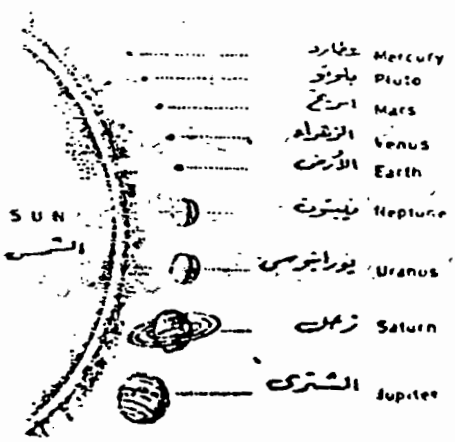
الباب الأول

نشأة الأرض ومكوناتها

(بقلم الشناوى)

الأرض هى أحد الكواكب الطبيعية التسعة التى تدور حول الشمس ؛ وتكون الشمس (الكوكب الأم) وتوابعها التسعة ـ بما فيها كوكبنا هذا «الأرض» ـ والأقمار التابعة لكل من هذه الكواكب التسعة وكذلك مايقرب من ألف كوكب صغير وكثير من النيازك والمذنبات ، ما يعرف بالمجموعة الشمسية . ويمكن تقسيم أفراد المجموعة الشمسية ، حسب الحجم وكذلك حالة مكونات كل منها ، إلى مجموعتين :

١) مجموعة الكواكب الصغيرة وتشمل عطارد Mercury ، الزهرة Venus ، الأرض Earth ، المريخ Mars ، وطبيعة كل منهـــا صلبة بصفة عامة كطبيعة الأرض .



(شكل ١) يوضح النسبة بين أحجام الكواكب التسعة والشمس

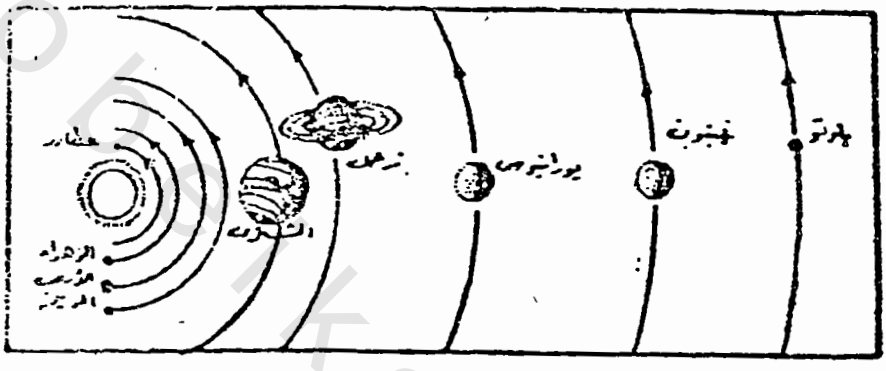
ب) مجموعة الكواكب الكبيرة وتشمل المشترى Jupiter ، زحل Saturn ، يورانيوس Uranus ، نبتيون Neptune وهذه الكواكب كبيرة الحجم وفى حالة غازية مثل الشمس (شكل ١ ، ٢) .

أما الكوكب التاسع بلوتو Pluto ، وقد تم اكتشافه حديثا ، فهو أبعد الكواكب عن الشمس وهو أقرب فى حجمه إلى حجم الكواكب الصغيرة ويظهر أنه فى حجم الأرض تقريبا ويعتقد أنه فى حالة صلبة .

ولكل من هذه الكواكب مدار دائرى تقريبا يدور فيه حول الشمس حسب نظام معين ثابت . وتعنى كلمة الأرض بصفة عامة الكوكب الذى نعيش عليه بما يشمله من يابسة وماء وما يحيط به من هواء . وتحتل الأرض مكانة وسطى بين الكواكب الأخرى من حيث حجمها وبعدها عن الشمس ، فهى مثلا أكبر الكواكب الصغيرة إذ يبلغ قطرها ٨٫٠٠٠ ميلا بينما يبلغ قطر عطارد ٣٫٠٠٠ ميلا والمريخ ٤٫٢٠٠ ميلا أما الكواكب الكبيرة فانها تفوق الأرض حجماً إذ يبلغ قطر كوكب المشترى ٨٨٫٦٠٠ ميل وزحل ٤٧٫١٠٠ ميل . وتبعد الأرض عن الشمس بمقدار ٩٣٫٠٠٠٫٠٠٠ ميلا بينما يقدر بعد عطارد عن الشمس بما يعادل ثلث هذه المسافة ، وبعد المشترى بخمسة أضعاف هذه المسافة ، وأما نبتيون فانه يبعد عن الشمس بمسافة تساوى قدر بعد الأرض عن الشمس ثلاثين مرة .

ويبلغ الوزن النوعى للأرض ما يقرب ٥٫٥ وتقل هذه القيمة قليلا بالنسبة لعطارد والزهرة والمريخ ، بينما تقل كثيراً بالنسبة للكواكب

الكبيرة (لكبر حجمها وحالتها الغازية) ، ويبلغ الوزن النوعي للكوكب زحل ما يقرب من ٠٫٧٢ وهو أقل وزن نوعى بالنسبة لجميع الكواكب الأخرى.



(شكل ٢)

بين البعد والحجم النسبى بين الكواكب التسعة فى مداراتها حول الشمس

نشأة الكرة الارضية

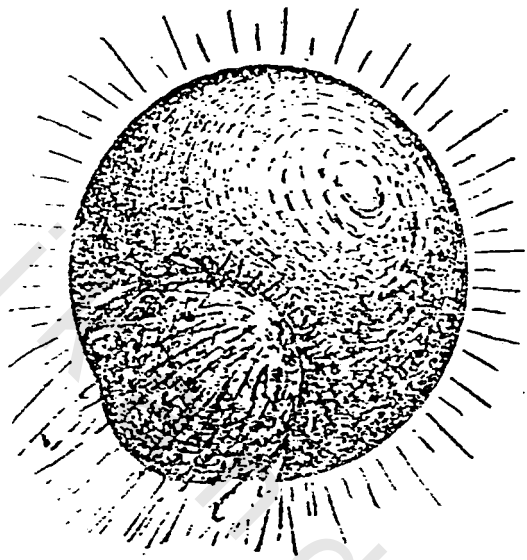
تقدم كثير من علماء الجيولوجيا والفلك والرياضة والطبيعة بنظريات مختلفة عن نشأة الأرض . وقد يصعب الوصول إلى تفسير موحد فى هذا الشأن حيث أن كل النظريات تعتمد أساساً على الظروف والقوانين الطبيعية كما نعرفها حالياً . ويعلم الله كيف كانت ظروف الطبيعة فى الأزمان السحيقة منذ بلايين السنين عندما نشأت الأرض . ومع ذلك لم يأل العلماء جهداً فى وضع نظرياتهم ـ ولو أنها افتراضية ـ فى محاولة الوصول إلى تفسير معقول ومقبول لنشأة الأرض . ومما هو جدير بالذكر حقاً أن تتفق كل النظريات على أن الشمس هى « أم الكواكب » وإن اختلفت النظريات فيما بينها فى تفسير طريقة النشأة أو كيفية ميلاد

الأرض . والسؤال الحائر الان : من كان الأب ؟ كيف تم هذا الحدث ؟ أى ميلاد الأرض .

