشعاعية للكون.

- تشكل البنية

على مدى فترة طويلة من الزمن، تجاذبت المناطق الأكثر كثافة من المادة شبه الموزعة بتجانس قليلاً نحو المادة، وبالتالي نمت

بكثافة أكبر، وتشكّلت سحب غازية ونجوم ومجرات وبقية أجزاء البنية الفلكية الأخرى التي يمكن ملاحظتها اليوم. اعتمدت تفاصيل تلك العملية على كمية ونوع مادة الكون. وتنقسم أنواع المادة إلى مادة مظلمة باردة ومظلمة دافئة ومظلمة حارة وباريونة. وقد أظهرت أفضل القياسات المتاحة (من خلال مسبار ويلكينسون لقياس اختلاف الموجات الراديوية) أن البيانات تتوافق بشكل جيد مع فرضية نموذج لامبدا-سي دي إم التي تفترض أن المادة المظلمة كانت باردة (حيث اختفت المادة المظلمة الدافئة في وقت مبكر أثناء حقبة إعادة التأين)، وقدّرت أنها تُشكّل حوالي ٢٣٪ من نسبة المادة/طاقة الكون، بينما تُشكّل المادة الباريونية حوالي ٤.٦٪. وفي "نموذج التمدد" الذي يتضمن مادة مظلمة ساخنة في شكل نيوترينوات، إذا كانت "الكثافة الفيزيائية للباريون" bh2 تقدر بحوالي ٠.٠٢٣ (وهي تختلف عن "كثافة الباريون" Ωb التي يُعبّر عنها كجزء من النسبة الإجمالية لكثافة المادة/الطاقة، والتي أُشير إليها أعلاه بحوالي ٠.٠٤٦)، وكثافة المادة المظلمة الباردة المصاحبة Ωch2 حوالي ٠.١١، فإن كثافة النيوترينو المصاحب تُقدّر بأقل من ٠.٠٠٦٢.

- تسارع تمدد الكون

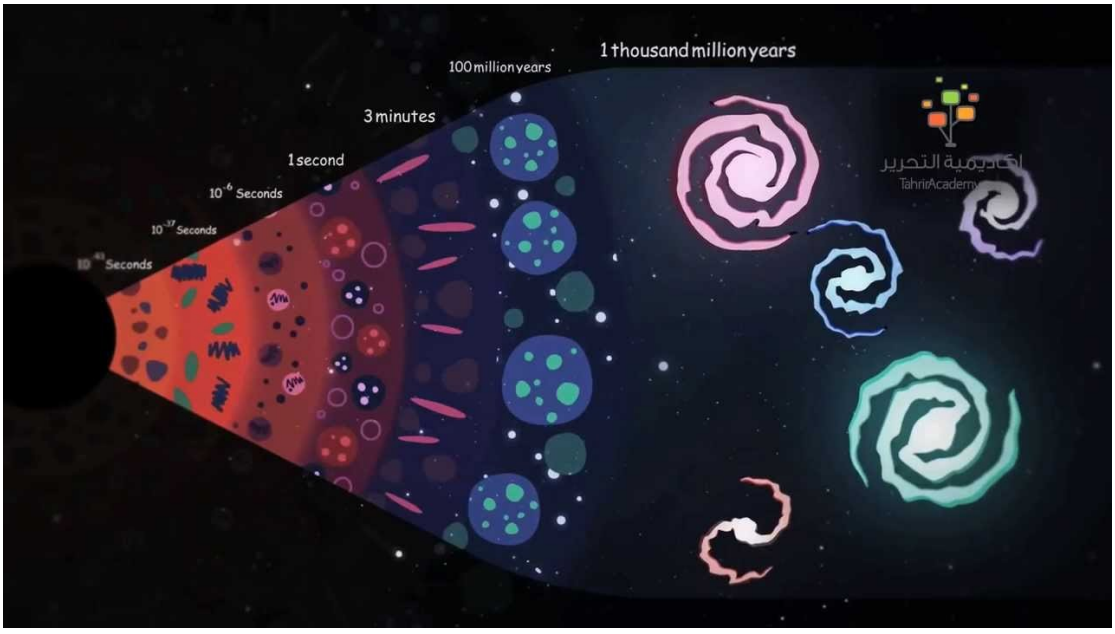
هناك دلائل مستقلة من رصد المستعرات العظمى من الدرجة والخلفية الإشعاعية للكون تُظهر أن الكون اليوم تسيطر عليه شكل غامض من الطاقة تعرف باسم الطاقة المظلمة التي تتخلل كامل الفضاء.

وتُقدّر نتائج الرصد أن ٧٣٪ من كثافة الطاقة الكلية للكون اليوم تتواجد في تلك الصورة من الطاقة. ومن المرجّح أن الكون في بداية نشأته كان مغمورًا بالطاقة المظلمة، ولكن مع تضايق المساحة وتقارب كل شيء من بعضه البعض، سيطرت الجاذبية، وكبحت تمدد الكون ببطء.

وفي نهاية المطاف، وبعد عدة مليارت من سنوات تمدد الكون، تسبب تزايد الطاقة المظلمة في تسارع تمدد الكون ولكن ببطء.

وتتخذ الطاقة المظلمة في أبسط صيغها هيئة مصطلح الثابت الكوني في معادلات أينشتاين للمجال في النسبية العامة، ولكن تكوينها وآليتها غير معروفين، وبشكل أعم، ما زالت تفاصيل معادلة حالتها وعلاقتها مع نظرية النموذج العياري لفيزياء الجسيمات قيد البحث رصديًا ونظريًا.

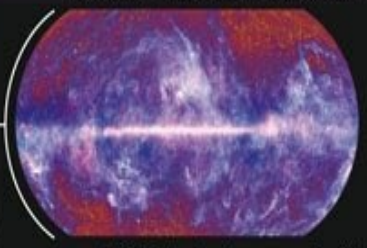
كل هذا التطور الكوني بعد حقبة التضخم الكوني يمكن وصفها بدقة وفق نموذج لامبدا-سي دي إم، الذي يستخدم الأطر المستقلة لميكانيكا الكم والنسبية العامة لأينشتاين. وكما أشير أعلاه، لا يوجد نموذج موثوق يصف ما حدث قبل ١٠−١٥ ثانية من نشأة الكون. ويبدو أن هناك حاجة إلى نظرية جاذبية كمية موحدة جديدة لكسر هذا الحاجز لفهم تلك الحقبة من تاريخ الكون، والتي تعد حاليًا إحدى أعظم المسائل التي لم تُحلّ في الفيزياء.



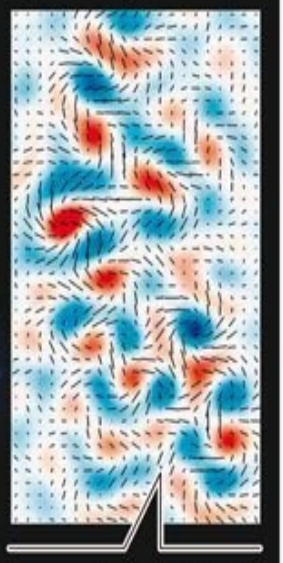
دلائل مباشرة على توسّع الكون

كان ألبرت أينشتاين أول من تنبأ بوجود موجات للجاذبية بدائية أصيلة في أعماق الكون - أو ما يسمى «ظاهرة توسع الكون» - حدثت منذ وقع تمدد سريع في الكون خلال اللحظات الأولى التي أعقبت الانفجار العظيم.

وبعد مرور قرن من تلك التنبؤات نجحت تجربة تسمى «تصوير الخلفية الخاصة بالاستقطاب الكوني خارج المجرات - 2» (Bicep-2) بواسطة التلسكوب الحساس لموجات الميكروويف الكونية، الموجود في القطب الجنوبي. ونجحت التجربة في قياس موجات الجاذبية تلك مباشرة.



أقدم ضوء: موجات الجاذبية تظهر فوق خلفية من موجات الميكروويف الكونية. وقد اكتشفت الخلفية التي تحتوي على موجات الميكروويف عام 1964. وخصصت تجربة (Bicep-2) لقياس الاستقطاب فيها.



الاستقطاب: موجات الجاذبية تولد عملية لَيّ واعوجاج للضوء الآتي من عملية الانفجار العظيم.

1 الانفجار العظيم: في كرة ملتهبة حرارتها 100000 مليار مليار مليار درجة، يتمدد الكون ليولد موجات الجاذبية.

2 توسع الكون: تتضخم الموجات مع تمدد الكون من حيز صغير جدا إلى حيز بحجم البيضة خلال واحد من التريليون من التريليون من التريليون من الثانية.

3 بعد 100 ثانية: تنخفض الحرارة إلى مليار درجة، وترتبط الجسيمات الدقيقة الأولية مع الإشعاعات.

4 380000 سنة بعد الانفجار العظيم: تنخفض الحرارة إلى 3000 درجة. تتكون ذرات الهيدروجين. تتجول الإشعاعات والمادة بحرية لأول مرة - تتولد خلفية موجات الميكروويف.

5 عصور مظلمة: لم تولد النجوم بعد - ولا يوجد أي ضوء آخر سوى الوهج المتخلف عن خلفية موجات الميكروويف.

6 200 مليون سنة بعد الانفجار العظيم: تتشكل أول النجوم والمجرات.

7 تسعة مليارات سنة بعد الانفجار العظيم: ميلاد الشمس من غيمة من الغازات والأتربة في مجرة درب التبانة. وبعد 500 مليون سنة من ذلك - ميلاد الأرض من بقايا الغيمة.

8 اليوم: 13.8 مليون سنة بعد الانفجار العظيم.

المصدر: «مركز هارفارد - سميثونيان

- الافتراضات الضمنية

تعتمد نظرية الانفجار الكبير على فرضيتين رئيسيتين: شمولية القوانين الفيزيائية والمبدأ الكوني الذي يفترض أنه في المقاييس الكبيرة، يُوصف الكون بأنه فضاء متجانس ومُوحّد الخواص.

كانت تلك الأفكار في البداية من المُسلّمات، ولكن اليوم هناك جهود لاختبار كل منها. فعلى سبيل المثال، فإن الفرضية الأولى تم اختبارها من خلال الرصد الذي أظهر أن أكبر انحراف محتمل لثابت البناء الدقيق خلال جزء كبير من عمر الكون يُقدّر بنحو ١٠−٥. كما استخدمت النسبية العامة لعمل اختبارت صارمة على مقاييس النظام الشمسي والنجوم الثنائية.

وإذا افترضنا أن الكون متجانس الخواص كما يُرى من الأرض، فإن المبدأ الكوني يمكن استنتاجه من مبدأ كوبرنيكوس البسيط، الذي ينص على أنه لا يوجد أفضلية. ولذا، فقد تم التحقق من صحة المبدأ الكوني إلى مستوى ١٠−٥ عبر رصد الخلفية الإشعاعية للكون. كما تم قياس تجانس الكون على المقاييس الأكبر حتى مستوى ١٠٪.

- تمدد الفضاء

تصف النسبية العامة الزمكان وفق نظام متري، يمكن من خلاله تحديد المسافات التي تفصل أي نقطة عن نقطة قريبة.

هذه النقاط قد تكون مجرات أو نجوم أو أشياء أخرى، هذه النقاط نفسها يتم تحديدها باستخدام متعدد شعب أو "شبكة" تشمل كل الزمكان. ينص المبدأ الكوني أن هذا النظام المتري يجب أن يكون متجانس ومُوحّد الخواص في المقاييس الكبيرة يمكن تمييزه باستخدام إحداثيات روبرتسون-ووكر. هذه الإحداثيات تحتوي على مقياس يصف تغيّر حجم الكون عبر الزمن، مما يسّر اختيار نظام إحداثي مناسب يدعى مسافة المسايرة.

وفق هذا النظام الإحداثي تتمدد الشبكة بتمدد الكون، وتبقى الأجسام التي تتحرك بتمدد الكون في مواضع ثابتة على الشبكة، وتبقى مسافاتها الإحداثية (مسافات المسايرة) ثابتة، في الوقت الذي تتزايد فيه المسافات الفعلية بين الأجسام إطراديًا بتمدد الكون.

لا يعد الانفجار العظيم انفجارًا للمادة يتحرك نحو الخارج لملء كون فارغ. ولكن بمرور الوقت يتمدد الكون في كل إتجاه وتتزايد المسافات الفعلية بين الأجرام السماوية، وهذا ما تشير إليه الأرصاد الفلكية الحديثة. ونظرًا لكون إحداثيات روبرتسون-ووكر تفترض توزيعًا منتظمًا للكتلة والطاقة، فإنها تنطبق فقط على القياسات الكبيرة، أما النطاقات المحدودة من المادة مثل مجرتنا المترابطة تجاذبيًا فلا تنطبق عليها نظرية التمدد واسع النطاق كما في الفضاء خارج مجرتنا.

- تاريخ النظرية

اصل التسمية

كان الفلكي الإنجليزي فريد هويل أول من أطلق مصطلح "الانفجار العظيم" خلال مقابلة له مع هيئة الإذاعة البريطانية سنة ١٩٤٩ م. ومن الشائع بين الناس أن هويل الذي كان يفضل نموذج "الحالة الثابتة" الكوني، كان يقصد من تلك التسمية السخرية، إلا أن هويل نفسه نفى ذلك صراحةً، وقال أن التسمية كانت للفت النظر وتسليط الضوء على الفرق بين النموذجين لمستمعي الراديو.

- التطور

تطورت نظرية الانفجار العظيم من خلال رصد بنية الكون والأبحاث النظرية.

ففي سنة ١٩١٢ م، قام فيستو سليفر بأول قياس لتأثير دوبلر للسديم الحلزوني (السديم الحلزوني هو مُسمّى قديم للمجرات الحلزونية)، وسرعان ما اكتشف أن تقريبًا جميع تلك السُدُم كانت منحسرة عن الأرض، في الوقت الذي كان فيه نزاع شابلي-كورتيس المثير للجدل محتدمًا حول ما إذا كانت هذه السدم "أكوان جُزُرية" خارج مجرتنا درب التبانة.

وبعد عشر سنوات، استنتج عالم الكون الفيزيائي والرياضياتي الروسي ألكسندر فريدمان معادلات فريدمان من معادلات أينشتاين للمجال، مُبيّنًا أن الكون قد يكون يتمدد مُخالفًا بذلك نموذج الكون الساكن التي كان أينشتاين يؤيدها وقتئذ. وفي سنة ١٩٢٤ م، أظهر قياس إدوين هابل لمسافة أقرب السدم الحلزونية، أن تلك النظم هي بالتأكيد مجرات أخرى. وبصورة مستقلة، استنتج الكاهن الكاثوليكي والفيزيائي جورج لوميتر عام ١٩٢٧ معادلات فريدمان، وتوصّل إلى أن انحسار السدم يُستدل منه على تمدد الكون. وفي سنة ١٩٣١ م، ذهب لوميتر أبعد من ذلك وافترض أنه نتيجة التمدد الواضح للكون، فلا بد لو عُدنا بالزمن أن نجد في لحظة ما كانت كل مادة الكون مجتمعة في نقطة ما على هيئة "ذرة بدائية" عندها بدأ الزمن والفضاء في النشوء.

بداية من سنة ١٩٢٤ م، وضع هابل سلسلة من مؤشرات المسافة التي سبقت وضع سلم المسافات الكونية مستخدمًا مقراب هوبر الذي قطره ١٠٠-بوصة (٢,٥٠٠ مم) في مرصد جبل ويلسون. سمح له ذلك بتقدير المسافات إلى المجرات التي كان انزياحها الأحمر قد قِيس بالفعل، أغلبها بواسطة سيفلر. وفي سنة ١٩٢٩ م، اكتشف هابل وجود علاقة بين المسافة وسرعة

الانحسار (يعرف الآن بقانون هابل)، وهو ما توقعه لوميتر وفقًا للمبدأ الكوني.

