الفصل الثالث : الأرض[1]

س٤٠ : كيف نشأ كوكب الأرض ؟

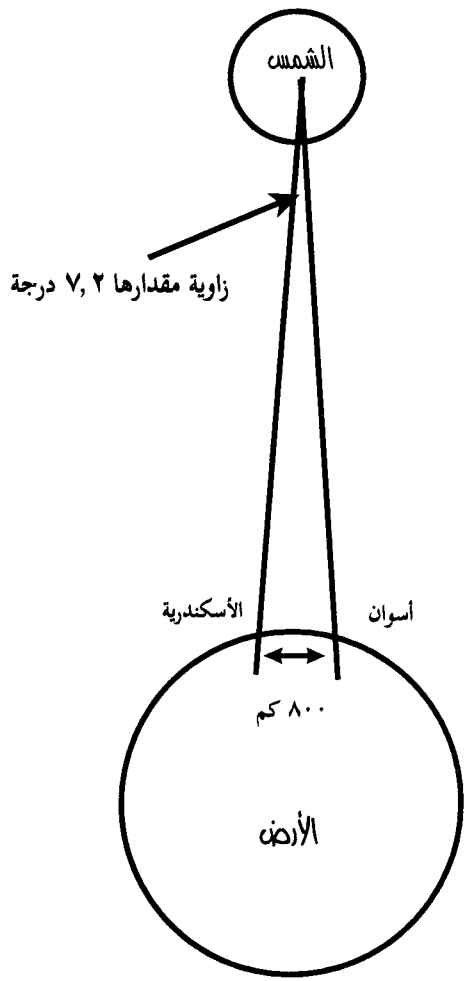
تذهب النظريات العلمية أن المجموعة الشمسية كانت فى بدايتها سحابة من الغازات والغبار تنطلق فى الفضاء على شكل دوامة هائلة ، وعندما تضاغطت بفعل القوى الديناميكية التى تحركها ، ارتفعت درجة حرارتها وزادت كثافتها ، ونتيجة للحرارة والضغط بدأ تلاحم نووى بين ذرات الغاز عند مركز السحابة ، وهو ما يؤدى إلى سلسلة من الانفجارات النووية ، وهكذا نشأت الشمس أولا عند المركز ، وعند أطراف السحابة أدت قوى التجاذب بين جزيئات الغبار إلى تلاحمها ونمو كتل أكبر لتكون فى النهاية مجموعة الكواكب التى كانت الأرض أحدها ، ونتيجة لتضاغط جزيئات الغبار المتصادمة ونشاط المواد المشعة ارتفعت درجة الحرارة إلى حد الإنصهار ، ثم بدأت الأرض تفقد حرارتها بالتدرج فتجمدت قشرتها الخارجية وتكون أسفلها طبقة عازلة صلبة بينما بقى مركز الأرض يحوى الصهارة أو المواد المنصهرة عالية الحرارة حول نواة صلبة.

س ٤١ : كيف أمكن قياس حجم الأرض لأول مرة ؟

فى عام ٢٥٠ قبل الميلاد عاش فى مدينة سيين بمصر (أسوان حاليا) فلكى إغريقى اسمه أراسطوس ثينيس ، حيث افترض أن الأرض كروية ، وبما أن الشمس تبدو فى نفس الحجم من أى موقع على الأرض ، فلابد أن تكون بعيدة جدا عن الأرض بحيث تكون أشعتها الساقطة على الأرض متوازية تقريبا ، وإذ تظهر صورة الشمس منعكسة على سطح الماء فى أحد الآبار العميقة فى أسوان فهذا يعنى أن الشمس عمودية على هذه البئر ، بينما تميل أشعة الشمس فى نفس هذا الوقت بمقدار ٧,٢ درجة عن الخط الرأسى فى مدينة الإسكندرية فى شمال مصر ، وهو ما أمكن رصده بحساب طول ظل عمود قائم ، وبمعرفة

(١) كتاب« Introductory Geology by Richaid w. Ojakangas »

المسافة بين أسوان والإسكندرية بحساب سرعة قوافل الجمال والزمن الذى تستغرقه فى السفر بين المدينتين ، استطاع أراسطوس ثينيس أن يحسب طول القوس الواصل بينهما والذى تساوى نسبته إلى محيط الأرض نسبة ٧,٢ درجة إلى ٣٦٠ درجة ، أى واحدا من خمسين جزء تقريبا من طول محيط الكرة الأرضية ، ولما كانت هذه المسافة تعادل ٨٠٠ كيلو متر فإن محيط الكرة الأرضية يبلغ ٤٠ ألف كيلو متر تقريبا طبقا لحساباته ، أما الحسابات العصرية الأدق فقد حددت محيط الكرة الأرضية بـ ٤٠٠٧٧ كيلو متر.