كانت أولى المحاولات للاجابة على هذا السؤال الغامض منذ قرنين عند ما تقدم العالم الفرنسى جورج لويس ليكليرك « كوميت دى بفون » Georges . Louis Leclerc- (Comet de Buffon) بدراساته فى التاريخ الطبيعى (فى ٤٤ مجلداً) ، وصف فيها تكوين الكواكب بأنها نتيجة إصطدام عنيف بين الشمس وأحد الأجرام السماوية الضخمة (شكل ٣) والتى أطلق عليها بفون لفظ كوميت Comet ومعناها نازك (ولم تكن صفات النيازك معروفة فى ذلك الوقت ولكن كان بفون يعنى بهذا اللفظ جرما سماويا ضخم الحجم) . ومن الطبيعى أن ينتج عن هذا الاصطدام بين الأم والنجم الزائر إنفصال وتطاير كتل مختلفة من كل من الأبوين كما اتخذت المجموعة كلها حركة دوران سريعة ، ومن المحتمل أن بعض الكتل الناتجة قد فقدت إلى الأبد أو هربت بينما ظلت بعض الكتل الأخرى — تحت تأثير قوة الجذب بينها وبين الأم — فى حركتها المستمرة حول الشمس فى هيئة كواكب مستقلة ، وهذا يفسر بصفة عامة دوران كل الكواكب فى نفس المستوى تقريبا وفى الاتجاه العام لدوران الشمس حول محورها .

كانت هذه النظرية موضع نقد شديد من جانب العالم الرياضى الفرنسى بيير سيمون — ماركيز دى لابلاس — ١٧٩٦ — بعد وفاة بفون بثمانية أعوام) Pierre Simon , Marquis de Laplace ، وكان وجه

النقد يصب على أن المواد المتطايرة التي انفصلت عن الشمس نتيجة الاصطدام لابد وأن تدور فى مدار بيضاوى كبير الاستطالة ، بينما تتخذ الكواكب ـ كما نعرفها حاليا ـ مدارات دائرية تقريبا .



(شكل ٣) بين فكرة استصدام الشمس ونجم سائر (عن بفون)

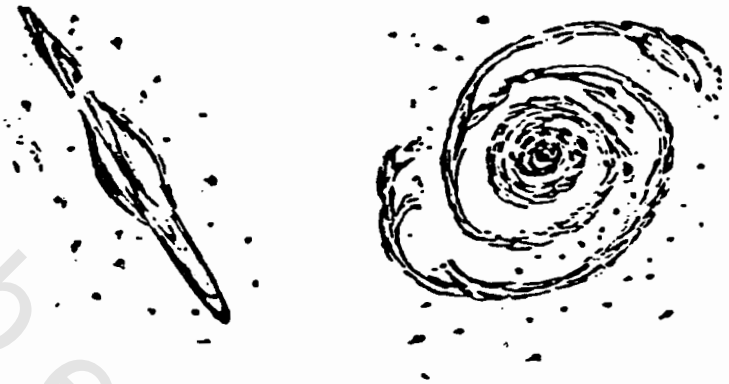
تقدم لابلاس بنظرية جديدة — النظرية السديمية أو الحلقية Nebular (Ring) Hypothesis ، وقد تبنى لابلاس نظريته هذه عن أفكار وأراء الفيلسوف الالمانى إيمانويل كانت Immanuel Kant فى دراساته لتعليل مشاهدته حلقات حول الكوكب زحل Saturn

إفترض لابلاس أن الشمس كانت عبارة عن كتلة كروية ضخمة من الغازات ذات درجة حرارة عالية جدا وذات قطر اكبر من قطر المجموعة الشمسيه بأكلها . كما افترض أن الشمس كانت فى حركة دائرية

منذ البداية وأن اتجاه دورانها هو نفس اتجاه دوران الكواكب الحالية .

وقد كان مضطرا لهذا الافتراض حيث أنه انتقد فكرة حركة الدوران الناتجة من الإصطدام بين الشمس والنجم الزائر فى نظرية بفون . وأساس النظرية السديمية أن الشمس بمفردها هى التى أنتجت كل كواكب المجموعة الشمسية نتيجة إنفجار داخلى قاس أدى إلى إنفصال الأجزاء الخارجية منها على هيئة حلقات ، بعدما تعرضت هذه الكتلة السديمية Nebula أى الكتلة الشمسية للانكماش التدريجى نتيجة فقدان جزء كبير من حرارتها عن طريق الإشعاع ، وتبع ذلك زيادة فى سرعة حركتها الدائرية . وتصور لابلاس إنفصال حلقات غازية من الكتلة السديمية حينما تعادلت القوة الطاردة المركزية مع قوة الجذب ناحية المركز ، ثم اتخذت هذه الحلقات حركة الدوران فى مدار دائرى حول الأم ، وبانفصال حلقة تلو الأخرى كانت تزداد سرعة الكتلة الأصلية وفقدان حرارتها وإنكماشها حتى أمكن انفصال تسع حلقات كونت كل منها كوكبا مستقلا يدور فى مدار دائرى حول الجسم المركزى « الشمس » وكان أول الكواكب وأبعدها عن المركز هو بلوتو وكانت الأرض هى سابع كوكب ينفصل عن أمه الشمس .

وتكررت نفس العملية بالنسبة لكل من هذه الكواكب وانفصلت منها حلقة أو أكثر مكونة بذلك توابع Satellites أو ماتسمى بالأقمار Moons كما حدث أن أصبح القمر تابعا للارض . وباستمرار فقدان الحرارة والإنكماش وتغير ظروف الضغط بدأ تكثف الغازات الحارة مكونة بذلك الغلاف المائى على سطح الأرض (بأعتباره أحد الكواكب التسعة) بينما تجمعت



(شكل ٤) يبين منظران لكتلة سديمية كما تظهر فى مجموعة الدب الأكبر ، وتتكون من عدة بلايين من النجوم

بعض الغازات الأخرى التى لم تتكثف وكونت الغلاف الجوى ، وتجمد الجزء الباقى مكونا الغلاف اليابس .

بعد عمر طويل ـ ما يقرب من قرن من الزمان ـ تعرضت هذه النظرية لنقد شديد من العلماء فى الرياضة والطبيعة والفلك ـ فليس هناك سبب معقول لإفتراض أن الإنكماش فى كتلة دائرة يؤدى فقط إلى عدد صغير نسبيا من حلقات غازية سميكة لتكون الكواكب التسعة ، وكان من المتوقع أو المحتمل أن يتكون عدد ضخم جداً من الحلقات الرقيقة تنتشر وتملا المستوى الذى تدور فيه الكواكب . وحتى لو قبل أو صح هذا الإفتراض فكيف يمكن البرهنة على أن كلا من هذه الحلقات الغازية قد تجمدت على هيئة أجسام كروية ؟ وقد برهن عالم الطبيعة الإنجليزى جيمس كليرك ماكسويل James Clerk Maxwel فى دراساته على الحلقة التى تحيط بالكوكب زحل Saturn أن مثل هذه الحلقات الغازية غير مستقرة بل أنها تتجزأ إلى عدد كبير من الأجسام الصغيرة

وتنتشر فى مدار دائرى بدلا من أن تتحد لتكون كوكبا واحدا . فمثلا إستطاع كليرك أن يحسب أن الحلقة الغازية التى إفترض لابلاس أنها كونت كوكب المشترى Jupiter قد تتهشم ـ إن وجدت ـ وتتجزأ إلى خمسين جسما منفصلا تنتشر فى مدار المشترى دون أن تظهر أى ميل للاتحاد مع بعضها . والعقبه الرئيسية فى نظرية لابلاس هى توزيع الحركة بين الكواكب والشمس نفسها ، فقد حسب الفلكيون أنه من غير الممكن أن تتمكن مثل هذة الحلقات المنفصلة من الشمس بقوة الطرد المركزية من التقاط هذه النسبة العالية من مجموع الحركة الدورانية Rotational momentum للمجموعة الشمسية . هذا بجانب صعوبات أخرى ، فمثلا افتراضه أن التبريد كان تدريجيا غير محتمل حيث تدل المعلومات الجيولوجية على أن فترات جليدية كانت تتخلل فترات دافئة أثناء نمو الأرض ، أما درجة الحراره التى افترض لابلاس أنها مكتسبة منذ البداية فيمكن إيعازها إلى النشاط الاشعاعى والتفاعلات الكيمائية فى باطن الأرض (باعتبارها أحد الكواكب) .