في عشرينيات وثلاثينيات القرن الماضي، كان معظم علماء الكون الفيزيائي البارزين من مؤيدي فرضية الحالة الثابتة السرمدية للكون، وتذمّر العديد منهم من القول بأن نشأة الزمن نتيجة انفجار عظيم مستوحى من مفاهيم دينية، وهو الاعتراض الذي ردده مؤيدو نظرية الحالة الثابتة فيما بعد.

عزّز هذا التصور حقيقة أن مُنشأ نظرية الانفجار العظيم هو الكاهن الروماني الكاثوليكي جورج لوميتر. كان آرثر ستانلي إدنغتون من المؤمنين برأي أرسطو أن الكون ليس له بداية زمنية، وأن المادة أصلها سرمدي، مما جعله يبغض فكرة نشأة الزمن. أما لوميتر، فقد اعتقد بأنه: «إذا كان العالم قد بدء بكمّ واحد، فإن مفاهيم المكان والزمان لن يكون لها معنى عند نشأة العالم؛ وستبدأ فقط في أن يكون لها معنى معقول عند انقسام الكمّ الأصلي إلى عدد كاف من الكمّات. وإذا كانت هذه الفرضية صحيحة، فستكون أسطورة الخلق قد حدثت قبل وقت قليل من بداية الزمان والمكان.» وخلال الثلاثينيات، ظهرت أفكار أخرى غير قياسية لتفسير أرصاد هابل، ومنها نموذج ميلن والكون المتذبذب (اقترحه فريدمان في البداية، ثم دافع عنه ألبرت أينشتاين وريتشارد تولمان) وفرضية الضوء المُرهق لفريتز زفيكي.

بعد الحرب العالمية الثانية، ظهرت فرضيتان متميزتان.

الأولى نظرية الحالة الثابتة لفريد هويل؛ إذ وفقًا لها فإنه لا بد من تولُّد مادة جديدة في حالة تمدد الكون. يفترض هذا النموذج أن الكون يبقى كما هو في أي وقت من الزمن.

والثانية كانت نظرية الانفجار العظيم للوميتر التي دافع عنها وطوّرها جورج جاموف الذي وضع فكرة تخليق الانفجار العظيم

النووي (BBN)، والذي شارك رالف ألفر وروبرت هيرمان في التكهن بوجود الخلفية الإشعاعية للكون (CMB). ومن المفارقات، أن هويل هو من صاغ العبارة التي جاء منها اسم نظرية لوميتر، عندما أشار إليها بقوله: «فكرة هذا الانفجار العظيم» خلال مقابلته مع راديو هيئة الإذاعة البريطانية في مارس ١٩٤٩ م.

ولفترة من الوقت، انقسم المؤيدون بين هاتين النظريتين. وفي نهاية المطاف، أعطت الأدلة الرصدية أفضلية للانفجار العظيم في مقابل الحالة الثابتة. كان اكتشاف وتأكيد وجود الخلفية الإشعاعية للكون سنة ١٩٦٤ م حاسمًا في جعل نظرية الانفجار العظيم أفضل نظرية حول أصل ونشأة الكون. يسعى الكثير من العمل الحالي في علم الكونيات إلى فهم كيفية تكوّن المجرات وفق نظرية الانفجار العظيم، ومحاولة فهم فيزياء الكون في الأزمنة السحيقة، والتوفيق بين الأرصاد والنظرية الأساسية.

في نهاية عقد التسعينيات، تحقق تقدم كبير في تفسير الانفجار العظيم نتيجة تقدم تقنيات المقراب وتحليل البيانات المستخلصة عبر الأقمار الصناعية مثل مستكشف الخلفية الكونية ومرصد هابل الفضائي ومسبار ويلكينسون لقياس اختلاف الموجات الراديوية.

ولدى علماء الكون الآن قياسات مُحكمة ودقيقة إلى حد ما لكثير من متغيرات نموذج الانفجار العظيم، مكّنتهم من الاكتشاف غير المتوقع بأن تمدد الكون يبدو كما لو كان يتسارع.

- **تأملات فيزيائية في نظرية الانفجار العظيم**

رغم تكامل نظرية الانفجار العظيم إلى حد بعيد، إلا أنها تخضع للتنقيح.

تُظهر المعادلات التقليدية للنسبية العامة وجود تفرد عند بداية الزمن الكوني، وهو استنتاج مبني على عدة افتراضات، مما يجعل تلك المعادلات غير قابلة للتطبيق في الأزمنة التي سبقت وصول الكون إلى حرارة بلانك. أمكن تصويب ذلك باستخدام الجاذبية الكمية لتجنُّب حالة التفرد المُفترضة تلك.

ليس معلومًا ما الذي قد يكون السبب وراء وجود حالة التفرد، أو كيف ولماذا نشأت، إلا إنه كانت هناك عدد من التكهنات حول تلك المسألة. فهناك بعض المقترحات، كل منها ينطوي على فرضيات غير مجربة، هي:

نماذج مثل حالة هارتل-هوكينغ التي فيها الزمكان محدود، وأن الانفجار العظيم يمثل حدّ الزمن، ودون الحاجة إلى التفرد.

نموذج شبكة الانفجار العظيم الذي يفترض أن الكون في لحظة الانفجار العظيم كان يتكون من شبكة لا نهائية من الفرميونات، وكان في أعلى درجات التماثل، وبالتالي له أقل قيمة للعشوائية.

نماذج الكون الغشائي التي تفترض أن التضخم نتج عن حركة الأغشية في نظرية الأوتار مثل نموذج التحول الناري ، الذي يفترض أن الانفجار العظيم نتج عن التصادم بين الأغشية، والنموذج الدوري وهو بديل لنموذج التحول الناري الذي يفترض حدوث اصطدامات بصفة دورية بعد مرحلة انسحاق عظيم وتنقُّل الكون من عملية إلى أخرى.

التضخم الأبدي الذي يفترض أن التضخم الكوني ينتهي في مواضع ما، وتتكون عند تلك المواضع كون وهمي يبدأ من عنده انفجاره العظيم الخاص به.

- التفسيرات الدينية والفلسفية

نظرًا لوصف نظرية الانفجار العظيم لأصل الكون، فإنها لاقت اهتماما كبيرا من الأوساط الدينية والفلسفية، وخصوصا فيما يتعلق بمفهوم «الخلق من العدم». وبالنتيجة، أصبحت أحد أكثر المواضيع التي تثار عند مناقشة العلاقة بين الدين والعلم.

فالبعض يرى في الانفجار العظيم دلالة على وجود الخالق، وحُجّة فلسفية على وجود الله. فيما يرى آخرون بأن الانفجار العظيم لم يكن يستلزم وجود خالق ورائه حتى يحدث.

وقد اختلفت الآراء الدينية في الديانات المختلفة حول النظرية.

أمّا في المسيحية، فقد رحبت أغلب الطوائف المسيحية الكبرى بنظرية الانفجار العظيم وأعتبرتها لا تتعارض مع قصة الخلق المذكورة في الكتاب المقدس أو العقيدة المسيحية. وقد أعلن البابا بيوس الثاني عشر في سنة ١٩٥١، أن نظرية الانفجار العظيم لا تتعارض مع مفهوم الكاثوليكية عن بداية الخلق، وهو ما صرّح به البابا فرنسيس مجددًا في أكتوبر ٢٠١٤. كذلك رحبت طوائف كالإنجيلية والأرثوذكسية بالنظرية كتفسير تاريخي لقصة الخليقة، بالرغم من أن بعض الطوائف الأخرى المسيحية الأقلويّة مثل الأدفنتست والكنيسة اللوثرية في ميزوري والكنيسة الإنجيلية المشيخية الكالفينية (وهي طوائف مسيحية تعتقد ب خلقية الأرض الفتية) رفضت النظرية واعتبرتها متناقضة مع قصة الخلق المذكورة في الكتاب المقدس (تحديداً في سفر التكوين).

وفي الإسلام، المسلمين انقسموا قسمين قسم منهم يرى بأن الانفجار العظيم ورد ذكره في الآية رقم ٣٠ من سورة الأنبياء في القرآن في قوله تعالى: أَوَلَمْ يَرَ الَّذِينَ كَفَرُوا أَنَّ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضَ كَانَتَا رَتْقًا فَفَتَقْنَاهُمَا وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ أَفَلَا يُؤْمِنُونَ .

استنادا لتفسير ابن كثير ويروا ان تمدد الكون ذُكر في الآية ٤٧ من سورة الذاريات في السورة: وَالسَّمَاءَ بَنَيْنَاهَا بِأَيْدٍ وَإِنَّا لَمُوسِعُونَ .

حيث تعني الآية إن السموات والأرض كانت كتلة واحدة كالرتق ففتقها الله أي فصلها أو فجرها، ثم تعني الآية التالية إنا لموسعون بمعنى وظلت السموات والأرض بمن فيها في توسع كوني بأمر الله .

واما القسم الثاني يرى ان ليس بالضرورة ان تم ذكر الانفجار العظيم في القرآن ويتفقون ان القران أو الإسلام لا يعارض النظرية ولا يؤيدها وان الموضوع متروك للعلم حيث يثبت النظرية أو ينفيها وفي الغالب يتفق هذه القسم علي ان الاية ٤٧ من سورة سورة الذاريات تشير الي التمدد الكوني.

الفصل الخامس

الزلازل والبراكين

الزَّلْزال أو الهَزَّة الأَرْضِيَّة هي ظاهرة طبيعية وهو عبارة عن اهتزاز أو سلسلة من الاهتزازات الارتجاجية المتتالية لسطح تحدث في وقت لا يتعدى ثواني معدودة، والتي تنتج عن حركة الصفائح الصخرية في القشرة الأرضية، ويسمى مركز الزلزال "البؤرة"، يتبع ذلك بارتدادات تدعى أمواجاً زلزالية، وهذا يعود إلى تكسر الصخور وإزاحتها بسبب تراكم إجهادات داخلية نتيجة لمؤثرات جيولوجية ينجم عنها تحرك الصفائح الأرضية. وتوجد الأنشطة الزلزالية على مستوى حدود الصفائح الصخرية. وينشأ الزلزال كنتيجة لأنشطة البراكين أو نتيجة لوجود انزلاقات في طبقات القشرة الأرضية.

تؤدي الزلازل إلى تشقق الأرض ونضوب الينابيع أو ظهور الينابيع الجديدة أو حدوث ارتفاعات وانخفاضات في القشرة الأرضية وأيضًا حدوث أمواج عالية تحت سطح البحر (تسونامي)، فضلًا عن آثارها التخريبية للمباني والمواصلات والمنشآت. وغالبًا ينتج عن حركات الحمل الحراري في المتكور الموري (Asthenosphere) والتي تحرك الصفائح القارية متسببة في حدوث هزات هي الزلازل. كما أن الزلازل قد تحدث خرابًا كبيرًا.

- **درجة الزلزال**

تحدد درجة الزلزال بمؤشر، وتقاس من ١ إلى ١٠، حيث:

- **من ١ إلى ٤ – زلازل قد لا تحدث أية أضرار أي يمكن الإحساس به فقط.**
- **من ٤ إلى ٦ – زلازل متوسطة الأضرار قد تحدث ضررًا للمنازل والإقامات.**

- من ٧ إلى ١٠ – الدرجة القصوى، أي يستطيع الزلزال تدمير المدينة بأكملها وحفرها تحت الأرض حتى تختفي مع أضرار لدى المدن المجاورة لها.

الاماكن الاكثر حدوثا للزلازل

- كيف تتكون الزلازل

أثناء عملية الاهتزاز التي تصيب القشرة الأرضية تتولد ستة أنواع من موجات الصدمات، من بينها اثنتان تتعلقان بجسم الأرض حيث تؤثران على الجزء الداخلي من الأرض، بينما الأربعة موجات الأخرى تكون موجات سطحية.

ويمكن التفرقة بين هذه الموجات أيضًا من خلال أنواع الحركات التي تؤثر فيها على جزيئات الصخور، حيث ترسل الموجات الأولية أو موجات الضغط جزيئات تتذبذب جيئة وذهابًا في نفس اتجاه سير هذه

الأمواج، بينما تنقل الأمواج الثانوية أو المستعرضة اهتزازات عمودية على اتجاه سيرها.

وعادة ما تنتقل الموجات الأولية بسرعة أكبر من الموجات الثانوية، ومن ثم فعندما يحدث زلزال، فإن أول موجات تصل وتسجل في محطات البحث الجيوفيزيقية في كل أنحاء العالم هي الموجات الأولية والثانوية.

- **نظريات نشأة الزلازل**

كانت الأرض منذ نشأتها جسمًا ساخنًا كسائر الكواكب، وحينما بردت، كوّن الغلاف المائي وجذب له الغلاف الهوائي، ومع زيادة البرودة. تكوَّنت الطبقة الصلبة الخارجية المعروفة باسم القشرة، لكن باطن الأرض ظل ساخنًا حتى الآن، ويحتوى على صهارة .

تتكون القشرة من مجموعة من الألواح الصخرية العملاقة جدًّا، ويحمل كل لوح منها قارة من القارات أو أكثر، وتحدث عملية التحميل أو الشحن بشكل أساسي في مناطق التقاء هذه الألواح بعضها مع بعض، والتي يطلق عليها العلماء الصدوع أو الفوالق التي تحدّد نهايات وبدايات الألواح الحاملة للقارات، وحينما يزيد الشحن أو الضغط على قدرة هذه الصخور على الاحتمال لا يكون بوسعها سوى إطلاق سراح هذه الطاقة فجأة في صورة موجات حركة قوية تنتشر في جميع الاتجاهات، وتخترق صخور القشرة الأرضية، وتجعلها تهتز وترتجف على النحو المعروف، في ضوء ذلك.

نشأت على الأرض مجموعة من المناطق الضعيفة في القشرة الأرضية تعتبر مراكز النشاط الزلزالي أو مخارج تنفس من خلالها الأرض عما يعتمل داخلها من طاقة قلقة تحتاج للانطلاق، ويطلق عليها "أحزمة الزلازل" وهي: حزام المحيط الهادي يمتدّ من جنوب شرق آسيا بمحاذاة المحيط الهاديشمالًا، وحزام غرب أمريكا الشمالية الذي يمتدّ بمحاذاة المحيط الهادي، وحزام غرب الأمريكتين، ويشمل فنزويلا وشيلي والأرجنتين، وحزام وسط المحيط الأطلنطي، ويشمل غرب المغرب، ويمتدّ شمالا حتى إسبانيا وإيطاليا ويوغوسلافيا واليونان وشمال تركيا،

ويلتقي هذا الفالق عندما يمتدّ إلى الجنوب الشرقي مع منطقة "جبال زاجروس" بين العراق وإيران، وهي منطقة بالقرب من "حزام الهيمالايا". وحزام الألب، ويشمل منطقة جبال الألب في جنوب أوروبا.