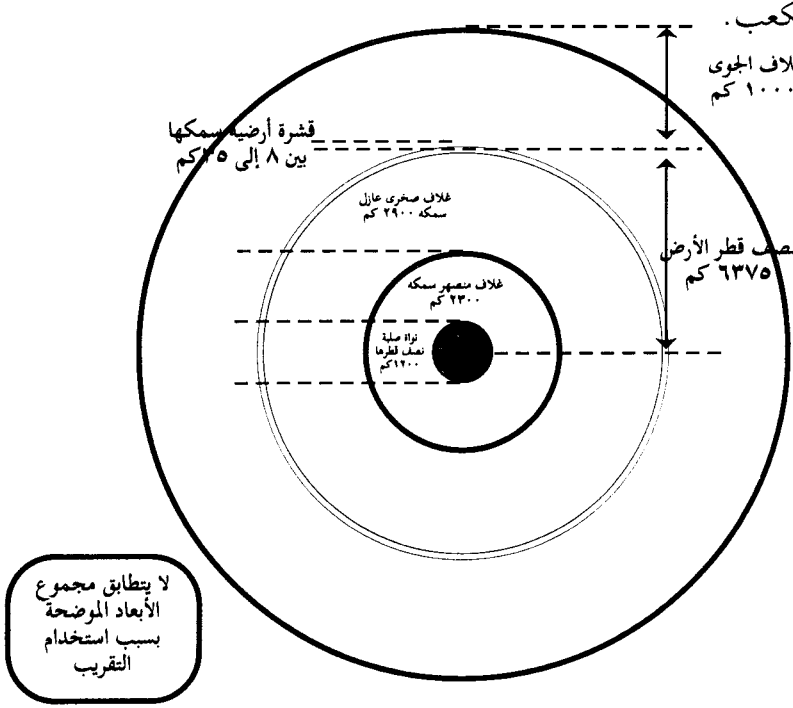


س ٤٢ : كيف أمكن تقدير عمر الأرض ؟

يقاس عمر أى كائن بإحدى وسيلتين ، إما العمر النسبى كأن يقال أنه أقدم من كائن آخر ، أو العمر المطلق كأن يحسب الزمن الذى انقضى منذ لحظة إيجاد هذا الكائن ، ولشرح الطريقة التى تم بها تقدير عمر الأرض يجب معرفة شيء من الكيمياء ، ويعرف دارسو الكيمياء أن المواد كلها تتكون من ذرات ، وأن الذرة الواحدة تتكون من نواة وإلكترونات ، وأن النواة تحتوى نوعين من الجسيمات أحدهما مكهرب وهو البروتون والآخر متعادل وهو النيوترون ، ويقاس وزن الذرة بعدد النيوترونات والبروتونات معا فى النواة ، بينما يحدد عدد البروتونات وحدها النشاط الكيميائى للمادة ، وتوجد فى الطبيعة عناصر تختلف فى عدد نيوتروناتها ، وهذا يعنى أن هذه العناصر سيكون لها خصائص كيميائية وطبيعية متشابهة رغم اختلاف أوزانها الذرية ، وتسمى هذه العناصر المتشابهة التى لها ذات العدد من البروتونات بالنظائر **Isotopes** ، وأغلب العناصر الموجودة فى الطبيعة لها نظير واحد أو عدة نظائر ، وقد يكون لبعض هذه النظائر نشاط إشعاعى يكون من نتيجته انطلاق بعض الجسيمات خارج النواة ونشأة عناصر جديدة ، أى أن بعض النظائر المشعة تتحول إلى مواد أخرى مختلفة عبر مراحل متعددة ، ومن أمثلة النظائر المشعة عنصرى اليورانيوم ٢٣٨ واليورانيوم ٢٣٥ .، ويمثل العدد الملحق بالاسم الوزن الذرى للعنصر ، ويعادل هذا العدد مجموع عددى البروتونات والنيوترونات ، وتحتوى نواة ذرة اليورانيوم ٩٢ بروتون والباقى نيوترونات ، ويتحلل اليورانيوم ٢٣٨ نتيجة نشاطه الإشعاعى فيتحول جزء منه بعد فترة إلى عنصر الرصاص ٢٠٦ ، ولما كانت معدلات التحول هذه ثابتة فى كل الظروف ، فيمكن تحديد عمر صخر يحتوى على اليورانيوم والرصاص إذا عرفنا كمية اليورانيوم المتبقية وكمية الرصاص الناشئة ، وتبلغ الفترة اللازمة لتحول نصف كمية اليورانيوم الأصلية إلى رصاص ٤٥٠٠ مليون سنة ، وهو ما يعرف فى علوم الفيزياء بمصطلح «نصف العمر» ، وبناءعلى حسابات هذه الطريقة فإن عمر الأرض ، أو بالأحرى الصخور الأرضية ، يبلغ ٤٦٠٠ مليون سنة.