عندما تحطمت النظرية السديمية للابلاس عاد العلماء إلى التفكير فى نظرية بفون ، نظرية نشأة الكواكب من أبوين نتيجة إصطدامها ، وبعد تنقيح وتعديل وتطوير للفكرة الأساسية لهذه النظرية أدت دراسات بعض العلماء فى أوائل القرن الحالى ـ كل على حدة وفى نفس الوقت تقريبا ـ إلى الوصول إلى نظريات متقاربة إلى حد ما ومتفقة أساسا مع فكرة بفون .

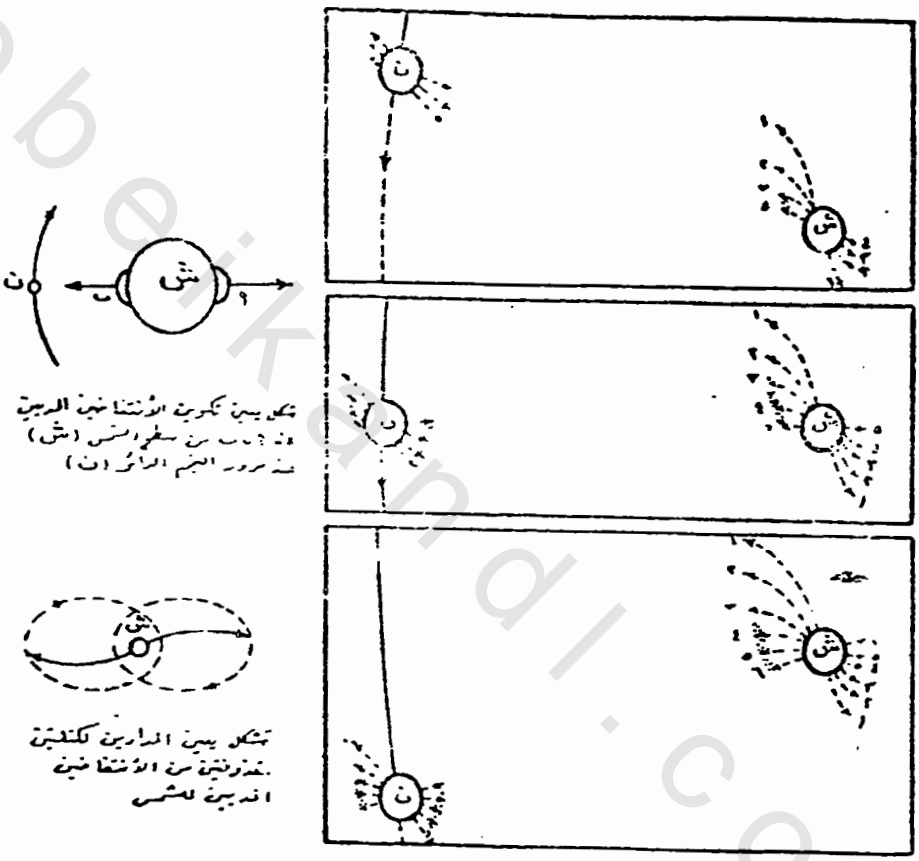
ومن بين هؤلاء العلماء : العالمان توماس تشيمبرلين Thomas Chemberlin وهو جيولوجى أمريكى ، والعالم الفلكى الامريكى فورست مولتون Forest Molton فى شيكاغو . وكذلك العالمان الانجليزيان : الفلكى سير

جيمس جينز Sir James Jeans وعالم الطبيعة الأرضية هارولد جيفرى . Harold Jeffrey .

وتتفق كل من نظريتى تشمبرلين ـ مولتون ، وجينز ـ جيفرى فى أن الكواكب نشأت نتيجة زيارة جسم كونى غريب للأم ـ الشمس ـ ولكنهم لم يقبلوا بل أهملوا فكرة التصادم المباشر بين الأبوين . وبذلك عدلت نظرية بتون على أساس أن كواكب المجموعة الشمسية تكونت نتيجة حدوث إنتفاخ مدى ضخم لسطح الشمس نشأ من قوة الجذب الهائلة الصادرة من نجم سائح فائق السرعة أثناء مروره بالقرب من الشمس. والسبب فى افتراض حدوث الانتفاخ المدى الجذبى بين الأبوين بدلا من التصادم المباشر هو أن فكرة تقارب نجمين أثناء حركتهما أكبر إحتمالا من فكرة تصادمهما .

نظرية الكويكبات (تشمبرلين ـ مولتون) Planetesimal Hypothesis افترض هذان العالمان أن الكتلة الشمسية الضخمة كانت تتكون فيما مضى من جزيئات منفصلة سميت كويكبات Planetesimals يدور كل منها فى مدار خاص به حول كتلة صغرى مركزية ـ هى التى كونت الشمس فيما بعد ـ تتوسط هذه الكتلة الشمسية الضخمة ، وقد كان مدار وحركة هذه الكويكبات يعتمد على مدى سرعتها وقوة التجاذب المشتركة بينها . كما افترضا كذلك أن نجما كبيراً سائحا فى مداره سائراً بسرعة فائقة كان قد مر بالقرب من الشمس منذ عدد قليل من بلايين السنين ، وأن حجم هذا النجم الزائر لابد وأنه كان من الضخامة بدرجة سمحت له بإحداث قوة جذب كافية سببت حدوث إنتفاخات مدية على سطح الشمس — فى كل

من الإتجاه المقابل للنجم الزائر والاتجاه المضاد له — هذا علاوة على أن الشمس كانت قد تعرضت لقوى قاذفة أدت إلى إنفجارات عنيفة فى اتجاه الإنتفاخات المدية (شكل ٥) . وتوضح بعض الحقائق عن كتلة وتكوين



تشكل بعض تكوين الأنتفاخ المدية
نتيجة جذب من سطح الشمس (ش)
نحو مرور النجم الزائر (ن)

تشكل بعض المدارين الكتلية
المقذوفة من الأنتفاخ
المدية للشمس

(شكل ٥) بين نظام تكون الكواكب من مواد شمسية متطايرة نتيجة قوة جذب من نجم زائر ـ النقط تبين المواد الشمسية المقذوفة ـ الخطوط المتقطعة تبين إنحراف مسار المواد الشمسية المقذوفة تحت تأثير جاذبية النجم الزائر ـ المواد التطايرة هى كوبكيات (الشمبرلين ـ مولتون) أو بجرات غازية (جينز ـ جيفرى) .