وحزام شمال الصين والذي يمتدّ بعرض شمال الصين من الشرق إلى الغرب، ويلتقي مع صدع منطقة القوقاز، وغربًا مع صدع المحيط الهادي. وهناك حزام آخر يعتبر من أضعف أحزمة الزلازل، ويمتدّ من جنوب صدع الأناضول على امتداد البحر الميت جنوبًا حتى خليج السويس جنوب سيناء، ثم وسط البحر الأحمر فالفالق الأفريقي العظيم، ويؤثر على مناطق اليمن وأثيوبيا ومنطقة الأخدود الأفريقي العظيم. إن الكرة الأرضية وحدة واحدة، لكن من الثابت أن براكين القشرة الأرضية، والضغوط الواقعة عليها في المناطق المختلفة منها تؤدي إلى حدوث نشاط زلزالي لا يمكن الربط بينه وبين حدوث نشاط زلزالي في منطقة أخرى، وفي ضوء ذلك.

اكتسب كل حزام زلزالي طبيعة خاصة تختلف عن الآخرى من حيث الطبيعة الاراضية (الجيولوجية) والتراكيب تحت السطحية، والتي يمكن معها القول: إن نشاطها الزلزالي يكون خاصًّا بهذه المنطقة، ولا يعني تقارب زمن حدوث النشاط الزلزالي على أحزمة الزلازل المختلفة أن هناك توافقًا في زمن حدوثها بعضها مع بعض، إنما يرجع ذلك إلى عوامل كثيرة داخل باطن الأرض ما زالت محل دراسة من الإنسان.

- **أسباب الزلزال**

ذكر العلماء عدة عوامل، وأهمها:

الانفجار البركاني الذي يرافقه زلزال.

الصدع وانزلاق الصخور عليه والذي يعرف بالزلازل التكتونية.

هناك مجموعة من العوامل تكمن وراء ثورة الزلازل على سطح الأرض، حيث يمكن تقسيمها إلى عوامل داخلية ترتبط بتكوين الأرض والتي

تتألف من عدة طبقات هي من الخارج للداخل: القشرة والوشاح ولب الأرض.

ويتكون " لب الأرض " من كرة صلبة من الحديد والنيكل تتميز بدرجة تصل إلى عدة آلاف درجة مئوية "قرابة ٦٠٠٠ درجة مئوية" ولكون طبقات الأرض غير متجانسة تحدث عملية انتقال للحرارة من منطقة لأخرى، سواء بخاصية التوصيل في المناطق الصلبة أو الحمل في المناطق السائلة أو بخاصية الإشعاع على سطح الأرض، وعندما تتراكم الطاقة الحبيسة في منطقة ما في طبقات الأرض يظهر دور الشمس والقمر من خلال موجات الجذب التي تؤثر بها على الأرض، وهو ما يسمح بتحرير الحرارة المختزنة داخل باطن الأرض على شكل زلازل وبراكين.

أيضًا تقف ظاهرة اقتران الكواكب وراء، حدوث الزلازل والبراكين، حيث تكون قوى المد الشمسي، والقمري، أكبر ما يمكن وهو ما يساعد على تحرير حرارة الأرض ويفسر قصر مدة الاقتران الكوكبي صغر المدة التي ينتاب فيها الأرض الهزات الزلزالية.

وتلعب جيولوجيا المكان أيضًا دورًا هامًا في حدوث الزلازل، حيث يؤثر سمك القشرة الأرضية بما فيها من فوالق وتصدعات وكونها جزر في المحيط أو أرض صخرية. إضافة إلى أنه كلما كان الكوكب قريبًا من الشمس زادت الجاذبية المؤثرة وتسببت في حدوث زلزال وبراكين، ضخمة مثلما يحدث على كوكب الزهرة، وكلما كبرت الكواكب وبعدت عن الشمس تقل الزلازل والبراكين عليها وتتلقى الأرض طاقتها الحرارية من مصدرين الأول هو الشمس والتي يظهر تأثيرها في المنطقة السطحية وهو الجزء العلوى من القشرة والذي لا يزيد عن ٢٨-٣٠م ويتمثل المصدر الثاني من حرارة باطن الأرض التي تنجم بشكل كبير عن النشاط الإشعاعي لبعض العناصر وخاصة اليورانيوم والثوريوم وغيرها من العناصر شديدة الإشعاع

- **الحث التزلزلي**

في ذات الوقت الذي تنشأ فيه الغالبية العظمى من الزلازل بسبب حركة الصفائح التكتونية، يدعي بعض الباحثين أن هناك نشاطات بشرية قد تكون مسببة للزلازل مثل: الكميات الكبيرة جدًا للمياه المحتجزة في البحيرات خلف السدود (وكذلك بناء المباني ذات الأوزان فائقة الثقل)، حفر وحقن الأبار بالسوائل، كذلك عمليات استخراج الفحم، وعمليات حفر الأبار النفطية ، على الأغلب المثال الأكثر وضوحًا لهذا السبب هو زلزال سيتشوان ٢٠٠٨ في الصين حيث سببت تلك الهزة الأرضية بخسائر بلغت ٦٩ الف قتيل ويأتي في المرتبة ١٩ في قائمة أكثر الزلازل فتكًا، حيث يعتقد بعض الباحثين المستقلين أن سد زيبنجبو قد ساهم في تسارع تحرك الطبقات بسبب الوزن الهائل للمياه خلف السد.

كذلك أكبر زلزال سجل في تاريخ أستراليا يدعي البعض أن الأعمال البشرية حثت النشاط الزلزالي عبر التنقيب واستخراج الفحم، مدينة نيوكاسل بنيت فوق قطاع كبير من الفحم تحت الأرض والذي كان يتعرض للاستخراج، تم تسجيل الزلزال على أنه بدأ وتقوى بسبب ملايين أطنان الفحم التي استخرجت من المنطقة.

وفي جميع الأحوال تبقى مجرد آراء لباحثين جيولوجيين لأن أغلب المناطق التي حدثت فيها تلك الزلازل هي مناطق ذات نشاط تكتوني أصلًا.

- **التنبؤ بحدوث الزلزال**

أما فوق سطح الأرض فتسمى بالمركز السطحي للزلزال. وتنتقل الطاقة المنبعثة من زلزال من البؤرة إلى جميع الاتجاهات على هيئة موجات سيزمية (زلزالية).

وتنتقل بعض الموجات أسفل الأرض، وينتقل بعضها الآخر فوق سطح الأرض، وتنتقل الموجات السطحية بصورة أسرع من الموجات الداخلية. ويمكن تسجيل الموجات الصادرة عن زلزال كبير على أجهزة رصد

الزلازل في المنطقة المقابلة للزلزال من العالم، وتصل تلك الموجات إلى سطح الأرض في غضون ٢١ دقيقة.

- **أنواع الزلازل**

تصنف الزلازل حسب عمق البؤرة، وهي ثلاث:

الزلازل الضحلة وتنشأ على عمق ٧٠كم.

الزلازل المتوسطة وتنشأ على عمق بين ٧٠-٣٠٠كم.

الزلازل العميقة وتنشأ على عمق ٣٠٠-٧٠٠كم.

- **شدة الزلزال**

قياس شدة الزلزال

تقاس شدة الزلازل عادة بمقياسين مهمين؛ الأول هو "شدة الزلزال"، وتُعرف شدة الزلزال بأنها مقياس وصفي لما يحدثه الزلزال من تأثير على الإنسان وممتلكاته، ولما كان ذلك المقياس مقياسًا وصفيًّا يختلف فيه إنسان عن آخر في وصف تأثير الزلزال طبقًا لاختلاف أنماط الحياة في بلدان العالم المختلفة، ولتدخّل العامل الإنساني فيه بالقصد أو المبالغة فقد ظهرت الصور العديدة لهذا المقياس وأهمها مقياس "ميركالي المعدل"، وهذا المقياس يشمل ١٢ درجة، فمثلًا الزلزال ذو الشدة "١٢" فإنه مدمِّر لا يبقي ولا يذر، ويتسبَّب في اندلاع البراكين، وخروج الحمم الملتهبة من باطن الأرض، وتهتزّ له الأرض ككل وسط المجموعة الشمسية. أما المقياس الثاني فهو مقياس "قوة الزلزال" Magnitude، وقد وضعه العالم الأمريكي تشارلز فرانسيس ريشتر وعُرف باسمه، ويعتمد أساسًا على كمية طاقة الإجهاد التي تسبّب في إحداث الزلزال، وهذا مقياس علمي تحسب قيمته من الموجات الزلزالية التي تسجلها محطات الزلازل المختلفة، وعليه.. فلا يوجد اختلاف يذكر بين قوة زلزال يحسب بواسطة مرصد حلوان بمصر أو مرصد "أبسالا" بالسويد.

- **البراكين**

البَراكِين عبارة عن تشققات في قشرة الكواكب، مثل الأرض، وتسمح بخروج الحمم البركانية أو الرماد البركاني أو انبعاث الأبخرة و الغازات من غرف الصهارة الموجودة في أعماق القشرة الأرضية ويحدث ذلك من خلال فوهات أو شقوق. وتتراكم المواد المنصهرة أو تنساب حسب نوعها لتشكل أشكالاً أرضية مختلفة منها التلال المخروطية أو الجبال البركانية العالية كالتي في متنزه يلوستون الوطني بأمريكا الشمالية.

ويوجد في العالم نحو ٥٠٠ بركان نشط ثلاثة أرباعها توجد فيما يطلق عليه حلقة النار في المحيط الهادي، وأعلى الجبال النشطة في القارة الأمريكية هو جبل أكونكاغوا في الأرجنتين حيث يصل ارتفاعه إلى ٧ آلاف متر تقريباً.

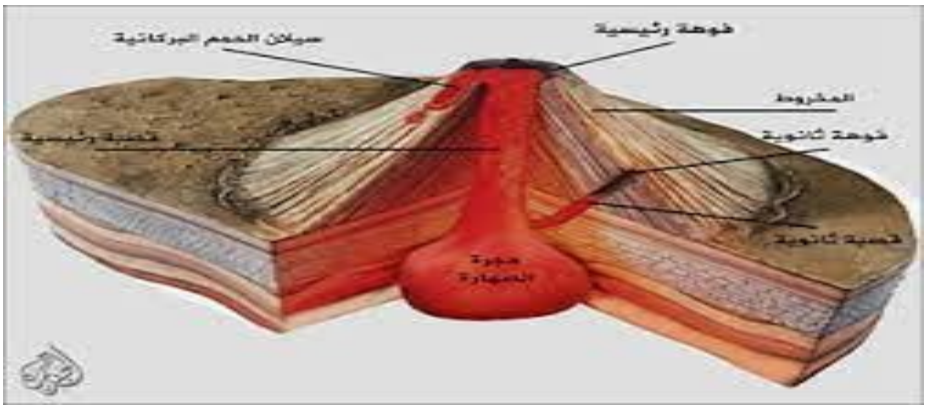
- **الأجزاء الرئيسية للبركان**

المخروط البركاني: عبارة عن جوانب منحدرة مكونة من الحمم البركانية. وهو سيل صهارة المواد المعدنية التي يقذفها البركان من فوهته وكانت كلها أو بعضها في حالة منصهرة، و اللابة هي الصهارة المنسالة على السطح ثم تصلبت.

الفوهة: فُوَّهة البُرْكان منخفضة على شكل قُمْع أو قَصْعة على أسطح الكواكب أو غيرها من الأجسام الأخرى في المجموعة الشمسية. وتتكون معظم فوّهات البراكين على سطح الأرض بواسطة النشاط البركاني. وتنتج معظم هذه الفوهات البركانية عن التفجيرات التي تنسف الجَمَرات وغيرها من الأنقاض الناشئة عن الانفجارات البركانية.

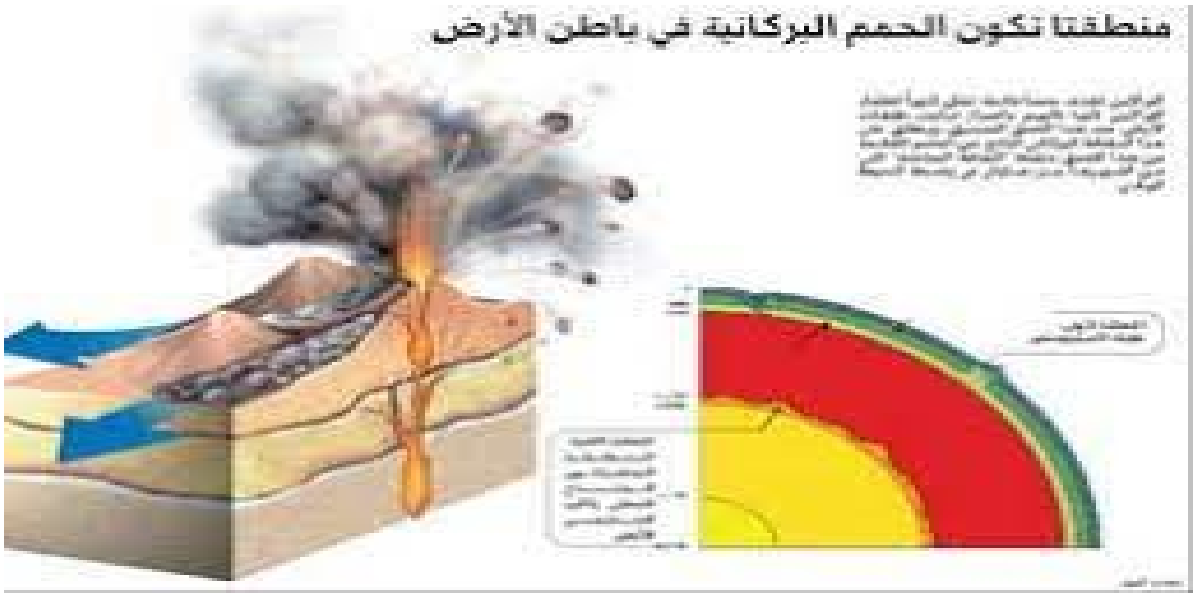
ومن النادر أن يزيد حجم مثل هذه الفوهات عن كيلومترين من جانب إلى آخر، وتتكون الفوهات البركانية الأخرى عندما ينهار سطح الأرض في أعقاب ارتداد الحمم البركانية من أعلى.

وقد تكون كل من المنخفض الذي تشغله البحيرة البركانية في أوريغون بالولايات المتحدة وفوهة كيلاويا في هاواي بسبب أحد الانهيارات. وتسمَّى فوهات البراكين الهابطة ذات القطر الذي يزيد على كيلومتر واحد فوهة بركانية ضخمة وتسمى الفوهات البركانية الأقل هبوطًا فوهات صغيرة. وتعدّ الفوهات البركانية أكثر شيوعاً على القمر، وعلى الكواكب الأخرى غير الأرض. ولكن معظم الفوهات البركانية على هذه الأجسام هي فوهات تأثيرية تكونت بفعل تأثير أحجار النيازك.



المدخنة: وهي الأنبوب الذي يصل بين خزان الصهارة تحت الأرض والفوهة والذي تصعد منه الصهارة. وتندفع خلالها المواد البركانية إلى الفوهة. وتعرف أحيانا بعنق البركان. وبجانب المدخنة الرئيسية، قد يكون للبركان عدة مداخن تتصل بالفوهات الثانوية.

اللوافظ الغازية: وهي سحابة الأبخرة والغازات والرماد البركاني.



- **المواد البركانية**

يخرج من البراكين حين ثوراتها حطام صخري صلب ومواد منصهرة (صهارة) وغازات.

الحطام الصخري: ينبثق نتيجة للانفجارات البركانية حطام صخري صلب مختلف الأنواع والأحجام عادة في الفترة الأولى من الثوران البركاني. ويشتق الحطام الصخري من القشرة المتصلبة التي تنتزع من جدران العنق نتيجة لدفع الحمم والمواد الغازية المنطلقة من الصهير بقوة وعنف ويتركب الحطام الصخري من مواد تختلف في أحجامها منها الكتل الصخرية، والقذائف والجمرات، والرمل و الغبار البركاني.