س ٤٣ : مم تتكون الكرة الأرضية ؟

تتكون الأرض من شبه كرة ضخمة يبلغ نصف قطرها حوالى ٦٣٧٥ كيلو متر ، يحيط بها من الخارج غلاف جوى سمكه ١٠ آلاف كيلو متر ، ويقل تركيز الهواء فى الغلاف الجوى كلما ابتعدنا عن سطح الأرض ، إذ أن حوالى ٩٠ ٪ من الهواء الجوى يتركز فى الثمانية عشر كيلو متر الأقرب إلى سطح الأرض ، بينما يتواجد حوالى ٩٩,٩٩ ٪ منه فى الخمسين كيلو متر الأولى ، وتتكون الأرض من نواة كروية صلبة عند مركز الأرض يبلغ نصف قطرها حوالى ١٢٠٠ كيلو متر ، يحيط بها غلاف سائل من المعادن المنصهرة يبلغ سمكه حوالى ٢٣٠٠ كيلو متر ، ثم غلاف صلب من الصخور العازلة للحرارة يبلغ سمكه حوالى ٢٩٠٠ كيلو متر ، وأخيرا القشرة الخارجية الرقيقة التى يبلغ سمكها من ٨ كيلو مترات إلى ٣٥ كيلو متر ، ويغلب عنصر الحديد على نواة الكرة الأرضية وغلافها المنصهر ، ويقدر متوسط كثافة المواد التى تتكون منها الأرض عموما بـ ٥,٥٢ جراما لكل سنتيمتر مكعب ، بينما يقدر متوسط كثافة الصخور فى القشرة الأرضية الخارجية بما بين ٢,٦ إلى ٣ جرامات لكل سنتيمتر مكعب.



س ٤٤ : كم يبلغ أكبر عمق فى المحيطات؟

يعتقد أن أكبر عمق فى المحيطات يبلغ ١١٠٤٠ مترا تحت سطح البحر ، ويقع فى أخدود ماريانا ز **MARIANAS TRENCH** الممتد من الشمال إلى الجنوب تحت مياه المحيط الهادى قبالة سواحل اليابان الشرقية إلى شمال إندونيسيا وأستراليا ، بينما يبلغ متوسط العمق فى المحيطات حوالى ٤٠٠٠متر.

س ٤٥ : كم يبلغ ارتفاع أعلى قمة على اليابسة ؟

أعلى قمة على اليابسة هى قمة جبل أفرست **MOUNT EVEREST** ضمن سلسلة جبال الهيمالايا شمال الهند ، وتبلغ ٨٨٥٣ متراً فوق سطح البحر .

س ٤٦ : مم تتكون صخور القشرة الأرضية ؟

يبلغ عدد العناصر الكيميائية الموجودة فى القشرة الأرضية طبيعيا ٩٢عنصرا هى التى تم التعرف عليها حتى الآن ، ومن بين هذه العناصر تتوافر ثمانية عناصر فقط بغزارة فى القشرة الأرضية ويندر وجود العناصر الأخرى ، وهذه العناصر الثمانية مرتبة بحسب نسبة أوزانها هى الأوكسچين بنسبة ٤٦,٦ ٪ ، والسيليكون بنسبة ٢٧,٧ ٪ ، والألومنيوم بنسبة ٨,١ ٪ ، والحديد بنسبة ٥ ٪ ، والكالسيوم بنسبة ٣,٦ ٪ ، والصوديوم بنسبة ٢,٨ ٪ ، والبوتاسيوم بنسبة ٢,٦ ٪ ، والمنجنيز بنسبة ٢,١ ٪ ، وتتحد هذه العناصر بعضها مع بعض بنسب متفاوتة منتجة أنواعاً عديدة من بللورات الخامات التعدينية يزيد عددها على ٢٠٠٠نوع، ومن أهم هذه البللورات وأكثرها شيوعا الميكا والهورنبلند والبيروكسين، والفلسبار ، والزبرجد ، والكوارتز ، أو المرو ، وتتفتت هذه البللورات وتتراكم أو تنصهر وتتلاحم لتعطينا الصخور المختلفة .

س ٤٧ : ما أنواع الصخور التى تتكون منها القشرة الأرضية ؟

هذه الصخور بدورها تنقسم إلى أنواع ثلاثة من الصخور : فالتى تتفتت من مكان وتنتقل لتترسب فى مكان آخر مثل :طمى الأنهار ، والحجر الجيرى، والحجر الرملى ، تسمى «الصخور الرسوبية» **SEDEMENTARY ROCKS** ،

والتى تنصهر بفعل الحرار ة الأرضية ثم تخرج للسطح فتبرد وتتجمد مثل الحمم البركانية تسمى «الصخور البركانية» **IGNEOUS ROCKS** ومن أمثلتها الجرانيت والبازلت، والتى يتغير تركيبها بفعل الحرارة والضغط والسوائل التى تتخللها تسمى الصخور المتحولة **METAMORPHIC ROCKS** ومن أمثلتها الرخام ، وليس هناك ما يمنع من تحول أى من هذه الأنواع إلى الآخر .