الكواكب ـ بما فيها الشمس ـ أنه حتى لو كان النجم الزائر فى أقرب وضع له بالنسبة للشمس على مسافة عدة بلايين من الأميال فان قوة الجذب المركزية فى الشمس تنسها لابد وأن تضعف لدرجة يحتم فيها حدوث مثل هذه الإنفجارات فى الشمس فى اتجاه النجم الزائر والإتجاه المضاد له . وكانت الاضطرابات والانفجارات تبدأ وقت اقتراب النجم من الشمس وتصل إلى أوجها عند أقرب وضع لها ، ثم تتلاشى عندما يبتعد النجم سابحا فى الفضاء . وبتغير وضع النجم الزائر فى مداره بالنسبة للشمس ، تتابعت القذائف من الشمس وتطايرت فى اتجاهات مختلفة وإنتشرت فى مستوى مسار النجم الآب . ومامن شك أن بعض هذه القذائف سقطت ثانية على سطح الشمس ، ولكن حركة الشمس والإنحراف الناتج من قوة جذب النجم الزائر قد أدت إلى دوران الكتل المقذوفة فى مدارات اهليلجية أى بيضاوية حول الشمس .

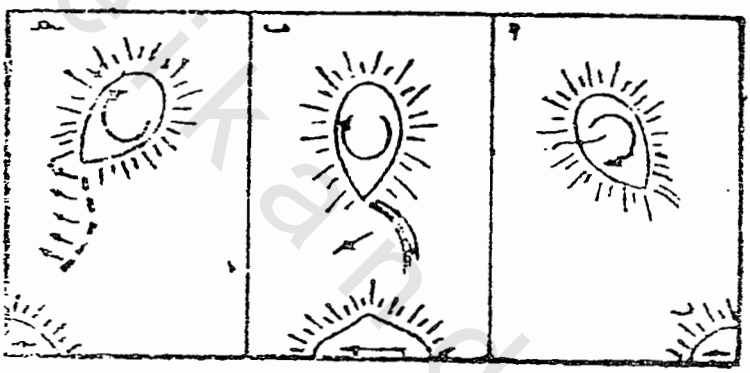
وقد فسر تشيمبرلين ـ مولتون إنتظام المواد الشمسية المقذوفة فى أجسام كوكبية معينة وإتخاذها حركة دورانية فى مدارات دائرية ـ كما نراها حاليا ـ بأن افتراضا وجود نويات كوكبية كبيرة الحجم نسبيا إستطاعت أن تجتذب اليها الأجسام الشمسية المقذوفة والتى تصغرها حجما ، وقد أطلقوا على هذه الجسيمات إسم كويكبات Planetesimals ، وبتساقط هذه الكويكبات على أى من النويات الكوكبية إزداد حجم الأخيرة وإستطاعت أن تجتذب وتكتسح كل الكويكبات الأخرى التى تصادف طريقها وتعترض مدارها ، وقد ساعد تساقط هذه الكويكبات على أى من النويات الكوكبية ـ بجانب الزيادة فى الحجم ـ على إنتظام دورانها فى مدارات دائرية .

وعلى أساس نظرية الكويكبات يمكن تصور بداية تاريخ الارض أنها نتجت عن إنفصال كتلة من الشمس عند مرور النجم الزائر ، وكانت هذه الكتلة فى بداية الأمر عبارة عن حشد كثيف من أجسام سائلة وصلبة نتجت من تكثف بعض المواد الشمسية المقذوفة ، ثم تركز هذا الحشد الكثيف في كتلة متماسكة وذلك بارتطام جزيئات هذا الحشد ببعضها وتلاشى طاقتها الكامنة وترسبها نحو المركز ، وبذلك تكونت النواة الكوكبية للارض ، ثم أخذت هذه النواة فى النمو بتجميع كويكبات جديدة ونتج عن ذلك إزدياد فى الحجم وقوة الجاذبية والضغط والحرارة فى الداخل مما أدى إلى إنطلاق بعض الغازات مثل بخار الماء والأكسجين وتكوين غلاف غازى ، تكاثف بعضه ليكون الغلاف المائى وبقى البعض الآخر ليكون الغلاف الجوى للارض ، وبازدياد البرودة تجمد السطح الخارجى للأرض وتجمد مكونا بذلك منخفضات واسعة غمرتها المياه الناتجة من تكاثف بخار الماء ونشأت بذلك مواقع المحيطات والبحار الأولى .

اعترضت نظرية الكويكبات بعض الصعوبات ، منها أنه — حسب النظرية — ليس من الضرورى إفتراض أن الأرض (باعتبارها أحد الكواكب) كانت قد مرت بحالة إنصهار ، علماً بأن هناك أدلة واضحة تثبت أن الارض كانت فى حالة إنصهار مما أدى إلى تكوين نواة معدنية مركزية ثقيلة الوزن النوعى يحيط بها طبقات متراكزة من مواد مختلفة أقل كثافة من سابقتها . والإعتراض الأهم هو أن تساقط الكويكبات على النويات الكوكبية لايحتمل أن يؤدى إلى انتظام الكواكب فى مدارات دائرية ، بل على العكس فان إحتمال ارتطام مثل هذه الكويكبات ببعضها —

إذا كانت قد وجدت ـ قد أدى إلى تجزئتها وتحولها إلى غازات نتيجة للحرارة الناشئة من الإرتطام .

وبسبب هذه الإعتراضات تقدم سير جيمس جينز وهارولد جيفرى بنظرية جديدة هى النظرية الغازية Gaseous Hypothesis إفترض هذا العالمان وجود مجرات طويلة من مواد غازية متوهجة كإشعاعات تحيط بالشمس (شكل ٦) وأن الكواكب نشأت نتيجة انقسام هذه

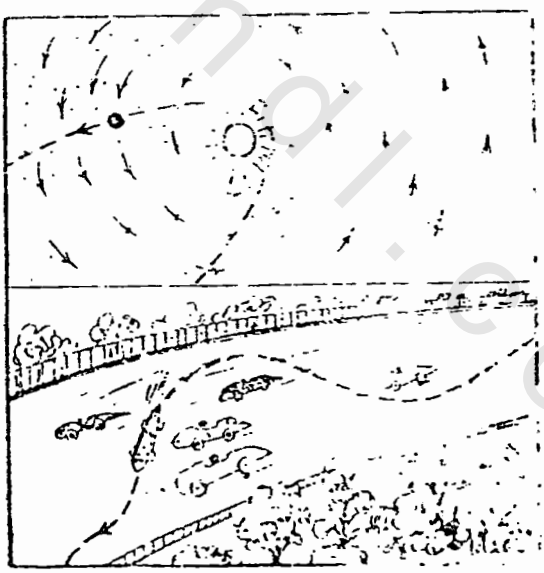


(شكل ٦) يبين فكرة نظرية (جينز) تكوين المجرات الغازية التى تنفصل من الشمس ثم تتجزأ إلى قطع تنحرف وتتخذ مدار النجم الزائر

المجرات الغازية إلى قطع كروية تحت تأثير قوة الجذب الناتجة من نجم زائر مر بالقرب من الشمس ـ تماما كما يحدث لخيط رفيع من الماء يتساقط من صنبور أن ينفصل فى نقط ـ وقد أدى انفصال هذه الكريات الغازية إلى حرمانها من حرارة الام (الشمس) وتعرضت بذلك لبرودة الفراغ فلم تستطع هذه الكريات الشمسية أن تحتفظ بتوهجها وحرارتها ، وأدى ذلك إلى انكماشها ، وإنفصال المواد المكونة لهذه الكريات الشمسية إلى مكوناتها المختلفة ـ كما يحدث تماما لسبيكة معدنية فى

فرن ـ حيث ترسبت المواد الثقيلة فى المنطقة المركزية للكريات الشمسية بينما طفت المواد الخفيفة نسبيا (السيليكا) وتجمعت على السطح لتكون القشرة الخارجية للكوكب .