الغازات: تخرج من البراكين أثناء نشاطها غازات بخار الماء، وهو ينبثق بكميات عظيمة مكونا لسحب هائلة يختلط معه فيها الغبار والغازات

الأخرى. وتتكاثف هذه الأبخرة مسببة لأمطار غزيرة تتساقط في محيط البركان. ويصاحب الانفجارات وسقوط الأمطار حدوث أضواء كهربائية تنشأ من احتكاك حبيبات الرماد البركاني ببعضها ونتيجة للاضطرابات الجوية، وعدا الأبخرة المائية الشديدة الحرارة، ينفث البركان غازات متعددة أهمها الهيدروجين والكلورين ومركبات الكبريت والنتروجين ومركبات الكربون والأوكسجين.

الحمم: هي كتل سائلة تلفظها البراكين، وتبلغ درجة حرارتها بين ٨٠٠ درجة مئوية و١٢٠٠ درجة مئوية. وتنبثق الحمم من فوهة البركان، كما تطفح من خلال الشقوق والكسور في جوانب المخروط البركاني، تلك الكسور التي تنشئها الانفجارات وضغط كتل الصهير، وتتوقف طبيعة الحمم ومظهرها على التركيب الكيماوي لكتل الصهير الذي تنبعث منه وهي نوعان:

حمم خفيفة فاتحة اللون: وهذه تتميز بعظم لزوجتها، ومن ثم فإنها بطيئة التدفق ومثلها الحمم التي انبثقت من بركان بيلي (في جزر المارتنيك في البحر الكاريبي) عام ١٩٠٢ فقد كانت كثيفة لزجة لدرجة أنها لم تقو على التحرك، وأخذت تتراكم وترتفع مكونة لبرج فوق الفوهة بلغ ارتفاعه نحو ٣٠٠ م، ثم ما لبث بعد ذلك أن تكسر وتحطم نتيجة للانفجارات التي أحدثها خروج الغازات.

حمم ثقيلة داكنة اللون: وهي حمم بازلتية، وتتميز بأنها سائلة ومتحركة لدرجة كبيرة، وتنساب في شكل مجاري على منحدرات البركان، وحين تنبثق هذه الحمم من خلال كسور عظيمة الامتداد فإنها تنتشر فوق مساحات هائلة مكونة لهضاب فسيحة، ومثلها هضبة الحبشة وهضبة الدكن بالهند وهضبة كولومبيا بأمريكا الشمالية.

- **المواد البركانية**

المواد البركانية الصلبة: وهي الأجزاء التي تتكون منها الصخور البركانية وهي:

المقذوفات البركانية: وهو تجمد الصهارة والحمم البركانية المقذوفة إلى السطح.

صخر الخفاف: عبارة عن رغوة سيليكاتية تتخلها الغازات.

رماد بركاني: ناتج من تفتت وتناثر قمة الصهارة المتجمدة في عنق البركان تحت تأثير الضغط و البخار، وهي تتصلب بسرعة.

المواد البركانية السائلة الصهارة و الحمم (اللابة): تتألف من المواد السائلة من الحمم التي تنساب مشتعلة من فوهة البركان إلى مسافات بعيدة أحيانا ومدى سيولة الحمم يخضع لعدة عوامل. مثل انحدار الأرض، وطبيعة الصهارة و اللابة (لزجة أو مائعة) وتعتمد نسبة اللزوجة على نسبة السيليكا، وعلى قوة البركان

المواد البركانية الغازية: من أهم الغازات المنبعثة من البراكين:

بخار الماء

مركبات الهيدروكربون

ثاني أكسيد الكبريت

التوزيع الجغرافي للبراكين

تنتشر البراكين في نواحي متعددة على سطح الأرض، وهي تتبع في معظم الحالات خطوطا معينة تفصل بين الصفائح التكتونية العظيمة وأظهرها:

النطاق الذي يحيط بسواحل المحيط الهادي والذي يعرف أحيانا بحلقة النار، فهو يمتد على السواحل الشرقية من ذلك المحيط فوق مرتفعات الأنديز إلى أمريكا الوسطى والمكسيك، وفوق مرتفعات غربي أمريكا الشمالية إلى جزر ألوشيان ومنها إلى سواحل شرق قارة آسيا إلى جزر اليابان والفلبين ثم إلى جزر أندونيسيا ونيوزيلندا.

يوجد الكثير من البراكين في المحيط الهادي وبعضها ضخم عظيم نشأ في قاعه وظهر شامخا فوق مستوى مياهه. ومنها براكين جزر هاواي التي ترتكز قواعدها في المحيط على عمق نحو ٥٠٠٠ م، وترتفع فوق سطح مياهه أكثر من ٤٠٠٠ م وبذلك يصل ارتفاعها الكلي من قاع المحيط إلى قممها نحو ٩٠٠٠ م.

جنوب أوروبا المطل على البحر المتوسط والجزر المتاخمة له. وأشهر البراكين النشطة فيها بركان فيزوف بالقرب من نابولي بإيطاليا، وبركان جبل إتنا بجزيرة صقلية وأسترو مبولي (منارة البحر المتوسط) في جزر ليباري.

مرتفعات غربي آسيا وأشهر براكينها أرارات واليوزنز.

النطاق الشرقي من أفريقيا وأشهر براكينه كلمنجارو.

مناطق سيل الابه المصاحبة للنشاطات البركانية على جزيرة "ريونيون" الفرنسية ببحر الكاريبيك بين عامي ١٩٧٢ و٢٠٠٠.

البراكين الدائمة الثوران قليلة جداً على سطح الأرض، ومنها بركان سترمبولي، في جزر ليباري، قرب جزيرة صقلية، المعروف بمنارة حوض البحر الأبيض المتوسط. أمّا البراكين المتقطعة الثوران أو الهادئة نسبياً فهي الشائعة على سطح الأرض، حيث يخمد النشاط البركاني فترة من الزمن، ثم يتجدد من جديد خلال فترة أخرى، ومنها بركان أتنا في جزيرة صقلية. وهناك البراكين الخامدة، وفيها انخمد النشاط البركاني تماماً منذ فترة زمنية طويلة، وأصبحت عرضة لنحت عوامل التعرية، التي تنحت جوانب المخروط البركاني؛ ومن أمثلة الهياكل البركانية: شيبروك في المكسيك، وديفلزتور (برج الشيطان)، في ولاية وايومنغ في الولايات المتحدة الأمريكية. يُقدر عدد البراكين النشيطة بحوالي ٦٠٠ بركان موزعة على سطح الأرض، ويتركز معظمها في أحزمة توازي تقريبا مناطق الشقوق والتكسرات والفوالق الطبيعية متوزعة بمحاذاة سلاسل الجبال حديثة التكوين.

وهناك توزيعان كبيران للبراكين:

الأول: "دائرة الحزام الناري"، وتقع في المحيط الهادي.

الثاني: يبدأ من منطقة بلوشستان إلى إيران، آسيا الصغرى، البحر الأبيض المتوسط ليصل على جزر آزور و كناري ويلتف إلى جبال الأنديز الغربية في الولايات المتحدة. وفيما يلي بعض أسماء البراكين في هذه المناطق:

المكسيك: ١٠ براكين منها باريكوتين الذي ثار لأول مرة سنة ١٩٣٤.

أمريكا الجنوبية: ٢

نيوزيلاند: ٦.براكين

جوانا الجديدة: ٣٠ بركانا.

الفليبين: ٢٠ بركانا.

اليابان: ٤٠ بركانا.

منطقة محور البحر الأبيض المتوسط

من جهة الغرب إلى الشرق نجد البراكين التالية في هذه المنطقة:-

الآزور: ٥ براكين.

الكناري:٣ براكين.

إيطاليا: ١٥ بركانا ومنها بركان فيزوف وستروميولي الانفجاري وفولكانو.

منطقة الأدرياتيك: ٩ براكين ومنها جبل بيليه Pelee.

المنطقة العربية وآسيا الصغرى: ٦ براكين منها جبل العرب الانفجاري في سورية.

منطقة الأخدود الأفريقي

هاواي: ٥ براكين.

جزر غالاباغوس: ٣ براكين.

أيسلندا: ٢٧ بركاناً.

أفريقيا الوسطى: ٥ براكين.

أفريقيا الشرقية: ١٩ بركاناً.

المحيط الهادئ

آلاسكا: ٢٠ بركاناً منها بركان كاتاماي، وشيش الدين.

كندا: ٥ براكين منها رانجل

الولايات المتحدة الأمريكية: ٨ براكين ومنها راينر البركان هو تضاريس برية أو بحرية تخرج أو تنبعث منه قوق. وتتراكم الصهارة أو تنساب حسب نوعها لتشكل أشكالاً أرضية مختلفة منها الجبال المخروطية – البركانية العالية المشهورة.

- **أشكال البراكين**

براكين الحطام الصخري:

يختلف شكل المخروط البركاني باختلاف المواد التي يتركب منها. فإذا كان المخروط يتركب كليا من الحطام الصخري، فإننا نجده مرتفعا شديد الانحدار بالنسبة للمساحة التي تشغلها قاعدته. وهنا نجد درجة الانحدار تبلغ ٣٠ درجة وقد تصل أحيانا إلى ٤٠ درجة مئوية وتنشأ هذه الأشكال عادة نتيجة لانفجارات بركانية. وتتمثل في جزر إندونيسيا.

البراكين الهضبية:

تنشأ البراكين الهضبية أو "الدرعية " نتيجة لخروج الحمم وتراكمها حول فوهة رئيسية ولهذا تبدو قليلة الارتفاع بالنسبة للمساحة الكبيرة التي تشغلها قواعدها. وتبدو قممها أشبه بهضاب محدبة تحدبا هينا ومن هنا جاءت تسميتها بالبراكين الهضبية وقد نشأت هذه المخاريط من تدفق مصهورات الحمم الشديدة الحرارة والعظيمة السيولة والتي انتشرت فوق مساحات واسعة وتتمثل هذه البراكين الهضبية أحسن تمثيل في براكين جزر هاواي كبركان مونالوا الذي يبلغ ارتفاعه ٤١٠٠ م وهو يبدو أشبه بقبة فسيحة تنحدر انحداراً سهلاً هينا.

البراكين الطبقية:

البراكين الطبقية نوع شائع الوجود، وهي في شكلها وسط النمطين السابقين وتتركب مخروطاتها من مواد الحطام الصخري ومن تدفقات الحمم التي يخرجها البركان حين يهدأ ثورانه. وتكون اللوافظ التي تخرج من البركان أثناء الانفجارات المتتابعة طبقات بعضها فوق بعض، ويتألف قسم منها من مواد خشنة وقسم آخر من مواد دقيقة، وبين هذا وذاك تتداخل الحمم في هيئة أشرطة قليلة السمك. ومن هذا ينشأ نوع من الطباقية في تركيب المخروط ويمثل هذا الشكل بركان مايون أكثر براكين جزر الفليبين نشاطا في الوقت الحاضر.

تصنيف البراكين

يصنف العلماء البراكين إلى حية وميتة، حيث إن البراكين الحية هي التي يحتمل أن تثور في المستقبل، والميتة هي التي لن تثور مرةً أخرى أبداً.

وقد يكون البركان الحي نشطاً أو ساكناً، فحينما يثور يكون في حالة نشـاط وعندما لا يثـور يكون بركـاناً سـاكناً.

- **فوائد البراكين**

للبراكين بعض المنافع في بعض الأحيان، غير أن الأضرار الرهيبة التي تحدثهـا، تجعل منافعها محدودة بالمقارنة.

ومن أهم الآثار الإيجابية للبراكين ما يلي:

إن المواد البركانية غنية بالمعادن المفيدة للصناعة والزراعة مثل: البوتاسيوم والحديد والكبريت.ومن المعلوم أن التربة الغنية بالرماد البركاني من أخصب أنواع التربة.

تستخدم مياه الينابيع الحارة، التي تنفجر نتيجة النشاط البركاني في التطبيب والاستشفاء من الأمراض الجلدية والروماتيزم.مثل: (عين نجم بالأحساء).

تستخدم المياه الحارة المنبثقة من جوانب البركان كمصدر للطاقة أحياناً وقد استخدمت مثل هذه المياه في أيسلندا في الأغراض الزراعية، وذلـك بإيصالها داخل أنابيب إلى مزارع خاصة مكيفة للحصول علـى النباتات الاستوائية. وفي إيطاليا استعمل الدخان الأسود الناتج من الفتحات الغائرة تحت سطح الأرض في تشغيل المولدات الكهربائية.

تكون فوهات البراكين بحيرات مياه قد يزيد قطرها على ٣ كيلومترات، أو بحيرات مواد كيميائية كالأحماض التي تعدّ ثروة طبيعية في حد ذاتـها.

بناء أجزاء شاسعة من الأرض مثل هضبة الدكن بالهند وهضبة نهر كولومبيا بأمريكا الجنوبية.

من مخرجات البراكين الهامة الكبريت والذي ينتج من تكثف ثم تجمد الغازات الكبريتية المتصاعدة في الغازات البركانية.

الفصل السادس

علم المتحجرات

علم المتحجرات أو البليونتولوجيا؛ أو علم الأحياء القديمة أو المستحاثات في الجيولوجيا يدرس حياة ما قبل التاريخ ويشمل تطور الكائنات وعلاقاتها بعضها البعض وعلاقتها بالبيئة التي تعيش فيه.

وهو علم تأريخ يهتم بتفسير المسببات ويقل فيه إجراء التجارب ومشاهدة النتائج.

وقد بدأ هذا العلم في القرن الخامس قبل الميلاد، وعاد واكتسب اهتماما كبيرا في القرن الثامن عشر، حيث قام العالم جورج كوفير بنشر كتاب عن التشريح المقارن وتقدم هذا العلم كثيرا في القرن التاسع عشر.

وقد قدمت بعض الأحفوريات التي وجدت منذ ١٩٩٠ في الصين معلوماتا جديدة عن التطور الأولي للحيوان، وعن الأسماك المنقرضة وعن الديناصور وتطور الطيور وتطور الحيوانات الثديية.

ويمثل علم الأحياء القديمة همزة وصل بين علم الأحياء وعلم الجيولوجيا كما يشترك مع علم الحفريات، وهو يعتمد بالنسبة إلى وسائله المستخدمة علميا على الكيمياء العضوية والرياضيات والهندسة.

ومع تطور هذا العلم وزيادة المعرفة، أصبحت له فروع متخصصة. بعضها يركز عل أنواع معينة من الأحفوريات وأخرى تركز على عوامل البيئة وتغير المناخ عبر الزمن مثل علم المناخ القديم.

يقع علم المتحجرات بين علم البيولوجيا (علم الأحياء) والجيولوجيا (علم الأرض)، ولكنّه يختلف عن الآركيولوجي (علم الآثار) لأنّه يستبعد الدراسة التشريحيّة للإنسان الحديث (الهوموسيبيان).

ويستخدم تقنيّات مستمدّة من مجموعة واسعة من العلوم، بما في ذلك الكيمياء الحيويّة والرياضيات والهندسة، مكّن استخدام كل هذه التقنيّات علماءَ المتحجّرات من اكتشاف الكثير من التاريخ التطوّري للحياة، وصولاً إلى الزمن الذي أصبحت فيه الكرة الأرضيَّة قادرة على دعم وجودِ الحياة عليها، أي قبل ما يقارب الـ ٣.٨ مليار سنة. مع زيادة المعارف، تطوّر في علم المتحجّرات أقسامًا متخصّصة، يركّز بعضها على أنواع مختلفة من الكائنات الأحفورية بينما يدرس البعض الآخر علم البيئة والتاريخ البيئي، مثل المناخات القديمة.