س ٤٨ : كيف نشأت القارات ؟

يستطيع من يدقق فى خريطة العالم أن يلاحظ أن الساحل الشرقى لأمريكا الجنوبية يكاد يوازى الساحل الغربى لأفريقيا ، ومن هنا نشأت نظرية انجراف القارات التى نادى بها الجيولوجى الألمانى ألفريد وجنر **ALFRED WEGEN-ER** ، وتنص النظرية على أن اليابسة كلها كانت قارة واحدة أسماها بانجيا **PANGEA** ، وقد تصدعت تلك القارة فانقسمت إلى القارات السبع الحالية ، وانجرفت هذه القارات بعد ذلك فى اتجاهات متباعدة ، ولازالت القارات تتحرك بالنسبة لبعضها البعض ببطء بالغ ولاتزيد مسافات الانتقال على بضعة سنتيمترات فى السنة ، وتعرف هذه النظرية بالتكتونية **PLATE TECTIONIC** أو التشوهات السطحية للأرض ، وهى تقدم تفسيرات معقولة للظواهر الجيولوجية مثل نشوء سلاسل الجبال ، والبراكين ، والزلازل ، والمرتفعات والأخاديد فى قاع المحيط ، وفوالق وطيات الطبقات الأرضية وغيرها ، ويذهب اعتقاد العلماء إلى أن هذه الحركة تنشأ عن تيارات الحمل الحرارية فى جوف الأرض المنصهر والتى تنقل الحرارة من المركز فى اتجاه قطرى.

س ٤٩ : ماذا يقصد بالتجوية WEATHERING ؟

التجوية هى تعرض الصخور المتواجدة فى القشرة الأرضية للظروف الجوية التى تؤدى إلى تفتتها ، وهناك نوعان رئيسان من التجوية هما : التجوية الميكانيكية والتجوية الكيميائية ، ومن أسباب التجوية الميكانيكية تكون الجليد فى المناطق المعتدلة ، والحيوانات الحفارة ، ونمو جذور النباتات ، والنشاط الإنسانى، وتمدد الصخور نتيجة تخفيف الأثقال التى كانت عليها بفعل تآكل الطبقات العليا ، وتضخم الصخور نتيجة تغيرات كيميائية ، والتمدد والانكماش الحراريين

فى الصحارى الحارة ، أما أسباب التجوية الكيميائية فأهما الأكسچين الجوى الذى يتفاعل مع العناصر التى يتكون منها الصخر ، والمياه سواء كانت مياه الأمطار أو المياه الجوفية وبخاصة إذا كانت مياها حامضية.

س ٥٠ : ما أنواع التراكيب الجيولوجية فى القشرة الأرضية ؟

المقصود بالتراكيب الجيولوجية هى الأشكال والأوضاع التى تكون عليها طبقات الأرض بالنسبة لبعضها البعض ، وهناك أربعة أنواع أساسية من التراكيب الجيولوجية هى: الطيات **FOLDS** والفوالق **FAULTS** والفواصل **JOINTS** والتباينات **UNCONFORMITIES** .

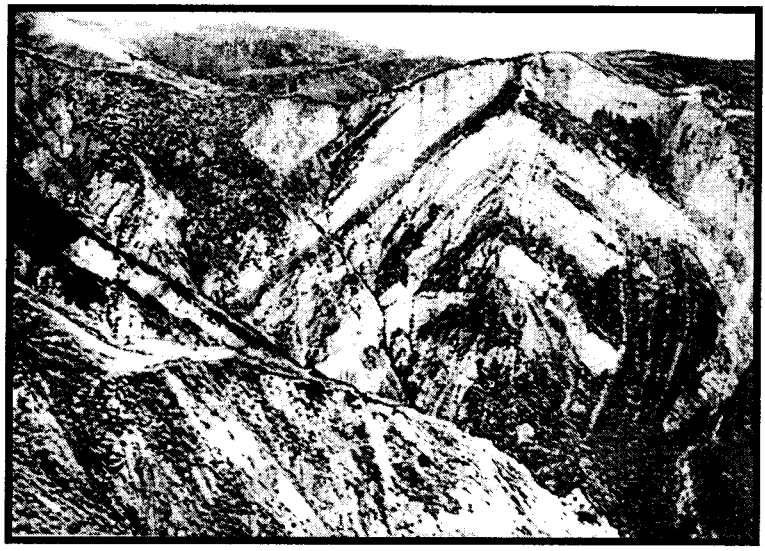
وتتشكل الطيات الأرضية نتيجة لتعرض الطبقات لضغوط تتزايد ببطء فى اتجاه متعامد أو متواز مع سطحها ، وهى نوعان إما طيات محدبة **ANTI-CLINES** أو طيات مقعرة **SYNCLINES** ويتلازم النوعان فى الغالب بحيث يتواجدان جنبا إلى جنب.