وهذه النظرية ـ النظرية الغازية ـ تفسر التعليل الوحيد لكيفية استدارة مدار الكواكب الذى بدأ فى أول الأمر اهليلجيا كبير الاستطالة ، وذلك بافتراض أن الفراغ الذى كانت تتحرك فيه الكريات الشمسية ، أو الكواكب فى بداية الأمر ، كان مشحونا بوسط مقاوم متجانس الانتشار فى هيئة غلاف غازى يحيط بالشمس (شكل ٧) وأن هذا الغلاف الغازى يدور فى نفس الاتجاه العام لحركة دوران الكواكب . ووجود مثل هذا الغلاف الغازى كبير



(شكل ٧) يوضح كيفية إتخاذ الكواكب (وكذلك السيارات) الإتجاه العام لحركة .

الاحتمال حيث أن بعض مواد المجرات الغازية التى جذبها النجم السائر بعيداً عن الشمس لم تكن قد تكاثفت وظلت منتشرة حول الشمس

فلو أن مدار الكواكب كان أصلا دائريا فان هذا الغلاف الغازى لايكاد يؤثر على حركة الكواكب لان كلا من الكواكب وجزيئات الغاز تتحرف فى مدارات متوازية . ولكن المدار الأصلى الإهليليجى للكواكب سبب تحركها عبر مسار الغلاف الغازى وأدى ذلك إلى مايشبه ظاهرة سيارة تتعرج فى طريقها عبر جلبة سباق دائرية (شكل ٧) ، ومثل هذه الحركة فى وسط الغلاف الغازى الذى يحيط بالشمس أدى إلى ارتطام الكواكب بجزئيات الغاز المقاومة مما اضطر الكواكب فى النهاية إلى أن تجد طريقها فى المدار الأقل مقاومة وهو المدار الدائرى للغلاف الغازى .

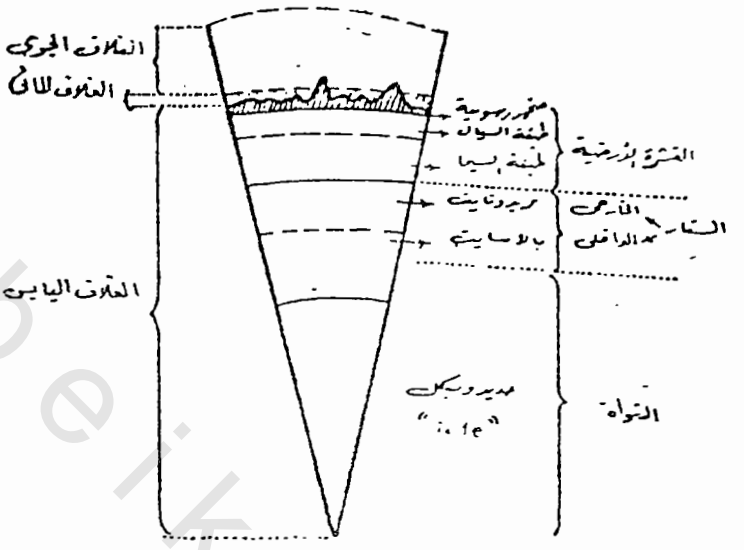
ومن الحقائق المعروفة عن حركة الشمس على محورها فى نفس المستوى ونفس الاتجاه لحركة الكواكب يمكن استنتاج أن هذه الحركة قد نتجت تحت تأثير التقارب بين الشمس والنجم الزائر ، ويمكن أن تكون قد نتجت عن احتكاك موجة المد الضخمة التى اجتاحت سطح الشمس وقت مرور النجم الزائر بها . أو أنها حدثت بعد ذلك عند انطلاق أجزاء من المواد الشمسية وبدأت فى الدوران تحت تأثير جذب النجم الزائر ، ثم سقوطها مرة أخرى على الأم (الشمس) مما أدى إلى دورانها كذلك . وبعد دراسة عميقة استطاع جينرى أن يبرهن على أن كلا من هذين السببين لا يمكن أن يؤدى إلى حركة دوران الشمس بسرعتها الحالية ، ولذلك فقد اقترح جينرى أن النجم الزائر كان أقرب للشمس بدرجة سمحت له بملامسة سطح الكتلة الشمسية (كعرشاء تحتك

بملبس لتنظيفه) مما أدى إلى خدشها وتطاير أجزاء المواد الشمسية واتخاذها حركة دوران الأب ، وهـــذا الاقتراح - إن صح - يعود بنا إلى أساس نظرية بفون (نظرية الاصطدام) .

وقد تقدم حديثا كثير من العلماء في أوربا وأمريكا (من بينهم ألفين ١٩٤٢ Alfven ، بيرلاج ١٩٤٠ ، تيرهار ١٩٤٠ Ter Haar فايتزاكر ١٩٤٤ Weiszacker ، وايبل ١٩٤٤ Whipple - صاحب نظرية السحاب الغباري Dust cloud hypotnesis) بنظريات جديدة تعتمد أساسا على تكثف الغازات والأبخرة من غلاف عظيم الانتشار يحيط بالشمس . وباستخدام المعلومات الحديثة في الطبيعة وما يتصل بها من مغناطيسية وتكثيف الأبخرة الحارة ذات التركيب ودرجات الحرارة المتفاوتة ، تبلورت أفكار جديدة وتفسيرات معقولة وتعليلات سليمة لخواص الكواكب وتوابعها . ويعتقد أنه من الممكن عودة الأفكار في نشأة الأرض وتطور المجموعة الشمسية إلى الاتجاه " النظرية السديمية التي تقـــدم بها (كانت Kant) ولابلاس .

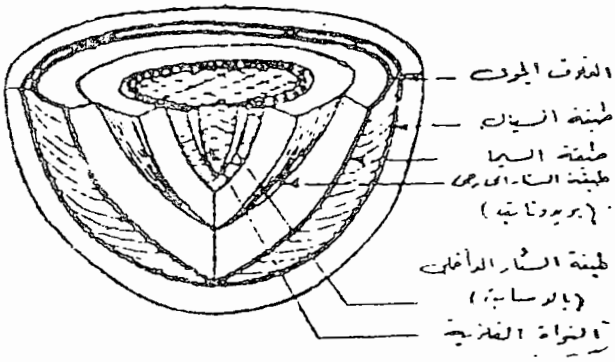
اغلفة الكرة الارضية

من المعروف أن الكرة الأرضية تتكون من مواد مختلفة ، فمنها ما هو في حالة غازية ومنها ما هو في حالة سائلة أو صلبة . وتبسيط الدراسة يمكن التعرف على ثلاثة أجزاء رئيسية طبيعية لتكوين الأرض كما يلي (شكل ٨ ، ٩) :—



(شكل ٨) قطاع تخطيطى يوضح أغلفة الكرة الارضية ، والطبقات المتراكزة المكونة للغلاف الصخرى .