تعدّ مستحاثات الجسد ومستحاثّات الأثر الأنواع الرئيسيّة من الأدلّة حول الحياة القديمة، وقد ساعدت الأدلّة الجيوكيميائيّة في فكّ شيفرة تطوّر الحياة قبل تواجد كائناتٍ كبيرةٍ بما يكفي لتركِ مستحاثّاتِ أجسادها.

يعدّ تقدير تواريخ هذه البقايا أمرًا ضروريّاً ولكنّه صعب: فتسمح طبقات الصخور المجاورة في بعض الأحيان بالتأريخ الإشعاعي، والذي يوفر تَحْدِيداً زَمَنِياً مُطْلَقاً دقيقاً مع نسبة خطأ لا تتجاوز ٠.٥٪، ولكن يضطر علماء المتحجّرات في كثير من الأحيان إلى الاعتماد على التأريخ النسبيّ عن طريق حلّ تسمّى "أحاجي الصور المقطّعة" في طبقات الأرض الحيوية أي (ترتيب طبقات الصخور من الأحدث إلى الأقدم). يصعب أيضًا تصنيف الكائنات القديمة، فالعديد منها لا يتناسب تمامًا مع التصنيف الحيوي الليني (نسبةً إلى كارولوس لينيوس)، وكثيراً ما يستخدم علماء الأحافير علم المناخ في صياغة "أشجار العائلة" التطوّريّة. شهد الربع الأخير من القرن العشرين تطوّر علم تطوّر السلالات الجزيئي، والذي يبحث في مدى ارتباط الكائنات الحيّة عن طريق قياس تشابه الحمض

النووي في جينوماتها. تم استخدام علم تطوّر السلالات الجزيئي أيضًا لتقدير التواريخ التي تباعدت فيها الأنواع، ولا يزال هناك جدل حول موثوقية الساعة الجزيئية التي تعتمد عليها هذه التقديرات.

أبسط تعريف لعلم المتحجّرات هو "دراسة الحياة القديمة". فيبحث هذا الحقل من العلوم عن معلومات حول العديد من جوانب الكائنات الحيّة السابقة: "هويّتها وأصلها، وبيئتها وتطوّرها، وما الذي يمكنها أن تخبرنا به عن الماضي العضويّ وغير العضوي للأرض.

- **تصنيف علم المتحجرات**

علم المتحجّرات هو واحدٌ من العلوم التاريخيّة، إلى جانب علم الآثار والجيولوجيا وعلم الفلك وعلم الكونيات وعلم الفلسفة وعلم التاريخ بحدّ ذاته فهو يهدف إلى وصف ظواهر الماضي وإعادة بناء أسبابها. وبالنتيجة، فإنه يشتمل على ثلاثة عناصر رئيسيّة:

وصف الظواهر الماضية؛ تطوير نظريّة عامّة حول أسباب أنواع التغيير المختلفة؛ وتطبيق تلك النظريات على حقائق محدّدة.

غالبًا ما يبني علماءُ المتحجّرات وعلماءُ التاريخ الآخرين عند محاولتهم تفسير الماضي، مجموعةً من الفرضيّات حول الأسباب ثم يبحثون عن دليل دامغ يوافق بقوّة فرضيّة واحدة منها فضلاً عن بقيّة الفرضيّات.

في بعض الأحيان يتمّ اكتشاف الدليل الدامغ عن طريق المصادفة أثناء القيام بأبحاث أخرى. على سبيل المثال، فإن اكتشاف لويس ووالتر ألفاريز لعنصر الإيريديوم، وهو معدن غير موجود في المكوّنات الطبيعيّة للكرة الأرضية، في الطبقة الحدودية التابعة للعصر الطباشيري-الثلاثي، جعلَ من تصادم كويكبٍ بالأرض التفسيرَ الأكثر تفضيلاً لحدث انقراضِ العصر الطباشيري – الباليوجيني، على الرغم من أنّ احتمال مشاركة انفجار أحد البراكين في الانقراض لا تزال موضع نقاش.

النوع الرئيسي الآخر من العلوم هو العلوم التجريبية، والتي تقوم في الكثير من الأحيان على إجراء تجارب لدحض الفرضيّات التي تتحدّث طريقة عمل الظواهر الطبيعية وأسبابها.

لا يمكن لهذا النهج أن يثبت فرضيّة ما، لأنّه من الممكن للتجارب اللاحقة أن تدحضها، لكن وبالمقابل فإنّ تراكم حالاتِ الفشل في دحضها غالباً ما يكون دليلًا مؤيدًا لصالحها. ومع ذلك، فغالباً ما يستخدم العلماء التجريبيّون نفس النهج الذي اتبّعه علماء التاريخ والذي يعتمد على بناء مجموعة من الفرضيات حول الأسباب ثم البحث عن "الدليل الدامغ"، مثل الدليل الأول للإشعاع غير المرئي، وذلك عند مواجهة ظواهر غير متوقّعة على الإطلاق.

- **العلوم ذات الصلة**

يكمن علم المتحجّرات بين علمي الأحياء والجيولوجيا لأنّه يركّز على توثيق الحياة الماضية، ولكن مصدره الرئيسي للأدلّة هو المستحاثّات التي يتمّ العثور عليها في الصخور. يعدّ علم المتحجّرات جزءًا من قسم الجيولوجيا في العديد من الجامعات لأسباب تاريخية: فقد وَجدت أقسام الجيولوجيا في القرن التاسع عشر وأوائل القرن العشرين أنّ الأدلّة الأحفوريّة مهمّة لتاريخ الصخور، في حين أبدت أقسام البيولوجيا القليل من الاهتمام حول هذه الموضوع.

يتشابك علم المتحجّرات أيضًا مع علم الآثار، الذي يعمل بشكل أساسيّ مع الأشياء التي يصنعها البشر ومع الرفات البشرية، بينما يهتمّ علماء المتحجّرات بخصائص البشر وتطوّرهم كنوع. قد يعمل علماء الآثار وعلماء المتحجّرات سويًة- فعلى سبيل المثال قد يتعرّف علماء المتحجّرات على مستحاثّات حيوانيّة أو نباتيّة حول موقع أثري عند تعاملهم مع الأدلّة المتعلّقة بالبشر، لاكتشاف توع الطعام الذي استهلكه البشر الذين عاشوا هناك، أو قد يحللون المناخ في وقت سكنهم.

بالإضافة إلى ذلك، غالبًا ما يستعير علم المتحجّرات تقنيّات من علوم أخرى، بما في ذلك البيولوجيا وعلم العظام وعلم البيئة والكيمياءً والفيزياء والرياضيات.

فقد تساعد التواقيع الجيوكيميائية من الصخور على سبيل المثال، على اكتشاف متى نشأت الحياة لأول مرة على الأرض، وقد تساعد تحليلات نسب نظائر الكربون في تحديد التغيّرات المناخيّة وحتّى في تفسير التحوّلات الضخمة مثل انقراض العصر البرمي الترياسي.

يقارن المنهج الحديث نسبيًا في علم الوراثة الجزيئي، الحمض النووي الريبوزي منقوص الاكسجين (DNA) والحمض النووي الريبي (RNA) للكائنات الحية الحديثة بإعادة بناء "الأشجار العائلية" لأسلافها التطوريين. كما تمّ استخدامه لتقدير تواريخ التطوّرات التطوّرية الهامّة، على الرغم من أن هذا النهج مثير للجدل بسبب الشكوك حول موثوقية "الساعة الجزيئية". تمّ استخدام التقنيّات الهندسيّة لتحليل كيفية عمل أجسام الكائنات القديمة، على سبيل المثال سرعة الجري وقوة العض في التَيرَانُوصور Tyrannosaurus ، أو ميكانيك الطيران عند

الميكرورابتور Microraptor من الشائع نسبيّاً أيضاً دراسة التفاصيل الدّاخلية للحفريات باستخدام التصوير الدقيق بالأشعّة السينية.

تتّحدّ دراسة علوم المتحجّرات والأحياء والآثار والأحياء القديمة لدراسة ملامح الوجه داخل الجمجمة (التجاويف القحفية) للأنواع المرتبطة بالبشر لتوضيح تطوّر الدماغ البشري.

يساهم علم المتحجّرات حتّى في علم الأحياء الفلكي، والتحقيق في وجود الحياة المحتملة على الكواكب الأخرى، من خلال تطوير نماذج لكيفية نشأة الحياة ومن خلال توفير تقنيات لاكتشاف أدلّة على الحياة.

- **الوسائل العلمية**

يبدأ التخطيط والمسح الجيولوجي لمناطق احتمال وجود أحفوريات فيه قبل القيام بالبحث عن الأحفوريات. والهدف من ذلك هو محاولة البحث عن أثار تستطيع تفسير ما هو معروف حتى الآن في الطبقات المجاورة، وتفسير عمليات الترسيب التي سادت في تلك المنطقة في الماضي.وعلى سبيل المثال : هل حدث الترسيب في قاع إحدي البحيرات أم في قاع أحد البحار ؟. ولا نحتاج لإجراء ذلك المسح الجيولوجي الأولي إذا كان عمر الطبقات معروف، وتتابع الطبقات الصخرية وأنواع الصخور معروفة.

- **القيام بالحفريات**

تبدأ عملية البحث عن الأحفوريات من طبقة تلو طبقة مبتدئة بالطبقة العليا، أي من الطبقة ذات العمر الجديد إلى الطبقة ذات العمر القديم. ويتبع التنقيب عن الأحفوريات تحديد طبيعة الطبقات ووصفها والقيام بترقيم الأفق الجيولوجية. وتصبح تلك الأرقام من توابع كل أحفورة وجدت فيها.

وفي حالة البحث عن أجزاء كائنات كبيرة، مثل الهياكل العظمية للديناصور، يقوم الخبراء بوصف مكان كل قطعة من العظام المتحجرة بدقة في الطبقة الأرضية بواسطة شبكات مربعة تنشر فوق منطقة الحفر. وذلك يهم من وجهة معرفة وضع الحيوان وقت موته، ومنها يستنتج العلماء استنتاجات عن طريقة موته وطريقة معيشته وربما معرفة الحيوانات والتباتات التي كانت تزامله أو تنافسه في بيئة عصره. كذلك

يستنتجون عمليات الترسيب الأرضي وحركة المواد التي حدثت في الماضي، مثل وجود ماء آنذاك وجريان الماء أو حدوث جفاف.

ويهتم الإحيائيون بفرز عظام كل حيوان على حدة وعلاقة كل منهم ببعضه، أي حدث صراع بين إثنين نجم عنه افتراس أحدهم للآخر.

وقد اكتشف العلماء في إحدى جداول المياه القديمة أثار لأقدام ديناصور كبير آكل للنبات ويجري بجواره ديناصور مفترس من آكلي اللحوم. ومن خلال تلك الآثار في الأرض المتحجرة استطاع العلماء تفسيرها بأن الديناصور المفترس قضى على الديناصور آكل النبات رغم تفوقه في الحجم. عند نقطة معينة في المسارين يختفي فجأة مسار الديناصور المهاجم الوحشي مما يشير إلى أن الديناصور الوحشي قفز على الديناصور آكل النبات وصار يعضه بأسنانه الحادة حتى أعياه الجري وفقدان الدم، واستنتجوا أن الديناصور المفترس قد افترس الديناصور آكل الأعشاب بعد ذلك وتغذى على لحمه

الفصل السابع

البلورات والمعادن

علم البلورات هو ذلك العلم الذي يختص بدراسة البلورات والمواد المتبلورة.

والمعروف أن المواد المتبلورة توجد في الطبيعة إما في حالة حبيبات منفردة أو مجموعات، ويمكن تعريف البلورة بأنها عبارة عن جسم صلب متجانس يحده أسطح مستوية تكونت بفعل عوامل طبيعية تحت ظروف مناسبة من الضغط والحرارة، والأسطح المستوية التي تحدد البلورة تعرف باسم أوجه البلورات.

والأوجه البلورية في الحقيقة هي تعبير وإظهار للترتيب الذري الداخلي للمادة المتبلورة، والعملية التي تنتج لنا بلورات تعرف باسم عملية التبلور ، وهي عملية تحدث أمام أعيننا إذا تبخر ماء البحر أو المحاليل المشبعة ، أو برد مصهور ببطء أو تكثف غاز إلى الحالة الصلبة مباشرة. وفي البلاد الباردة يتجمد ماء المطر بسبب انخفاض درجة الحرارة وتتكون بلورات الثلج سداسية الشكل.

فإذا فحصنا أي بلورة منفردة من هذه البلورات الناتج نجد أن التي نمت بحرية دون عائق يحد من حريتها في النمو ، لها أسطح مستوية أو أوجه ، تكونت طبيعيا أثناء نمو البلورة.

أما الأسطح التي نراها مصقولة على قطعة من الزجاج ، ومرتبة في شكل هندسي جميل ، وتباع كجواهر مقلدة ، فإنها لا نسمي أوجهها بلورية كما أن الزجاج نفسه لا يسمى بلورة ، فبالإضافة إلى أن هذه الأسطح المستوية صناعية التكوين ، فإن المادة نفسها وهي الزجاج ينقصها النباء الذري الداخلي المرتب.

ويستخدم علم البلورات الآن باستمرار وباطراد مستمر في حل كثير من المشاكل الكيميائية والفيزيائية وفي دراسات وأبحاث التعدين والمواد الحرارية والادوية والدراسات البيولوجية (الحيوية).

ويمكن تقسيم البلورات حسب إستكمال الأوجه البلورية إلى ثلاثة أقسام:

١- بلورات كاملة الأوجه وذلك حينما تكون جميع الأوجه البلورية موجودة.
٢-ناقصة الأوجه ، وذلك حينما يكون جزء من الأوجه متكون فقط والباقي غير موجود.
٣- عديمة الأوجه ، وفي هذه الحالة يكون المادة المتبلورة عبارة عن حبيبات لا يحدها أوجه بلورية ، وغالبا ما توجد هذه الحبيبات في هيئة مجموعات .

وتشترك هذه الأنواع الثلاثة (كاملة الأوجه – ناقصة الأوجه – عديمة الأوجه) ، في أن لها بناءا ذريا داخليا منتظما.

أو بمعنى آخر أن المواد المكونة لها سواء أكانت ذرات أم أيونات .. توجد مرتبة في نظام هندسي، وعلى هذا الأساس يتبين لنا أنه ليس من الضروري بتاتا ان نجد الأوجه البلورية تحدأ المادة المتبلورة ، إذ أن تكون هذه الأوجه رهن بالظروف المحيطة بالمادة المتبلورة أثناء عملية التبلور. وعلى ذلك فإننا نعرف كل مادة صلبة ذات بناء ذري داخل يمنظم باسم مادة متبلورة ، فإذا كانت هذه المادة المتبلورة ذات أوجه طبيعية مرتبة في نظام هندسي ، ويمكن رؤية هذه الأوجه بواسطة العين المجدرة ، أو عدسة مكبرة ، سميت باسم بلورة.

أما إذا كانت المادة ينقصها البناء الذري الداخلي المنتظم فتوصف بأنها مادة غير متبلورة ، وتكون المعادن غير المتبلورة في المملكة المعدنية قلة (وتعتبر استثناء وليست قاعدة إذا التزمنا بالتعريف الحرفي للمعدن الذي يتضمن أن المعدة مادة متبلورة) ،

ومن أمثل المعادن غير المتبلورة الأوبال (Opal (SiO2. nH2O ، والكريزوكولا Chrysocolla (سليكات النحاس المائية).