أما الفوالق فهى كسور عبر بعض طبقات القشرة الأرضية تبعها انزلاق جزء من الطبقات المكسورة عن مكانها الذى كانت عليه ، ويطلق اسم الفالق على السطح الذى حدث عليه انزلاق الطبقات المكسورة ، وتنشأ الفوالق نتيجة لتعرض الطبقات الأرضية لضغوط تتزايد بسرعة فى اتجاه سطح الفالق ، والفوالق نوعان: فوالق رأسية وهى التى تنزلق فيها الطبقات فى الاتجاه الرأسى ، وفوالق أفقية وهى التى تنزلق فيها الطبقات فى الاتجاه الأفقى ، وأغلب الفوالق الموجودة فى الطبيعة هى فوالق مركبة تنزلق فيها الطبقات فى كلى الاتجاهين الإفقى والرأسى .

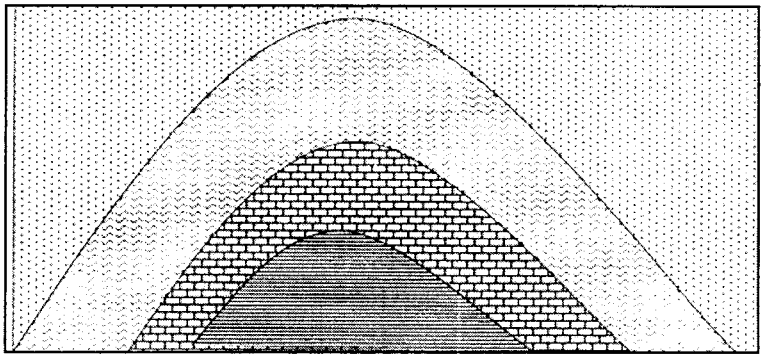
والفواصل هى كسور أو شروخ عبر بعض طبقات القشرة الأرضية لم يتبعها انزلاق الطبقات بعد ، وهى تنشأ عن الضغوط الأرضية المختلفة ، وتتواجد الفواصل عادة فى مجموعات متوازية وبأعداد كبيرة.

وأخيرا فالتباينات هى تراكيب جيولوجية يظهر فيها جزء من طبقة غير منتظمة بشكل يخالف أشكال الطبقات التى أسفلها وتلك التى أعلاها ، وهى

عبارة عن بقايا طبقات كانت على سطح الأرض فتآكلت أجزاء منها ثم طمرت ودفنت بطبقات جديدة منتظمة .



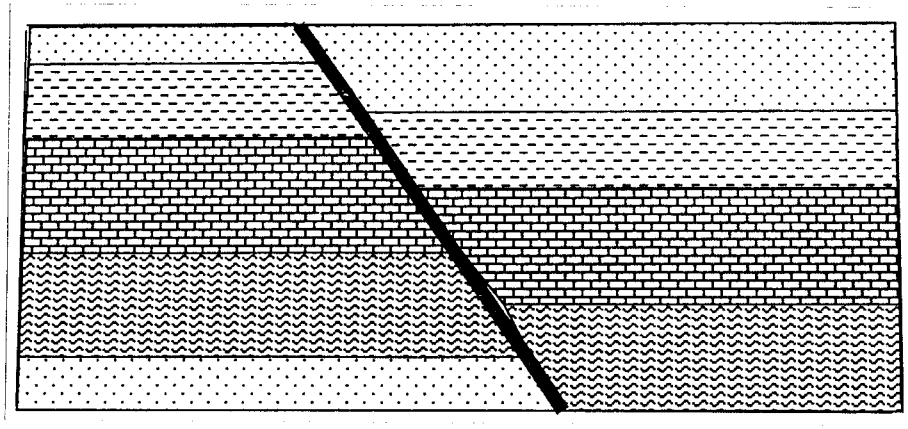
صورة طية محدبة بمنطقة سان ميجيلتو فى كاليفورنيا الأمريكية