أولا) الغلاف الجوى Aimosphere : هو هذا الجزء الغازى الذى يحيط بالكرة الأرضية إحاطة تامة ويمتد على الاقل إلى ما يقرب من ٢٥٠ ميلا من سطح الارض ، ونسبة وزنه إلى وزن الارض تعادل ١ : ٢٠٠٫٠٠٠٫٠٠٠ وتقل كثافة هذا الغلاف الغازى كلما إبتعدنا عن سطح الأرض ، ويبلغ متوسط ضغطه عن سطح البحر ما يعادل ١٤٫٧ رطل على البوصة المربعة (= ٧٦سم / زئبق) . ويتكون هذا الغلاف من خليط من النيتروجين والأكسجين بنسبة ٤ : ١ تقريبا (٧٩٫٤ : ٢٠٫٦ ٪) ، هذا بالإضافة إلى كميات صغيرة من الأرجون والأمونيا وغازات كبريتية وبخار الماء وثانى أكسيد الكربون بجانب بعض الأبخرة الاخرى والأتربة الركامية . وقد أمكن التعرف على ثلاث نطاقات رئيسية فى الغلاف الجوى هى ، من أسفل



(شكل ٩) يبين الطبقات المتراكزة المكونة للغلاف الصخرى

إلى أعلى : تروبوسفير Troposphere ، ستراتوسفير Stratosphere ، أيونوسفير Ionosphere ، وذلك على أساس نوع ونسبة الغازات السائدة ، وإتجاه حركة هذه الغازات ، ومتوسط درجة الحرارة ومعدل تغيرها فى كل من هذه النطاقات .

ومن المعتقد أن تركيب الغلاف الجوى كان مختلفا فى العصور الجيولوجية القديمة عن تركيبه الحالى وخاصة فى نسبة الأكسجين وثانى أكسيد الكربون، ويمكن الاستدلال على هذا الاختلاف فى التركيب من النسبة العالية لعنصر الأكسجين الداخل فى تكوين صخور القشرة الارضية وكذلك من كمية الرواسب الفحمية التى تكونت من الغابات الكثيفة التى كانت منتشرة فى تلك الأزمنة الغابرة فى كثير من أنحاء الارض .

ولهذا الغلاف الجوى أهميته الجيولوجية من حيث نشاطه الكيمائى والطبيعى الذى يؤثر تأثيراً فعالا على سطح الأرض ، إذ يؤكسد الأوكسجين المعادن والصخور التى تكون القشرة الأرضية مكوناً بذلك مواد جديدة ، كما أن ثانى أكسيد الكربون القابل للذوبان فى الماء يكسبه قدرة ظاهرة على إذابة

بعض الصخور وخاصة الجيرية منها . أما عن النشاط الطبيعى لهذا الغلاف فيكفى التنويه إلى عمل الرياح الذى يساعد فى تفتيت صخور القشرة الأرضية وكذلك حملها ونقلها من مكان لآخر ، ويمكن تلخيص العمل الجيولوجى لهذا الغلاف الجوى فى أنه عمل هدام للسطح الخارجى للقشرة الأرضية فى وقت نشاطه فى مكان ما فى حين أنه عمل بنائى فى نفس الوقت فى مكان آخر .

ثانياً) الغلاف المائى Hydrosphere : يتكون هذا الغلاف من مياه المحيطات والبحار والبحيرات والأنهار ، أى أنه يشمل كل مجارى المياه السطحية ، وكذلك المياه الموجودة تحت سطح الأرض والمعروفة بالمياه الجوفية التى تتخلل الصخور المسامية وتتسرب خلال الشقوق والفجوات فى الصخور الأخرى إلى عمق قد يصل إلى آلاف الأقدام من سطح الأرض .

ويغطى الغلاف المائى ما يقرب من ثلاثة أرباع سطح الكرة الأرضية ، ويختلف نوع المياه من مكان لآخر فى هذا الغلاف وذلك تبعاً لكمية الأملاح الذائبة فيه ، فتزداد درجة الملوحة فى البحار المقفولة عنها فى البحار المفتوحة وهذه أكبر بقليل من درجة الملوحة فى المحيطات وذلك حسب كمية كلوريد الصوديوم الموجودة فى كل منها ، فى حين أن مياه الأنهار عذبة إذا ماخلت من هذا الملح ولكن أحيانا تكون فى حالة وسط بين الملوحة والعذوبة (دلمة أو ماسخة Brackish) وخاصة عند تقابل مياه الأنهار والبحار عند المصبات ، ويحتوى ماء البحر على كميات متفاوتة من الأملاح المذابة ، منها كلوريد الصوديوم وكلوريد الماغنسيوم ، ومن الكبريتات : كبريتات الماغنسيوم والكالسيوم والبوتاسيوم ثم كربونات الكالسيوم . والمعروف أن

كربونات الكالسيوم الموجوده فى مياه البحار ذات أهمية جيولوجية خاصة رغم أن كميتها لا تتعدى ٠٫٣٤ ٪ من كمية الأملاح الأخرى ، فقد تستعملها الحيوانات البحرية لبناء الهياكل العظيمة الخاصة بها من أصداف ومحارات أو أغلفة وقشور لها ، وتؤدى هذه الهياكل العظيمة — بعد موت الكائنات الحية الحاوية لها — إلى تكوين الطبقات الرسوبية الجيرية بتراكمها فوق بعضها فى قاع البحار والمحيطات

ولايمكن إهمال الأثر الجيولوجى للغلاف المائى على سطح القشرة الأرضية بل وماتحت السطح ، فالمياه عامل هدام إذ أنها تفتت الصخور وتحللها من مكان لآخر مثل تأثير الأمطار والسيول الجارفة والأمواج الصاخبة على سطح القشرة الأرضية ، ومن ناحية أخرى فان لهذا الغلاف عمل بنائى إذ أن المياه تحمل وتنقل المواد التى سبقت أن هدمتها وكسرتها وفتتتها،ثم ترسبها فى أماكن أخرى وبذلك تحتفظ القوى الطبيعية دائما بالتوازن فى عملها وتأثيرها على سطح القشرة الأرضية وكذلك فى باطنها .

يختلف عمق الغلاف المائى السطحى من مكان لآخر اختلافا واضحا ، وقد قدر أعظم عمق — عرف حتى الآن — لهذا الغلاف بستة أميال تقريباً بالقرب من إحدى جزائر الفيلبين. وتتكون أعمق الأماكن لهذا الغلاف فى شكل أحواض ضيقة طويلة تسمى أعماق Deeps وغالبا ما توجد بالقرب من القارات أو حول أقواس الجزر وخاصة فى المحيطين الهادى والهندى .

ثالثا) الغلاف الصخرى Lithosphere : يشمل هذا الغلاف الجزء الصخرى الصلب (وكذلك المنطقة المركزية الرخوة ؟) من الارض ، ويغمر الغلاف المائى مايقرب من ثلاثة أرباع هذه اليابسة فلا يظهر منها إلا مايكون القارات فقط .

وقد أدت الدراسات الجيولوجية والطبيعية إلى أن اليابسة تتكون من طبقات متراكزة Concentric shells تحيط بنواة مركزية Central core وأن هذه الطبقات تتكون من مواد مختلفة ويحتمل أن تكون فى حالات طبيعية مختلفة ، ويمكن تقسيم الغلاف الصخرى إلى :-

١ - القشرة الارضية Earth crust : وتتكون من طبقتين متراكزتين تتميز الطبقة الخارجية منها بصخور خفيفة نسبياً أى ذات وزن نوعى صغير - مثل صخور الجرانيت - كما أنها تشمل الصخور الرسوبية . وأهم مكونات صخور هذه الطبقة هى السيليكا (اكسيد السيليكون) والالومينا (أكسيد الألومنيوم) ولذلك يطلق عليها اسم سيال Sial نسبة إلى الأحرف الأولى من مكوناتها الأساسية . ويتراوح سمك هذه الطبقة بين ١٠ - ١٥ كيلو مترا ، ويبلغ متوسط الوزن النوعى لصخورها ٢٫٧ ، وغالبا ماتكون فاتحة اللون لازدياد نسبة السيليكا والألومينا بها (أكثر من ٦٠ ٪) .