ولما كان البناء الذري في مثل هذه المواد غي رالمتبولة غير منتظم فإننا نجد أن تركيبها الكيميائي غير ثابت. وبالتالي لا يعبر عنه بقانون كيميائي. فمثلا تتراوح نسبة الماء في معدن الأوبال ما بين ٦ ، ٩ بالمائة وقد تصل إلى ٢٠ بالمائة من وزن المعدن.

أما في معدن الكريزوكولا ، فإن تركيبه الكيميائي متغير في مدى كبير حيث نجد أن كميات النحاس والماء متغيرة وليست ثابتة.

ومن هذا يتضح لنا أن الفرق بين المادة المتبلورة وغير المتبلوة يكون في البناء الداخليز وفإذا كانت الذرات مرتبة في نظام معين فالمادة متبلورة ، أما إذا لم تكن كذلك ، أي أن الذرات غير مرتبة ، فالمادة اذن غير متبلورة.

وعندما لا توجد أوجه بلورية ، فإنه لا يمكن التفرقة بين المادة المتبلورة وغير المتبلورة إلا بواسطة استعمال الميكروسكوب المستقطب وفي بعض الأحياء الأشعة السينية.

ولكن إذا كانت الأوجه البلورية موجودة ، كلها أو بعضها ، فإن دراستها تساعدنا كثيرا في التعرف على المعدن ، لأن الأوجه البلورية ، ما هي إلا تعبير عن البناء الذري الداخلي المميز للمعدن. و"موروفوروجيا

البلورات" هو ذلك الفرع من علم البلورات الذي يختص بدراسة الخواص الخارجية للبلورات.

وقبل أن نصف المظهر الخارجي للبلورات بشئ من التفصيل ، يجدر بنا أن نشير إشارة سريعة إلى بعض الخواص الهندسية للبناء الذري الداخلي المنتظم للبلورات.

- **البناء الداخلي للبلورات**

تتميز المواد المتبلورة بحقيقة أساسية هي الترتيب المنتظم للذرات والأيونات التي تتكون منها. وعلى ها الأساس يجب أن نتصور البلورة كبنيان يتكون من وحدات غاية في الدقة تتكرر بانتظام في الأبعاد الثلاثة. وأساس البناء البلوري هو التكرار ، الذي يمكن تشبيهه بتكرار رسم معين على ورق الزينة الذي يلصق على الحائط (ولكن مع فارق أنه في هذه الحالة الأخيرة يتكرر في بعدين فقط).

وتترتب هذه الوحدات المتشابهة عن نقاط منتظمة في الأبعاد الثلاثة بطريقة تجعل كل نقطة لها نفس الظروف المحيطة بالنقاط الأخرى ، وبتحديد هذا الترتيب بواسطة اتجاهاته الثلاثة والمسافات التي تتكر عندها النقاط في هذه الاتجاهات.

وقد أوضحت المحاولات التي قام بها برافيه عام ١٨٤٨ أن هناك ١٤ نمطا فقط لهذه الترتيبات ممكنة هندسيا ، وتعرف هذه الترتيبات الفراغية باسم الترتيبات الفراغية الأربعة عشر لبرافبه The 14 Barvbis space lattices.

وأبسط وحدات الترتيب الفراغي مجسم متوازي السطوح ويعرف باسم الوحدات الثنائية ، ويلاحظ أن بعض هذه الترتيبات الفراغية أو الوحدات الفراغية البدائية تحتوي الواحدة منها على نقطة واحدة (وتفسير ذلك أنه بالغرم من وجود نقاط عند الأركان الثمانية للوحدة البنائية في الترتيب الفراغي البدائي.

إلا أنه نظرا لأن كل نقطة من هذه النقاط تكون مشتركة بين ثماني وحدات بنائية متجاورة، فإن ثمن نقطة يتبع الوحدة البنائية الواحدة ، وبالتالي تسهم النقاط عند الأركان الثمانية بما يساوي نقطة واحدة بالنسبة للوحدة البنائية الواحدة). وتختلف هذه الوحدات البنائية البدائية عن بعضها البعض في أطوال حدودها (حوافها) والزوايا المحصورة بين

هذه الحدود ((α, β, γ) ، أما بقية الوحدات البنائية ، فلها نقاط إضافية إما عند مراكز جميع الأوجه . وتعرف باسم ممركز الأوجه أو عند وجهين متقالبين أو ممركزة في الداخل. وفي جميع هذه الحالات تكون الوحدة البنائية مضاعفة أي تحتوي على أكثر من نقطة (٤ نقاط في حالة F ، نقطتان في كل من حالتي C , I).

وتكون الوحدات البنائية المرصوصة في ترتيب الهيكل الغرافي – ترتيب فراغي بدائي P ترتيب فراغي ممركز في الدخل ١ – البلورات التي نمسكها بين أيدينا ونجري عليها الاختبارات ومها هذه الوحدات في الحقيقة إلى ذرات أو مجموعات من الذرات. ففي البلورة كما في المعادن العنصرية (أي التي تتكون من عنصر واحد) ، نجد الذرات غير مشحونة ، ولكن في معظم الحالات تحمل الذرات شحنات كهربية ، وتعرف حينئذ باسم أيونات (تعرف الموجبة منها باسم كاتيونات بينما تعرف السالبة باسم أنيونات). وتتكون معظم المعادن من أيونات أو حشود من الأيونات يضمها إلى بعضها البعض روابط كهربائية نائية عن الشحنات المضادة ونقصد بكلمة بناء البلورة ترتيب الأيونات والمجموعات الأيونية في الفراغ وطبيعة الروابط الكهربائية التي تضم هذه الأيونات إلى بعضها البعض ، ومدى قوة هذه الروابط. ويمكن تشبيه الوحدات البنائية (الذرات والأيونات والحشود الأيونية) ، بقالب الطوب في بنيان حائط بينما تشبه الروابط الكهربية بين هذه الوحدات البنائية ، بالمونة التي تضم القوالب بعضها إلى بعض.

- الخواص الخارجية للبللورات

الأوجه البلورية

قلنا أن البلورة تتميز عن المادة المتبلورة في أنه لها أسطحا مستوية خارجية تعرف بالأوجه البلورية. ونجد أن الأوجه البلورية لها علاقة بالنظام الذري الداخلي.

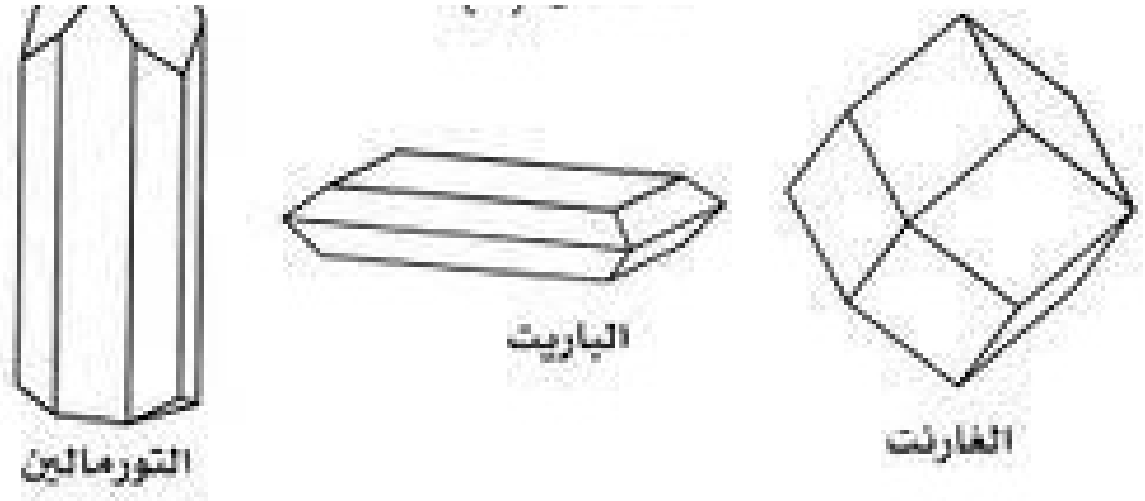
هذه العلاقة نائية من أن هذه الأوجه البلورية تكونت نتيجة لهذا النظام الذري الداخلي ، والملاحظ أنه عندما ترتب الذرات نفسها في أي نظام – أثناء نمو المادة المتبلورة.

قد يكون هناك عدد معين من السطوح المحتمل تكونها لتحد البلورة الناتجة وهذا العدد يكون عادة قليلا ، وذلك لأنن المستويات التي تشمل أكبر عدد من الذرات هي التي تحدد أمكنة الأوجه البلورية. أي أن الأوجه البلورية المحتمل تكونها (وفي المادة هي التي تتكون فعلا) ، هي التي تشمل أكبر عدد ممكن من الذرات.

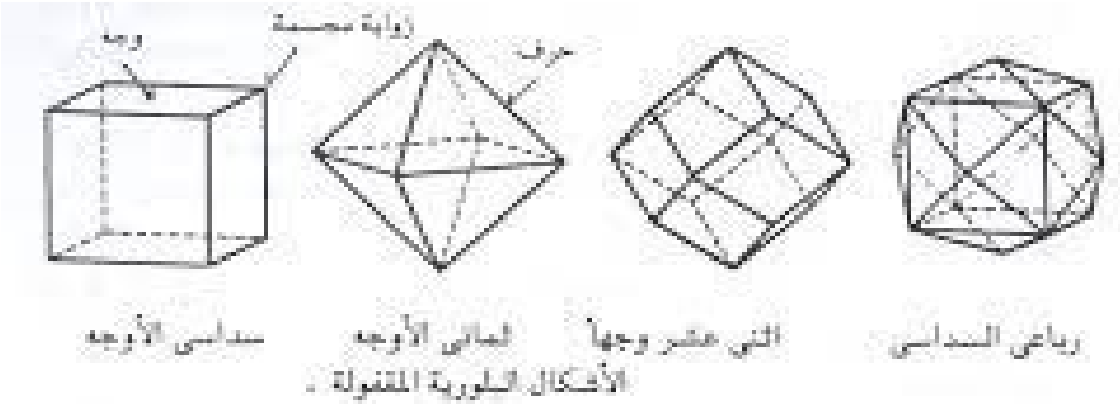
ولما كان البناء الذري الداخلي للمادة المتبلورة ثابت ، وأن الأوجه البلورية – كما أسلفنا – لها ارتباط وثيق بنظام ثابة بالنظام الذري الداخلي ، فإنه ينتج عن ذلك أن الأوجه البلورية الخارجية لابد وأن تكون ذات عرقة ثابتة مع بعضها البعض. هذه العلاقة الثابتة بين الأوجه البلورية توجد في الزوايا التي تكونها الأوجه. وهذه الحقيقة تعرف باسم قانون ثبات الزوايا بين الوجهية.

وينص هذا القانون على أن زاوية الميل بين وجهين بلورين (زاوية بين وجهية) ثابتة في بلورات المادة الواحدة (عند درجة الحرارة الواحدة).

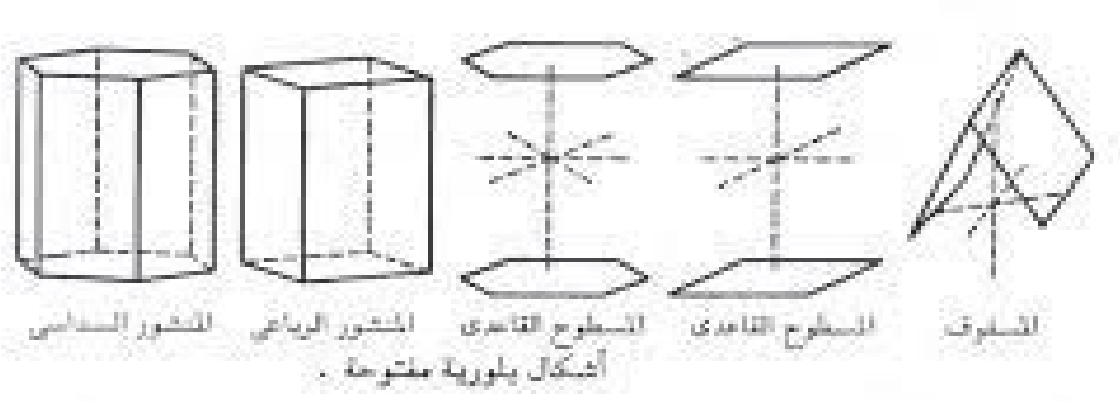
وهذا القانون أساسي ومهم جدا في علم البلورات ، فبواسطته يمكن التعرف على كثير من العادن ، وذلك إذا قسنا الزوايا بين الوجهين بدقة (بواسطة جهاز يعرف باسم الجونيومتر) إذ أن هذه الزواياة مميزة لكل معدن. ومن أبسط أنواع الجيونيومتر النوع الذي يعرف باسم جونيومتر التماس ، شكل (١١) الذي يستعمل في قياس الزوايا بين الوجهية على البلورات الكبيرة ونتائجه دقيقة إلى حد ما.



وتختلف بلورة المعدن الواحد في الطبيعة من ناحية مظهرها. فمنها الصغير ومنها الكبير ، ومنها المفلطح ومنها الطويل ، إبريا كان أو منشوريا. ولكننا نجد أنه مهما اختلف المظهر فإن الزوايا بين الوجهية ثابتة. فبلورة مكعبة الشكل قد توجد متساوية الأبعاد أو مفلطحة أو منشورية ، أو ابرية لاشكل ولكن في جميع الحالات تبقى الزاوية بين أي وجهين متناظرين ثابتة ومقدارها في هذه الحالة ٩٠ درجة.



الأشكال البلورية المقفولة .



أشكال بلورية مفتوحة .