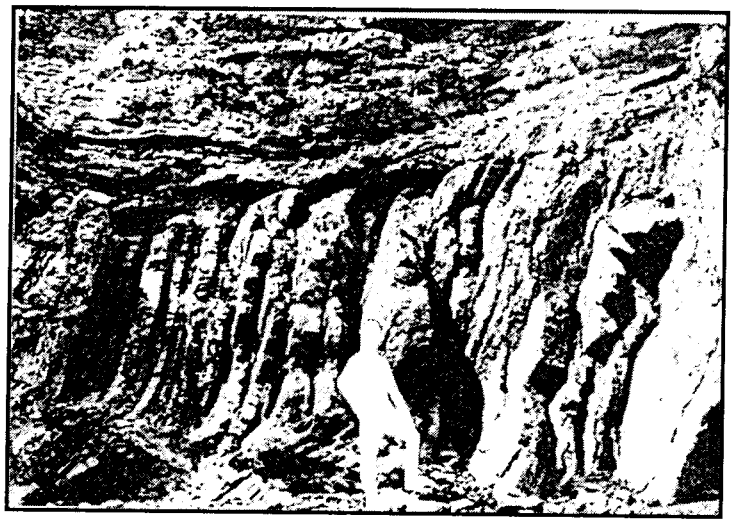
الطية المحدبة ANTICLINE

س ٥١ : أين يتواجد البترول فى القشرة الأرضية ؟ وما المقصود بهجرة البترول ؟

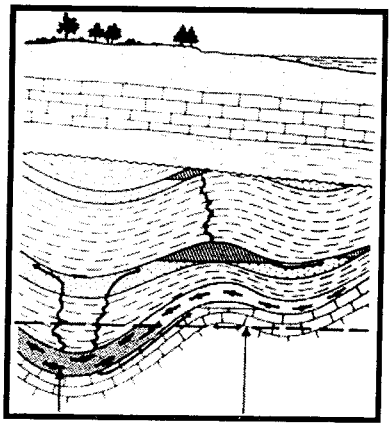
يتكون البترول من تحول البقايا العضوية المدفونة فى طبقة من الصخور الرسوبية ، ولكنه لا يبقى فى مكانه الذى نشأ فيه نتيجة للانهيارات والتحركات التى تتعرض لها هذه الطبقات ، وحين يبدأ البترول فى الهجرة من مكان نشأته الأولى فإنه يتسرب ويستمر فى تسلله ببطء شديد عبر المسام والشقوق فى الصخور الأرضية إلى أن يجد نفسه حبيسا فى أحد التراكيب الجيولوجية التى تمنعه من الاستمرار فى الانتقال ، وتستغرق عملية الانتقال هذه آلاف السنين وتعرف بهجرة البترول ، ويظل البترول حبيسا فى التركيبة الجيولوجية التى تسمى مصيدة بترولية إلى أن يتم اختراق جدران هذه المصيدة عن طريق حفر أحد آبار البترول أو تعرض جدران المصيدة للتشقق ، وفى أغلب الحالات يتواجد البترول داخل المصيدة طافيا فوق سطح المياه الأرضية بينما تتجمع الغازات البترولية عادة عند سقف المصيدة ، ويساعد وجود المياه الأرضية والغازات عادة على توفير قوة ضغط هائلة تساعد فى رفع البترول من المصيدة إلى أعلى البئر ، ولما كان وجود البترول مرتبطا بأماكن وجود مثل هذه المصايد ، فإن خبراء ومهندسى البترول يبحثون فى الواقع عن هذه التراكيب الجيولوجية التى تصلح مخبأ للبترول ، وتكثر هذه التراكيب فى المواقع التى تشير الظواهر إلى وقوع الأحداث الجيولوجية الكبيرة فيها ، أى بالقرب من الخلجان المائية والبحيرات وعلى أرصفة القارات المتاخمة للمحيطات وفى المنخفضات الأرضية.



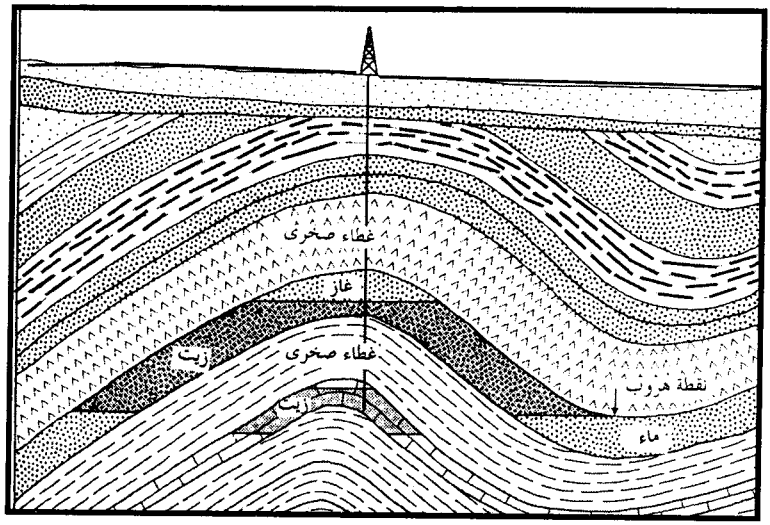
فالـق أرضي FAULT



صورة تباين طبقي مكشوف بين صخور من العصرين
الأيوسيني والميوسيني بولاية (لارا) غرب فنزويلا