أما الطبقة الداخلية من القشرة الارضية فتتكون عادة من صخور داكنة اللون ، ثقيلة نسبيا إذ يبلغ وزنها النوعى مابين ٢٫٩ ، ٣٫٤ وذلك لنقص نسبة السيليكا حيث تقل بكثير عن سابقتها وتتراوح مابين ٤٠ ، ٥٠ ٪ من مجموع مكونات هذه الطبقة ، وتلى السيليكا فى الاهمية فى هذه الطبقة مركبات الماغنسيوم (الماغنيزيا) ولذلك تعرف بطبقة سيما Sima ، ويتراوح سمك الطبقة الداخلية للقشرة الارضية مابين ٢٠ إلى ٥٠ كيلو مترا .

وقد استنتج العلماء أن الأجزاء السطحية من القارات تتكون من طبقة السيال أى الصخور الجرانيتية وما يعادلها ، وكذلك الصخور الرسوبية الطبقية ، بينما تتكون جذور هذه القارات من السيما الثقيلة الوزن . وتكون صخور السيما

كذلك قاع المحيطات كما هو الحال فى المحيط الهادى حيث لاتوجد طبقة السيال ولكن توجد هذة الاخيرة فى طبقة رفيعة فى قيعان المحيطات الاخرى .

٢) الستار Mantle : يتكون هذه النطاق الذى يلى القشرة الأرضية من صخور أكثر قتامة فى اللون وأكبر كثافة وقاعدية من صخور السيا وذلك لاحتوائها على نسبة أكبر من المركبات القاعدية (المركبات الحديدية والماغنيسية). ويوجد هذا النطاق على عمق يتراوح مابين ٣٠ ، ٤٠ كيلو مترا من سطح اليابسة ويقدر سمكها بما يقرب من ثلاثة آلاف كيلو متر (٢٩٠٠ كيلو متر) .

ويمكن التعرف على طبقتين مختلفتين فى نطاق الستار ، تفاوتان فى التركيب الكيميائى للصخور المكونة لكل منها ، حيث تزداد القاعدية وبالتالى قتامة اللون والكثافة من طبقة الستار الخارجية (طبقة البريدوتيت Peridotite (من أنواع الصخور فوق القاعدية Ultrabasic وتزيد كثافتها عن صخور السيا) وتعرف طبقة الستار الداخلية التى تتكون غالباً من خليط من المعادن القاعدية وفلز الحديد باسم بالاسيت Pallasite .

٣) النواة Core : وقد يسمى أحيانا وبصفة عامة جوف الارض Centrosphere وقد حار العلماء فى استنتاج حالة هذا الجزء المركزى للارض وخصائصه بين كونه نواة صلبة أو لزجة نصف شفافة أو سائلة ذائبة أو فى حالة غازية ، ولكن أجمعت الآراء على ثقله (حيث يصل وزنه النوعى الى ١٠) وشدة حرارته وقوة الضغط عليه .

وبالاستعانة بدراسة موجات الزلازل والمغناطيسية الأرضية ودراسة الشهب والنيازك أمكن استنتاج أن هذا الجزء من الكرة الأرضية يتكون أساسا من الحديد والنيكل وعلى ذلك فقد يسمى (نيفة ؟ Nife) . وبحساب بسيط يمكن

الاستدلال على الوزن النوعى لهذا الجزء من الأرض ، فقد أمكن للفيزيقيين حساب الوزن النوعى للارض مقدراً : بأن الأرض تزن ستة آلاف مليون طن تقريبا (٥٫٩٨ × ١٠^٢٧ جرام) وحيث أن حجم الأرض ١٠٨٣٠٠٠ × ١٠^٢٧ سم فان ثقلها النوعى = ٥٫٥٢ فى المتوسط ، ومن المعروف أن كثافة القشرة الأرضية تتراوح بين ٢٫٧ — ٢٫٩ للسيال ، ٢٫٩ — ٣٫٤ للسيما كما أن كثافة الغلاف المائى تزيد بقليل عن واحد ، وبعملية حسابية يتضح أن كثافة جوف الأرض كبيرة تتراوح بين ٨ ، ١١ ومتوسط هذه الكثافة أكبر بقليل من كثافة الحديد وأقل من كثافة النيكل .

المكونات الاساسية للغلاف الصخرى

بعد دراسات مستفيضة وتحليلات كيمائية لمجموعات من أنواع الصخور من مناطق متباعدة توصل الباحثون إلى معرفة متوسط التركيب الكيمائى للقشرة الأرضية وقد وجد أن العناصر الثمانيه الآتية : الأكسجين ، السيليكون ، الألومنيوم ، الحديد ، الكالسيوم ، الصوديوم ، البوتاسيوم ، والماغنسيوم ، هى أكثر العناصر إنتشارا وتكون مايقرب من ٩٨ ٪ من العناصر الداخلة فى تكوين القشرة الأرضية . ووجد كذلك أن نسبة عنصر الاكسجين تقرب من ٤٧ ٪ من العناصر الثمانية الأساسية ، وأن نسبه السيليكون تصل إلى ٢٨ ٪ تقريبا ، وأن هذه النسبة تقل بالتدريج من الألومنيوم (٨ ٪ تقريبا) الى الماغنسيوم الذى يتواجد بنسبه ٢ ٪ . ويبين الجدول التالى متوسط النسب المئوية للعناصر الأساسية المكونة للقشرة الأرضية .

التركيب في صورة عناصر			التركيب فى صورة أكسيد		
العنصر	الرمز	النسبة المئوية	الاكسيد	الرمز	النسبة المئوية
الاكسجين	ا	٤٦٫٧١	—	—	—
السيليكون	س	٢٧٫٦٩	سيليكا	س ا$_{٢}$	٥٩٫٠٧
الالومونيوم	لو	٨٫٠٧	ألومينا	لو$_{٢}$ ا$_{٣}$	١٥٫٢٢
الحديد	ح	٥٫٠٥	أكسيدحديد	ح ا – ح$_{٢}$ ا$_{٣}$	٦٫٨١
الكالسيوم	كا	٣٫٦٥	جير	كا ا	٥٫١٠
الصوديوم	ص	٢٫٧٥	صودا	ص$_{٢}$ ا	٣٫٧١
البوتاسيوم	بو	٢٫٥٨	بوتاسا	بو$_{٢}$ ا	٣٫١١
الماغنسيوم	ما	٢٫٠٨	ماغنيزيا	ما ا	٣٫٤٥
مجموع العناصر الثمانية		٩٨٫٥٨	... ...		٩٦٫٤٧
بقية العناصر الاخرى		١٫٤٢	... ...		٣٫٥٣

تتحد العناصر السبعة مع عنصر الأكسجين مكونة الأكاسيد المختلفة . وتعتبر هذه الاكاسيد هى الوحدات الكيمائية الأساسية التى تكون الصخور . ويتحد أكسيد السيليكون (سيليكا س ا$_{٢}$) الذى يتفاعل كأنه حامض مع الأكاسيد القلوية (قاعدة) مثل الالومينا وأكاسيد الحديد ، الجير ، الصودا ، البوتاسا والماغنيزيا ، وينتج عن هذا الإتحاد الكيمائى مايعرف بالسيليكات . وقد تتحد السيليكا مع أكثر من أكسيد قاعدى وتكون سيليكات ثنائية أو ثلاثية أو معقدة التركيب . وتعرف هذه المركبات الكيمائية التى تكونت بفعل العوامل الطبيعية نتيجة اتحاد السيليكا مع الأكاسيد القاعدية ، والتى تكون الصخور المختلفة فى القشرة الأرضية ، باسم معادن السيليكات . وهناك مركبات كيمائية تتركب من

عناصر أخرى غير السيليكا وتتكون بفعل العوامل الطبيعية ، فمثلا يتحد عنصر الحديد والاكسجين فى الطبيعة ويكون أكسيد الحديد ح٢ا٣ وهو معدن الهماتيت Hematite . وقد يتكون المعدن من عنصر واحد فقط ويسمى حينئذ بالمعدن العنصرى Native mineral مثل الذهب والماس والجرافيت .