عناصر التماثل

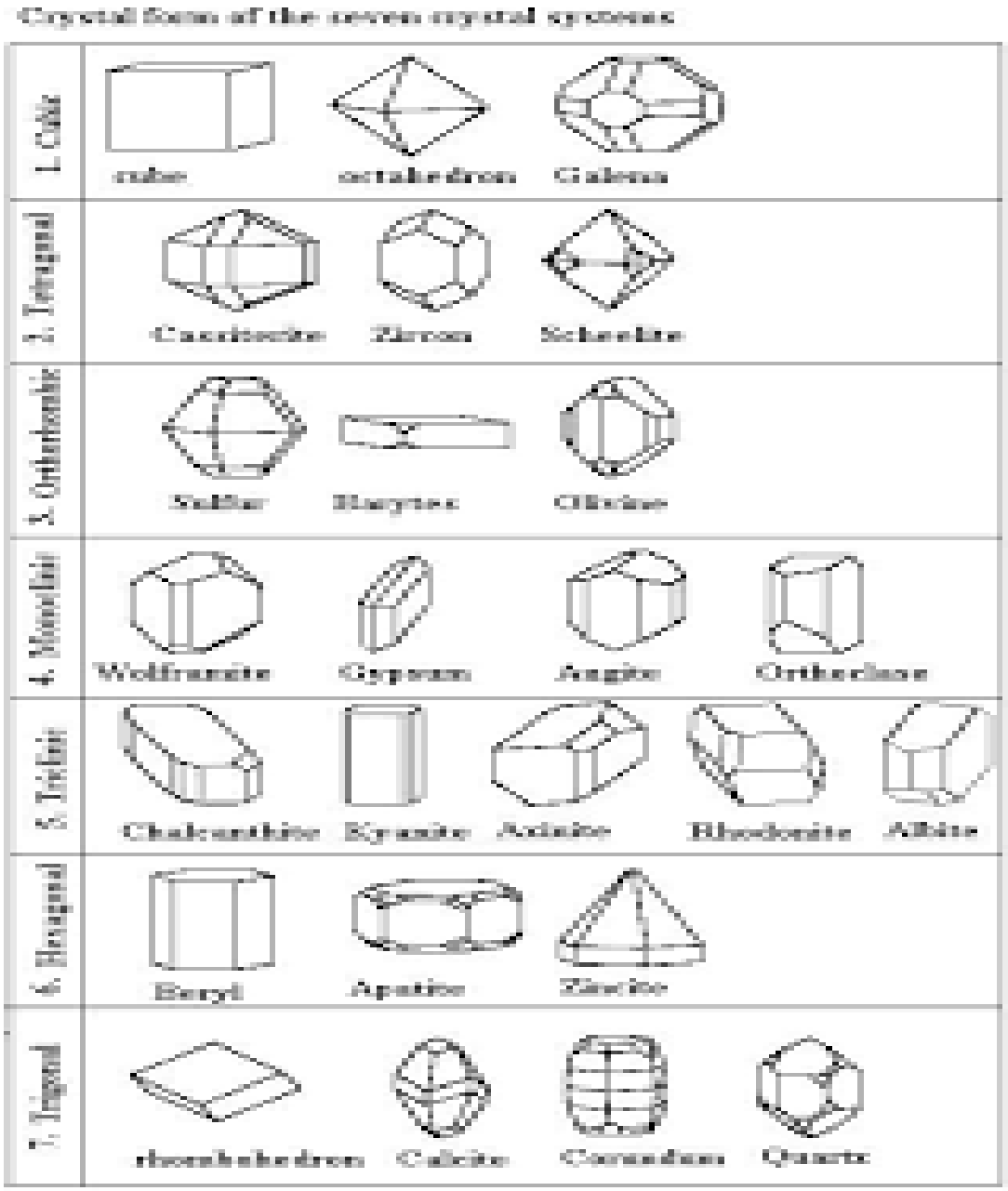
من الظواهر الملحوظة على كثير من البلورات ظاهرة التوزيع المنظم والمرتب للأوجه البلورية.

فإننا نجد أن جميع الأوجه البلورية وكذلك الذرات والأيونات المكونة للمادة مرتبة حسب نظام خاص وتنسيق معين يخضع لقواعد معينة معروفة باسم عناصر التماثل. وجوهر التماثل هو التكرار. فنلاحظ أن وجه البلورة مثلا أو أحد أحرفها يتكرر عدة مرات – أي يوجد في أماكن متماثلة عددا من المرات – طبقا لقانون ثابت. ويعتبر التماثل أساسا في دارسة البلورات.

ويمكن تعريف التماثل في بلورة ما بأنه عبارة عن العمليات التي ينتج عنها أن تأخذ مجموعة معينة من الأوجه البلورية نفس المكان الذي تشغله إحداها. والعمليات التماثلية المعروفة هي:

١- دوران حور محور (محور التماثل الدوراني).
٢- انعكاس خلال مستوى (مستوى التماثل).
٣- انقلاب حول مركز (مركز التماثل).
٤- دوران حول محور مصحوبا بانقلاب (محور التماثل الانقلابي).

ويعرف المحور والمستوى باسم عناصر التماثل.



- **الفصائل والمحاور البلورية**

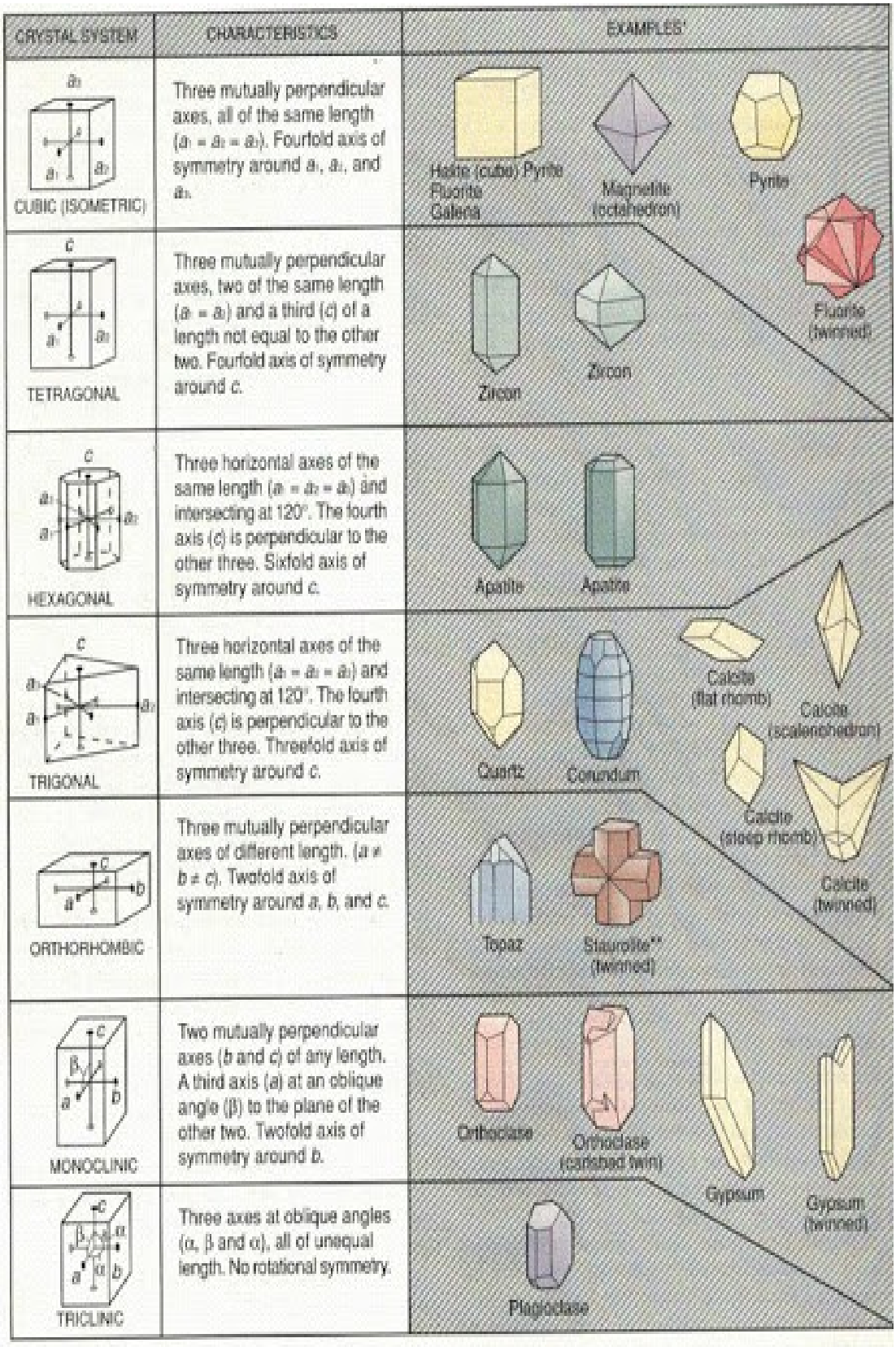
الفصائل البلورية

تتبع البلورات سبعة أقسام تعرف باسم الفصائل البلورية السبعة ، يمكن التعرف عليها على أساس المحاول التماثلية الموجودة كما يلي:

١- فصيلة المكعب (أو متساوي الأطوال) وتشمل جميع البلورات التي تحتوي على أربعة محاور ثلاثية التماثل.
٢- فصيلة السدساسي ، وتشمل جميع البلورات التي تحتوي على محور واحد سداسي التماثل فقط.
٣- فصيلة الرباعي ، وتشمل جميع البلورات التي تحتوي على محور رباعي التماثل فقط.
٤- فصيلة الثلاثي ، وتشمل جميع البلورات التي تحتوي على محور واحد ثلاثي التماثل فقط.
٥- فصيلة المعيني القائم ، وتشمل جميع البلورات التي تحتوي على ثلاثة محاور ثنائية التماثل.
٦- فصيلة الميل الواحد ، وتشمل جميع البلورات التي تحتوي على محور واحد ثنائي التماثل فقط.
٧- فصيلة الميول الثلاثة ، وبلوراتها لا تحتوي على آية محاور تماثلية.

وتضم كل فصيلة من هذه الفصائل السبعة عددا من المجموعات التماثلية ، أو ما يعرف باسم النظم البلورية (اثنين في فصيلة الميول الثلاثة ، وثلاثة في كل من فصيلتي الميل الواحد والمعيني القائم ، خمسة في كل من فصيلتي الثلاثي والمكعب ، سبعة في كل من فصيلتي الرباعي والسداسي) وتحتوي على المميزات التماثلية للفصيلة التي تتبعها ، فمثلا ، قد تحتوي بلورة تابعة لفصيلة الثلاثي على محور دوران ثلاثي التماثل فقط ، أو على محور انقلابي ثلاثي التماثل ، أو على مجموعة من محور واحد ثلاثي التماثل ، وثلاثة محاور ثنائية التماثل ، أو ثلاثة مستويات تماثل ، أو كليهما. معنى ذلك أن فصيلة الثلاثي تضم خمسة نظم بلورية. وعلى هذا الأساس وجد أن الفصائل البلورية لاسبعة تضم ٣٢ نظاما بلوريا ، وفي كل فصيلة يوجد نظام واحد يحتوي على أعلى تماثل بين

النظم التابعة لهذه الفصيلة. ويعرف هذا النظام باسم النظام الكامل التماثل.



الفصل الثامن

العصور الجيولوجية

العصور الجيولوجية او الحقبة الجيولوجية هي أحد الأقسام الكبيرة للأزمنة الجيولوجية . طبقاً للتعريف الجيولوجي تشمل الحقبة عدة عصور جيولوجية حيث تمتد العصور الجيولوجية بين ١٠ ملايين سنة إلى نحو ٨٠ مليون سنة .

أي أن الحقبة تمتد لمدد قد تبلغ مئات الملايين من السنين . وبناء على ذلك يقسم علماء التاريخ الطبيعي " الأمد الجيولوجي" Phanerozoic Eon إلى أربعة أحقاب زمنية رئيسية كبيرة هي : حقبة ما قبل الكامبري، وحقبة الباليوزي، و حقبة الميسوزي، وحقبة السينوزوي.

يشتمل كل من تلك الأحقاب الأربعة على عدة عصور ، تميز كل منها التنوع الحيواني والنباتي والمناخي، وكذلك تغير القارات . وفي بعض الحالات تفرق بين العصور الجيولوجية أحداث كبيرة مثل أحداث الانقراضات العظيمة التي تخللت التاريخ الحيوي للأرض وأثرت تأثيرات كبيرة على الحياة والأحياء فيها .

فتغيرت اشكال الحياة من عصر إلى عصر، وبدأت بالأحياء الميكروبية البسيطة قبل نحو ٢و٣ مليار سنة، ثم تطورت فظهرت الحيوانات الكبيرة مثل الديناصورات والأشجار الكبيرة، ثم ظهرت الثدييات والطيور، وسادت الأرض حتى ظهور الإنسان قبل نحو ٨و١ مليون سنة.

١- (ماقبل الكمبري) منذ ٣٢٠٠- ٥٤٠ مليون سنة

ويعتبر عصر الحياة المبكرة الأولي البدائية حيث ظهرت به الطحالب والفطريات البدائية والرخويات بالبحر.

وكانت الأرض تتعرض أثناء هذه الحقبة لبراكين مدوية حيث فاضت فوقها أنهار الحمم. ثم بدأت الحياة كنقط هلامية ميكروسكوبية في البحار العذبة الدافئة.

وتلي ذلك ظهور النباتات، ثم ظهرت الأصداف والمحارات حول جسمها .

استغرق هذا التطور الأولي لنشأة الحياة على الأرض نحو ٣٠٠٠ مليون سنة، ومن هنا كانت البداية العظمي لنشوء الحياة فوق الأرض.

عندما وصل عمر الأرض إلى ٥٤٠ مليون سنة سبقت (أي بعد نحو ٤٠٠٠ مليون سنة من تكوّنها حدث مايسمى "الانفجار الحيوي" حيث ظهرت العديد من الفصائل الحيوانية والنباتية وانتشرت انتشارا كبيرا، هذا ما نقرأه من طبقات أرضية نشأت في تلك العصور القديمة ونجد فيها أحفورات وهي عظام وهياكل وأشجار متحجرة من تلك الكائنات التي نجدها منتشرة في جميع بقاع الأرض.

٢- حقبة الباليوزي (حقبة الحياة القديمة)

امتدت بين ٥٤٣ ــ ٢٨٠ مليون سنة سبقت.

وتتميز بصلابة صخورها النارية التي هي أشد من الصخور الرسوبية التي تراكمت فوقها في طبقات، القديم في الأسفل

والأحدث فوقه، وما تحتويه كل طبقة رسوبية من حفريات لحيوانات ماتت ونباتات كانت تعيش في وقت ترسب الطبقات .

فاصبحت كالكتاب الذي نقرأ فيه تاريخ التطور على الارض حتى وقتنا هذا .

يقسم علماء التاريخ الطبيعي ما مر على الارض من أزمان وأحوال حتى عصرنا هذا إلى ٦ عصور رئيسة يضم كل منها مئات الملايين من السنين، بحسب تغير اشكال الحياة على الارض وتغير المناخ وتغير القارات . والستة عصور هي:

١ ـ العصر الكامبري : منذ ٥٤٠ـ٤٨٥ مليون سنة.

ويطلق عليه عصر التريلوبيتات التي كانت تشبه سوسة الخشب وكان ظهرها مصفحا ولها بطن رخوة وناعمة.

وعند الخطر كانت تتكوم كالكرة، وقد عاشت حتي حقبة الميزوني (الميزوسي).وفي الكمبري ظهرت أيضا.

اللافقاريات البحرية كالمفصليات البدائية والرخويات المبكرة والأسفنج وديدان البحر.كما ظهرت به أسماك فقارية. وفي أواخره انقرض ٥٠%من الأحياء بسبب الجليد.ومن أحافيره التريلوبيتات.

٢ ـ العصر الأردوفيشي: منذ ٤٨٥ـ٤٤٣ مليون سنة.

ظهرت فيه النباتات الأولية والأشجار الفضية آكلة اللحوم فوق اليابسة، كما ظهرت الشعاب المرجانية ونجوم وجراد البحر والأسماك البدائية والحشائش المائية والفطريات الأولية.ومنذ ٤٣٠ مليون سنة ظهرت قنافذ ونجوم البحر بين حدائق الزنابق المائية الملونة. وبينها ظهرت كائنات بحرية لها أصداف وأذناب تحمي بها أنفسها. وكان بعضها يطلق تيارا كهربائيا صاعقا.

٣ ـ العصرالسيلوري : منذ ٤٤٣ـ ٤١٧ مليون سنة.

. وكان فيه بداية الحيوانات فوق اليابسة كالعقارب والعناكب والقرادة المائية وأم أربعة وأربعين رجل وبعض النباتات الفطرية الحمراء التي كانت تلقي بها الأمواج للشاطئ لتعيش فوق الصخور وفيه أيضا.. ظهرت منذ ٤٠٠ مليون سنة الأسماك ذات الفكوك بالبحر والنباتات الوعائية فوق اليابسة.وأهم أحافيره العقارب المائية.

٤ ـالعصر الديفوني: منذ ٤١٧ـ٣٥٩ مليون سنة.

وفيه ظهرت منذ ٤٠٠ مليون سنة بعض الأسماك البرمائية وكان لها رئات وخياشيم وزعانف قوية.