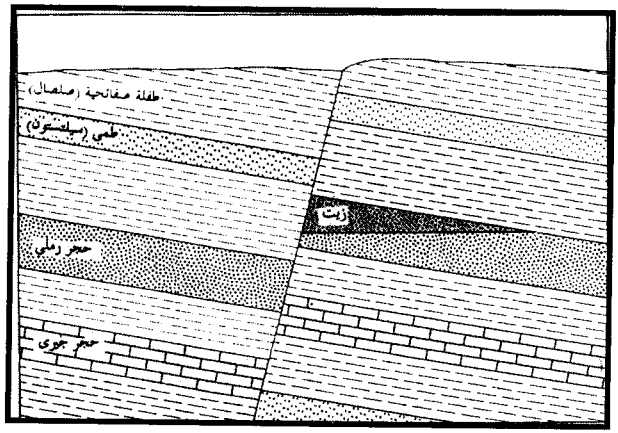


هجرة البترول من صخر المنشأ عبر
الصدوع أو مع التيارات المائية

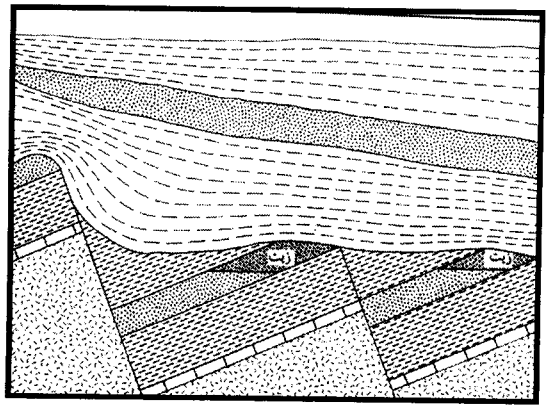


مصيدة الطية المحدبة ونقطة هروب الزيت

لاحظ فى هذا المثال أن تركيبة الطبقة الصخرية الحاملة للهيدروكربون لا تظهر عند سطح الأرض بسبب التباين الطبقى UNCONFORMITY قرب سطح الأرض

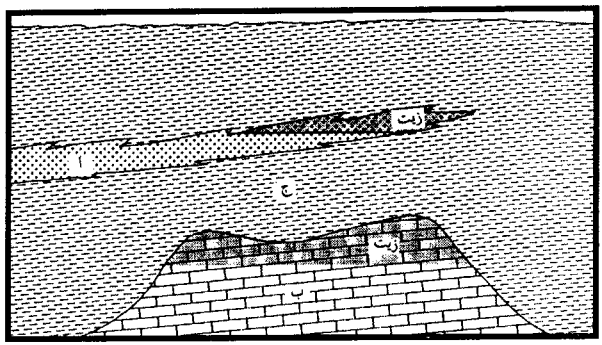


مصيدة الفالق الأرضى الرأسى



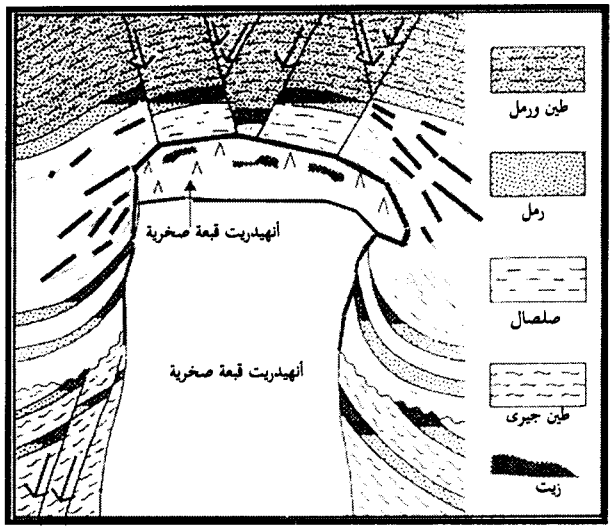
مصيدة التباين الطبقى

طبقة الصلصال العلوية شكلت عازلا فوق الطبقات السفلية المائلة بعد تعرضها للتآكل جزئيا



مصيدة طبقية
صخر جيرى مدفون فى طبقة صلصالية وعرق رملى ممتد خلالها

مصيدة القبة الملحية تنشأ عن اختراق كتلة ملحية للطبقات فوقها



س ٥٢ : كيف يمكن معرفة التراكيب الجيولوجية للقشرة الأرضية ؟

إن أول خطوة على طريق اكتشاف البترول والغاز تتمثل فى التحرى الواسع لمعرفة تركيب القشرة الأرضية ، وهو العمل الذى يقوم به الجيولوجيون علماء طبقات الأرض ، وهم يجمعون الأدلة والبراهين لمحاولة الإجابة عن أسئلة من نوع كيف تم تكون الطبقات الأرضية ؟ ومتى كان ذلك ؟ وما العمق الذى تتواجد عنده كل طبقة ؟ وهل يمكن أن تحتوى على البترول أو الغاز الطبيعى؟ وبالإجابة عن هذه الأسئلة تكتمل أجزاء الصورة المطلوبة لما يخفيه سطح الأرض، وتسمى هذه الصور بالخرائط الجيولوجية ، أما الوسائل المستخدمة فى رسم هذه الخرائط فهى خمس وسائل مختلفة:

١ـ طريقة قياس الجاذبية الأرضية **CRAVIMETRIC** وتعتمد على تغير قوة جذب الأرض من نقطة لأخرى بحسب تغير نوع الصخور الأرضية.

٢ـ طريقة قياس القوة المغناطيسية **MAGNETOMETRIC** وتعتمد على قياس المجال المغناطيسى المتغير فى الطبقات المختلفة .