تعريف المعدن : المعدن هو كل مادة صلبة غير عضوية ذات تركيب كيميائى ثابت ونظام بلورى مميز وتتكون بفعل العوامل الطبيعية .

يتضح من التعريف أن المواد العضوية ، أى المواد الناتجة من أصل حيوانى أو نباتى مثل زيت البترول والفحم ، لا ينطبق عليها تعريف المعدن ولو أنها تتكون بفعل العوامل الطبيعية . ويعنى التركيب الكيميائى الثابت للمعدن أن النسبة بين ذرات أو أيونات أو مجموعات العناصر المكونة له لابد وأن تكون ثابتة (وإذا كان هناك تغير فيكون فى أضيق الحدود الممكنة — مثلا بسبب إحلال ذرة عنصر مكان ذرة عنصر آخر مكافىء له)، وأن يخضع هذا المركب لقوانين النسب الثابتة والمضاعفة بمعنى أنه يمكن التعبير عنه بقانون كيميائى، فمثلا معدن الهماتيت يتكون من عنصرى الحديد والأكسجين بنسبة ثابتة وهى ذرتين من الحديد لكل ثلاث ذرات من الأكسجين ح٢ا٣ ، وكذلك معدن الكوارتز Quartz يتكون من إتحاد ذرة واحدة من السيليكون وذرتين من الأكسجين وبذلك يصبح له القانون الكيميائى س ا٢ . ويتكون معدن أوليفين Olivine من عناصر الحديد والماغنسيوم والسيليكون والأكسجين وله القانون العام (ما ، ح)٢س ا٤ ، فى مثل هذا القانون توجد نسبة ثابتة بين مجموع ذرات الحديد والماغنسيوم كوحدة وبين السيليكا كوحدة أخرى بمعنى إتحاد وحدتين من

(ما ، ح) مع وحدة من س أ ،)، ويوضح هذا القانون أيضا أنه يمكن إحلال ذرة من الماغنسيوم محل ذرة من الحديد دون أن يحدث أى تغيير يتعارض مع قانون النسب الثابتة .

ينتج عن التركيب الكيميائى ذو النسب الثابتة نظام بلورى مميز، أى ترتيب أيونات أو ذرات أو مجموعة ذرات العناصر المكونة له ترتيبا هندسيا داخليا مميزات فى إتجاهات ثلاث ، وغالبا ما يؤدى هذا الترتيب الذرى الداخلى إلى تكوين مستويات أو سطوح تحدد الشكل الخارجى للمادة الصلبة والتى توصف حينئذ بأن لها شكلا بلوريا مميزا يتبع نظاما بلوريا أى تركيبا ذريا معينا .

يستنتج من ذلك أنه لا يكفى معرفة التركيب الكيميائى فقط لتحديد أو تمييز معدن عن آخر ، فقد يتفق معدنان أو أكثر فى التركيب الكيميائى ولكنهما يختلفان فى كثير من الصفات الطبيعية والكيماوية وذلك لأن الترتيب الذرى الداخلى لكل من المعدنين يختلف إختلافا واضحا ، فمثلا يكون عنصر الكربون معدنين هما : الجرافيت Graphite ذو اللون الأسود ، والماس Diamond الذى لا لون له ، وشتان مابين الصفات الأخرى فى كل منهما ، وهذا الإختلاف الواضح بين المعدنين ماهو إلا نتيجة الإختلاف فى التركيب الذرى لكل منهما . ومن ثم تظهر بوضوح أهمية دراسة مبادىء علم البلورات كمقدمة لمتابعة دراسة المعادن .

والجدير بالذكر أن معظم المعادن توجد فى الطبيعة فى حالة متبلورة Crystalline أى أن لها نظاما بلوريا مميزا ناتجا عن تركيب ذرى داخلى معين

كما توجد بعض المعادن فى حالة غير متبلورة Amorphous أى ينقصها التركيب الذرى الداخلى مثل معدن أوبال (أكسيد سيليكون غير متبلور Opal)، وقد تتحول المعادن غير المتبلورة تلقائيا بمرور الزمن إلى مواد متبلورة .

ولا يجوز إطلاق لفظ المعدن على مخلوط كيميائى مهما كانت درجة تجانسه حتى ولو كان قد تكون بفعل العوامل الطبيعية أو كان ذا تركيب كيميائى ثابت ، فمثلا إحدى عينات معدن الكورانـدوم المختلطة بأكسيد الحديد والتى تسمى إمرى Emery هى مادة غير عضوية تتكون فى الطبيعة ولها تركيب كيميائى ثابت تقريبا ، إلا أنه يمكن فصلها إلى مركبين كيميائيين مختلفين هما (لو٢ أ٣) وهذا هـو القانون الكيميائى لمعدن الكورانـدوم Corundum ، والمركب الآخر (ح٢ أ٣) وهو القانون الكيميائى لمعدن ماجنيتيت (الحديد المغناطيسى) Magnetite ، ولهذا لا ينطبق تعريف المعدن على مثل هـذه المخاليط الطبيعية . كذلك المواد أو المركبات الكيميائية التى صنعت وجهزت أو تكونت تحت عوامل غير طبيعية فلا ينطبق عليها تعريف المعدن ، فالصلب مثلا ولو أنه يصنع من خامات معدنية ظهرت بفعل العوامل الطبيعية إلا أن يد الإنسان قامت بتجهيزه وتدخلت فى إعداده ميكانيكياً وبذلك لا يعـد معدنا ، وكذلك الحال بالنسبة للزجاج والاسمنت .

وتعتبر دراسة المعادن مقدمة أساسية لدراسة الصخور ، إذ أن الصخر بصفة عامة ما هو إلا مادة صلبة تتكون من معدن واحد أو من خليط لمعادن عديدة وتكون جزءاً أساسيا من القشرة الارضية . هذا علما بأنه توجد أيضا بعض الصخور التى تتكون من أصل عضوى (غير معدنى) مثل صخور

الفحم والصخور الجيرية العضوية الناتجة من تكدس بقايا الهياكل العظمية للكائنات الحية .

وحيث أن الغرض الأساسى من الدراسة الحالية هو الوصول الى معرفة بعض الحقائق عن مكونات القشرة الأرضية ، فان مجال الدراسة هنا يستلزم مقدمة لمبادىء علم البلورات تتبعها دراسة مبدئية لعلم المعادن ، ثم دراسة مبسطة للصخور وأنواعها .

obeikandl.com