كما ظهرت الرأسقدميات كالحبار والأشجار الكبيرة.ومن أحافيره الأسماك والمرجانيات الرباعية والسرخسيات.

٥ ـ العصرالكربوني :منذ ٣٥٩ـ٢٩٩ مليون سنة.

كان فيه بداية ظهور الزواحف وزيادة عدد الأسماك حيث ظهر ٢٠٠ نوع من القروش.

ثم ظهرت الحشرات المجنحة العملاقة وأشجار السرخس الكبيرة.وفي طبقته الصخرية ظهر الفحم الحجري وبقايا النباتات الزهرية بالغابات الشاسعة التي كانت أشجارها غارقة بالمياه التي كانت تغطي أراضيها. فظهرت أشجار السرخس الطويلة وبعض الطحالب كانت كأشجار تعلو. وكانت حشرة اليعسوب عملاقة وكان لها أربعة أجنحة طول كل منها مترا. وكانت الضفادع في حجم العجل وبعضها له ٣عيون وكانت العين الثالثة فوق قمة الرأس وتظل مفتوحة للحراسة.

٦ -العصر البرمي : منذ ٢٩٩- ٢٤٨ مليون سنة.

وفيه زادت أعداد الفقاريات والزواحف وظهرت فيه البرمائيات.وانقرضت فيه معظم الأحياء التي كانت تعيش من قبله. وفيه ترسبت الأملاح بسبب ارتفاع حرارة الجو.

٣- حقبة الميسوزي (حقبة الحياة الوسطي)

وفيها عصر الزواحف الكبري (الديناصورات)، (منذ ٢٤٨- ٦٥ مليون سنة).

وظهر فيه عصر الثدييات التي سادت البسيطة منذ ٦٥ مليون سنة وحتي الآن. وهذه الحقبة تضم ٣عصور. وهي:

١ - العصرالترياسي :منذ ٢٥٠ – ١٨٠ مليون سنة.

بعد انتهاء انقراض العصر البرمي الترياسي قبل ٢٥٠ مليون سنة و ظهور الديناصورات الأولية و الثدييات والقواقع وبعض الزواحف كالسلحفاة والقواقع والذباب والنباتات الزهرية. وقد انتهي هذا العصر بانقراض صغير قضي علي ٣٥% من الحيوانات منذ ٢١٣ مليون سنة بما فيها بعض البرمائيات والزواحف البحرية مما جعل الديناصورات تسود في عدة جهات فوق الأرض.

٢ -العصرالجوراسي: (عصر الديناصورات العملاقة) منذ ١٨١- ١٣٥ مليون سنة. وفيه

ظهرت حيوانات الدم الحار وبعض الثدييات والنباتات الزهرية. مع بداية ظهور الطيور والزواحف العملاقة بالبر والبحر. ومنذ

١٧٠ ــ ٧٠مليون سنة كانت توجد طيور لها أسنان وكانت تنقنق وتصدر فحيحا.

كما ظهرت في هذه الفترة الدبلودوكس أكبر الزواحف التي ظهرت وكانت تعيش في المستنقعات. وكان له رقبة ثعبانية طويلة ورأس صغيرتعلو بها فوق الأشجار العملاقة.وظهرت الزواحف الطائرة ذات الشعر والأجنحة وكانت في حجم الصقر.وظهر طائر الإركيوبتركس وهو أقدم طائر وكان في حجم الحمامة. وكانت أشجار السرخس ضخمة ولها أوراق متدلية فوق الماه وأشجار الصنوبركان لها أوراق عريضة وجلدية (حاليا أوراقها إبرية). ومنذ ١٣٩ مليون سنة ظهرت الفراشات وحشرات النمل والنحل البدائية. وقد حدث به انقراض صغير منذ ١٩٠ ــ ١٦٠ مليون سنة.

٣ ـ العصر الطباشيري(الكريتاسي) : منذ ١٣٥ ــ ٢٣مليون سنة.

وفيه تم انقراض الديناصورات بعد أن عاشت فوق الأرض ١٠٠ مليون سنة. وزادت فيه أنواع وأعداد الثدييات الصغيرة البدائية كالكنغر والنباتات الزهرية التي انتشرت. وظهرت أشجار البلوط والدردار والأشنات.كما ظهرت الديناصورات ذات الريش والتماسيح.

ومنذ ١٢٠ مليون سنة عاشت سمكة البكنودونت الرعاشة وطيور الهيسبرنيس بدون أجنحة والنورس ذو الأسنان. وكان له أزيز وفحيح. وكانت الزواحف البحرية لها أعناق كالثعابين. ومنذ ١٠٠ مليون سنة ظهرن سلحفاة الأركلون البحرية وكان لها زعانف تجدف بها بسرعة لتبتعد عن القروش وقناديل البحر.

ومنذ ٨٠ مليون سنة كان يوجد بط السورولونس العملاق الذي كان يعيش بالماء وكان ارتفاعه ٦متر وله عرف فوق رأسه. وفي

هذه الفترة عاش ديناصور اليرانصور المتعطش للدماء وكان له ذراعان قصيرتان وقويتان ليسير بهمافوق اليابسة. وكانت أسنانه لامعة وذيله لحمي طويل وغليظ ومخالبه قوية.

وكان يصدر فحيحا. وكان يوجد حيوان الإنكلوصور الضخم وهو من الزواحف العملاقة وكان مقوس الظهر وجسمه مسلح بحراشيف عظمية. وشهد هذا العصر نشاط الإزاحات لقشرة الأرض وأنشطة بركانية.

وفيه وقع انقراض أودي بحياة الديناصورات منذ ٦٥ مليون سنة. وقضي علي ٥٠% من أنواع اللا فقاريات البحرية. ويقال أن سببه مذنب هوي وارتطم بالأرض والبراكين المحتدمة التي تفجرت فوقها. ومنذ ٧٠ مليون ستة ظهرت حيوانات صغيرة لها أنوف طويلة. وكانت تمضغ الطعام بأسنانها الحادة وتعتبر الأجداد الأوائل للفيلة والخرتيت وأفراس البحر والحيتان المعاصرة.

٤- حقبة السينوزوي (حقبة الحياة الحديثة)

وتضم فترتين هما الزمن الثلاثي ويضم خمسة عصور والزمن الرباعي ويضم عصرين.

أ-الزمن الثلاثي:منذ ٦٥-٨، ١مليون سنة.وفيه انتشرت الزواحف. ويضم:

١- العصر البليوسيني: منذ ٦٥-٥٤مليون سنة. وفيه ظهرت الثدييات الكبيرة الكيسية المشيمة كحيوان البرنتوثيريا الذي كان له صوت مرعب وأسنانه في فمه الذي كان يطلق ضوءا مخيفا. وكان يكسو جسمه شعر غزير.

كما ظهرت الرئيسيات الأولية ومن بينها الفئران الصغيرة وقنافذ بلا أشواك فوق جسمها وخيول صغيرة في حجم الثعلب لها حوافر مشقوقة لثلاثة أصابع.

٢- العصر الإيوسيني: منذ٥٤-٣٨ مليون سنة. وفيه ظهرت القوارض والحيتان الأولية. وكانت تعيش به أسلاف حيوانات اليوم.

٣- العصر الأوليجوسيني: منذ ٣٨ – ٢٤ مليون سنة.

معظم صخوره قارية ولقد وجد به أجداد الأفيال المصرية المنقرضة بسبب حدوث انقراض صغير منذ ٣٦ مليون سنة. وظهرت به أيضا.. ثدييات جديدة كالخنازير البرية ذات الأرجل الطويلة. وكانت تغوص في الماء نهارا وتسعي في الأحراش ليلا. كما ظهرت القطط وحيوان الكركدن(الخرتيت) الضخم وكان يشبه الخنزير إلا أن طباعه كانت تشبه طباع الزرافة. كما ظهر الفيل المائي الذي كان يشبه فرس النهر وكان فمه واسعا وله نابان مفلطحان لهذا أطلق عليه حيوان البلاتيبلادون الذي كان يعيش علي الأعشاب المائية.وكانت الطيور كبيرة وصغيرة وكان من بينها النسور والطيور العملاقة التي كانت نشبه النعام إلا أنها كانت أكبر منها حجما. وكانت لا تطير بل تعدو وكان كتكوتها في حجم الدجاجة إلا أنها كانت مسالمة. ووجد طائر الفوروهاكس العملاق وكان رأسه أكبر من رأس الحصان ومنقاره يشبه الفأس وعيناه لاترمشان ويمزق فريسته لأنه كان يعيش علي الدم.

٤- العصر الميوسيني: منذ ٢٤ – ٥ مليون سنة وفيه عصر الفيلة بمصر.

وفي رسوبياته البترول. وظهر به ثدييات كالحصان والكلاب والدببة والطيور المعاصرة والقردة بأمريكا وجنوب أوروبا.

٥ -العصر البيلوسيني: منذ ٥- ١,٨ مليون سنة.

وفيه بدأ ظهور أشباه الإنسان والحيتان المعاصرة بالمحيطات.

ب -الزمن الرباعي: ويضم عصرين هما:

١ -البليستوسين: منذ ١,٨ مليون -٠ ١١٠٠ سنة. وفيه العصر الجليدي الأخير حيث

انقرضت الثدييات العظمية (الفقارية) عندما غطي الجليد معظم المعمورة.وقبله منذ مليون سنة كان الجو حارا وكانت الطيور وقتها مغردة والحشرات طائرة.

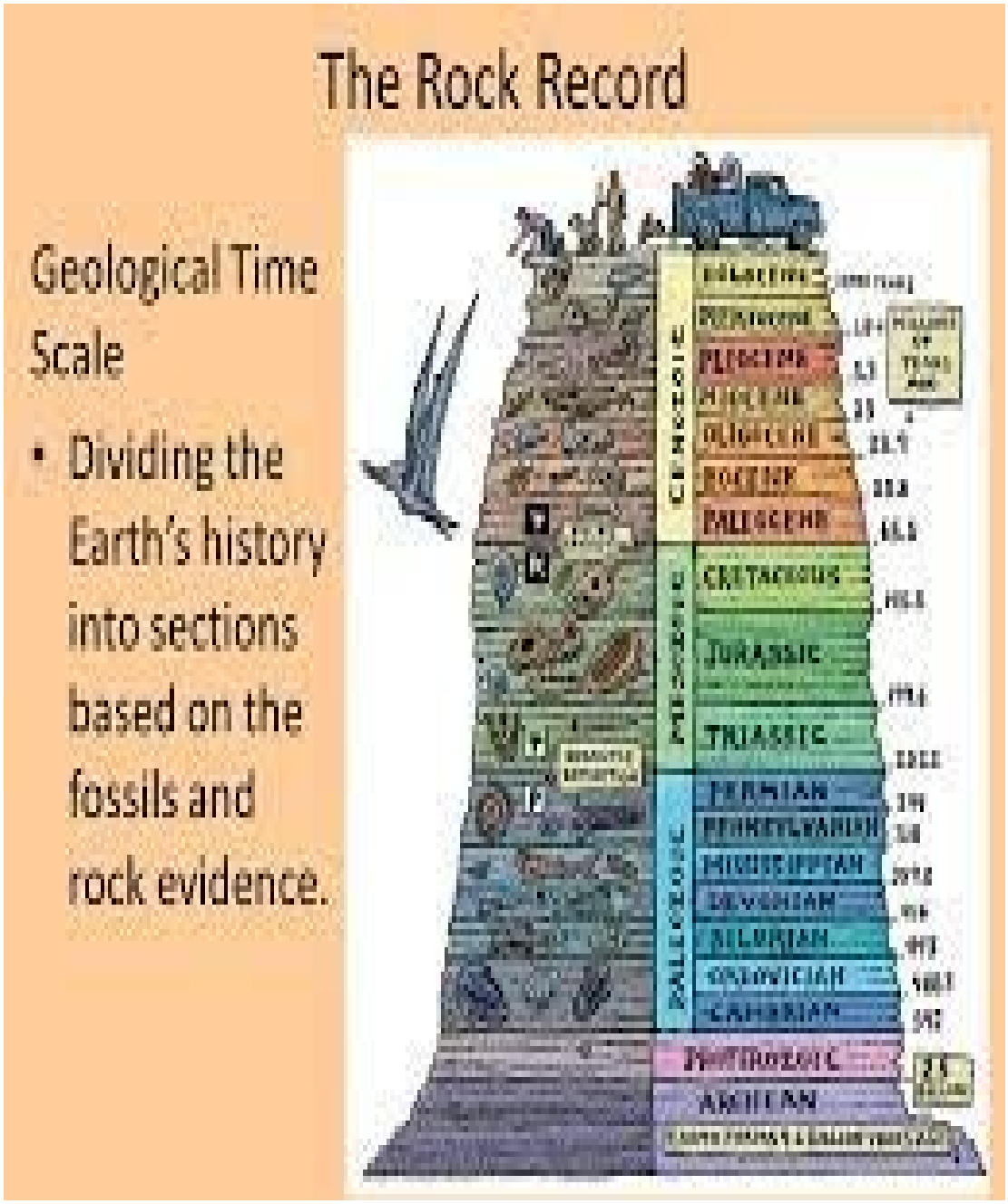
وعاش فيه حيوان البليوتراجس الذي كان يشبه الحصان والزرافة وكان له قرون فوق رأسه وأرجله مخططة وأذناه تشبه آذان الحمير.

وبهذا العصر ظهر الإنسان العاقل الصانع لأدواته وعاشت فيه فيلة الماستدون والماموث وحيوان الدينوثيرم الذي كان يشبه الفيل لكن أنيابه لأسفل وحيوان الخرتيت وكانوا صوفي الشعر الذي كان يصل للأرض.وهذه الفيلة كانت أذناها صغيرتين حتي لاتتأثرا بالصقيع.

كما ظهر القط (سابر) ذات الأنياب الكبيرة والنمور ذات الأسنان التي تشبه السيف وكانت تغمدها في أجربة بذقونها للحفاظ علي حدتها. وفيه كثرت الأمطار بمصر رغم عدم وجود الجليد بها. وصخور هذا العصر عليها آثار الجليد. وقد ترك الإنسان الأول آثاره بعد انحسار الجليد.وقد حدث به انقراض كبير للثدييات الضخمة وكثير من أنواع الطيور منذ ١٠ آلاف سنة بسبب الجليد حيث كانت الأرض مغطاة بالأشجار القصيرة كأشجار الصنوبر والبتولا.

٢ -العصر الهولوسيني: منذ ١١٠٠٠ سنة وحتي الآن.

آخر العصور الجيولوجية وقد بلغ فيه الإنسان أعلي مراتبه.و معظم الكائنات الحية التي آلت لهذا العصر منذ مطلعه ظلت كما هي عليه اليوم. إلا أن في هذا العصر ظهرت الحضارة الإنسانية والكتابة.



العصور الجيولوجية

طلب العلم فريضة علي كل انسان ، ينبغي علي الانسان ان ينال العلم من جميع مصادره ، لم نرد التطرق الي أمر نظرية التطور لتشارلز دارون حتي لا يحدث تشتت ، وان كان امر النظرية ليس كما هو مفهوم ، وربما يمكن ان نذكر نظرية التطور في كتاب آخر ، لكن مما لا شك فيه ان الانسان مخلوق بهيئته الطبيعية كانسان بشري ، وهو سيدنا آدم عليه السلام ، وهو أبو البشر اجمعين .

اسماعيـل محمد معلم العلوم والتاريخ الطبيعي ٠١٠١٩١٩٥٣١٧

بريد الكتروني im0513985@gmail.com