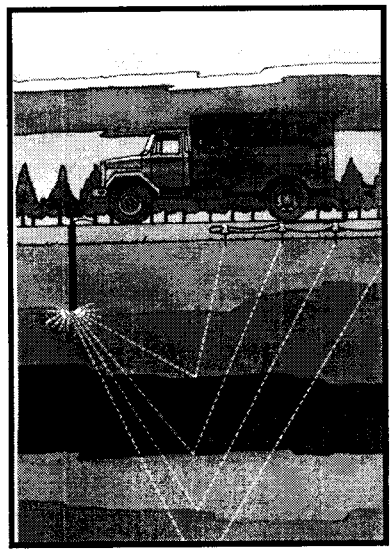
٣ـ الاستشعار عن بعد **REMOTE SENSING** وتعتمد على قياس الأشعة الحرارية تحت الحمراء المنبعثة من طبقات الأرض باستخدام الأقمار الصناعية والطائرات .

٤ـ الجيولوجيا الحقلية **FIELD GEOLOGY** وتعتمد على دراسة الظواهر السطحية على وجه الأرض مثل الجبال والوديان والتلال وأنواع الصخور المختلفة فى التراكيب المكشوفة على السطح.

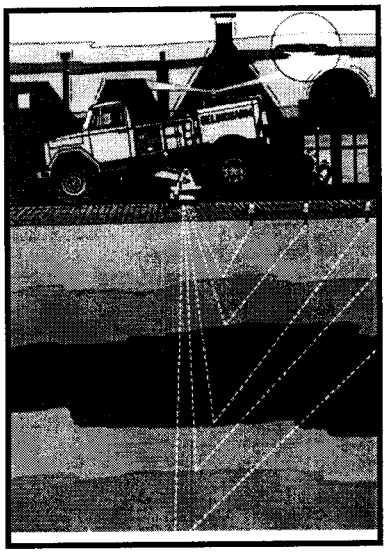
٥ـ المسح الزلزالى **SEISMIC SURVEY** وتعتمد على توليد موجات اهتزازية عند سطح الأرض تنتشر فى الصخور أسفل السطح وتنعكس على أسطح الطبقات التالية مرتدة إلى سطح الأرض حيث يمكن التقاطها مرة أخرى ، وهذا الأخيرة هى أكثر الطرق استعمالا مما يدعو لوصفها بالتفصيل .

غالبا ما تختفى طبقات الأرض ذات الأهمية الاقتصادية تحت طبقات أحدث منها فى التكوين ، وكما سبق التوضيح فإن المسح الزلزالى يعتمد على توليد موجات اهتزازية ، وتوجد طرق مختلفة لذلك ، فيمكن توليد الاهتزازات بالطريقة التقليدية بواسطة تفجير شحنات صغيرة من الديناميت فى حفر ضحلة فى الأرض ، كما يمكن توليدها باستخدام المزلزلات **VIBROSEIS** ، وهى ألواح هزازة مثبتة أسفل شاحنة ثقيلة يتم ضغطها بقوة على سطح الأرض فتنتقل الاهتزازات منها إلى الأرض ، وتستخدم هذه الطريقة الأخيرة غالبا عند إجراء مسح فى المناطق العمرانية ، أما عمليات مسح قاع البحر فيستخدم فيها الهواء المضغوط الذى يتم إطلاقه فجأة من جهاز يسمى مدفع الهواء **AIRGUN** ، وأيا كان مصدر الموجات الاهتزازية فإنها تنتقل عبر الطبقات المختلفة وينعكس بعضها عند السطوح الفاصلة بين كل طبقتين متتاليتين ، وعن طريق أجهزة

قياس حساسة **SEISMOMETER** منتشرة على نقاط عديدة على سطح الأرض أو سطح البحر يتم استقبال هذه الموجات المنعكسة وتسجيلها على أشرطة ممغنطة ، وبمعرفة الزمن الذى تستغرقه الموجه الاهتزازية منذ انطلاقها وحتى عودتها لسطح الأرض وسرعة انتقال الموجة فى الصخور يمكن حساب طول المسار الذى قطعته هذه الموجه ذهابا وإيابا ، وبالتالى يمكن معرفة أعماق السطوح الفاصلة بين الطبقات المختلفة تحت الأرض ، وهى تلك السطوح التى تنعكس عليها الموجة الاهتزازية وترتد إلى سطح الأرض ، ويتم تحليل الإشارات المسجلة بواسطة أجهزة الكومبيوتر لمعرفة عمق وشكل الطبقات المختلفة تحت الأرض ، حيث المطلوب معرفة سمك الطبقات وما إذا كانت الطبقات منحنية على شكل قباب أو قيعان أم مسطحة وما إذا كانت أفقية أم مائلة ، وتعتمد أجهزة الكومبيوتر فى ذلك على حساب المسافة التى قطعتها كل موجة اهتزازية من لحظة إطلاقها إلى لحظة استقبالها بمعرفة الزمن المنقضى بين اللحظتين والسرعة التى تنتقل بها الموجة الاهتزازية خلال الصخور .



المسح الزلزالى باستخدام المزلزلات



المسح الزلزالى باستخدام المتفجرات